

ISSN 2623-6575

UDK 63

GLASILO FUTURE

PUBLIKACIJA FUTURE – STRUČNO-ZNANSTVENA UDRUGA ZA PROMICANJE OBILNOG RAZVOJA, KULTURE I MEĐUNARODNE SURADNJE, ŠIBENIK

VOLUMEN 7 BROJ 2-3

lipanj 2024.

Glasilo Future

Stručno-znanstveni časopis

Nakladnik:

FUTURA



Sjedište udruge: Šibenik

Adresa uredništva:

Bana Josipa Jelačića 13 a, 22000 Šibenik, Hrvatska / Croatia

☎ / 📠: +385 (0) 022 218 133

✉: urednistvo@gazette-future.eu / editors@gazette-future.eu

🌐: www.gazette-future.eu

Uredivački odbor / Editorial Board:

Nasl. izv. prof. dr. sc. Boris Dorbić, prof. struč. stud. – glavni i odgovorni urednik / *Editor-in-Chief*
Emilija Friganović, dipl. ing. preh. teh., univ. mag. nutr., v. pred. – zamjenica g. i o. urednika / *Deputy Editor-in-Chief*
Ančica Sečan, mag. act. soc. – tehnička urednica / *Technical Editor*
Prof. dr. sc. Željko Španjol – član
Mr. sc. Milivoj Blažević – član
Vesna Štibrčić, dipl. ing. preh. teh. – članica
Antonia Dorbić, mag. art. – članica

Međunarodno uredništvo / International Editorial Board:

Dr. sc. Gean Pablo S. Aguiar – Savezna republika Brazil (Universidade Federal de Santa Catarina)
Prof. dr. sc. Kiril Bačevandžiev – Portugalska Republika (Instituto Politécnico de Coimbra)
Prof. dr. sc. Martin Bobinac – Republika Srbija (Šumarski fakultet Beograd)
Prof. dr. sc. Zvezda Bogevska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodjelski nauki i hrana Skopje)
Dr. sc. Bogdan Cvjetković, prof. emeritus – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)
Prof. dr. sc. Duška Čurić – Republika Hrvatska (Prehrambeno-biotehnoški fakultet Zagreb)
Prof. dr. sc. Margarita Davitkovska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodjelski nauki i hrana Skopje)
Prof. dr. sc. Dubravka Dujmović Purgar – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)
Prof. dr. sc. Josipa Giljanović – Republika Hrvatska (Kemijско-tehnoški fakultet u Splitu)
Prof. dr. sc. Sezai Ercişli – Republika Turska (Atatürk University Agricultural Faculty)
Prof. dr. sc. Semina Hadžabiulić – Bosna i Hercegovina (Agromediteranski fakultet Mostar)
Doc. dr. sc. Jasna Hasanbegović – Bosna i Hercegovina (Agromediteranski fakultet Mostar)
Prof. dr. sc. Péter Honfi – Mađarska (Faculty of Horticultural Science Budapest)
Prof. dr. sc. Mladen Ivić – Bosna i Hercegovina (Univerzitet PIM)
Doc. dr. sc. Anna Jakubczak – Republika Poljska (Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy)
Dr. sc. Željko Jurjević – Sjedinjene Američke Države (EMSL Analytical, Inc., North Cinnaminson, New Jersey)
Prof. dr. sc. Mariia Kalista – Ukrajina (National Museum of Natural History of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv)
Prof. dr. sc. Tajana Krička – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)
Doc. dr. sc. Dejan Kojić – Bosna i Hercegovina (Univerzitet PIM)
Slobodan Kulić, mag. iur. – Republika Srbija (Srpska ornitološka federacija i Confederation ornitologique mondiale)
Dr. sc. Jae Hwan Lee, pred. - Republika Koreja (Natural Science Research Institute of Sahmyook University in Seoul, South Korea)
Prof. dr. sc. Branka Ljevnaić-Mašić – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu)
Prof. dr. sc. Zvonimir Marijanović – Republika Hrvatska (Kemijско-tehnoški fakultet u Splitu)
Semir Maslo, prof. – Kraljevina Švedska (Primary School, Lundäckerskolan, Gislaved)
Prof. dr. sc. Ana Matin – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)
Prof. dr. sc. Elizabeta Miskoska-Milevska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodjelski nauki i hrana)
Prof. dr. sc. Bosiljka Mustać – Republika Hrvatska (Sveučilište u Zadru)
Prof. dr. sc. Ayşe Nilgün Atay – Republika Turska (Mehmet Akif Ersoy University – Burdur, Food Agriculture and Livestock School)
Nibir Pratim Choudhury, MBA - Republika Indija (Ph.D student i suradnik na projektu - University of Science and Technology Meghalaya)
Prof. dr. sc. Tatjana Prebeg – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)
Prof. dr. sc. Bojan Simovski – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za šumarski nauki, pejzažna arhitektura i ekoinženering "Hans Em" Skopje)
Prof. dr. sc. Davor Skejić – Republika Hrvatska (Građevinski fakultet Zagreb)
Akademik prof. dr. sc. Mirko Smoljić, prof. struč. stud. – Republika Hrvatska (Sveučilište Sjever, Varaždin/Koprivnica, Odjel ekonomije)
Prof. dr. sc. Nina Šajna – Republika Slovenija (Fakulteta za naravoslovje in matematiko)
Doc. dr. sc. Mladenka Šarolić, prof. struč. stud. – Republika Hrvatska (Kemijско-tehnoški fakultet u Splitu)
Prof. dr. sc. Andrej Šušek – Republika Slovenija (Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Maribor)
Prof. dr. sc. Elma Temim – Bosna i Hercegovina (Agromediteranski fakultet Mostar)
Doc. dr. sc. Merima Toromanović – Bosna i Hercegovina (Biotehnički fakultet Univerziteta u Bihacu)
Prof. dr. sc. Marko Turk – Republika Hrvatska (Visoka poslovna škola PAR)
Prof. dr. sc. Ivana Vitasović Kosić – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)
Prof. dr. sc. Ana Vujošević – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Beograd)
Sandra Vuković, mag. ing. – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Beograd)
Prof. dr. sc. Vesna Židovec – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)
Prof. dr. sc. Denisa Žujo Zekić – Bosna i Hercegovina (Nastavnički fakultet Mostar)

Grafička priprema: Ančica Sečan, mag. act. soc.

Objavljeno: 30. lipnja 2024. godine.

Časopis izlazi u elektroničkom izdanju dva puta godišnje, krajem lipnja i prosinca, a predviđena su i dva specijalna izdanja tijekom godine iz biotehničkog područja.

Časopis je besplatan. Rukopisi i recenzije se ne vraćaju i ne honoriraju.

Autori/ce su u potpunosti odgovorni/e za sadržaj, kontakt podatke i točnost engleskog jezika.

Umnožavanje (reproduciranje), stavljanje u promet (distribuiranje), priopćavanje javnosti, stavljanje na raspolaganje javnosti odnosno prerada u bilo kojem obliku nije dopuštena bez pismenog dopuštenja Nakladnika.

Sadržaj objavljen u Glasilu Future može se slobodno koristiti u osobne i obrazovne svrhe uz obavezno navođenje izvora.

Časopis je indeksiran u CAB Abstract (CAB International).

Glasilo Future

Stručno-znanstveni časopis

FUTURA – stručno-znanstvena udruga za promicanje održivog razvoja, kulture i međunarodne suradnje, Bana Josipa Jelačića 13 a,
22000 Šibenik, Hrvatska

(2024) 7(2-3) 01–110

SADRŽAJ:

| | Str. |
|--|---------|
| Izvorni znanstveni rad (original scientific paper) | |
| <i>Jae Jung Ahn, Eun A Kim, Eun Ji Shin, Yeong Sunwoo, Jae Hwan Lee, Sang Yong Nam</i> Shading treatments affect the growth characteristics, ornamental value, and photosynthetic activities of various <i>Peperomia</i> species and cultivars | 01–19 |
| <i>Aleksandra Šupljeglav Jukić, Jasmina Aliman, Jasna Hasanbegović Sejfić</i> Fizikalno-kemijske značajke ploda trešnje sorte Isabella i Prima Giant uzgajanih na različitim tlima Physico-chemical characteristics of the sweet cherry fruit of the Isabella and Prima Giant varieties grown on different soils | 20–35 |
| Prethodno priopćenje (preliminary communication) | |
| <i>S. Maslo, Š. Šarić, Đ. Milanović</i> New data on the distribution of <i>Adiantum capillus-veneris</i> L. in Bosnia and Herzegovina | 36–46 |
| Pregledni rad (scientific review) | |
| <i>D. Šmidt, I. Širić</i> Neiskorišteni farmakološki potencijal gljive muhare - <i>Amanita muscaria</i> (L.) Lam. (1783) The unused pharmacological potential of fly agaric - <i>Amanita muscaria</i> (L.) Lam. (1783) | 47–71 |
| Stručni rad (professional paper) | |
| <i>D. Viličić</i> Hrast crnika (<i>Quercus ilex</i> L.) u makiji sjevernodalmatinskih otoka – utjecaj klimatskih i antropogenih čimbenika Holm oak (<i>Quercus ilex</i> L.) in the maquis of the northern Dalmatian islands – influence of climatic and anthropogenic factors | 72–96 |
| Nekategorizirani rad (uncategorised paper) | |
| <i>Ivana Vitasović Kosić</i> Prikaz knjige (book review) | 97–99 |
| <i>Ivana Vitasović Kosić</i> Prikaz izložbe (exhibition review) | 100–105 |
| <i>Ivana Vitasović Kosić</i> Prikaz knjige (book review) | 106–107 |
| <i>B. Dorbić</i> Društvene vijesti i obavijesti (social news and announcements) | 108–108 |
| Upute autorima (instructions to authors) | 109–110 |

Shading treatments affect the growth characteristics, ornamental value, and photosynthetic activities of various *Peperomia* species and cultivars

**Jae Jung Ahn¹, Eun A Kim^{1,2}, Eun Ji Shin^{1,2}, Yeong Sunwoo^{1,2},
Jae Hwan Lee^{1,2**}, Sang Yong Nam^{1,2*}**

izvorni znanstveni rad (original scientific paper)

doi: 10.32779/gf.7.2-3.1

*Citiranje/Citation*³

Abstract

This study investigated the suitable shading levels for *Peperomia* species and cultivars, a genus within the Piperaceae family known for its ornamental value as an indoor plant. We examined the effects of four different shading levels (45, 60, 75, and 99 %) using polyethylene (PE) shading films on four *Peperomia* species and cultivars, namely: *P. obtusifolia* (L.) A.Dietr., *P. quadrangularis* (J.V.Thomps.) A.Dietr., *P. caperata* Yunck. ‘Eden Rosso’, and *P. caperata* ‘Napoli Nights’. After an eight-week cultivation period, we assessed plant sizes, biomass (i.e. fresh and dry weight), leaf color, chlorophyll content (SPAD units), and five chlorophyll fluorescence parameters (F_v/F_m , Φ_{D_0} , ABS/RC, DI_0/RC , and PI_{ABS}) in *Peperomia* species and cultivars. The results indicated that *P. obtusifolia* and ‘Eden Rosso’ exhibited the best growth performance within the 45-75 % shading range, whereas *P. quadrangularis* and ‘Napoli Nights’ showed optimal performance at the 45 and 60 % shading levels, respectively. All species and cultivars demonstrated reduced growth and biomass under the 99 % shading level, hypothesized to be due to restricted CO₂ assimilation under low-light conditions. Leaf color, measured by CIE76 color-difference (ΔE^*_{ab}) analysis based on the Commission Internationale de l’Eclairage Lab (CIELAB) color space, remained relatively constant across four different shading levels. Analyses of chlorophyll content and chlorophyll fluorescence revealed that high shading levels might deactivate some reaction centers, although the overall photosynthetic efficiency appeared largely unaffected. The performance index (PI_{ABS}) suggested that except for *P. quadrangularis*, which peaked at the 60 % shading level, *P. obtusifolia*, ‘Eden Rosso’, and ‘Napoli Nights’ generally performed well under the 45-75 % shading levels. Therefore, *Peperomia* plants are capable of tolerating broad shading conditions, except for excessively high shading (99 % shading level). These results indicate that providing suitable

¹ Department of Environmental Horticulture, Sahmyook University, Seoul 01795, Republic of Korea.

* E-mail: namsy@syu.ac.kr (Corresponding author).

² Natural Science Research Institute, Sahmyook University, Seoul 01795, Republic of Korea.

** E-mail: dlwoghks1236@naver.com (Co-corresponding author).

³ Ahn, J. J., Kim, E. A., Shin, E. J., Sunwoo, Y., Lee, J. H., Nam, S. Y. (2024). Shading treatments affect the growth characteristics, ornamental value, and photosynthetic activities of various *Peperomia* species and cultivars. *Glasiło Future*, 7(2-3), 01–19.

shading levels is effective in improving the growth and photosynthetic activity of those several *Peperomia* species and cultivars.

Key words: chlorophyll fluorescence, CIELAB, ornamental plants, *Peperomia*, shade tolerance.

Introduction

The genus *Peperomia*, a member of the Piperaceae family, is known to comprise around 1600 species (Samain et al., 2009). Genus *Peperomia* is recognized for its Crassulacean acid metabolism (CAM) plant and has resistance to drought stress (Herrera et al., 2000; Holthe et al., 1992). Exhibiting unique morphological characteristics across different species, most *Peperomia* species also have aesthetically appealing foliage, making them valuable as ornamental plants. These succulents or foliage plants are popular for indoor cultivation due to their ease of maintenance. The previous research has explored the use of *Peperomia* in bio-wall systems (Han and Shim, 2020), indoor introduction (Jeong et al., 2016), and in the reduce of particulate matter in the air (Paull et al., 2020), highlighting its versatility as an indoor and ornamental plant.

According to previous studies, *P. obtusifolia* is known to be rich in bioactive compounds (Ilyas et al., 2014; Mota et al., 2011; Tanaka et al., 1998), with several physiological studies available (Henny, 1985; Shen and Seeley, 1983; Woerner and Martin, 1999). Additionally, there have been reports of stem rot disease in *P. quadrangularis* (Han et al., 2014), and studies on the effects of temperature and photoperiod on flowering in *P. caperata* (Brøndum and Friis, 1990) as well as research on its propagation (Zaloga et al., 2005). However, further diverse physiological studies are necessary. The current number of physiological studies is still limited, and a broader understanding of the physiological characteristics of these species is essential for their effective cultivation and utilization. In addition to the physiological studies, various pharmacological studies have been conducted on *Peperomia*. It has been found to possess anti-cancer (Wei et al., 2011), antioxidant (Phongtongpasuk and Poadang, 2014), anti-diabetic (Hamzah et al., 2012), antipyretic (Khan et al., 2008), anti-inflammatory, and analgesic properties (De Fatima Arrigoni-Blank et al., 2004), and is known to produce various bioactive compounds (Alves et al., 2019; Gutierrez et al., 2016), confirming its utility. Moreover, it has been reported to produce a significant amount of phenolic compounds (Ho et al., 2022; Ware et al., 2022), raising expectations for its future use as an ingredient in health-promoting dietary supplements.

Previous studies on *Peperomia* have included cultivation under white LEDs with different color temperatures to enhance growth and external quality (Shin et al., 2023), and the effects of temperature and photoperiod (Brøndum and Friis, 1990). In another study on shading levels by Shen and Seeley (1983), two variegated *Peperomia* cultivars were used, but the levels of shading were not varied widely, being limited to two or three levels in each specific experiment. The purpose of shading cultivation is to protect plants from abiotic stress during the seedling or raising stage by creating artificial shading

environments. These environments are usually formed using shade nets or shade films (Lee and Nam, 2022). Producing healthy plants is directly related to the income of farmers, hence the appropriate management of abiotic stress should be duly considered (Lee and Nam, 2023). Past research has reported that shading environments can protect plants from mechanical damage, heat stress, soil moisture loss, and photoinhibition (Nam et al., 2022; Semchenko et al., 2012). However, excessively high shading levels can negatively affect plant growth and physiological performance, necessitating research on appropriate shading levels for each species and cultivars (Lee and Nam, 2023). Continuous research has been conducted on shading cultivation to improve the growth and quality of ornamental plants (Lee et al., 2021; 2022; Park et al., 2023b). Shading cultivation can be widely applied to various plant species and used as an effective method to control abiotic stress.

The chlorophyll fluorescence analysis technique enables non-invasive assessment of plant stress levels and has been widely used to examine the link between chlorophyll fluorescence changes and plant physiological performance (Baker and Rosenqvist, 2004; Lechaudel et al., 2010; Serodio, 2004). Its effectiveness in evaluating plant physiological traits and stress responses, utilizing various fluorescence parameters, has been established in numerous studies (Jang et al., 2023; Oh et al., 2022; Shin et al., 2023). This study investigates the suitable shading levels for the cultivation of *Peperomia* by analyzing the growth characteristics and photosynthetic activity of four different species and cultivars (i.e. *P. obtusifolia* (L.) A.Dietr., *P. quadrangularis* (J.V.Thomps.) A.Dietr., *P. caperata* Yunck. ‘Eden Rosso’, and *P. caperata* ‘Napoli Nights’) used in this study.

Materials and methods

Selection of plant materials

In this study, *Peperomia obtusifolia* (L.) A.Dietr., *P. quadrangularis* (J.V.Thomps.) A.Dietr., *P. caperata* Yunck. ‘Eden Rosso’, and *P. caperata* ‘Napoli Nights’ were selected as experimental plants. Plants grown for six months were used, with an average height and width of 15 and 10 cm, respectively.

Treatments and experimental environment

The study was conducted over eight weeks, from May 4 to June 30, 2022, at the experimental greenhouse, Department of Environmental Horticulture of Sahmyook University, Seoul, Republic of Korea (37°38’40"N 127°06’25"E). Round plastic pots with diameters and heights of 11 × 10.5 cm were used, and plants were planted in the center of each pot. Fertilized horticultural substrate (Hanareumsangto, Shinsung Mineral, Republic of Korea) was used as the potting media. Using direct sunlight (0 %; $1960.9 \pm 394.2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) as the reference, shading levels were designed in four levels: within the greenhouse using one layer of clear polyethylene (PE) film with greenhouse glass (45 %; $1083.21 \pm 274.2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), one layer of white PE film with greenhouse glass (60 %; 731.4 ± 193.4

$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), two layers of white PE firm with greenhouse glass (75 %; $472.8 \pm 109.4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), and one layer of black PE firm with greenhouse glass (99 %; $19.8 \pm 5.4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). The photosynthetic photon flux density (PPFD) at each relative shading level was measured weekly at 1 p.m. on clear days using a portable spectroradiometer (SpectraPen mini, Photon Systems Instruments, Czech Republic), and the results were represented in Table 1. The average temperature during the experiment was $21.5 \pm 2.8 \text{ }^\circ\text{C}$ (Fig. 1A), relative humidity was $64.8 \pm 14.6 \%$ (Fig. 1B), and cloud cover index was 5.5 ± 2.7 (Fig. 1C). Irrigation was conducted three times a week until gravitational water drained.

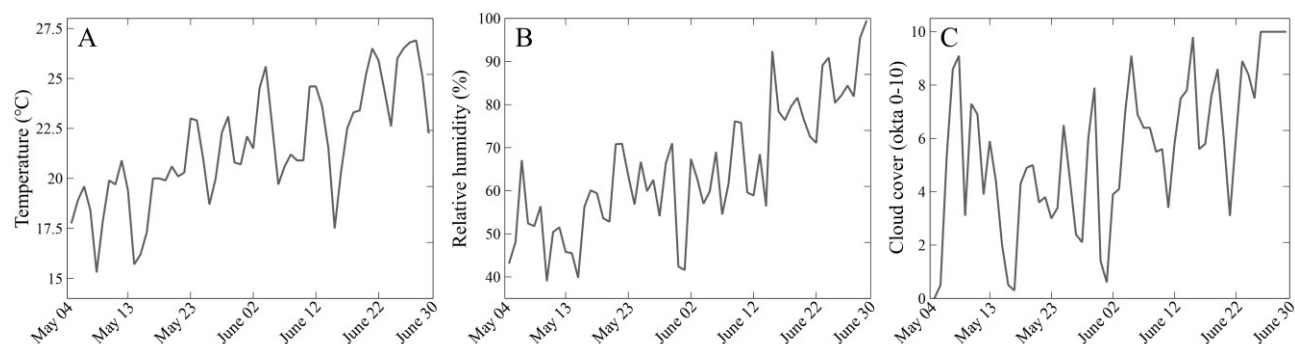


Figure 1. Environmental conditions during the conduct of this study: A) temperature; B) relative humidity; C) cloud cover: 0 okta: sky clear; 1-2 okta: few clouds; 3-4 okta: scattered; 5-7 okta: broken; 8 okta: overcast; and 9 okta: sky obscured.

Plant growth parameters and ornamental value

The types of growth parameters measured included shoot height, shoot width, root length, ground cover, fresh weight (FW), dry weight (DW), moisture content (MC), and Commission Internationale de l'Eclairage Lab (CIELAB) color space values (L^* , a^* , and b^*) and CIE76 color-difference (ΔE^*_{ab}). The moisture content was calculated using the following formula: $MC = [(FW - DW) / FW] * 100$. The measurement of CIELAB values (L^* , a^* , and b^*) followed the leaf color measurement method of Lee (2023), using a spectrophotometer (CM-2600d, Konica Minolta, Japan) set to CIELAB D65/10°, including specular component inclusion (SCI). Measurements were taken randomly from areas of the leaves not traversed by veins, with each measurement conducted ten times per treatment across three replicated. Subsequently, leaf colors were evaluated by converting the average values of CIELAB L^* , a^* , and b^* into converted colors using the Converting Colors designed by Zettl (2023). Additionally, to compare the effects of shading levels on color differences in *Peperomia* leaves, each shading level was set as a reference for calculating the color difference, using the following formula for ΔE^*_{ab} (CIE, 2004).

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(L^*_2 - L^*_1)^2 + (a^*_2 - a^*_1)^2 + (b^*_2 - b^*_1)^2}$$

(In this study, $\Delta E^*_{ab} \leq 1.5$ were considered 'no color difference' or 'subtle color difference', levels of 1.6-3.0 as 'very small color difference', 3.1-6.0 as 'small color difference', 6.1-9.0 as 'color difference',

9.1-12.0 as ‘big color difference’, and levels ≥ 12.1 as ‘very big color difference’ or ‘completely different color’).

Analysis of physiological activities

The chlorophyll content (SPAD units) and five fluorescence parameters (F_v/F_m , Φ_{D_o} , ABS/RC, DI_o/RC , and PI_{ABS}) of *Peperomia* species and cultivars as affected by shading levels were analyzed. Chlorophyll content (SPAD units) was determined using a portable chlorophyll meter (SPAD-502, Konica Minolta, Japan), while chlorophyll fluorescence response was evaluated with a portable fluorometer (FluorPen FP 110/D, Photon Systems Instruments, Czech Republic). Measurements were taken from the central areas of fully expanded leaves, avoiding the veins. Each measurement was conducted ten times per repetition, randomly selecting leaves for each measurement, and this process was repeated three times. Before measuring the chlorophyll fluorescence parameters, plants were dark-adapted for approximately 15 minutes using dark-adaptation leaf-clips following the manufacturer’s guidelines (PSI, 2023), and measurements were taken on the last day of the study. The five chlorophyll fluorescence parameters are as follows: F_v/F_m represents the maximum quantum yield of photosystem II (PSII), Φ_{D_o} indicates the probability of absorbed photons being dissipated, ABS/RC signifies the absorption flux per reaction center, DI_o/RC denotes the amount of energy dissipated per reaction center, and PI_{ABS} indicates the performance index on an absorption basis. The parameters were calculated using the formulas provided by PSI (2023) and Stirbet and Govindjee (2011).

$$F_v / F_m = (F_m - F_o) / F_m$$

$$\Phi_{D_o} = 1 - \Phi_{P_o} = F_o / F_m$$

$$ABS / RC = M_o \cdot (1 / V_j) \cdot (1 / \Phi_{P_o})$$

$$DI_o / RC = (ABS / RC) - (TR_o / RC)$$

$$PI_{ABS} = (RC / ABS) \cdot [\Phi_{P_o} / (1 - \Phi_{P_o})] \cdot [\Psi_o / (1 - \Psi_o)]$$

Statistical analysis

The experimental results were analyzed using ANOVA (analysis of variance) in SAS 9.4 (SAS Institute, USA). Comparisons between means were statistically analyzed using Duncan’s multiple range test at a significance level of $p < 0.05$. The study was conducted in a completely randomized design, with three plants per replication and three replications per treatment.

Results and discussion

Analysis of growth characteristics

Peperomia species and cultivars, subjected to different shading levels, exhibited varying growth responses (Fig. 2 and Table 1). Results indicated that for *P. quadrangularis* (J.V.Thomps.) A.Dietr., shoot height was highest at the 60 % shading level, reaching 19.72 cm. The other remaining *Peperomia* species and cultivars showed the same significant level at the shading levels between 45-75 %, according to Duncan's multiple range test (DMRT). A previous study on *Orostachys malacophyllus*, a Crassulacean acid metabolism (CAM) species like *Peperomia*, indicated the highest shoot height and width at the 52 % shading level within the 52-97 % range of shading levels (Jeong et al., 2013). Similar trends were reported for *Delosperma cooperi* (Lee et al., 2022). In this study, for shoot width, *P. obtusifolia* (L.) A.Dietr. showed broader widths of 19.80-20.69 cm at the 45-60 % shading levels. *P. quadrangularis* and *P. caperata* Yunck. 'Eden Rosso' (hereafter 'Eden Rosso') exhibited the broadest widths of 30.90 and 21.10 cm at the 75 % shading level, respectively, indicating optimal shading levels vary for each species or cultivar to significantly increase shoot sizes. In previous studies, *O. iewarengae* for. *magnus* showed the widest shoot width at the 52 % shading level within the 52-97 % range (Jeong et al., 2012), and *Sedum zokuriense* showed the widest shoot width at the 65 % shading level (Lee et al., 2021). Meanwhile, it was observed that *Echeveria agavoides*, a type of ornamental succulent species, showed an increase in both shoot height and width as the shading level increased (Cabahug et al., 2017). For root length, *P. obtusifolia* was longer at the 45-60 % shading levels, measuring 16.20-17.32cm, while 'Eden Rosso' showed the longest root length of 14.03 cm at the 45 % shading level. According to Nam et al. (2022), *Hylotelephium telephium* 'Lajos' showed no significant shading effects on root length across 0-99 % shading levels, whereas *H. sieboldii* 'Mediovariegatum' exhibited significant root length reduction at the 99 % shading level, despite showing similar significant levels up to 75 % shading level. Additionally, Qi et al. (2019) reported a significant decrease in the root length of *Pinus koraiensis* at the 80 % shading level compared to direct sunlight, indicating that the impact of shading treatment on root length varies among species.

The ability of plants to alter their morphological characteristics in response to changes in the growth environment is known as phenotypic plasticity (Bradshaw, 1965; DeWitt et al., 1998; Sultan, 1987). Among such instances of phenotypic plasticity, the shade-induced phenotype enables plants to exhibit morphological traits suited to shading conditions (Weijsschede et al., 2006). This shade-induced phenotype can lead to changes such as increased plant height, increased light-catching area like extension shoot width or ground cover, and larger leaf sizes (Lee and Nam, 2022), which can help mitigate the negative impacts on growth due to reduced light intensity in shading environments (Park et al., 2023b). Furthermore, the ground cover, showed that *P. obtusifolia* had a wider ground cover at the 45-60 % shading levels, measuring 392.3-427.4 cm², while *P. quadrangularis* and 'Eden Rosso' showed

their widest at the 75 % shading level, with 987.1 and 450.8 cm², respectively. Previous research found that *Veronica pusanensis* had a significantly higher ground cover at the 35-45 % range of shading levels (Park et al., 2023b). Excessive shading levels beyond optimal shading levels can negatively affect plant growth and quality (Lee and Nam, 2023), as it can hinder carbon dioxide assimilation in chlorophyll and suppress plant growth, emphasizing the need to identify the appropriate shading levels for each species and cultivar.

Each species exhibits varying levels of shade tolerance. For example, species like *Veronica pusanensis*, which are native to coastal areas, appear to have lower shade tolerance compared to tropical forest-dwelling genus *Peperomia* (Forster, 1993; Park et al., 2023b; Shin et al., 2012). In terms of fresh weight, both *P. obtusifolia* and ‘Eden Rosso’ showed heaviest weights at shading levels between 45-75 % range. However, *P. quadrangularis* reached its heaviest weight of 84.1 g at the 45 % shading level, while *P. caperata* ‘Napoli Nights’ (hereafter ‘Napoli Nights’) peaked at 167.2 g at the 60 % shading level. Dry weight results are also similar to these trends, indicating varying preferred shading levels across species and cultivars. Previous studies reported a significant reduction in shoot and root biomass of *Pinus koraiensis* in shading environments (Qi et al., 2019), and *Codonopsis lanceolata* showed a significant increase in both fresh and dry weights of shoot and root parts at the 45 % shading level compared to direct sunlight, though showing similar levels to direct sunlight at the 75 % shading (Park et al., 2023a). However, *Phedimus takesimensis* ‘Atlantis’, a Crassulaceae cultivar, exhibited the highest fresh and dry weights of the shoot part at the 45 % shading level (Lee and Nam, 2022). In contrast to our findings, a study by Shen and Seeley (1983) reported that variegated cultivars of *P. obtusifolia* (i.e. ‘Albo Marginata’ and ‘Variegata’) showed the highest fresh and dry weights at the 20 % shading levels compared to 47 and 73 % shading levels. This discrepancy may be due to variegated plants requiring more light intensity than average due to chlorophyll deficiency. Regarding moisture content, *P. obtusifolia* and ‘Napoli Nights’ showed the highest values at the 99 % shading levels, reaching 94.1 and 95.3 % respectively, suggesting that under low-light conditions, some *Peperomia* species may experience cell elongation and thus higher moisture content.

Consequently, based on the results related to plant size, it is advisable to cultivate *P. obtusifolia* at the 45-60 % shading levels, while *P. quadrangularis* and ‘Eden Rosso’ are better suited to 75 % shading level. ‘Napoli Nights’ appears to be adaptable to any shading level. In terms of biomass analysis, it seems beneficial to grow *P. obtusifolia* and ‘Eden Rosso’ at the 45-75 % shading, and *P. quadrangularis* and ‘Napoli Nights’ at the 45 and 60 % shading, respectively.

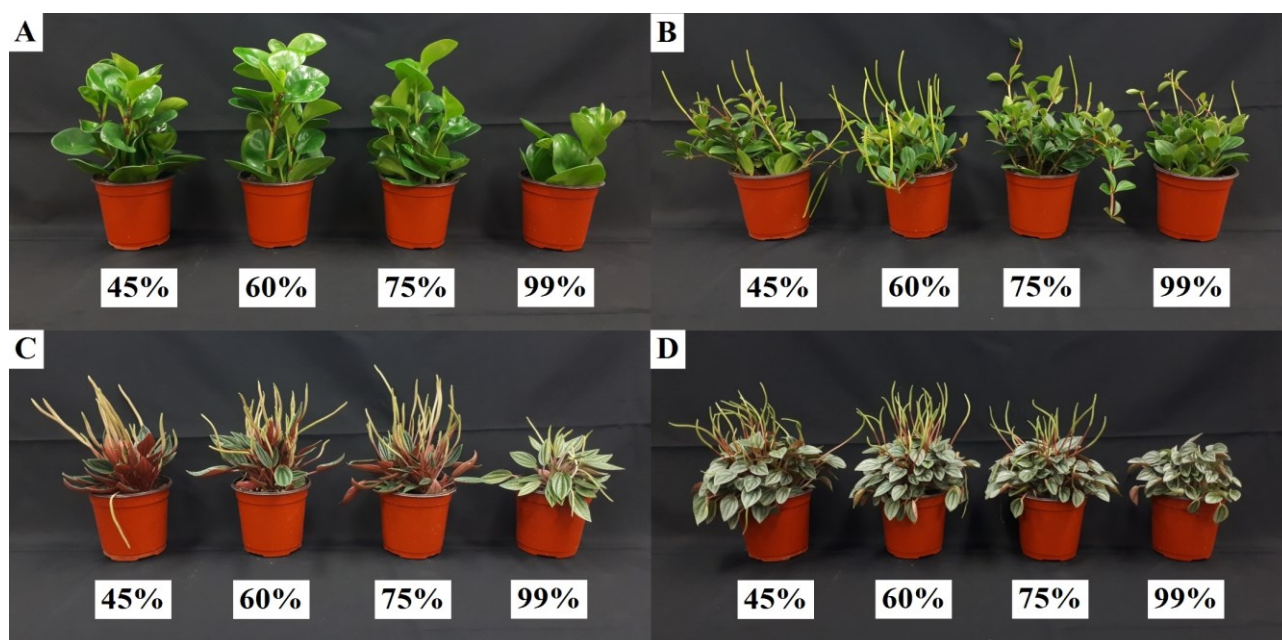


Figure 2. Plants shape of *Peperomia* species or cultivars as affected by shading treatments for eight weeks: A) *P. obtusifolia* (L.) A.Dietr.; B) *P. quadrangularis* (J.V.Thomps.) A.Dietr.; C) *P. caperata* Yunck. ‘Eden Rosso’; and D) *P. caperata* ‘Napoli Nights’.

Table 1. Plant sizes, plant weight, and moisture content of *Peperomia* species and cultivars as affected by shading treatments for eight weeks.

| Plants | Shading levels (%) | Plant sizes (cm) | | | Ground cover (cm ²) | Plant weight (g) | | Moisture content (%) |
|---------------------------------|--------------------|----------------------|-------------|-------------|---------------------------------|------------------|------------|----------------------|
| | | Shoot height | Shoot width | Root length | | Fresh weight | Dry weight | |
| | | | | | | | | |
| <i>Peperomia obtusifolia</i> | 45 | 19.98 a ² | 20.69 a | 17.32 a | 427.4 a | 191.6 a | 15.92 a | 91.7 b |
| | 60 | 20.04 a | 19.80 a | 16.20 a | 392.3 a | 208.0 a | 16.41 a | 92.1 b |
| | 75 | 22.71 a | 19.14 ab | 13.64 ab | 368.2 ab | 178.3 a | 13.19 a | 92.7 b |
| | 99 | 13.41 b | 16.88 b | 8.81 b | 285.0 b | 96.2 b | 5.61 b | 94.1 a |
| <i>P. quadrangularis</i> | 45 | 18.27 ab | 27.53 ab | 4.38 a | 759.5 ab | 84.1 a | 7.96 a | 90.1 a |
| | 60 | 19.72 a | 28.06 ab | 4.40 a | 791.5 ab | 65.5 b | 6.58 b | 89.6 a |
| | 75 | 17.20 ab | 30.90 a | 4.37 a | 987.1 a | 68.4 b | 6.02 b | 91.0 a |
| | 99 | 15.24 b | 20.96 b | 4.56 a | 442.4 b | 63.0 b | 5.89 b | 90.5 a |
| <i>P. caperata</i> ‘Eden Rosso’ | 45 | 17.82 a | 17.75 b | 14.03 a | 312.2 b | 68.2 a | 2.78 a | 95.8 a |
| | 60 | 17.90 a | 18.56 ab | 12.16 ab | 349.2 b | 74.2 a | 3.29 a | 95.5 a |
| | 75 | 18.85 a | 21.10 a | 12.54 ab | 450.8 a | 76.8 a | 2.95 a | 96.1 a |
| | 99 | 11.91 b | 19.50 ab | 11.07 b | 383.0 ab | 38.0 b | 1.32 b | 96.4 a |

| | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|--------|
| <i>P. caperata</i> ‘Napoli Nights’ | 45 | 16.86 a | 18.79 a | 16.31 a | 354.2 a | 149.1 ab | 8.62 ab | 94.1 b |
| | 60 | 17.64 a | 20.97 a | 16.63 a | 439.6 a | 167.2 a | 9.15 a | 94.5 b |
| | 75 | 17.70 a | 21.02 a | 14.54 a | 442.9 a | 123.9 b | 6.99 b | 94.3 b |
| | 99 | 11.82 b | 18.22 a | 13.70 a | 333.7 a | 78.3 c | 3.61 c | 95.3 a |
| Significance ¹ | Plants (A) | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| | Shading levels (B) | *** | ** | ** | ** | *** | *** | ** |
| | (A) × (B) | NS | * | NS | * | ** | ** | NS |

¹Means separation within columns by Duncan’s multiple range (DMRT) test at $p < 0.05$; same lowercase letters indicate no significant differences.

²NS, *, **, and ***: non-significant or significant at $p < 0.05$, 0.01, or 0.001, respectively.

Evaluation of ornamental value

















Shading treatment was evaluated to have some minor effects on the leaf color of *Peperomia* species and cultivars used in this study (Table 2). Commission Internationale de l’Eclairage Lab (CIELAB) L^* , representing lightness, was highest for *P. quadrangularis* at the 60 % shading level with a value of 33.81. However, no statistically significant differences were observed in other remaining *Peperomia* species and cultivars. For CIELAB a^* , which indicates green-red colors, *P. quadrangularis* showed the highest value of -5.11 at the 75 % shading level, and ‘Napoli Nights’ had higher values of -3.26 and -3.02 at the 75 and 99 % shading levels, respectively, suggesting a tendency for leaf color to become redder under extremely low-light conditions. This result contradicts previous studies which showed an increase in a^* values under higher light level conditions (Lee et al., 2021; Park et al., 2023b). For CIELAB b^* , representing blue-yellow colors, *P. quadrangularis* and ‘Napoli Nights’ showed higher values at the 45-60 % shading range, whereas ‘Eden Rosso’ had higher values at the 45 and 99 % shading levels. Previous studies reported that *Veronica pusanensis* exhibited higher b^* values under direct sunlight compared to shading conditions (Park et al., 2023b). Generally, plants in unsuitable growth environments or under stress tend to show an increase in leaf lightness and a yellowing of leaf color (Lee et al., 2022). However, considering the results of L^* and b^* in this study, no consistent trend was observed across the *Peperomia* species and cultivars used in this study, suggesting that characteristics like thick leaf texture and leaf reflectivity of *Peperomia* may have influenced these results.

In the CIE76 color-difference (ΔE^*_{ab}) analysis to evaluate the color difference by shading levels, *P. obtusifolia* showed the highest $\Delta E^*_{ab} = 1.38$ between 45 and 99 % shading levels, but this was assessed as ‘no color difference’. On the other hand, *P. quadrangularis* and ‘Napoli Nights’ exhibited the most color difference with $\Delta E^*_{ab} = 2.84$ and 2.91, respectively, between 60 and 75 % shading levels, which was evaluated as ‘very small color difference’. Similarly, ‘Eden Rosso’ had the highest $\Delta E^*_{ab} = 2.70$

between 45 and 75 % shading levels, but like *P. quadrangularis* and ‘Napoli Nights’, it was assessed as ‘very small color difference’, suggesting that the color difference in leaves due to shading levels is very minimal.

Based on the results of the leaf color qualities, it is concluded that shading treatment does not significantly impact the leaf color of *Peperomia* species and cultivars used in this study. Particularly, as the color differences (ΔE^*_{ab}) between treatments were not substantial, mostly rated as ‘no color difference’ or ‘very small color difference’, it seems that specifying a particular shading level for the purpose of modifying leaf color might not yield significantly meaningful results, unlike the findings of the analysis of growth characteristics.

Table 2. Leaf color reading values of Commission Internationale de l'Eclairage Lab (CIELAB) values, converted color, and CIE76 color-difference (ΔE^*_{ab}) of *Peperomia* species and cultivars as affected by shading treatments for eight weeks.

| Plants | Shading levels (%) | CIELAB values | | | Converted color ^z (color chip) | CIE76 (ΔE^*_{ab}) by shading levels (%) | | | |
|------------------------------------|--------------------|----------------------|---------|---------|---|---|-----------|-----------|-----------|
| | | L* | a* | b* | | 45 | 60 | 75 | 99 |
| <i>Peperomia obtusifolia</i> | 45 | 34.43 a ^y | -8.33 a | 12.69 a |  | Reference | 1.02 | 0.32 | 1.38 |
| | 60 | 34.74 a | -8.79 a | 13.55 a |  | 1.02 | Reference | 0.72 | 0.55 |
| | 75 | 34.55 a | -8.54 a | 12.90 a |  | 0.32 | 0.72 | Reference | 1.14 |
| | 99 | 34.71 a | -8.51 a | 14.03 a |  | 1.38 | 0.55 | 1.14 | Reference |
| <i>P. quadrangularis</i> | 45 | 32.95 ab | -5.86 b | 9.14 a |  | Reference | 1.06 | 1.97 | 1.38 |
| | 60 | 33.81 a | -6.20 b | 9.66 a |  | 1.06 | Reference | 2.84 | 2.40 |
| | 75 | 32.54 ab | -5.11 a | 7.36 b |  | 1.97 | 2.84 | Reference | 1.50 |
| | 99 | 31.79 b | -5.91 b | 8.39 ab |  | 1.38 | 2.40 | 1.50 | Reference |
| <i>P. caperata</i> ‘Eden Rosso’ | 45 | 33.49 a | -3.08 a | 6.55 a |  | Reference | 1.50 | 2.70 | 1.13 |
| | 60 | 32.60 a | -3.87 a | 5.63 ab |  | 1.50 | Reference | 1.46 | 0.88 |
| | 75 | 32.14 a | -3.66 a | 4.26 b |  | 2.70 | 1.46 | Reference | 2.31 |
| | 99 | 32.66 a | -3.86 a | 6.51 a |  | 1.13 | 0.88 | 2.31 | Reference |
| <i>P. caperata</i> ‘Napoli Nights’ | 45 | 39.81 a | -4.02 b | 6.02 a |  | Reference | 1.15 | 2.07 | 1.74 |
| | 60 | 40.96 a | -4.09 b | 6.00 a |  | 1.15 | Reference | 2.91 | 1.33 |
| | 75 | 38.59 a | -3.26 a | 4.52 b |  | 2.07 | 2.91 | Reference | 2.50 |
| | 99 | 40.99 a | -3.02 a | 5.21 ab |  | 1.74 | 1.33 | 2.50 | Reference |

| Significance ^x | Plants (A) | *** | *** | *** |
|---------------------------|------------|-----|-----|-----|
| Shading levels (B) | NS | * | *** | |
| (A) × (B) | NS | * | NS | |

^zColors converted using CIELAB L^* , a^* , and b^* values.

^yMeans separation within columns by DMRT at $p < 0.05$; same lowercase letters indicate no significant differences.

^xNS, *, and ***: non-significant or significant at $p < 0.05$ or 0.001, respectively.

Chlorophyll Content and Chlorophyll Fluorescence

Peperomia species and cultivars affected by shading treatment showed varying results in chlorophyll content and chlorophyll fluorescence responses (Table 3). In terms of chlorophyll content (SPAD units), *P. obtusifolia* exhibited the highest value of 60.32 SPAD units at the 45 % shading level, while *P. quadrangularis* showed similar significance at shading levels between 45-75 % range. Meanwhile, ‘Eden Rosso’ and ‘Napoli Nights’ showed similar significance at the 60-75 % shading levels, indicating an increase in chlorophyll density per unit area at optimal shading levels. A previous study reported that *Phoebe bournei* had the highest chlorophyll content at the 78 % shading level (Tang et al., 2019), partly aligning with the findings of this study. Similarly, the ‘Lane Late’ cultivar of navel orange also exhibited the highest chlorophyll content at the 75 % shading level (Incesu et al., 2014). On the other hand, F_v/F_m , representing the maximum quantum yield of photosystem II (PSII), is known to be between 0.78-0.84 in higher plants not under stress (Asadi-Sanam et al., 2015; Björkman and Demmig, 1987; Ventura Zapata et al., 2023). In this study, F_v/F_m values ranged between 0.78-0.83, suggesting that the photosynthetic apparatus of all *Peperomia* species and cultivars was at a normal operational level regardless of shading levels. *P. obtusifolia* and *P. quadrangularis* showed the highest F_v/F_m values of 0.82 and 0.80, respectively, at the 60 % shading level, while ‘Eden Rosso’ exhibited the highest at 0.83 at the 75 % shading level. ‘Napoli Nights’ showed similar significance at the 45-75 % range of shading levels. Φ_{D_0} , which is antagonistic to F_v/F_m and indicates the probability of absorbed photons being dissipated, was highest at the 99 % shading level for *P. obtusifolia*, ‘Eden Rosso’, and ‘Napoli Nights’. However, *P. quadrangularis* exhibited the highest Φ_{D_0} value of 0.21 at the 45% shading level, which represents the highest light intensity in the study. This suggests that the photosynthetic apparatus activity may decrease at elevated light levels in certain species. Although a value of 0.21 does not significantly deviate from the normal range, it is statistically higher compared to other species examined. This result suggests potential photoinhibition, likely due to a reduced rate of PSII photochemistry resulting from damage to the PSII reaction centers and/or an increased rate of non-radiative dissipation of excitation energy.

ABS/RC, representing absorption flux per reaction center, and DI_0/RC , denoting dissipated energy flux per reaction center, showed similar results to Φ_{D_0} . *P. obtusifolia*, ‘Eden Rosso’, and ‘Napoli Nights’

exhibited the highest values at the 99 % shading level, while *P. quadrangularis* showed high values at the 45 and 75 % shading levels. This suggests that in *P. obtusifolia*, ‘Eden Rosso’, and ‘Napoli Nights’, some reaction centers may have been deactivated due to prolonged extremely low-light conditions over about eight weeks. Conversely, *P. quadrangularis* appears to have a reduced activity of reaction centers and stress responses at higher light conditions compared to low-light conditions. Meanwhile, PI_{ABS} is a performance index based on an absorption basis (Srivastava et al., 1999). PI_{ABS} showed similar significance at the 45-75 % shading levels for all but *P. quadrangularis*, which had the highest value of 8.52 at the 60 % shading level.

In summary, from the chlorophyll content and chlorophyll fluorescence responses analysis, the maximum quantum yield of *Peperomia* species and cultivars used in this study, regardless of shading level, is assessed to be unstressed. However, other parameters such as ABS/RC and DI_o/RC indicate that some reaction centers may have become inactive at the 99 % shading level. Nevertheless, based on the results for maximum quantum yield, it is expected that the activity level of the photosynthetic apparatus would rapidly recover with a substantial increase in light intensity. The performance index (PI_{ABS}) for *Peperomia* species and cultivars, except for *P. quadrangularis*, which was highest at the 60 % shading level, is assessed to be similar at the 45-75 % shading levels, suggesting that they can exhibit a favorable performance index within a relatively wide range of shading levels, as long as the shading level is not too high.

Table 3. Chlorophyll content and five chlorophyll fluorescence parameters (F_v/F_m , Φ_{Do} , ABS/RC , DI_o/RC , and PI_{ABS}) of *Peperomia* species and cultivars as affected by shading treatments for eight weeks.

| Plants | Shading levels (%) | Chlorophyll content (SPAD units) | Chlorophyll fluorescence parameters | | | | |
|------------------------------|--------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------|----------|-----------|------------|
| | | | F_v/F_m | Φ_{Do} | ABS/RC | DI_o/RC | PI_{ABS} |
| <i>Peperomia obtusifolia</i> | 45 | 60.32 a ² | 0.81 b | 0.18 b | 1.03 c | 0.18 b | 8.59 a |
| | 60 | 53.64 ab | 0.82 a | 0.17 c | 1.09 bc | 0.18 b | 9.04 a |
| | 75 | 54.60 ab | 0.81 b | 0.18 b | 1.16 b | 0.21 b | 8.00 a |
| | 99 | 51.95 b | 0.79 c | 0.20 a | 1.47 a | 0.29 a | 4.86 b |
| <i>P. quadrangularis</i> | 45 | 62.72 a | 0.78 b | 0.21 a | 1.39 a | 0.29 a | 6.41 b |
| | 60 | 64.98 a | 0.80 a | 0.19 b | 1.23 b | 0.24 b | 8.52 a |
| | 75 | 65.48 a | 0.79 ab | 0.20 ab | 1.38 a | 0.28 a | 6.95 b |
| | 99 | 57.43 b | 0.79 ab | 0.20 ab | 1.30 ab | 0.26 ab | 6.75 b |

| | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------|----------|--------|--------|---------|---------|---------|
| <i>P. caperata</i> 'Eden Rosso' | 45 | 44.21 ab | 0.80 c | 0.19 b | 1.28 b | 0.24 b | 8.27 a |
| | 60 | 48.16 a | 0.82 b | 0.17 c | 1.19 b | 0.21 bc | 9.22 a |
| | 75 | 51.12 a | 0.83 a | 0.16 d | 1.21 b | 0.20 c | 10.13 a |
| | 99 | 36.99 b | 0.79 d | 0.20 a | 1.75 a | 0.35 a | 4.93 b |
| <i>P. capearata</i> 'Napoli Nights' | 45 | 55.98 b | 0.81 a | 0.18 b | 1.10 c | 0.20 b | 11.59 a |
| | 60 | 62.23 a | 0.82 a | 0.17 b | 1.14 bc | 0.19 b | 11.56 a |
| | 75 | 61.39 a | 0.82 a | 0.17 b | 1.31 b | 0.23 b | 9.90 a |
| | 99 | 52.08 c | 0.79 b | 0.20 a | 1.87 a | 0.38 a | 5.57 b |
| Significance ^y | Plants (A) | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| | Shading levels (B) | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| | (A) × (B) | NS | *** | *** | *** | *** | *** |

^zMeans separation within columns by DMRT at $p < 0.05$.

^yNS and ***: non-significant or significant at $p < 0.001$.

Conclusion

The genus *Peperomia*, belonging to the Piperaceae family, is commonly used as an indoor ornamental plant. While there have been various studies on the use of *Peperomia* as indoor ornamental plants, research on optimal growing conditions has been limited. Therefore, this study established four different shading levels using polyethylene (PE) shading films: 45, 60, 75, and 99 %. The experimental plants selected were *P. obtusifolia* (L.) A.Dietr., *P. quadrangularis* (J.V.Thomps.) A.Dietr., *P. caperata* Yunck. 'Eden Rosso', and *P. caperata* 'Napoli Nights'. Based on the results regarding plant sizes, it is advisable to cultivate *P. obtusifolia* at the 45-60 % shading levels, *P. quadrangularis* and 'Eden Rosso' at the 75 % shading level, and 'Napoli Nights' can be grown regardless of shading level. In terms of biomass analysis, *P. obtusifolia* and 'Eden Rosso' are better off at the 45-75 % shading levels, and *P. quadrangularis* and 'Napoli Nights' at the 45 and 60 % shading levels, respectively. Most *Peperomia* species and cultivars used in this study showed significantly lower plant sizes and biomass at the 99 % shading level, presumably due to limited carbon dioxide assimilation in extremely low-light conditions over the 8-week period. From the leaf color qualities, shading treatment was evaluated to have only minor effects on the leaf color of *Peperomia*. Particularly, the color difference analysis using CIE76 color-difference (ΔE^*_{ab}), which is based on the Commission Internationale de l'Eclairage Lab (CIELAB) color space, showed values ranging from 0.32 to 2.91 across all *Peperomia* species and cultivars, and shading levels, rated as 'no color difference' or 'very small color difference', indicating minimal differences in leaf color due to shading levels. Thus, unlike the results of the plant growth characteristics,

setting specific shading levels for leaf color control may not yield significantly meaningful outcomes. Combining the results of chlorophyll content (SPAD units) and chlorophyll fluorescence responses, the maximum quantum yield (F_v/F_m) of *Peperomia*, regardless of the species and cultivars, or shading levels, is assessed to be relatively robust. However, based on the parameters ABS/RC and DI_o/RC , some reaction centers appear to be inactive at the 99 % shading level. Still, judging from the results for maximum quantum yield, it is expected that the activity level of the photosynthetic apparatus would quickly recover with a significant improvement in light intensity. The performance index (PI_{ABS}) for *Peperomia* species and cultivars, except for *P. quadrangularis* which was highest at the 60 % shading level, is assessed to be similar up to the 45-75 % shading levels, suggesting that they can exhibit a favorable performance index within a relatively wide range of shading levels, as long as the shading is not excessively high. These results indicate that providing suitable shading levels is effective in improving the growth and photosynthetic activity of those several *Peperomia* species and cultivars.

Acknowledgements

This paper was supported by the Sahmyook University Research Fund in 2022.

References

- Alves, N. S. F., Setzer, W. N., da Silva, J. K. R. (2019). The chemistry and biological activities of *Peperomia pellucida* (Piperaceae): A critical review. *J Ethnopharmacol*, 232, 90-102. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.12.021>
- Asadi-Sanam, S., Pirdashti, H., Hashempour, A., Zavareh, M., Nematzadeh, G. A., Yaghoobian, Y. (2015). The physiological and biochemical responses of eastern purple coneflower to freezing stress. *Russ J Plant Physiol*, 62, 515-523. <https://doi.org/10.1134/S1021443715040056>
- Baker, N. R., Rosenqvist, E. (2004). Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *J Exp Bot*, 55(403), 1607-1621. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz535>
- Björkman, O., Demmig, B. (1987). Photon yield of O_2 evolution and chlorophyll fluorescence at 77 K among vascular plants free-air carbon dioxide enrichment affect photochemical of diverse origins. *Planta*, 170, 489-504. <https://doi.org/10.1007/bf00402983>
- Bradshaw, A. D. (1965). Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Adv Genet*, 13, 115-155. [https://doi.org/10.1016/S0065-2660\(08\)60048-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2660(08)60048-6)
- Brøndum, J. J., Friis, K. (1990). The influence of temperature and photoperiod on the flowering of *Peperomia caperata* Yuncker. *Sci Hortic*, 41(3), 259-263. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(90\)90008-3](https://doi.org/10.1016/0304-4238(90)90008-3)

Jae Jung Ahn, Eun A Kim, Eun Ji Shin, Yeong Sunwoo, Jae Hwan Lee, Sang Yong Nam / Shading treatments affect the growth characteristics, ornamental value... / *Glasilo Future* (2024) 7 (2-3) 01–19

Cabahug, R. A. M., Soh, S. Y., Nam, S. Y. (2017). Effects of shading on the growth, development, and anthocyanin content of *Echeveria agavoides* and *E. marcus*. *Flower Res J*, 25(4), 270-277. <https://doi.org/10.11623/frj.2017.25.4.12>

Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) (2004). *CIE15: Technical report: Colorimetry. Third Edition*. Vienna: Austria.

De Fatima Arrigoni-Blank, M., Dmitrieva, E. G., Franzotti, E. M., Antonioli, A. R., Andrade, M. R., Marchioro, M. (2004). Anti-inflammatory and analgesic activity of *Peperomia pellucida* (L.) HBK (Piperaceae). *J Ethnopharmacol*, 91(2-3), 215-218. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2003.12.030>

DeWitt, T. J., Sih, A., Wilson, D. S. (1998). Costs and limits of phenotypic plasticity. *Trends Ecol Evol*, 13(2), 77-81. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(97\)01274-3](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(97)01274-3)

Forster, P. I. (1993). A taxonomic revision of the genus *Peperomia* Ruiz & Pav. (Piperaceae) in mainland Australia. *Austrobaileya* 4, 93-104

Gutierrez, Y. V., Yamaguchi, L. F., de Moraes, M. M., Jeffrey, C. S., Kato, M. J. (2016). Natural products from *Peperomia*: occurrence, biogenesis and bioactivity. *Phytochem Rev*, 15, 1009-1033. <https://doi.org/10.1007/s11101-016-9461-5>

Hamzah, R. U., Odetola, A. A., Erukainure, O. L., Oyagbemi, A. A. (2012). *Peperomia pellucida* in diets modulates hyperglycemia, oxidative stress and dyslipidemia in diabetic rats. *J Acute Dis*, 1(2), 135-140. [https://doi.org/10.1016/S2221-6189\(13\)60031-1](https://doi.org/10.1016/S2221-6189(13)60031-1)

Han, C., Shim, I. S. (2020). Changes in growth characteristics of seven foliage plants grown in an indoor bio-wall system depending on irrigation cycle. *J People Plants Environ*, 23(2), 179-189. <https://doi.org/10.11628/ksppe.2020.23.2.179>

Han, K. S., Choi, S. K., Kim, H. H., Lee, S. C., Park, J. H., Cho, M. R., Park, M. J. (2014). First report of *Myrothecium roridum* causing leaf and stem rot disease on *Peperomia quadrangularis* in Korea. *Mycobiology*, 42(2), 203-205. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2014.42.2.203>

Henny, R. J. (1985). BA induces lateral branching of *Peperomia obtusifolia*. *HortScience*, 20(1), 115-116.

Herrera, A., Fernandez, M. D., Taisma, M. A. (2000). Effects of drought on CAM and water relations in plants of *Peperomia carnevalii*. *Ann Bot*, 86(3), 511-517. <https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1210>

Ho, K. L., Tan, C. G., Yong, P. H., Wang, C. W., Lim, S. H., Kuppusamy, U. R., Ngo, C. T., Massawe, F., Ng, Z. X. (2022). Extraction of phytochemicals with health benefit from *Peperomia pellucida* (L.)

Jae Jung Ahn, Eun A Kim, Eun Ji Shin, Yeong Sunwoo, Jae Hwan Lee, Sang Yong Nam / Shading treatments affect the growth characteristics, ornamental value... / *Glasiolo Future* (2024) 7 (2-3) 01–19

Kunth through liquid-liquid partitioning. *J Appl Res Med Aromat Plants*, 30, 100392. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2022.100392>

Holthe, P. A., Patel, A., Ting, T. P. (1992). The occurrence of CAM in *Peperomia*. *Selbyana*, 13, 77-87.

Ilyas, S., Naz, S., Aslam, F., Parveen, Z., Ali, A. (2014). Chemical composition of essential oil from in vitro grown *Peperomia obtusifolia* through GC-MS. *Pak J Bot*, 46(2), 667-672.

Incesu, M., Yesiloglu, T., Cimen, B., Yilmaz, B. (2014). Effects of nursery shading on plant growth, chlorophyll content and PSII in ‘Lane Late’ navel orange seedlings. *Acta Hortic*, 1130, 301-306. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1130.44>

Jang, I. T., Lee, J. H., Shin, E. J., Nam, S. Y. (2023). Evaluation of growth, flowering, and chlorophyll fluorescence responses of *Viola cornuta* cv. Penny Red Wing according to spectral power distributions. *J People Plants Environ*, 26(4), 335-349. <https://doi.org/10.11628/ksppe.2023.26.4.335>

Jeong, K. J., Chon, Y. S., Choi, K. O., Ha, S. H., Yun, J. G. (2012). Proper light intensity, potting media, and fertilization level for potted *Orostachys iwarenge* for. *magnus*. *Korean J Horticult Sci Technol*, 30(4), 357-362. <https://doi.org/10.7235/hort.2012.12035>

Jeong, K. J., Chon, Y. S., Ha, S. H., Yun, J. G. (2013). Optimum light intensity, media and fertilization for potted *Orostachys malacophyllus* from Taebaek. *Flower Res J*, 21(2), 46-51. <https://doi.org/10.11623/frj.2013.21.2.13>

Jeong, S. J., Moon, J. H., Gim, G. M., Song, Y., Park, K., Lee, S. C. (2016). Screening of ornamental succulents as indoor plants. *Flower Res J*, 24(4), 274-281. <https://doi.org/10.11623/frj.2016.24.4.05>

Khan, A., Rahman, M., Islam, S. (2008). Antipyretic activity of *Peperomia pellucida* leaves in rabbit. *Turk J Biol*, 32(1), 37-41.

Lechaudel, M., Urban, L., Joas, J. (2010). Chlorophyll fluorescence, a nondestructive method to assess maturity of mango fruits (Cv. ‘Cogshall’) without growth conditions bias. *J Agric Food Chem*, 58(13), 7532-7538. <https://doi.org/10.1021/jf101216t>

Lee, J. H. (2023). Effects of light quality, temperature, photoperiod, and GA₃ concentration on growth of six *Phedimus* species. Doctoral Dissertation, Sahmyook University, Seoul, Republic of Korea.

Lee, J. H., Lim, Y. S., Nam, S. Y. (2021). Optimization of shading levels, potting media, and fertilization rates on the vegetative growth of *Sedum zokuriense* Nakai. *Flower Res J*, 29(4), 239-246. <https://doi.org/10.11623/frj.2021.29.4.04>

Jae Jung Ahn, Eun A Kim, Eun Ji Shin, Yeong Sunwoo, Jae Hwan Lee, Sang Yong Nam / Shading treatments affect the growth characteristics, ornamental value... / *Glasilo Future* (2024) 7 (2-3) 01–19

Lee, J. H., Nam, S. Y. (2022). Effects of shading treatment on the growth and leaf color quality of potted *Phedimus takesimensis* cv. Atlantis. *J Agric Life Environ Sci*, 34(3), 413-424. <https://doi.org/10.22698/jales.20220040>

Lee, J. H., Nam, S. Y. (2023). Comparison of growth and leaf color quality of *Mesembryanthemum cordifolium* f. *variegata* as affected by shading levels. *J People Plants Environ*, 26(3), 207-217. <https://doi.org/10.11628/ksppe.2023.26.3.207>

Lee, J. H., Soh, S. Y., Nam, S. Y. (2022). Growth evaluation of potted *Delosperma cooperi* (Hook. f.) L. Bolus to shading levels, potting media, and fertilization rates. *Flower Res J*, 30(1), 1-9. <https://doi.org/10.11623/frj.2022.30.1.01>

Mota, J. D. S., Leite, A. C., Kato, M. J., Young, M. C. M., Bolzani, V. D. S., Furlan, M. (2011). Isoswertisin flavones and other constituents from *Peperomia obtusifolia*. *Nat Prod Res*, 25(1), 1-7. <https://doi.org/10.1080/14786410903244954>

Nam, J. W., Lee, J. H., Lee, J. G., Hwang, S. Y., Nam, S. Y. (2022). Characteristics of growth and leaf color of *Hylotelephium telephium* cv. Lajos and *H. sieboldii* cv. Mediovariegatum as affected by shading levels. *Flower Res J*, 30(4), 172-183. <https://doi.org/10.11623/frj.2022.30.4.02>

Oh, H. J., Kwon, H. H., Kim, J. H., Cho, W., Kim, S. Y. (2022). Growth characteristics by plug tray cell size, soil type, and fertilizer concentration for plug seedling production of *Veronica pusanensis* Y.N. Lee. *J People Plants Environ*, 25(2), 143-152. <https://doi.org/10.11628/ksppe.2022.25.2.143>

Park, E. W., Hwang, J. H., Hwang, H. S., Jeong, H. W., Hwang, S. Y., Yu, J., Hwang, S. J. (2023a). Appropriate cold treatment periods and shading levels on *Codonopsis lanceolata* for plug seedling production in summer season. *J Bio Environ Con*, 32(2), 157-164. <https://doi.org/10.12791/KSBEC.2023.32.2.157>

Park, S. H., Lee, J. H., Nam, S. Y. (2023b). An analysis of the growth and photosynthetic responses of potted *Veronica pusanensis* Y.N. Lee according to the shading levels. *J People Plants Environ*, 26(3), 219-231. <https://doi.org/10.11628/ksppe.2023.26.3.219>

Paull, N. J., Krix, D., Irga, P. J., Torpy, F. R. (2020). Airborne particulate matter accumulation on common green wall plants. *Int J Phytoremediation*, 22(6), 594-606. <https://doi.org/10.1080/15226514.2019.1696744>

Phongtongpasuk, S., Poadang, S. (2014). Extraction of antioxidants from *Peperomia pellucida* L. Kunth. *Sci Technol Asia*, 19, 38-43.

Photon Systems Instruments (PSI) 2023. FluorPen FP 110 PAR-FluorPen FP 110 Monitoring Pen MP 100. FluorPen & PAR FluorPen, Photon Systems Instruments website, https://handheld.psi.cz/documents/FluorPen_Monitoring_Manual_02_2021.pdf (Accessed: 24. 11. 2023.).

Qi, L., Wu, F., Wu, R., Cao, Q., Zhang, P. (2019). Effects of shading and different forms of nitrogen fertilization on the growth of *Pinus koraiensis* seedlings. *For Eng*, 35(4), 1-5.

Samain, M. S., Vanderschaeve, L., Chaerle, P., Goetghebeur, P., Neinhuis, C., Wanke, S. (2009). Is morphology telling the truth about the evolution of the species rich genus *Peperomia* (Piperaceae)?. *Plant Syst Evol*, 278, 1-21. <https://doi.org/10.1007/s00606-008-0113-0>

Semchenko, M., Lepik, M., Gotzenberger, L., Zobel, K. (2012). Positive effect of shade on plant growth: amelioration of stress or active regulation of growth rate?. *J Ecol*, 100(2), 459-466. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2011.01936.x>

Serodio, J. (2004). Analysis of variable chlorophyll fluorescence in microphytobenthos assemblages: implications of the use of depth-integrated measurements. *Aquat Microb Ecol*, 36(2), 137-152.

Shen, G. W. H., Seeley, J. G. (1983). The effect of shading and nutrient supply on variegation and nutrient content of variegated cultivars of *Peperomia obtusifolia*. *J Am Soc Hortic Sci*, 108(3), 429-433. <https://doi.org/10.21273/JASHS.108.3.429>

Shin, E. J., Lee, J. H., Nam, S. Y. (2023). Changes in growth, visual qualities, and photosynthetic parameters in *Peperomia* species and cultivars under different color temperatures of white lighting conditions. *J Agric Life Environ Sci*, 35(3), 307-321. <https://doi.org/10.22698/jales.20230025>

Shin, H. T., Yi, M. H., Shin, J. S., Lee, B. C., Yoon, J. W. (2012). Distribution of rare plants-Ulsan, Busan, Yangsan. *J Korean Nat*, 5(2), 145-153. <https://doi.org/10.7229/jkn.2012.5.2.145>

Srivastava, A., Strasser, R. J., Govindjee, G. (1999). Greening of peas: parallel measurements of 77 K emission spectra, OJIP chlorophyll *a* fluorescence, period four oscillation of the initial fluorescence level, delayed light emission, and P700. *Photosynthetica*, 37, 365-392. <https://doi.org/10.1023/A:1007199408689>

Stirbet, A., Govindjee, G. (2011). On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll *a* fluorescence induction) and photosystem II: basics and applications of the OJIP fluorescence transient. *J Photochem Photobiol B*, 104(1-2), 236-257. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2010.12.010>

- Sultan, S. E. (1987). Evolutionary implications of phenotypic plasticity in plants. p. 127-178. In: *Evolutionary Biology: Volume 21*, M.K. Hecht, B. Wallace and G.T. Prance (eds.). Boston, MA, Springer US.
- Tanaka, T., Asai, F., Iinuma, M. (1998). Phenolic compounds from *Peperomia obtusifolia*. *Phytochemistry*, 49(1), 229-232. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(97\)01050-9](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(97)01050-9)
- Tang, X. L., Jiang, J., Jin, H. P., Zhou, C., Liu, G. Z., Yang, H. (2019). Effects of shading on chlorophyll content and photosynthetic characteristics in leaves of *Phoebe bournei*. *J Appl Ecol*, 30(9), 2941-2948. <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.201909.002>
- Ventura Zapata, E., Brito Uribe, G., Sánchez Rivera, M. M., Nava Juárez, R. A., Méndez Tinajero, M., Sánchez Muñoz, J., Tapia Barrera, N. P. (2023). Effect of level of PFD on photosynthetic parameters and production of steviol glycosides by hydroponic culture from *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Int J Agric Environ Res*, 9(3), 387-405. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.338414>
- Ware, I., Franke, K., Hussain, H., Morgan, I., Rennert, R., Wessjohann, L. A. (2022). Bioactive phenolic compounds from *Peperomia obtusifolia*. *Molecules*, 27(14), 4363. <https://doi.org/10.3390/molecules27144363>
- Wei, L. S., Wee, W., Siong, J. Y. F., Syamsumir, D. F. (2011). Characterization of anticancer, antimicrobial, antioxidant properties and chemical compositions of *Peperomia pellucida* leaf extract. *Acta Med Iran*, 49, 670-674.
- Weijschede, J., Martinkova, J., De Kroon, H., Huber, H. (2006). Shade avoidance in *Trifolium repens*: costs and benefits of plasticity in petiole length and leaf size. *New Phytol*, 172(4), 655-666. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01885.x>
- Woerner, A. C., Martin, C. E. (1999). Mechanistic basis of differences in water-use efficiency between a CAM and a C₃ species of *Peperomia* (Piperaceae). *New Phytol*, 144(2), 307-312. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.1999.00525.x>
- Zaloga, J., Lukaszewska, A., Tonecki, J. (2005). Effect of auxins and cytokinin on root and shoot regeneration on leaf cuttings from ornamental pot plants *Peperomia sandersii* E. Morr and *Peperomia caperata* Yuncker. *Ann Warsaw Agric Univ - Horticult Landsc Archit*, 26, 49-56.
- Zettl, A. (2023). Converting colors. Converting Colors website, <https://convertingcolors.com> (Accessed: 25. 11. 2023.).

Primljeno: 14. travnja 2024. godine.

Received: April 14, 2024.

Prihvaćeno: 28. lipnja 2024. godine.

Accepted: June 28, 2024.

**Fizikalno-kemijske značajke ploda trešnje sorte
Isabella i Prima Giant uzgajanih na različitim tlima**

**Physico-chemical characteristics of the sweet cherry fruit of the
Isabella and Prima Giant varieties grown on different soils**

Aleksandra Šupljeglav Jukić^{1*}, Jasmina Aliman¹, Jasna Hasanbegović Sejfić¹

izvorni znanstveni rad (original scientific paper)

doi: 10.32779/gf.7.2-3.2

Citiranje/Citation²

Sažetak

U razdoblju dvije godine (2019, 2020) proučavane su fizikalne i kemijske osobine ploda dvije sorte trešnje (Isabella i Prima Giant) cijepljene na podlozi Saint Lucie 64 u agroekološkim uvjetima submediteranske Hercegovine na tri različita tipa tla na lokalitetima: Blagaj, Konjusi i Aladinići. Istraživanja su obuhvaćala analizu mase ploda i koštice, dužinu peteljke, dimenzije ploda, sadržaj ukupnih kiselina i ukupnih šećera. Rezultati su pokazali da je sorta Prima Giant u 2020. godini imala najveću prosječnu vrijednost za sve promatrane fizikalne parametre ploda (masu ploda i koštice, dužinu peteljke, širinu ploda). Sorta Isabella je u 2019. godini imala najveću prosječnu masu koštice i dužinu peteljke, dok su plodovi sorte Prima Giant imali najveću prosječnu masu, dužinu, širinu i debljinu ploda. Na osnovu dobivenih vrijednosti, sorta Prima Giant je pokazala bolje rezultate fizikalnih osobina ploda u odnosu na sortu Isabella. Sorta Isabella je imala najveću prosječnu vrijednost ukupnih šećera i kiselina.

Ključne riječi: tlo, trešnja, sorta, fizikalne i kemijske značajke ploda.

Abstract

In a period of two years (2019, 2020), the physical and chemical properties of the fruit of two varieties of cherry (Isabella and Prima Giant) grafted on the Saint Lucie 64 rootstock were studied in the agroecological conditions of sub-Mediterranean Herzegovina on three different soil types in the localities: Blagaj, Konjusi and Aladinići. The research included the weight of the fruit and stone, the

¹ Agromediteranski fakultet Univerzitet Džemal Bijedić u Mostaru, Sjeverni logor bb, 88000 Mostar, Bosna i Hercegovina.

* E-mail: aleksandra@unmo.ba (dopisna autorica).

² Šupljeglav Jukić, A., Aliman, J., Hasanbegović Sejfić, J. (2024). Fizikalno-kemijske značajke ploda trešnje sorte Isabella i Prima Giant uzgajanih na različitim tlima. *Glasilo Future*, 7(2-3), 20–35. / Šupljeglav Jukić, A., Aliman, J., Hasanbegović Sejfić, J. (2024). Physico-chemical characteristics of the sweet cherry fruit of the Isabella and Prima Giant varieties grown on different soils. *Glasilo Future*, 7(2-3), 20–35.

length of the stalk, the dimensions of the fruit, the content of total acids and total sugars. The results showed that the Prima Giant variety in 2020 had the highest average value for all observed physical parameters of the fruit (weight of the fruit and stone, length of the stalk, width of the fruit). In 2019, the variety Isabella had the highest average stone weight and peduncle length, while the fruits of the Prima Giant variety had the highest average weight, length, width and thickness of the fruit. Based on the obtained values, the variety Prima Giant showed better results of the physical characteristics of the fruit compared to the variety Isabella. The variety Isabella had the highest average value of total sugars and acids.

Key words: soil, cherry, variety, physical and chemical properties of the fruit.

Uvod

Trešnja (*Prunus avium* L.) jedna je od najstarijih voćnih vrsta. Karakterizira je ranije sazrijevanje plodova u odnosu na druge voćne vrste i ugodan okus. Upotrebna vrijednost plodova se pored konzumacije u svježem stanju ogleda i u kulinarstvu te preradi (Badžak et al., 2022). Značajke koje obuhvaćaju šećere, organske i aminokiseline kiseline, kao i više drugih sekundarnih metabolita jeste okus hrane (Li et al., 2023). Osnovni faktor koji, općenito, utječe na predodžbu i afinitet potrošača je okus, te određuje kvalitetu hrane (Shu et al., 2023).

U cilju povećanja proizvodnje trešnje u Bosni i Hercegovini neophodno je promijeniti dosadašnji način uzgoja trešnje na bujnim podlogama, te usmjeriti k uzgoju trešnje na slabo bujnim ili srednje bujnim podlogama. Ovakav način uzgoja trešnje pruža mogućnost sadnje u gušćem sklopu, proizvodnjom trešnje s boljim kvalitativnim osobinama ploda i većih prinosa po jedinici površine ((Lang, 2001; Vercammen et al., 2008; Pal et al., 2017., prema Badžak et al., 2022). Mitrović (1982) navodi da je sortno svojstvo trešnje dužina peteljke, te da je značajna za determinaciju sorti. Podloga Saint Lucie 64 (Sl64) spada u srednje bujne podloge. Šupljeglav et al. (2020) su istražujući utjecaj tla na vrijeme cvatnje, došli do zaključka da godina ima utjecaj na fenofaze, kao i genetska predispozicija sorte, te da je utjecaj varijeteta tla evidentiran u odnosu na vrijeme cvjetanja, ali ne i na vrijeme zrenja. Bargioniu (1982.) ističe da je povoljan omjer frakcija sadržaja sitnog i krupnog pijeska u tlu od 40 % do 60 %, te 25 % do 30 % gline i praha.

Usenik et al. (2010., prema Badžak et al., 2022) su zaključili da su tip tla i podloga su parametri koji imaju izravan utjecaj na vegetativni porast, prinos, fenoliške faze i kvaliteta ploda trešnje.

Pored odabira podloga, važan faktor za uspješnu proizvodnju trešnje je i odabir sortimenta koji će kvantitativnim i kvalitativnim osobinama ploda moći komparirati svjetskoj proizvodnji trešnje.

Da bi se u skorijem periodu povećao obim proizvodnje trešnje potrebno zamijeniti sada aktualni sortiment trešnje sa sortama boljih karakteristika i rodnosti. Valjanost varijante podloga/sorta na prostorno određene klimatske i zemljišne uvjete, kao i sustava uzgoja važan je činilac za proizvodnju

trešnje (Pal et al., 2017., prema Badžak et al., 2022). U Hercegovini se zadnjih 20 godina, uvođenjem novih sorti cijepljenih na slabo ili srednje bujnim podlogama (Sl64, Gisela5, Gisela6) pokušava intenzivirati proizvodnja trešnje. Međutim, da bi se moglo govoriti o uspješnosti ovih kombinacija sorti i podloga potrebno je još istraživačkog rada.

Cilj ovog istraživanja bio je praćenje fizikalnih karakteristika ploda (masa, dužina, širina, debljina, dužina peteljke i masa koštice) i kemijskih karakteristika ploda (ukupnih kiselina i ukupnih šećera), dvije introducirane sorte trešnje Isabella i Prima Giant, koje nisu istražene, a prisutne su u Hercegovini.

Materijali i metode

Istraživanje je provedeno tijekom dvije vegetacije (2019 i 2020 godine). Eksperimentalni terenski dio rada izvršen je u Hercegovini: Općini Stolac (Aladinići-A), tip tla crvenica i crvenkastosmeđa, antropogenizirana tla na vapnencu, zatim u Općini Mostar (Konjusi-K) tip tla smeđe karbonatno, antropogenizirano tlo, plitko i srednje duboko, skeletoidno na šljuncima i u Općini Mostar (Blagaj-B) tip tla smeđe koluvijalno antropogenizirano skeletno tlo na tvrdim vapnencima. Sa svake lokacije su uzeti prosječni uzorci tla sa dvije dubine u obje godine istraživanja i analizirani u referentnom laboratoriju.

Promatrane sorte trešnje Isabella i Prima Giant bile su cijepljene na vegetativnoj podlozi Saint Lucie 64 i nalazile su se u punoj rodnosti. Uzgojni oblik bio je slobodna piramidalna krošnja s razmacima sadnje 4 x 3,60 m. Pokus je postavljen po slučajnom blok rasporedu, s po dva stabla u tri ponavljanja za svaku sortu. Za svako ponavljanje uzorkovano je po pedeset zrelih plodova, te je analiza kemijskih karakteristika ploda izvršena u tri ponavljanja. U nasadu se primjenjuju konvencionalne agrotehničke i pomotehničke mjere.

Istraživanje je obuhvatilo mjerenje fizikalnih karakteristika plodova: mase ploda (g) i masa koštice (g) mjereno na tehničkoj vagi Acom JW-1-300 (Acom Inc., Pocheon, South Korea) s točnošću $\pm 0,01$ g, te dužina (mm), širina (mm) i debljina ploda (mm), dužina peteljke (mm), (mjereno digitalnim pomičnim mjerilom), prinos po stablu (kg), te laboratorijska analiza sadržaja ukupnih kiselina i ukupnih šećera uzorkovanih plodova dvije sorte trešnje uzgajane na tri različita tipa tla u Hercegovini. Dobiveni rezultati istraživanja su statistički obrađeni analizom varijance (ANOVA) dvofaktorijskog ogleda (sorta x lokalitet) (ANOVA), dok je testiranje razlika aritmetičkih sredina urađeno primjenom Takey testa za nivo značajnosti $p > 0,05$.

Rezultati i diskusija

Rezultati analize kemijskih značajki tla uzorkovanih sa dvije dubine (2019, 2020) prezentirani su u tablicama 1-3.

Tablica 1. Rezultati kemijske analize uzoraka tla tipa crvenice i crvenkastosmeđa tla na krečnjaku, lokaliteta A, sa dvije dubine (2019, 2020).

Table 1. Results of chemical analysis of soil samples of red and reddish-brown soils on limestone, site A, from two depths (2019, 2020).

| God. | Dubina (cm) | pH-vrijednost | | Sadržaj CaCO ₃ (%) | Sadržaj aktivnog vapna (% Ca) | Sadržaj humusa (%) | Ukupni dušik (%N) | Sadržaj fiziološki aktivnog (mg/100 g tla) | |
|------|-------------|------------------|----------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|--|------------------|
| | | H ₂ O | 1M KCl-u | | | | | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| 2019 | 0-30 | 7,07 | 5,97 | 0,17 | 0,75 | 1,74 | 0,11 | 9,70 | 48,62 |
| | 30-60 | 6,83 | 5,56 | n.d. | n.d. | 1,30 | 0,09 | 1,05 | 26,27 |
| 2020 | 0-30 | 7,17 | 6,18 | 0,18 | n.d. | 1,76 | 0,11 | 11,02 | 46,81 |
| | 30-60 | 7,05 | 5,95 | 0,26 | n.d. | 1,26 | 0,09 | 3,17 | 37,45 |

Iz tablice 1. zaključujemo da je u 2019. godini, lokalitet A, tlo slabo kisele do neutralne reakcije sa 0,17% CaCO₃ u prvoj dubini, što ukazuje na slabo karbonatno tla. U obje dubine je slabo humozno, slabo opskrbljeno pristupačnim P₂O₅, te umjereno opskrbljeno ukupnim N. Sadržaj pristupačnog K₂O (26,27 do 48,62 mg/100g tla K₂O) pokazuje visoku opskrbljenost tla ovim elementom. U 2020. godini tlo u obe dubine ima neutralnu reakciju, slabu humoznost, umjereno opskrbljeno ukupnim N, do 30 cm tlo je slabo karbonatno i srednje opskrbljeno pristupačnim P₂O₅, na 30-60 cm dubine srednje je karbonatno i dobro opskrbljeno K (46,81 i 37,45 mg/100g tla K₂O).

Tablica 2. Rezultati kemijske analize uzoraka tla tipa smeđe koluvijalno antropogenizirano skeletno tlo na tvrdim vapnencima, lokaliteta B, sa dvije dubine (2019, 2020).

Table 2. Results of chemical analysis of soil samples of the type brown colluvial anthropogenic skeletal soil on hard limestones, site B, from two depths (2019, 2020).

| God. | Dubina (cm) | pH-vrijednost | | Sadržaj CaCO ₃ (%) | Sadržaj aktivnog vapna (%Ca) | Sadržaj humusa (%) | Ukupni dušik (%N) | Sadržaj fiziološki aktivnog (mg/100 g tla) | |
|------|-------------|------------------|----------|-------------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|--|------------------|
| | | H ₂ O | 1M KCl-u | | | | | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| 2019 | 0-30 | 8,06 | 7,40 | 40,41 | 3,50 | 5,20 | 0,29 | 10,46 | 44,42 |
| | 30-60 | 8,09 | 7,42 | 44,13 | 3,75 | 4,53 | 0,29 | 8,41 | 89,74 |
| 2020 | 0-30 | 8,04 | 7,35 | 42,32 | 4,25 | 5,12 | 0,34 | 9,49 | 47,76 |
| | 30-60 | 8,16 | 7,39 | 39,73 | 4,25 | 3,78 | 0,31 | 9,21 | 44,90 |

Iz podataka tablice 2. zaključujemo da je tlo alkalne reakcije, jako karbonatno. Sadržaj aktivnog vapna u obje godine se kreće od 3,5 % do 4,25 % što nije ograničavajući faktor obzirom da je podloga na kojoj su cijepljene ove dvije sorte Sl64 izdvojena iz populacije sjemenjaka rašeljke koja podnosi sadržaj aktivnog vapna i 12 % (Čoga i Slunjski, 2018). Tlo je u obje godine (0-30 cm) dosta humozno, te jako humozno (30-60 cm), na obje dubine bogato dušikom i dobro opskrbljeno K₂O, dok je 2019. godine srednje opskrbljeno P₂O₅ (10,46 %) na dubini od 0-30 cm, a na svim ostalim dubinama slabo opskrbljeno izmjenjivim fosforom (<10 mg /100 g tla).

Tablica 3. Rezultati kemijske analize uzoraka tla tipa smeđe karbonatno, antropogenizirano tlo, plitko i srednje duboko, skeletoidno na šljuncima, lokaliteta K, sa dvije dubine (2019, 2020).

Table 3. Results of chemical analysis of soil samples of the type brown carbonate, anthropogenic soil, shallow and medium deep, skeletonized on gravel, locality K, from two depths (2019, 2020).

| God. | Dubina (cm) | pH-vrijednost | | Sadržaj CaCO ₃ (%) | Sadržaj aktivnog vapna (% Ca) | Sadržaj humusa (%) | Ukupni dušik (% N) | Sadržaj fiziološki aktivnog (mg/100 g tla) | |
|------|-------------|------------------|----------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|--|------------------|
| | | H ₂ O | 1M KCl-u | | | | | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| 2019 | 0-30 | 8,19 | 7,68 | 29,40 | 2 | 2,49 | 0,19 | 32,47 | 37,54 |
| | 30-60 | 8,22 | 7,75 | 37,94 | 2,50 | 2,63 | 0,16 | 22,23 | 28,51 |
| 2020 | 0-30 | 8,19 | 7,73 | 40,25 | 3,50 | 2,47 | 0,14 | 24,24 | 22,88 |
| | 30-60 | 8,42 | 8,08 | 68,29 | 3,50 | 1,25 | 0,07 | 7,32 | 9,27 |

Iz podataka tablice 3. zaključujemo da je tlo alkalne reakcije, jako karbonatno. Sadržaj aktivnog vapna u obje godine se kreće od 2 % do 3,5 % i slabo je humozno. Sadržaj ukupnog N u 2019. godini pokazuje dobru opskrbljenost na obje dubine, dok je u 2020. godini tlo dobro opskrbljeno ukupnim N do 30 cm dubine, a od 30 cm do 60 cm umjereno opskrbljeno.

Na obje dubine 2019. godine i 0-30 cm dubine u 2020. godini opskrbljenost izmjenjivim K₂O i P₂O₅ je dobro, a na dubini od 30 do 60 cm u 2020. godini opskrbljenost je slaba.

Rezultati mjerenja fizikalnih značajki ploda u 2019. i 2020. godini prikazani su u tablicama 4 i 5.

Prosječna visina ploda sorte Prima Giant, u 2019. godini, se kretala od 25,68 mm na lokalitetu K, do 22,32 mm na lokalitetu B, dok su plodovi sorte Isabela imali visinu od 22,52 mm na lokalitetu B do 24,04 mm na lokalitetu Konjusi. Dvofaktorijskom analizom varijance za visinu ploda došlo se do rezultata da su sorta, lokalitet i interakcija sorta i lokalitet pokazale statističku značajnost. Rezultati Tukey testa za visinu ploda ukazuju da su sve komparacije pokazale statističku značajnost, osim u komparaciji sorta Isabela na lokalitetu Aladinići i sorta Prima Giant na lokalitetu Aladinići, gdje nije utvrđena statistička značajnost.

Rezultati debljine ploda (tablica 4.) za 2019. godini pokazuju da je najveću prosječnu debljinu ploda imala sorta Prima Giant na lokalitetu Konjusi (24,67 mm), a najmanju sorta Isabella na lokalitetu Blagaj (20,89 mm). Dvofaktorijska analiza varijanse za debljinu ploda pokazuje da sorta, godina i interakcija sorta i godina pokazuju statističku značajnost. Na osnovu rezultata Tukey testa može se konstatirati statistička značajnost za sve komparacije, izuzev između sorte Prima Giant na lokalitetu Aladinići i na lokalitetu Blagaj, te komparacija Prima Giant i Isabella na lokalitetu Blagaj, koje nisu pokazale statističku značajnost.

Rezultati mjerenja za 2019. godinu (tablica 4.) ukazuju da je najveća prosječna širina ploda zabilježena kod sorte Prima Giant na lokalitetu Konjusi (29,78 mm), dok je najmanju prosječnu širinu ploda (24,32

mm) imala sorta Isabela na lokalitetu Blagaj. Rezultati analize varijance ukazuje da su sorta, lokalitet i interakcija pokazale statističku značajnost. Rezultati Tukey testa ukazuju na postojanje statističke značajnosti kod svih komparacija za širinu ploda, osim komparacije sorte Isabella na lokalitetu Konjusi i lokalitetu Aladinići.

Najveću prosječnu masu ploda ispitivanih sorti trešnje u 2019. godini (tablica 4) imala je sorta Prima Giant na lokalitetu Konjusi (11,50 g), dok je najmanja prosječna vrijednost mase ploda zabilježena kod iste sorte na lokalitetu Blagaj (7,18 g). Dvofaktorijalnom analizom varijanse došlo se do rezultata da su sorta, lokalitet i interakcija sorta i lokalitet pokazale statističku značajnost. Rezultat Tukey testa ukazuje da je većina komparacija pokazala statističku značajnost osim u komparacije sorte Isabella na lokalitetima Konjusi i Aladinići.

Najveća prosječna vrijednost mase koštice ploda ispitivanih sorti trešnje, u 2019. godini, imala je sorta Isabella na lokalitetu Aladinići (0,49 g), dok je najmanja izmjerena kod obje ispitivane sorte (0,33 g) na lokalitetu B. Dvofaktorijalnom analizom varijanse za masu koštice došlo se do zaključka da su sorta, lokalitet i interakcija sorta i lokalitet pokazali statističku značajnost. Rezultati Tukey testa za masu koštice ukazuje da su sve komparacije sorti i lokaliteta pokazale statističku značajnost, osim u komparaciji sorti Prima Giant i Isabella na lokalitetu Blagaj.

Najveću prosječnu dužinu peteljke u 2019. godini (tablica 4.) imala je sorta Prima Giant na lokalitetu Blagaj (38,64 mm), dok je najmanju prosječnu vrijednost imala sorta Prima Giant na lokalitetu Aladinići (32,60 mm). Dvofaktorijalna analiza varijanse za dužinu peteljke ukazuje na postojanje statističke značajnosti za sortu, lokalitet i interakciju sorta i lokalitet. Rezultati Tukey testa pokazuju statističku značajnost za sve komparacije, izuzev komparacije sorte Prima Giant na lokalitetu Aladinići u komparaciji sa sortom Isabella na lokalitetu Blagaj.

Tablica 4. Prosječne vrijednosti fizikalnih karakteristika ploda trešnje sorte Isabella (I) i Prima Giant (PG) u 2019. godini.

Table 4. Average values of physical characteristics of cherry fruit varieties Isabella (I) and Prima Giant (PG) in 2019.

| sorta / lokalite t | I | PG | I | PG | I | PG | I | PG | I | PG | I | PG |
|--------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--------------------|--------|---------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|
| | visina ploda (mm) | | debljina ploda (mm) | | širina ploda (mm) | | masa ploda (g) | | masa koštice (g) | | dužina peteljke (mm) | |
| A | 23,20 ^{ns} | 22,87 ^{ns} | 22,09* | 21,42 ^{ns} | 26,54 ^{ns} | 26,02* | 9,13 ^{ns} | 8,57* | 0,47* | 0,36* | 33,90* | 32,60 ^{ns} |
| K | 24,04* | 25,68* | 22,89* | 24,67* | 26,66 ^{ns} | 29,78* | 9,09 ^{ns} | 11,50* | 0,41* | 0,38* | 35,88* | 36,84* |
| B | 22,52* | 22,32* | 20,89 ^{ns} | 21,17* | 24,32* | 25,08* | 7,88* | 7,12* | 0,36 ^{ns} | 0,36 ^{ns} | 32,92 ^{ns} | 38,64* |
| Critical Range | 0,27 | | 0,36 | | 0,32 | | 0,26 | | 0,01 | | 0,80 | |

Napomena: * označava značajne razlike između srednjih vrijednosti pri $P \leq 0,05$ pomoću Tukey testa

Note: * indicate significant differences between means at $P \leq 0.05$ by Tukey test

A-Aladinići; K- Konjusi; B- Blagaj; ns- nije statistički značajno; *- statistički značajno za nivo $p \geq 0,005$

Analizirajući rezultate za visinu ploda u 2020. godini (tablica 5) zaključujemo da je najmanju prosječnu visinu ploda imala sorta Prima Giant na lokalitetu Konjusi (21,49 mm), a najveću na lokalitetu Blagaj (26,15 mm). Sorta Isabella (22,81 mm) je imala najmanju prosječnu visinu ploda na lokalitetu Konjusi, a najveću na lokalitetu Aladinići (25,15 mm). Analiza varijance je pokazala da su sorta, godina i interakcija sorta i godina pokazale statističku značajnost. Rezultati Tukey testa za visina ploda ukazuju da su sve komparacije pokazale statističku značajnost.

Najveću prosječnu debljinu ploda 2020. godine (tablica 5.) imala je sorta Prima Giant (24,15 mm) na lokalitetu Blagaj, dok je najmanja zabilježena kod sorte Isabela na lokalitetu Konjusi i (19,36 mm). Najveću prosječnu debljinu ploda imala je sorta Prima Giant (24,15 mm) na lokalitetu Blagaj, dok je najmanja zabilježena kod sorte Isabela na lokalitetu Konjusi (19,36 mm). Dvofaktorijalna analiza varijance za debljinu ploda pokazala je statističku značajnost analiziranih parametara (sorta, godina i interakcija sorta i godina). Rezultati komparacije izvršene Tukey testom ukazuju da su sve komparacije pokazale statističku značajnost osim komparacije Prima Giant na lokalitetu Konjusi u komparaciji s istom sortom na lokalitetu Aladinići.

Rezultati mjerenja za 2020. godinu (tablica 5.) ukazuju da je najveća prosječna širina ploda zabilježena kod sorte Prima Giant na lokalitetu Blagaj (28,73 mm), a najmanja kod sorte Isabela (22,39 mm) na lokalitetu Konjusi. Rezultati analize varijance za širinu ploda u 2020. godini ukazuje da su sorta, lokalitet i njihova interakcija pokazale statističku značajnost. Rezultati Tukey testa za širinu ploda ukazuju na postojanje statističke značajnosti kod svih komparacije.

Najveću prosječnu masu ploda u 2020. godini (tablica 5) imala je sorta Prima Giant na lokalitetu Blagaj (11,09 g), dok je najmanju prosječnu masu ploda imala sorta Isabella na lokalitetu Konjusi (5,78 g). Dvofaktorijalna analiza varijance ukazuje na postojanje statističke značajnosti za parametre sorta, lokalitet i interakcija sorta i lokalitet za masu ploda. Rezultati Tukey testa ukazuju da je većina komparacija pokazala statističku značajnost, osim u komparaciji sorte Prima Giant na lokalitetima Konjusi i Aladinići.

Analizirajući prosječnu masu koštice ispitivanih sorti trešnje na različitim lokalitetima u 2020. godini (tablica 5.), najveća prosječna masa koštice zabilježena je kod sorte Isabella na lokalitetu Aladinići (0,47 g), a najmanja kod iste sorte na lokalitetu Konjusi. Analiza varijance pokazuje da su lokalitet i interakcija sorta i lokalitet pokazale statističku značajnost za masu koštice, dok sorta nije pokazala statističku značajnost. Rezultati Tukey testa za masu koštice nisu pokazali statističku značajnost u komparacijama sorte Prima Giant sa lokaliteta Aladinići i Prima Giant lokalitet Blagaj, kao ni sa sortom Isabella, lokalitet Blagaj. Također komparacija Prima Giant lokalitetu Blagaj nije pokazala statističku značajnost u komparaciji sa sortom Isabella s istoga lokaliteta. Sve ostale komparacije sorti i lokaliteta pokazale statističku značajnost.

Najveću prosječnu dužinu peteljke u 2020. godini (tablica 5.) imala je sorta Isabella na lokalitetu Aladinići (39,30 mm), a najmanju sorta Prima Giant na lokalitetu Aladinići (34,30 mm). Dvofaktorijalna analiza varijance za dužinu peteljke pokazala je statističku značajnost za sortu, lokalitet i interakciju sorta i lokalitet. Rezultat Tukey testa za dužinu peteljke ploda ukazuje da su sve komparacije pokazale statističku značajnost izuzev komparacije sorte Isabella na lokalitetu Konjusi sa sortom Prima Giant na lokalitetu Aladinići, zatim sorta Isabella na lokalitetu Aladinići sa sortom Prima Giant na lokalitetu Blagaj i sorte Prima Giant i Isabella na lokalitetu Blagaj.

Tablica 5. Prosječne vrijednosti fizikalnih karakteristika ploda trešnje sorti Isabella (I) i Prima Giant (PG) u 2020. godini.

Table 5. Average values of physical characteristics of cherry fruit varieties Isabella (I) and Prima Giant (PG) in 2020.

| sorta / lokalitet | I | PG | I | PG | I | PG | I | PG | I | PG | I | PG |
|-------------------|-------------------|--------|---------------------|---------------------|-------------------|--------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| | visina ploda (mm) | | debljina ploda (mm) | | širina ploda (mm) | | masa ploda (g) | | masa koštice (g) | | dužina peteljke (mm) | |
| A | 25,15* | 24,41* | 22,71* | 21,58 ^{ns} | 27,09* | 26,81* | 9,45* | 8,44 ^{ns} | 0,49* | 0,39 ^{ns} | 39,30 ^{ns} | 34,30 ^{ns} |
| K | 22,81* | 21,49* | 19,36* | 21,80 ^{ns} | 22,39* | 25,01* | 5,78* | 8,19 ^{ns} | 0,26* | 0,33* | 34,22 ^{ns} | 36,16* |
| B | 24,94* | 26,15* | 22,44* | 24,15* | 26,49* | 28,73* | 8,91* | 11,09* | 0,33 ^{ns} | 0,33* | 38,72 ^{ns} | 38,84 ^{ns} |
| Critical Range | 0,20 | | 0,24 | | 0,27 | | 0,35 | | 0,02 | | 0,70 | |

Napomena: * označava značajne razlike između srednjih vrijednosti pri $P \leq 0,05$ pomoću Tukey testa

Note: * indicate significant differences between means at $P \leq 0.05$ by Tukey test

A-Aladinići; K- Konjusi; B- Blagaj; ns- nije statistički značajno; *- statistički značajno za nivo $p \geq 0,005$

Tablica 6. Prosječne vrijednosti fizičkih karakteristika ploda trešnje sorti Isabella (I) i Prima Giant (PG) (2019-2020) godini.

Table 6. Average values of physical characteristics of the cherry fruit of Isabella (I) and Prima Giant (PG) varieties (2019-2020).

| 2019/20 Prosjek | sorta | I | PG | I | PG | I | PG | I | PG | I | PG | I | PG |
|--------------------|-------|-------------------|-------|---------------------|-------|-------------------|-------|----------------|------|------------------|------|----------------------|-------|
| | | visina ploda (mm) | | debljina ploda (mm) | | širina ploda (mm) | | masa ploda (g) | | masa koštice (g) | | dužina peteljke (mm) | |
| | A | 24,18 | 23,64 | 22,40 | 21,50 | 26,81 | 26,42 | 9,29 | 8,50 | 0,48 | 0,38 | 36,60 | 33,45 |
| | B | 23,42 | 23,59 | 21,13 | 23,23 | 24,53 | 27,40 | 7,44 | 9,85 | 0,33 | 0,35 | 35,05 | 36,50 |
| | K | 23,73 | 24,24 | 21,67 | 22,66 | 25,40 | 26,91 | 8,40 | 9,11 | 0,35 | 0,34 | 35,82 | 38,74 |

A-Aladinići; K- Konjusi; B- Blagaj

Rezultati kemijske analize ploda trešnje na sadržaj ukupnih kiselina i ukupnih šećera istraživanih sorti Isabella (I) i Prima Giant (PG) prikazani su u tablicama 7 i 8.

Analizirajući prosječnu vrijednost ukupnih kiselina u 2019. godini (tablica 7.), može se konstatirati da je sorta Isabella imala najveći sadržaj ukupnih kiselina na lokalitetu Aladinići (0,63 %), a najmanji sorta Prima Giant na lokalitetu Blagaj (0,49 %). Analiza varijance (2019) ukazuje da su sorta i lokalitet značajno utjecale na sadržaj ukupnih kiselina u plodu istraživanih sorti trešnje, dok interakcija sorta i

godina nije pokazala statističku značajnost. Analizirajući prosječnu sadržaj ukupnih šećera u 2019. godini, može se konstatirati da je sorta Prima Giant na lokalitetu Aladinići (11,86 %) imala najveći prosječan sadržaj ukupnih šećera, dok je najmanji imala sorta Isabella na lokalitetu Blagaj (10,22 %). Dvofaktorijalna analizom varijancom za 2019. godinu ukazuje da su sorta, lokalitet i interakcija sorta i lokalitet značajno utjecale na sadržaj ukupnih šećera u plodovima ispitivanih sorti trešnje.

Tablica 7. Sadržaj ukupnih kiselina i ukupnih šećera u plodu trešnje sorti Isabella (I) i Prima Giant (PG) u 2019. godini.

Table 7. Content of total acids and total sugars in cherry fruit of Isabella (I) and Prima Giant (PG) varieties in 2019.

| Lokalite/ sorta | Ukupne kiseline % | | Ukupni šećeri % | |
|-----------------|-------------------|-------|-----------------|--------|
| | I | PG | I | PG |
| A | 0,63* | 0,54* | 11,01* | 11,86* |
| K | 0,59* | 0,50* | 11,53* | 11,48* |
| B | 0,56* | 0,49* | 10,22* | 11,07* |
| Critical Range | 0,004 | | 0,02 | |

Napomena: * označava značajne razlike između srednjih vrijednosti pri $P \leq 0,05$ pomoću Tukey testa

Note: * indicate significant differences between means at $P \leq 0.05$ by Tukey test

A-Aladinići; K- Konjusi; B- Blagaj; ns- nije statistički značajno; *- statistički značajno za nivo $p \geq 0,005$

U 2020. godini (tablica 8.) najveću prosječnu vrijednost ukupnih kiselina imala je sorta Isabella na lokalitetu Blagaj, dok je najmanju imala sorta Prima Giant na lokalitetu A. Analiza varijance ukazuje postojanje statističke značajnosti između sorti, te interakcija sorta i godina, dok lokalitet nije pokazao statističku značajnost u sadržaju ukupnih kiselina. Na osnovu rezultata Tukey testa za ukupne kiseline u 2019. i 2020. godini, može se konstatirati da su sve komparacije pokazale statističku značajnost. Najveći prosječni sadržaj ukupnih šećera u 2020. godini imala je sorta Isabella na lokalitetu Blagaj (11,34 %), dok je najmanja imala sorte Prima Giant također na lokalitetu Blagaj (89,02 %). Analiza varijance pokazuje postojanje statističke značajnosti u sadržaju šećera u plodu za sorte, lokalitet i interakcija sorta i lokalitet. Rezultati Tukey testa za sadržaj ukupnih šećera u 2019. i u 2020. godini, pokazuju statističku značajnost za sve komparacije.

Tablica 8. Sadržaj ukupnih kiselina i ukupnih šećera u plodu trešnje sorti Isabella (I) i Prima Giant (PG) u 2020. godini.

Table 8. Content of total acids and total sugars in cherry fruit of Isabella (I) and Prima Giant (PG) varieties in 2020.

| Lokalitet / sorta | Ukupne kiseline % | | Ukupni šećeri % | |
|-------------------|-------------------|-------|-----------------|-------|
| | I | PG | I | PG |
| A | 0,57* | 0,49* | 11,00* | 9,12* |
| K | 0,61* | 0,51* | 11,20* | 9,22* |
| B | 0,64* | 0,46* | 11,34* | 9,02* |
| CriticalRange | 0,01 | | 0,03 | |

Napomena: * označava značajne razlike između srednjih vrijednosti pri $P \leq 0,05$ pomoću Tukey testa

Note: * indicate significant differences between means at $P \leq 0.05$ by Tukey test

A-Aladinići; K- Konjusi; B- Blagaj; ns- nije statistički značajno; *- statistički značajno za nivo $p \geq 0,005$

U tablici 9. prikazane su prosječne vrijednosti ukupnih kiselina i ukupnih šećera u plodu sorti Isabella (I) i Prima Giant (PG) za razdoblje 2019 – 2020. godina.

Tablica 9. Prosječne vrijednosti ukupnih kiselina i ukupnih šećera u plodu trešnje sorte Isabella (I) i Prima Giant (PG) za razdoblje 2019 – 2020. godina.

Table 9. Content of total acids and total sugars in cherry fruit of Isabella (I) and Prima Giant (PG) varieties in 2020.

| Lokalitet/ sorta | Ukupne kiseline % | | Ukupni šećeri % | |
|------------------|-------------------|------|-----------------|-------|
| | I | PG | I | PG |
| A | 0,60 | 0,52 | 11,00 | 10,49 |
| K | 0,60 | 0,51 | 11,37 | 10,35 |
| B | 0,60 | 0,48 | 10,78 | 10,05 |

Aladinići; K- Konjusi; B- Blagaj; ns- nije statistički značajno; *- statistički značajno za nivo $p \geq 0,005$

Budući da se plodovi trešnje uglavnom koriste za svježju potrošnju, njihov izgled (oblik ploda, sjajna i crvena pokožica kožica ploda, dužina peteljke ploda i okus) parametri su koji se koriste za određivanje njihove kvalitete (Dangi et al., 2021).

Masa, dimenzije i veličina ploda najvažniji su pokazatelji kvalitete ploda trešnje i jedan su od kriterija odabira sorte (Menzies, 2004). Iako je masa ploda važna spoljašnja karakteristika kvalitete ploda, veličina ploda i promjer ploda bitni su za komercijalnu tržišnu vrijednost (Whiting et al., 2005).

Dobiveni rezultati visine ploda sorte Prima Giant na sva tri lokaliteta su bili veći u poređenju sa rezultatima Gonçalves et al. (2021), odnosno manji u poređenju sa Aksu et al. (2014). Rezultati visine ploda sorte Isabella su veći u odnosu na Radunić et al. (2014), tj. u suglasnosti su sa rezultatima Radunić et al. (2008).

Debljina ploda sorti Isabella i Prime Giant na svim lokalitetima nije bila u suglasnosti s Radunić et al. (2014), dok su vrijednosti dobivene kod plodova uzorkovanih s lokaliteta Konjusi i Blagaj podudarne sa rezultatima prikazanim u radu Radunić et al. (2008). Ovaj parametar smatra se najvažnijim komercijalnim svojstvom koje definira karakteristike ploda trešnje, jer što je plod veći, to je njegova tržišna kvaliteta veća (Christensen, 1996). Mnoge studije potvrdile su korelacije između fizikalno-kemijskih svojstava trešanja (težina, izgled kožice i peteljke, udio topljive krute tvari) i prihvatljivosti ploda trešnje od strane potrošača (Dever et al., 1996; Kappel et al., 1996; Cristoso et al., 2003; Kahlke et al., 2009).

Generalno, potrošači preferiraju plodove trešnje sa debljinom ploda ≥ 24 mm (Crisosto et al., 2003; Menzies, 2004).

Širina ploda sorte Isabella uzgajene na lokalitetu Konjusi je u suglasnosti rezultatima Radunić et al. (2014) i Fajt et al. (2008). Također se može konstatirati da je na lokalitetu Aladinići sorta Isabela imala plodove koji su bili približne širine s plodovima mjerenim u istraživanjima Radunić et al. (2008). Naši

rezultati su pokazali veće vrijednosti širine ploda sorte Prima Giant na lokalitetima Aladinići, Blagaj i Konjusi od rezultata do kojih su došli Gonçalves et al. (2021), a manju od rezultata Aksu et al. (2014), dok su na lokalitetu Konjusi u suglasnosti s rezultatom Balas et al. (2017).

Kada je u pitanju masa ploda proučavanih sorti na lokalitetu Konjusi bile su u suglasnosti s rezultatima Fajt et al. (2008). Sa druge strane, masa ploda sorte Isabella na lokalitetu Blagaj nije odstupala od mase ploda do koje su došli Radunić et al. (2008, 2014), proučavajući istu sortu. Masa ploda sorte Prima Giant imala je veću vrijednost poređenjem s rezultatima Gonçalves et al. (2021), dok je bila manja u odnosu na istraživanja Díaz-Mula et al. (2010) i Aksu et al. (2014) te je na lokalitetu Konjusi podudarna s rezultatom Balas et al. (2017). Masa ploda je izuzetno značajna osobina za tržište svježeg voća. Kappel et al. (1996) referiraju da je za dobru prihvatljivost od strane potrošača u većini evropskih zemalja, optimalna masa ploda od 11-13 g. U našem istraživanju sorta Prima Giant je na dva lokaliteta u dvije različite godine ispoljila ove prihvatljive vrijednosti.

Masa koštice za sortu Prima Giant na svim lokalitetima podudarna je s rezultatima koje navode Fajt et al. (2008), odnosno odstupa od podataka koje su prikazali Aksu et al. (2014). Kada je u pitanju masa koštice sorte Isabella, u našim egroekološkim uslovima zabilježena je veća vrijednost u odnosu na rezultate Radunić et al. (2008). Blažková (1988) referira da se koštice trešnje koriste u identifikaciji genotipova i da su utvrđene različitosti između njih. Trešnje s manjom masom koštice imaju bolju vrijednost, kao i oni koji u cjelokupnoj masi ploda imaju manji udio koštice (Stojanović et al., 2012).

Udio koštice u cjelokupnoj masi ploda je značajno svojstvo jer potrošači preferiraju plodove s većim udejlom mezokarpa u odnosu na masu koštice (Milošević et al., 2015).

Dobiveni rezultati za sadržaj ukupne kiselosti na sva tri promatrana lokaliteta sorte Prima Giant su u suglasnosti s ranije objavljenim rezultatima Gonçalves et al. (2021), dok su niži od rezultata Balas et al. (2017). S druge strane, sadržaj ukupne kiselosti ploda sorte Isabella na sva tri promatrana lokaliteta nije bio u suglasnosti s podacima Fajt et al. (2008) i Radunić et al. (2008, 2014).

Dobiveni rezultati za dužinu peteljke ploda ispitivanih sorti nisu u suglasnosti s rezultatima Fajt et al. (2008), Radunić et al. (2008, 2014) i Aksu et al. (2014). Kod trešnje je poželjna veća dužina peteljke jer smanjuje troškove rada (Levent and Aygün, 2024).

Usenik et al. (2010.) navode postojanje velike varijabilnosti u senzornim i kemijskim karakteristikama među kultivarima trešnje.

Dobiveni rezultati za sadržaj ukupne kiselosti na sva tri promatrana lokaliteta sorte Prima Giant su u suglasnosti s ranije objavljenim rezultatima autora Gonçalves et al. (2021), dok su niži od rezultata koja navode Balas et al. (2017). S druge strane, sadržaj ukupne kiselosti ploda sorte Isabella (0,6 %) na sva tri promatrana lokaliteta nije bila u suglasnosti s podacima prikazanim u istraživanjima autora Fajt et al.

(2008), i Radunić et al. (2008, 2014). Kada je u pitanju masa ploda proučavanih sorti na lokalitetu Konjusi bila je u suglasnosti s rezultatima koje navode Fajt et al. (2008). S druge strane, masa ploda sorte Isabella na lokalitetu Blagaj nije odstupala od mase ploda do koje su došli autori Radunić et al. (2008, 2014), proučavajući istu sortu. Masa ploda sorte Prima Giant imala je veću vrijednost u usporedbi s rezultatima (7,24 g) Gonçalves et al. (2021), dok je bila manja u odnosu na istraživanja autora Díaz-Mula et al. (2010) i Aksu et al. (2014), te je na lokalitetu K Konjusi (9,85 g) podudaran s rezultatom (9,7 g) koji navode Balas et al. (2017).

Dužina peteljke sorti obuhvaćenih istraživanjima nije bila u suglasnosti s rezultatima Fajt et al. (2008), Radunić et al. (2008, 2014) i Aksu et al. (2014).

Dobiveni rezultati visine ploda sorte Prima Giant na sva tri lokaliteta bili su veći u odnosu na rezultate Gonçalves et al. (2021), odnosno manji u odnosu na Aksu et al. (2014). Rezultati visine ploda sorte Isabella su veći u odnosu na rezultate Radunić et al. (2014), tj. u suglasnosti su sa Radunić et al. (2008).

Masa koštice za sortu Prima Giant na svim lokalitetima podudarna je s rezultatima koje navode Fajt et al. (2008), odnosno odstupa od podataka koje su prikazali Aksu et al. (2014), kada je u pitanju masa koštice sorte Isabella, u našim agroekološkim uvjetima zabilježena je veća vrijednost u odnosu na rezultate Radunić et al. (2008).

Debljina ploda sorti Isabelle i Prima Giant na svim lokalitetima nije bila u suglasnosti s rezultatima do kojih su došli Radunić et al. (2014), dok vrijednosti dobivene kod plodova uzorkovanih s lokaliteta Konjusi i Blagaj se poklapa s rezultatima prikazanim u radu Radunić et al. (2008).

Širina ploda sorte Isabella uzgajane na lokalitetu Konjusi je u suglasnosti s rezultatima Radunić et al. (2014), i Fajt et al. (2008). Također se može konstatirati da je na lokalitetu Aladinići sorta Issabela imala plodove koji su bili približne širine s plodovima mjerenim u istraživanjima Radunić et al. (2008). Naši rezultati su pokazali veće vrijednosti širine ploda sorte Prima Giant na lokalitetima Aladinići, Blagaj i Konjusi od rezultata do kojih su došli Gonçalves et al. (2021), a manju od rezultata autora Aksu et al. (2014), ali su na lokalitetu K u suglasnosti s rezultatom Balas et al. (2017) (27,7mm).

Usenik i sur. (2010.) navode postojanje velike varijabilnosti u senzorskim i kemijskim karakteristikama među kultivarima trešnje.

Zaključak

Dobiveni rezultati za plod trešnje sorte Isabella i Prima Giant ukazuju na različitost u pogledu mase ploda između sorti uzgajanih na tri različita lokaliteta, odnosno tla. Najveću masu ploda imala je sorta Prima Giant, a najmanju Isabella uzgajane na lokalitetu Konjusi, odnosno pri uzgoju na Smeđem karbonatnom, antropogeniziranom tlu, plitkom i srednje dubokom, skeletoidnom na šljuncima.

Dokazano je da je najveću visinu ploda, debljinu ploda, širinu ploda i dužinu peteljke imala sorta Prima Giant također na lokalitetu Konjusi, dok je sorta Isabella imala najmanju visinu ploda, debljinu ploda i širinu ploda na istom tlu/lokalitetu Konjusi. Može se reći da je sorta Prima Giant pokazala bolje sorte karakteristike pri uzgoju na Smeđem karbonatnom, antropogeniziranom tlu, plitko i srednje dubokom, skeletoidnom na šljuncima, u odnosu na druga dva tipa tla. Sorta Isabella je pokazala bolje fizičke karakteristike pri uzgoju na tlu crvenica i crvenkastosmeđa, antropogenizirana tla na vapnencu (lokalitetu Aladinići) u odnosu na druge lokalitete, odnosno druga dva promatrana tipa tla. U 2019. godini je utvrđen značajan utjecaj sorte i lokaliteta (tla) na sadržaj ukupnih kiselina u plodu trešnje obje sorte dok u 2020. godinu lokalitet nije pokazao značajnost u sadržaju ukupnih kiselina. Dokazan je značajno utjecaj sorta, lokalitet i interakcije sorta i lokalitet na sadržaj ukupnih šećera u plodovima obje sorte. Sorta Isabella pokazala je bolje kemijske osobine, tj. prosječnu vrijednost ukupnih šećera i kiselina od Prima Giant. Na osnovu provedenih istraživanja dobivenih rezultata za proizvodnju trešnje na području Hercegovine, za sortu Prima Giant može se preporučiti uzgoj na smeđem karbonatnom, antropogeniziranom tlu, plitko i srednje dubokom, skeletoidnom tlu na šljuncima, a za sortu Isabella uzgoj na tlu crvenici i crvenkastosmeđem tlu, antropogeniziranom, na vapnencu, jer na ovim tlima najviše dolaze do izražaja njihove sorte karakteristike.

Literatura

Aksu, M., Sarisu, H.C., Demirtaş, İ., Gür, İ., Koçal, H., Güneşli, A. (2014). Determination of Cracking Resistance and Fruit Quality Parameters of Big Lory and Prime Giant Cherry Cultivars under the Ecological Conditions of Eğirdir (Isparta), *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences Special Issue: 2*, 2014, 1753-1756

Badžak, N., Radović, M., Aliman, J., Kulina, M., Hasanbegović Sejfić, J., Šupljeglav Jukić, A. (2022). Fizičke osobine ploda sorti trešnje na podlozi Gisela 6, XXVII savetovanje o biotehnologiji sa međunarodnim učešćem, doi: 10.46793/SBT27.179B, 179-186.

Balas, F., Bañuls, P., Manzano, M. A., Pérez-Gragera, F., Serradilla, M. J., López-Corrales, M. (2017). Introduction of sweet cherry cultivation in the Guadiana Lowlands (Spain). *Acta Horticulturae*, (1161), 321-326, doi:10.17660/actahortic.2017.1161.52

Bargioni B. (1982). Il ciliegio dolce, frutticoltura moderna, edagricole, Bolonja.

Blažková, J. (1988). The evaluation of stone character for the identification of sweet cherry cultivars. *Acta Horticulturae (ISHS)*, 224, 285-294.

Crisosto, C.H., Crisosto, G.M., Metheney, P. (2003). Consumer acceptance of 'Brooks' and 'Bing' sweet cherries is mainly dependent on fruit SSC and visual skin color. *Postharvest Biology and Technology*, 28, 159-167.

- Čoga, L., Slunjski, S. (2018). *Dijagnostika tla u ishrani bilja, Priručnik za uzorkovanje i analitiku tla*, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:925835>
- Dangi, G., Singh, D., Chauhan, N., Dogra, R.K., Verma, P., Sharma, S. (2021). Characterization of selected sweet cherry (*Prunus avium* L.) varieties using DUS test guidelines. *IPJR*, 34: 290-294. <https://doi.org/10.5958/0976-1926.2021.00028.0>
- Dever, M.C., MacDonald, R.A., Cliff, M.A., Lane, W.D. (1996). Sensory evaluation of sweet cherry cultivars. *HortScience*, 31, 150-153.
- Díaz-Mula, H. M., Castillo, S., Martínez-Romero, D., Valero, D., Zapata, P. J., Guillén, F., Serrano, M. (2009). Sensory, Nutritive and Functional Properties of Sweet Cherry as Affected by Cultivar and Ripening Stage. *Food Science and Technology International*, 15(6), 535–543. doi:10.1177/1082013209351868
- Fajt, N., Komel, E., Usenik, V. (2008). Promising sweet cherry cultivars in Slovenia. *Acta Hort.* 795, 349-356, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.795.51>
- FAOSTAT (2021). <http://faostat.fao.org>. Datum pristupa: 29.12.2021.
- Fotirić-Akšić, M., Nikolić, T. (2013): Analysis of pomological traits in new promising sweet cherry genotypes. *Genetika*, 45, 873-880.
- Gonçalves, A.C., Camposa, G., Alves, G., Garcia-Viguerab, C., Morenob, D.A., Silvaa, L.R. (2021). Physical and phytochemical composition of 23 Portuguese sweet cherries as conditioned by variety (or genotype), *Food Chemistry*, 335(2021) 127637, doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127637. PMID: 32738535. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.004>
- Ivanova, I., Serdyuk, M., Tymoshchuk, T., Havryliuk, O., Tonkha, V. (2023). Dynamics of the average fruit weight and the ratio of kernels to pulp in cherry fruits grown in the Southern Steppe zone of Ukraine, *Plant and Soil Science*, 13(3), 27-37, DOI: 10.31548/agr.13(3).2022.27-37, <https://agriculturalscience.com.ua/en>
- Kahlke, C.J., Olga, I., Cooley, H.J., Robinson, T.L. (2009). Shelflife and marketing window extension in sweet cherries by the use of modified atmosphere packaging. *New York Fruit Quarterly*, 17, 21–24.
- Kappel, F., Fisher-Fleming, B., Hogue, E. (1996). Fruit Characteristics and sensory attributes of an ideal sweet cherry. *HortScience*, 31, 443-446.
- Levent, K., Aygün, A. (2024). Determination and comparison of morpho-physiological characteristics of Turkish sweet cherry (*Prunus avium* L.) grown in Afyonkarahisar: local cultivars and genotypes. *Genet Resour Crop Evol.*, <https://doi.org/10.1007/s10722-024-01904-9>

Li, W., Wu, Z., Xu, Y., Long, H., Deng, Y., Li, S., Xi, Y., Li, W., Cai, H., Zhang, B., Wang, Y. (2023). Emerging LC-MS/MS-based molecular networking strategy facilitates foodomics to assess the function, safety, and quality of foods: Recent trends and future perspectives. *Trends in Food Science & Technology*, 139, 104114, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.07.011>

Menzies, R. (2004). Increasing cherry fruit size. Agfact H5.4.2. Available at www.dpi.nsv.gov.au

Milošević, T., Milošević, N., Glišić, I., Nikolić, R., Milivojević, J. (2015). Early tree growth, productivity, fruit quality and leaf nutrients content of sweet cherry grown in a high density planting system. *Hort. Sci. (Prague)*, 42, 2015 (1), 1-12, doi: 10.17221/119/2014-HORTSCI

Miljković, I., Čmelik, Z., Vrsaljko, A. (2002): Podloge za trešnju. *Pomologia Croatica*, 8(1-4), 115-134.

Mitrović M. (1982). Upporedna proučavanja agrobioloških i pomološko-tehnoloških osobina nekih sorti trešanja u ekološkim uslovima Čačka. Sveučilište u Beogradu, Magistarski rad, Poljoprivredni fakultet, Beograd.

Radičević, S., Cerović, R., Marić, S., Dordević, M. (2011): Flowering time and incompatibility groups - cultivar combination in commercial sweet cherry (*Prunus avium* L.) orchards. *Genetika*, 43(2), 397-406.

Radunić, M., Jukić Špika, M., Strikić, F., Ugarković, J., Čmelik, Z. (2014). Pomological and chemical characteristics of sweet cherry cultivars grown in Dalmatia, Croatia, *Acta Horticulturae* 1020(1020):385-388, DOI:10.17660/ActaHortic.2014.1020.54

Radunić, M., Klepo, T., Strikić, F., Čmelik, Z., Barbarić, M. (2008). Characteristics of sweet cherry cultivars grown in Dalmacia. *Pomologia Croatica*, 14(3), 159-168.

Shu, N., Chen, X., Sun, X., Cao, X., Liu, Y., Xu, Y. J. (2023). Metabolomics identify landscape of food sensory properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(27), 8478-8488.

Stojanović, M., Milatović, D., Kulina, M., Alić – Džanović Z. (2012). Pomological properties of sweet cherry cultivars on Gisela 5 rootstock in the region of Sarajevo. Third International Scientific Symposium "Agrosym Jahorina 2012", 183-187.

Stojanović, M., Milatović, D., Kulina, M., Alić–Džanović, Z. (2012). Pomological properties of sweet cherry cultivars on Gisela 5 rootstock in the region of Sarajevo. In Proceedings of the 3rd International Scientific Symposium "Agrosym 2012", Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 15–17 November 2012; University of East Sarajevo: East Sarajevo, Republika Srpska, Bosnia and Herzegovina, 2012; 183-187.

Šupljeglav Jukić, A., Šoškić, S., Aliman, J., Hasanbegović, J., Badžak, N. (2020). Phenological characteristics of Sweet cherries on two different types of Eutric Cambisol in Herzegovina region (Bosnia and Herzegovina), Zbornik radova XI međunarodnog znanstvenog poljoprivrednog simpozija "Agrosym 2020", 257-261.

Whiting, M.D., Lang, G., Ophardt, D. (2005). Rootstock and training system affect sweet cherry growth, yield, and fruit quality. *HortScience*, 40, 582-586.

Primljeno: 30. travnja 2024. godine.

Received: April 30, 2024.

Prihvaćeno: 28. lipnja 2024. godine

Accepted: June 28, 2024.

New data on the distribution of *Adiantum capillus-veneris* L. in Bosnia and Herzegovina

Semir Maslo^{1*}, Šemso Šarić, Đorđije Milanović²

prethodno priopćenje (preliminary communication)

doi: 10.32779/gf.7.2-3.3

*Citiranje/Citation*³

Abstract

This paper is a survey of distribution of *Adiantum capillus-veneris* L. in Bosnia and Herzegovina based on a revision of herbarium material from SARA and ZA collections, literature data and field observations. In addition, a brief morphological description, distribution map and photographs of the species are presented. The aim of the paper is to describe the current distribution of the species in the territory of Bosnia and Herzegovina based on new field research conducted in the last 20 years. It was established that the species is present in nineteen UTM quadrants in Bosnia and Herzegovina, three of which are reported for the first time for the area. On the other hand, the presence of the species was confirmed at the locality of Vranduk in central Bosnia, where it was previously stated that it had disappeared. In the territory of Bosnia and Herzegovina this species is relatively common in the Mediterranean part of the country, especially in the Neretva valley, while in the continental part of the country it is recorded only in four localities, mostly near thermal springs.

Key words: *Adiantum*, Bosnia and Herzegovina, distribution, morphology, rare taxa.

Introduction

The genus *Adiantum* L. includes 225 species distributed mostly in tropical and subtropical regions of the world (Kessler et al., 2017) of which only *Adiantum capillus-veneris* L. is native to Europe. It is a cosmopolitan species that occurs on all continents except Antarctica. Native distribution areas of the species in Europe include the Mediterranean countries as well as the British Isles, including Ireland (Christenhusz and Raab-Straube, 2013). *A. capillus-veneris* is a hygrophilous fern of tropical and subtropical areas. In Bosnia and Herzegovina it is a characteristic species of vegetation of the half-caves with dripping water of the class *Adiantetea capilli-veneris* Braun-Blanquet in Braun-Blanquet, Roussine et Nègre (1952), where tufa is frequently formed (Lasić and Jasprica, 2016).

¹ Primary School, Lundäkerskolan, Gislaved, Sweden.

* E-mail: semmas@edu.gislaved.se (corresponding author).

² University of Banja Luka, Faculty of Forestry, 78 000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina.

³ Maslo, S., Šarić, Š.o., Milanović, Đ. (2024). New data on the distribution of *Adiantum capillus-veneris* L. in Bosnia and Herzegovina. *Glasilo Future*, 7(2-3), 36–46.

The species has a limited distribution in Bosnia and Herzegovina; its habitats are mainly in the Mediterranean part of the country, in fragmented populations along the banks of the Neretva River and its tributaries south of Konjic. On the other hand, the species has been recorded in four localities in the continental part of the country, where it usually grows around hot springs. This fern occurs on shaded, moist rocky sites on porous, calcareous rock, including tufa, masonry, and other soft limy rocks.

Adiantum capillus-veneris is semi-evergreen fern, often pendulous and hanging from vertical surfaces. Fronds are 10-40 cm, 2-pinnate. The petioles and rachis are shiny, slender, and deeply brown to almost black. Ultimate segments are thin, pale green, cuneate, with 2-8 broad lobes in the upper part. Sori on recurved marginal lobes, several on each lobe. Detailed description of the species can be found in Mayer and Horvatić (1967). It is a protected species in Bosnia and Herzegovina (Brežančić, 1962; Šilić, 1992–1995) and classified as vulnerable in the Red List (Đug et al., 2013).

Material and methods

The study was carried through field studies in Bosnia and Herzegovina conducted between 2003 and 2023, analysis of herbarium material deposited at SARA and ZA (Thiers, 2023), as well as literature data. The specimens were collected and stored in the Herbarium SARA and in the private collection of the authors. Digital photographs were taken in the field (Fig. 1; Fig. 2.) The nomenclature follows the Euro-Med checklist (EURO+MED 2006). The distribution of the species in Bosnia and Herzegovina is shown on the map using standard UTM grid 10x10 km (Fig. 3). A list of all localities representing the distribution of *A. capillus-veneris* in Bosnia and Herzegovina is given in the Table 1. with WGS1984 coordinates.

Results and discussion

The oldest record for Bosnia and Herzegovina is that of Pantocsek (1874) for Skočigrm near Trebinje (Eastern Herzegovina), which was thereafter reported by Beck-Mannagetta (1916) and Ritter-Studnička (1959), and subsequently confirmed by Abadžić on 13.06.1982 (SARA 53852). Subsequently, the species was recorded in several localities, mostly in the valley of the Neretva River and its tributaries (Struschka, 1880; Fiala, 1891; Murbeck, 1891; Pichler, 1898/9; Sagorski, 1901; Malý, 1927; Kosorić, 1977; Nedović, 1981; Šilić, 2002, 2009, Maslo, 2014; Maslo and Abadžić, 2015). This species was first recorded for the continental part of the country by Hofmann (1878) who noted it at the locality of Gornji Šeher near Banja Luka, which was published in *Österreichische Botanische Zeitschrift* (Hofmann, 1879; 1982). Beck-Mannagetta strongly doubts the credibility of this find, considering that a find of this species is almost impossible in the continental part of the country, especially in December (Beck-Mannagetta, 1916). The presence of this species at the mentioned site was confirmed with certainty for the first time by the Croatian botanist Vale Vouk, who visited this site in 1937 as part of his work on the biology of thermal springs (Vouk, 1940). This finding was later confirmed by other botanists: Ritter-

Studnička (1957), Slavnić and Bjelčić (1963), Nedović (1981, 1984), Brujić et al. (2011) and Stupar et al. (2011). After almost 100 years since the first find from Gornji Šeher, this species is mentioned for another locality in continental Bosnia, namely near Višegradska Banja in eastern Bosnia. As in the location near Gornji Šeher, the species grows here only near thermal springs (Ritter-Studnička, 1969). The third finding of the species in the continental part of Bosnia refers to the locality Vranduk in the valley of the river Bosna, where it grows in the moist area of a cold spring (Ritter-Studnička, 1973). The presence of this species at Vranduk is interesting as it was found for the first time inland around a cold spring where this plant was able to successfully survive continental winters. The presence of this species at the mentioned locality was recently indicated as questionable, and the species is listed as vanished from the current locality (Trakić et al., 2021). During the field research conducted in 2015, it was possible to establish that the species is still present at the mentioned locality near Vranduk, where several hundred individuals were recorded. Upon a re-visit of the site between 2016 and 2023, we observed that the number of individuals was almost unchanged.

Only recently, the species was also recorded in central Bosnia at the Sedraspring, on the left bank of Stavnjariver, near the town of Breza (Trakić et al., 2021), which is also only the fourth finding of the species in continental Bosnia and Herzegovina.

In the Herbarium of the National Museum of Bosnia and Herzegovina (SARA), 21 specimens of *A. capillus-veneris* are stored. Ten of these specimens were collected in three localities in the continental part of the country (Gornji Šeher, 5 specimens; Višegradska Banja, 3 and Vranduk 2 specimens). On the other hand, eleven specimens were collected in the Mediterranean part of the country, from Konjic in the north to Trebinje in the south (Tab. 1). However, the largest number of specimens of this fern was collected by the Croatian botanist Vouk in the area of Gornji Šeher near Banja Luka in 1937 and 1939. In total, there are 22 specimens that are stored in the ZA herbarium collection.

On the territory of Bosnia and Herzegovina *A. capillus-veneris* was thus recorded in nineteen UTM squares 10×10 km from Banja Luka in the north to Trebinje in the south (Fig 3). During floristic research between 2003 and 2023 the presence of this fern could be confirmed in 16 UTM squares. The species was recorded in new localities (Veljaci, Čeveljuša and Jazina) located within three UTM squares (Fig. 3).

New localities:

Locality 1: Vitina, Veljaci, Koćuša waterfall (43.249444, 17.452222), MGRS XH99. *Material:* SARA 53966, 15.07. 2017, 94 m, leg./det. S. Maslo. *Population:* several hundred individuals.

Locality 2: Ljubuški, Čeveljuša (43.168333, 17.555278), MGRS YH08. *Material:* SARA 53965, 15.07. 2017, 60 m, leg./det. S. Maslo. *Population:* several hundred individuals.

Locality 3: Jazina, around springs in the restaurant of Jazina (42.705305, 18.504848), MGRS BN93. *Material:* observation by Đ. Milanović, 17. 07. 2020, 310 m. *Population:* several hundred individuals.

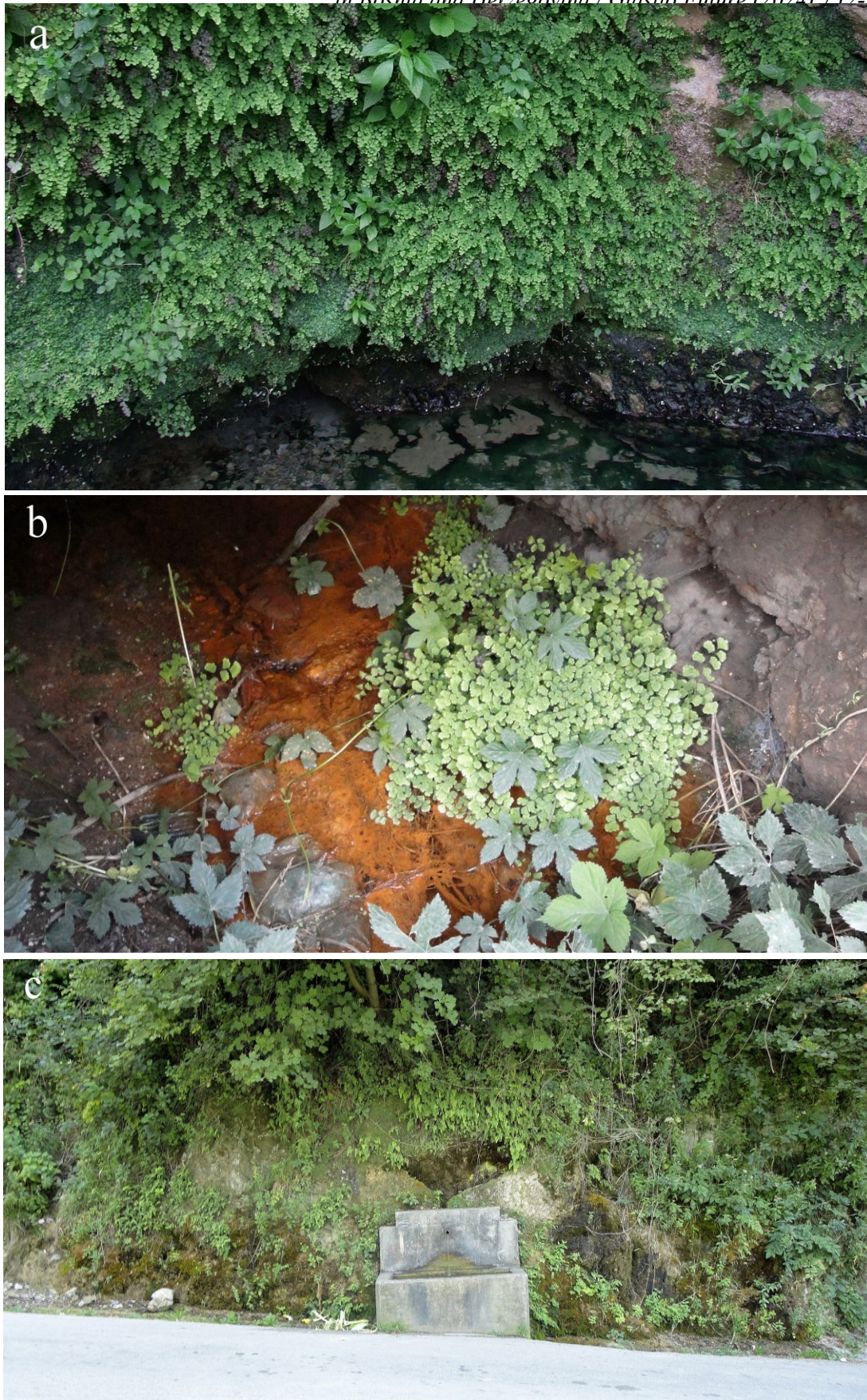


Figure 1. *Adiantum capillus-veneris* in some localities from Bosnia a. Gornji Šeher (Photo: Đ. Milanović) b. Sedra spring (Photo: Š. Šarić) c. Vranduk (Photo: Š. Šarić).



Figure 2. *Adiantum capillus-veneris* in some localities from Herzegovina
d. Mostar, under the Old bridge, e. Ljubuški, Kravica waterfall
f. Ljubuški, Čeveljuša g. Veljaci, Koćuša waterfall (Photos S. Maslo).

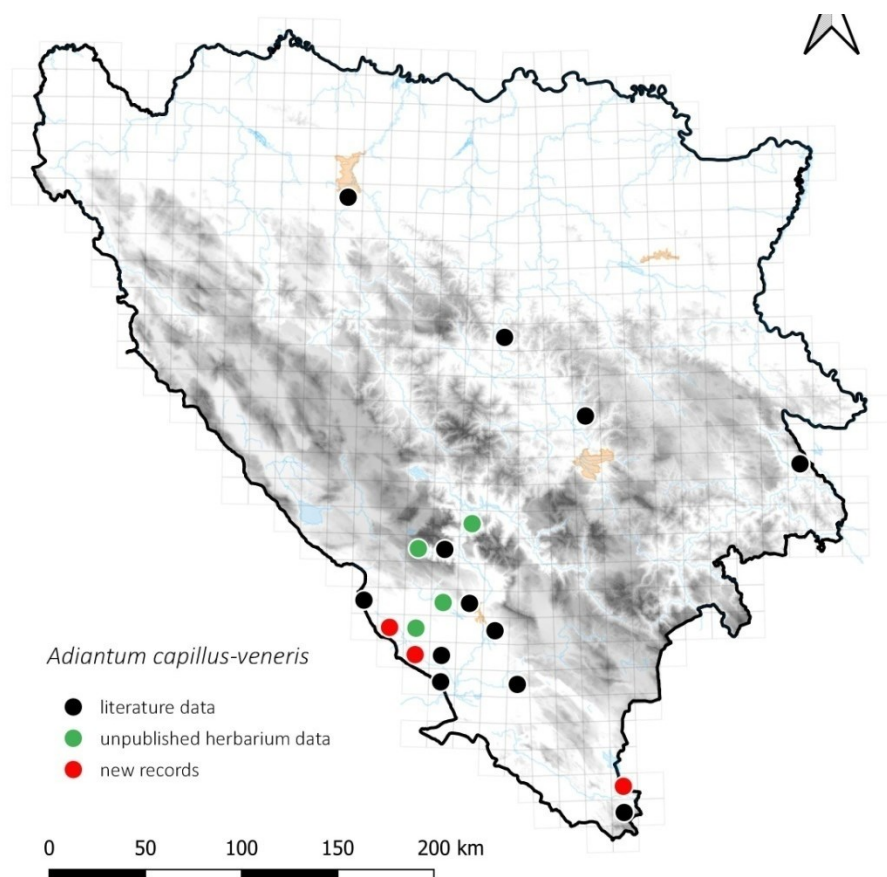


Figure 3. The distribution of *Adiantum capillus-veneris* in Bosnia and Herzegovina (distribution map by Đ. Milanović).

Table 1. Georeferenced data on the distribution of *Adiantum capillus-veneris* in Bosnia and Herzegovina.

| Number and name of the locality, observers (collectors) and dates for the observations (Herbarium/collection number) | WGS coordinates | Altitude | UTM quadrant |
|--|---|----------|--------------|
| 1 Lit. Banja Luka, Gornji Šeher, on the right bank of the river Vrbas, Hofmann 1879, 1982; Vouk 1940; Ritter-Studnička 1957; Nedović 1981, 1984; Brujić et al. 2011. Herb: Gornji Šeher, leg. ? 03.09.1937 (SARA 00567), Stari Šeher, leg. Ritter-Studnička 23.08.1947 (SARA 00565), Gornji Šeher, leg. Ritter-Studnička 07.10.1955 (SARA 00564), Gornji Šeher, leg. Ritter-Studnička 07.10.1955 (SARA 00566), Gornji Šeher, leg. Bjelčić 09.1960 (SARA 00560), Gornji Šeher, leg. Vouk 27. 08. 1939 (ZA 56423; ZA 56422; ZA 56421; ZA 56420; ZA 56419; ZA 56412; ZA 56411) Gornji Šeher leg. Vouk 03. 11. 1937 (ZA 56430; ZA 56429; ZA 56426; ZA 56424; ZA 56417; ZA 56415; ZA 56414; ZA 56413; ZA 56408; ZA 56407; ZA 56406; ZA 56405; ZA 56404; ZA 56403; ZA 56402); Gornji Šeher, leg. Đ. Milanović, 01.04.2003, DjM 10/01-01/001. | 44°44'56"N 17°09'32"E 44.748837, 17.158542 | 165 m | XK75 |

| | | | |
|---|--|-------|------|
| 2 Lit. Vranduk, in the Bosna river Valley, Ritter-Studnička 1973 Herb: Iznad izvora (česme) kod Vranduka, leg Ritter-Studnička 17.08.1971 (SARA 48503), leg. Šarić 10.07.2019 (SARA 52384) | 44°17'33"N 17°54'36"E 44.292500, 17.910000 | 305 m | YK30 |
| 3 Lit. Breza, Sedra spring, Trakić et al. 2021. | 44°02'21"N 18°16'48"E 44.039167, 18.280000 | 524 m | BP87 |
| 4 Lit. Višegrad, Višegradaska banja, Ritter-Studnička 1969. Herb: Višegradaska Banja, leg. Bjelčić 09.06.1967 (SARA 00561), leg Ritter-Studnička 20.09.1959. (SARA 48502), leg Ritter-Studnička 09.08.1966 (SARA 48504). | 43°49'16"N 19°18'35"E 43.819820, 19.306946 | 414 m | CP65 |
| 5 Lit. Jablanica, Doljanka river canyon, april 29, 1914, leg Maly (according to a written statement), at the limestone caves, the northernmost site in Herzegovina (Vouk1940), Nedović 1981. | 43°39'30"N 17°44'41"E 43.658333, 17.744722 | 220 m | YJ23 |
| 6 Herb: Prenj Mt., Jablanička Bijela, dolina Crne reke iznad sela Tretište, leg. Abadžić, 14.04.1981 (SARA 53640). | 43°37'29"N 17°48'31"E 43.624722, 17.808611 | 320 m | YJ23 |
| 7 Herb: Čabulja Mt., Vrelo Drežanke leg Šilić 11.08.1970 (SARA 00558). | 43°32'54"N 17°33'12"E 43.548333, 17.553333 | 430 m | YJ02 |
| 8 Lit. Čabulja Mt., Donja Drežnica, Tramošnik stream near Golubić, Šilić 2002. | 43°30'23"N 17°42'33"E 43.506389, 17.709167 | 400 m | YJ12 |
| 9 Lit. Donja Drežnica, Drežanka river canyon, Nedović 1981, Herb: leg. Maslo 28.07. 2008 (SARA 53964). | 43°31'41"N 17°42'11"E 43.528278, 17.703194 | 144 m | YJ12 |
| 10 Herb: Čabulja Mt., Borak Vrelo Lištice ca 400 m.n.v. leg Šilić 15.08.1969 (SARA 00557). | 43°24'09"N 17°36'06"E 43.402500, 17.601667 | 400 m | YJ10 |
| 11 Lit. Skakala, in cave connections on the Neretva near Mostar, Murbeck 1891, Pichler 1898/9, Sagorski 1901, Kosorić 1977, Šilić 2009, Maslo 2014 Herb: leg. Maslo 30.07. 2012 (SARA 53957). | 43°21'44"N 17°48'22"E 43.362222, 17.806111 | 55 m | YJ20 |
| 12 Lit. Mostar, at the mouth of the Radobolja into the Neretva under the Old bridge, Nedović 1981, Maslo 2014 Herb: leg. Maslo 30.07. 2012 (SARA 53962). | 43°20'14"N 17°48'53"E 43.337222, 17.814722 | 50 m | YJ20 |
| 13 Lit. Mostar, the canals of Radobolja river below the Tabacića mosque, Maslo 2014, Herb: leg. Maslo 30.07. 2012 (SARA 53963). | 43°20'14"N 17°48'50"E 43.337222, 17.813889 | 52 m | YJ20 |
| 14 Lit. The source of the Buna river, Struschka 1880, Kosorić 1977, Šilić 2009, Maslo and Abadžić 2015, Herb: leg. Maslo 25.07. 2012 (SARA 53955). | 43°15'24"N 17°54'13" E 43.256667, 17.903611 | 90 m | YH39 |
| 15 Lit: Bunski kanali, in dams at the mouth of the Buna into the Neretva, Murbeck 1891, Kosorić 1977. Herb: leg. Maslo 20.07. 2023 (SARA 53956). | 43°14'25"N 17°50'02" E 43.240278, 17.833889 | 30 m | YH39 |

| | | | |
|---|--|-------|------|
| 16 Lit. Peć Mlini, Tihaljina River, Fiala 1891. Herb: leg. Bjelčić 13.07.78 (SARA 00559), leg. Maslo 20.07. 2023 (SARA 53959); leg. Đ. Milanović, 09.06.2020, DjM 10/01-01/002. | 43°20'10"N 17°19'25"E 43.336111, 17.323611 | 225 m | XJ80 |
| 17 Tihaljina, Modro Oko, obs. Boškailo 15.07.2008. | 43°18'15"N 17°23'34"E 43.304417, 17.392917 | 120 m | XH99 |
| 18 Vitina, Veljaci, Koćuša waterfall, Herb: leg. Maslo 15.07. 2017 (SARA 53966). | 43°14'58"N 17°27'08"E 43.249444, 17.452222 | 94 m | XH99 |
| 19 Vitina, the source of the river Vrioštica, Herb: leg. Fabijanić 1973 (SARA 00569). | 43°14'15" N 17°29'10" E 43.237500, 17.486111 | 94 m | YH09 |
| 20 Lit. Ljubuški, Humac, Fiala 1891. Herb: leg. Fiala juni 1890 (SARA 00568), leg. Brandis 18.07. 1889 (SARA 00782). | 43°11'56"N 17°31'28"E 43.198889, 17.524444 | 75 m | YH08 |
| 21 Ljubuški, Čeveljuša, Herb: leg. Maslo 15.07. 2017 (SARA 53965). | 43°10'06"N 17°33'19"E 43.168333, 17.555278 | 60 m | YH08 |
| 22 Lit. Ljubuški, Studenci, Fiala 1891. Herb: leg. Fiala juni 1890 (SARA 00562). | 43°10'47"N 17°36'27"E 43.179722, 17.607500 | 41 m | YH18 |
| 23 Lit. Ljubuški, Kravica waterfall, Fiala 1891, Kosorić 1977, Nedović 1981., Herb: Kravice, leg Maly 03.05.1908 (SARA 00563), leg. Stanković 14.08.2018 (SARA 51888), leg. Maslo 20.07. 2010 (SARA 53958). | 43°09'22"N 17°36'29"E 43.156111, 17.608056 | 50 m | YH18 |
| 24 Lit. Struge, at the mouth of the Trebižat into the Neretva, Malý 1927. | 43°05'24"N 17°42'03"E 43.092569, 17.697212 | 1 m | YH17 |
| 25 Stolac, Provalije Waterfall, Herb: leg. Maslo 03.05. 2019 (SARA 53960); leg. Đ. Milanović, 19.03.2023., DjM 10/01-01/003. | 43°05'24"N 17°57'47"E 43.089701, 17.962208 | 71m | YH47 |
| 26 Lit. Stolac, the banks of the Bregava under the bridges in Stolac, Kosorić 1977, Herb: leg. Maslo 03.05. 2019 (SARA 53961). | 43°05'03"N 17°57'32"E 43.084167, 17.958889 | 59 m | YH47 |
| 27 Lit. At Koritna greda, near the small springs on the slopes below Skočigrm towards the Jazine valley, Pantocsek 1874, Ritter-Studnička 1959. Herb: leg. Abadžić, Lastva near Trebinje, selo Vučija, 13.06.1982 (SARA 53852). | 42°41'03"N 18°31'07"E 42.670937, 18.536053 | 400 m | BN92 |
| 28 Jazina, aournd springs in the restaurant of Jazina. Obs. Đ. Milanović, 17.07.2020. | 42°42'19.1"N18°30'17.5"E 42.705305, 18.504848 | 310 m | BN93 |

Conclusion

On the territory of Bosnia and Herzegovina, *A. capillus-veneris* has a limited distribution. According to literature data and herbarium material stored in SARA and ZA collections, as our own field study, we could conclude that *A. capillus-veneris* is a quite common species in the valley of the Trebižat River, where it has been recorded in numerous localities from the source in Peć Mlini to the mouth of the Trebižat in the Neretva near the locality of Struge. The most numerous populations with several thousand individuals were recorded at the source of the Trebižat River, along the Kravica watershed, as

well as in the localities of Veljaci and Čeveljuša. Fairly large populations were recorded along the mouth of the Radobolja River in Mostar as well as along the banks of the Bregava River in Stolac. The species is also present in northern Herzegovina, south of Konjic, where individual specimens were recorded along the banks of the Doljanka and Drežanka Rivers. On the other hand, this species has a scattered distribution in the continental part of the country, where it was recorded in only four localities, from Banja Luka in the Northwest to Višegrad in the Southeast of the country. In these continental localities, the species is exposed to various human influences that can lead to the disappearance of habitats suitable for the survival of the species.

Acknowledgements

The authors would like to thank the curators of the herbaria SARA and ZA for providing herbarium material, and Lanna Maslo for improving the English of this paper.

References

- Beck-Mannagetta, G. (1916). Flora Bosne, Hercegovine i Novopazarskog Sandžaka. Pteridophyta. *Glasnik Zemaljskog muzeja u Bosni i Hercegovini*, 28(3,4), 311-336.
- Brežančić, V. (1962). Neki aspekti zaštite biljaka u svijetu i kod nas. *Naše starine: godišnjak Zavoda za zaštitu spomenika kulture i prirodnih rijetkosti*, 8, 219-230.
- Brujić, J., Milanović, Đ., Travar, J., Stupar, V. (2011). Prisustvo ugroženih biljnih vrsta u kanjonskom sistemu srednjeg toka Vrbasa. In: Zbornik referata, rezimea referata i poster prezentacija (knjiga br 2) naučnog skupa sa međunarodnim učešćem "Zaštita prirode u XXI vijeku", 597-603.
- Christenhusz, M., Raab-Straube, E. von (2013+). *Polypodiopsida*. – In: *Euro+Med Plantbase - the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity* (accessed December 2023).
- Đug, S., Muratović, E., Drešković, N., Boškailo, A., Dudević, S. (2013). *The Red List of Flora in the Federation of Bosnia and Herzegovina*. Sarajevo: EU „Greenway“.
- Euro+Med 2006+: Euro+Med PlantBase - the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity. - Published at <http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed> (accessed December 2023).
- Fiala, F. (1891). O vegetaciji kotara ljubuškog. *Glasnik Zemaljskog muzeja u Bosni i Hercegovini* 3 (2),144-148.
- Hofmann, F. (1879). Correspondenzen. *Österreichische botanische Zeitschrift*, 29(1), 168-169.
- Hofmann, F. (1882). Beitrag zur Kenntniss der Flora von Bosnien 6. *Österreichische botanische Zeitschrift*, 32(8), 255-259.

- Kessler, M., Smith, A.R., Prado, J. (2017). Prodrromus of a fern flora for Bolivia. XXVII. Pteridaceae. *Phytotaxa*, 332, 201-250.
- Kosorić, Đ. (1977). Sastav i karakteristike životnih zajednica Neretve (od Mostara do granice sa SR Hrvatskom) za period do ljeta 1976, Sarajevo, V-6-26.
- Lasić, A., Jasprica, N. (2016). Vegetation diversity of the two Dinaric karstic rivers in Bosnia and Herzegovina. *Biologia*, 71(7), 777-792.
- Malý, K. (1927). Mogorjelo 1918. Eine floristische Skizze. *Glasnik zemaljskog muzeja u Bosni i Hercegovini*, 39(1), 85-110.
- Maslo, S. (2014). The urban flora of the city of Mostar (Bosnia and Herzegovina). *Natura Croatica*, 23(1), 101-145.
- Maslo, S., Abadžić, S. (2015). Vascular flora of the town of Blagaj (South Bosnia and Herzegovina). *Natura Croatica*, 24(1), 59-92.
- Mayer, E., Horvatić, S. (1967). Pteridophyta In: Horvatić, S., Trinajstić, I. *Analitička flora Jugoslavije I(1). Flora analytica Jugoslaviae*. Zagreb: Šumarski fakultet – Sveučilišna naklada Liber, 81-155.
- Murbeck, S. (1891). Beiträge zur Kenntniss der Flora von Südbosnien und der Hercegovina. *Lunds universitets årsskrift*, 2, 1-192.
- Nedović, B. (1981). Ecosystems of populations of the tertiary relict species *Adiantum capillus veneris* L. of the Submediterranean region of Herzegovina. *Ekologija*, 16(2), 105-121.
- Nedović, B. (1984). *Ekološko-morfološka diferencijacija populacija vrste Adiantum capillus-veneris L. Na Dinaridima*. Banja Luka: RO Institut zaštite Banjaluka, 76 pp.
- Pantocsek, J. (1874). Adnotationes ad Floram et Faunam Hercegovinae, Crnagorae et Dalmatiae. *Verhandlungen des Vereins für Natur-und Heilkunde zu Presburg. Neue Folge*, 2, 1-143.
- Pichler, A. (1898/9). *Slike iz mostarske flore. Peti godišnji izvještaj velike gimnazije u Mostaru*.
- Ritter-Studnička, H. (1957). Nalazište paprati *Adiantum capillus-veneris* L. u Gornjem Šeheru kod Banje Luke. *Našestarine, Sarajevo*, 4, 287-290.
- Ritter-Studnička, H. (1959). Flora i vegetacija na dolomitima Bosne i Hercegovine IV, Lastva kod Trebinja. *Godišnjak Biološkog instituta Univerziteta u Sarajevu*, 12(1–2), 137-185.
- Ritter-Studnička, H. (1969). Drugo nalazište paprati *Adiantum capillus-veneris* L. u Bosni. *Naše starine, Sarajevo*, 12, 117-180.

Ritter-Studnička, H. (1973). Neufunde und seltene Pflanzen aus Bosnien und der Herzegowina. *Acta Botanica Croatica*, 32, 253-260.

Sagorski, E. (1901). Beitrag zur Flora der Herzegovina. *Mitteilungen des Thüringischen Botanischen Vereins, N. F.*, 16, 33-50.

Slavnić, Ž., Bjelčić. Ž. (1963). Glavna biljnogeografska obilježja sjeverozapadne Bosne. *Glasnik Zemaljskog muzeja Bosne i Hercegovine u Sarajevu, Prirodne nauke*, 2, 41-59.

Stupar, V., Milanović, Đ., Brujić, J., Buzadžija, S., Travar, J. (2011). Ugroženi, rijetki i endemični biljni taksoni područja grada Banja Luka. In: Zbornik radova II simpozijuma biologa Republike Srpske i I simpozijuma ekologa Republike Srpske, Skup 4, 165-179.

Šilić, Č. (1992–1995). Spisak biljnih vrsta (Pteridophyta i Spermatophyta) za Crvenu knjigu Bosne i Hercegovine. *Glasnik Zemaljskog muzeja Bosne i Hercegovine (PN) NS,31*, 323-367.

Šilić, Č. (2002). *Endemične i rijetke biljke parka prirode Blidinje*. Čitluk: Matica hrvatska, ogranak Čitluk.

Šilić, Č. (2009). Florističke i vegetacijske karakteristike Veleži i Podveleži. *Hercegovina, godišnjak za kulturno i povijesno naslijeđe*, 23, 131-163.

Struschka, H. (1880). Die umgebung Mostars, eine geographisch-naturwissenschaftliche Studie. Jahresb. k. k. Staats-Gymnas., 1880. Kremsier, 44 pp.

Thiers, B. (2023). [continuously updated] Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Available from <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>(accessed December 2023).

Vouk, V. (1940). Prilozi morfologiji, ekologiji i horologiji paprati *Adiantum capillus-veneris* u Jugoslaviji. *Rad Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti*, 267, 149-182.

Primljeno: 14. svibnja 2024. godine.

Received: May 14, 2024.

Prihvaćeno: 28. lipnja 2024. godine.

Accepted: June 28, 2024.

Neiskorišteni farmakološki potencijal gljive muhare -

***Amanita muscaria* (L.) Lam. (1783)**

The unused pharmacological potential of fly agaric -

***Amanita muscaria* (L.) Lam. (1783)**

Domagoj Šmidt^{1*}, Ivan Širić²

pregledni znanstveni rad (scientific review)

doi: 10.32779/gf.7.2-3.4

*Citiranje/Citation*³

Sažetak

Amanita muscaria (L.) Lam., gljiva poznatija pod narodnim imenom crvena muhara stigmatizirana je kao otrovna gljiva u većini znanstvene literature i javnom mišljenju. Danas postoje brojni povijesni zapisi i anegdote o pozitivnim zdravstvenim učincima vrste *A. muscaria*, kao što su smanjenje tjeskobe, bolova, upala i ublažavanja kroničnih neurodegenerativnih poteškoća poput Parkinsonove i Alzheimerove bolesti te posljedica traumatskih iskustava. Ovim radom bit će prikazana povijest upotrebe odabrane vrste, a poseban naglasak biti će na aktivnim spojevima pronađenim u ovoj gljivi, različitim metodama pripreme, izolacije i učincima pripravaka od plodišta vrste *A. muscaria*.

Ključne riječi: *Amanita muscaria*, etnomikologija, farmakologija, ibotenska kiselina.

Abstract

A. muscaria, a mushroom more commonly known as the red fly agaric, has been stigmatized as a poisonous mushroom in most literature and public opinion. Today there are numerous historical records and anecdotes about the positive effects of *A. muscaria*, primarily in reducing anxiety, pain, inflammation, and alleviating symptoms of chronic neurodegenerative conditions such as Parkinson's and Alzheimer's disease, as well as the consequences of traumatic experiences. This paper will describe

¹ Student diplomskog studija Mikrobna biotehnologija u poljoprivredi, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Odsjek za agroekologiju, Zavod za mikrobiologiju, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb, Republika Hrvatska.

* E-mail: docs.den115@gmail.com (dopisni autor).

² Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Odsjek za animalne znanosti, Zavod za opće stočarstvo. Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb, Republika Hrvatska.

³ Šmidt, D., Širić, I. (2024). Neiskorišteni farmakološki potencijal gljive muhare - *Amanita muscaria* (L.) Lam. (1783). *Glasilo Future*, 7(2-3), 47–71. / Šmidt, D., Širić, I. (2024). The unused pharmacological potential of fly agaric - *Amanita muscaria* (L.) Lam. (1783). *Glasilo Future*, 7(2-3), 47–71.

the history of its use with a special focus on the active compounds found in this mushroom, various preparation and isolation methods, and how they impact the effects of *A. muscaria* preparations.

Key words: *Amanita muscaria*, ethnomycology, pharmacology, ibotenic acid.

Uvod

Amanita muscaria jedna je od najprepoznatljivijih gljiva, poznata po svojem žarko crvenom klobuku s bijelim točkama što nagovještava da je zaintrigirala ljude od davnina. Ime ove gljive - muhara, latinski *muscaria* odnosi se na njezinu uporabu kao sredstvo za ubijanje muha, najkorištenije ime ove gljive u mnogim jezicima ima isto značenje; *fly agaric* (engleski), *amanite tue-mouche* (francuski), *fliegenpilz* (njemački), *muchomor* (poljski), *Мухомор* (ruski), *moscario* (talijanski), *hongo mosquero/hongo matamoscas* (španjolski) (Guzman, 2001; Michelot i Melendez-Howell, 2003; Wasser, 1967). Unatoč snažnoj konotaciji imena, muhara ima slab insekticidni učinak. Prema narodnim izvorima svježi klobuci *A. muscaria* bili su smrvljeni rukama u mješavini vode i mlijeka, muhe se rado hrane ovakvom mješavinom te padaju u otupljeno stanje ili komu od nekoliko sati do nekoliko dana, ovisno o koncentraciji mješavine (Muto i Sugawara, 1970). Omamljene muhe je zatim potrebno ubiti zato što se nakon nekog vremena vrate u prvobitno stanje. Drugo objašnjenje imena muhara je činjenica da se prije i tijekom srednjeg vijeka ludilo asocijalo s muhamama (Feeney, 2020).

Mnogi su odustali od konzumacije vrste *A. muscaria* nakon što su iskusili mučninu i neuobičajene kognitivne učinke ove gljive, no neki korisnici su ipak pronašli terapijsku i vizionarsku vrijednost muhare u malim i umjerenim dozama. U zadnjih 30 godina je sve više istraživanja koja su fokusirana na potkrepljivanje ovih navoda. *A. muscaria* sadrži mnoštvo biološki aktivnih spojeva od kojih se ističu dvije glavne komponente, ibotenska kiselina i muskimol. Ibotenska kiselina veže se na *N*-metil-D-aspartatni (NMDA) receptor dok se muskimol veže za gama-aminomaslačni receptor (GABA) u mozgu sisavaca što ovoj gljivi daje mnoštvo farmakoloških mogućnosti. Plodišta muhare također sadrže izuzetno visoku koncentraciju ergosterola, spoja koji je demonstrirao snažna protuupalna svojstva (Maciejczyk et al., 2012). Koncentracija i omjer navedenih spojeva može se manipulirati zajedno s mnogim sporednim farmakološki aktivnim sastavnica ove gljive primjenom različitih metoda prerade. Sposobnost manipulacije sastava i u konačnici učinka proizvoda od vrste *A. muscaria* čini iste zanimljivim farmakološki aktivnim pripravcima s mnogobrojnim različitim mogućnostima uporabe (Michelot i Melendez-Howell, 2003).

Ovaj pregledni rad je multidisciplinarnan te ponajviše raspravlja o etnomikologiji i farmakologiji plodišta vrste *A. muscaria*. U konačnici, ovaj rad bi mogao poslužiti u edukaciji javnosti, kao materijal za pisanje vodiča za berbu gljiva i enciklopedija te kao baza za daljnja znanstvena istraživanja. *A. muscaria* je jedna od najčešćih makro gljiva s velikim plodištem na području Republike Hrvatske i ostatku sjeverne hemisfere tako da predstavlja neiskorišteni potencijalno koristan šumski resurs (Michelot i Melendez-

Howell, 2003). Svrha ovog rada je kritički prikazati literaturne zapise o ovoj gljivi te navesti dokaze i tvrdnje da je primjerena konzumacija plodišta vrste *A. muscaria* sigurna i da ne uzrokuje negativne dugoročne posljedice.

Povijest uporabe

Pretpostavlja se da je *A. muscaria* korištena najmanje nekoliko tisuća godina ponajviše u Sibiru, Skandinaviji, Istočnoj Europi i Rusiji (Feeney, 2020). Brojne informacije koje opisuju iskustva konzumacije ove gljive počela su biti dostupna u Sibiru tijekom 17. i 18. stoljeća od strane istraživača, vojnika i ratnih zarobljenika (Wasson, 1968). Navodi su se uglavnom svodili na vizionarska iskustva zadobivena konzumacijom visokih doza ove gljive, dok je suptilnija terapijska upotreba iste bila zanemarena što je doprinijelo stigmatizaciji. U Sibiru *A. muscaria* najčešće je terapijski bila korištena kao stimulans, protuupalni lijek, analgetik, anksiolitik te kao pomagalo za spavanje (Feeney, 2020). Između navedenih učinaka zanimljiv je stimulativan učinak ove gljive. Stimulativan učinak je okrijepljivao korisnike te se primarno koristio kao alat za olakšanje napornih poljoprivrednih poslova (Irimoto, 2004). Učinak plodišta vrste *A. muscaria* se u tom kontekstu može usporediti s kofeinom, no za razliku od kofeina navodno čini posao zanimljivijim. Sibirski pastiri sobova koriste suhe klobuke *A. muscaria* za snagu i energiju koja im pomaže u držanju koraka s stadom (Lincoff, 2005; Salzman et al., 1996). Adolf Erman je sredinom 18. stoljeća intervjuirao člana plemena Koriak koji je objasnio „*U sakupljanju sijena... mogu obaviti posao 3 muškarca od jutra do sumraka bez ikakvih problema ako sam pojeo gljivu*” (Wasson, 1968). Također, Takashi Irimoto intervjuirao je ženu iz plemena Chukchi koja je izjavila „*Možemo brzo napredovati u procesu obrade kože sobova, ako pojedemo gljivu prije ili usred posla*” (Irimoto, 2004). Postoje zapisi da su osušena plodišta *A. muscaria* koristili i članovi plemena Khanti za ublažavanje psihofizičkog umora (Saar, 1991).

U Sibiru je *A. muscaria* poznata po svojoj primjeni kao lijek protiv nesаницe (Irimoto, 2004; Kopec, 1837; Lincoff, 2005) što je i dokazano (Feeney, 2020). Članovi plemena Chukchi oralno (*per os*) su konzumirali suha plodišta kako bi ublažili bol i upalu mišića (Irimoto, 2004). Nadalje, ljudi iz plemena Evensk i Koriak transdermalno su koristili pastu pripremljenu na bazi *A. muscaria* za liječenje upala i boli (Lincoff, 2005; Salzman et al., 1996). Sposobnost pripravaka vrste *A. muscaria* da smanji tjeskobu imala je važnu ulogu u šamanskoj uporabi, kao što je prikazano u citatu „*Šaman jede (muharu) ne samo za predviđanje budućnosti nakon uznemirujućih snova, nego da se ohrabri prije susreta sa nekoliko duhova*” (Kulemzin, 1984). Iz navoda se može zaključiti da *A. muscaria* inducira hrabrost i smanjuje inhibicije te se u tom aspektu učinak može usporediti s etanolom. U Europi i Rusiji *A. muscaria* je najčešće bila korištena transdermalno ili oralno u obliku tinkture. U 1980-ima zabilježeno je da Ukrajinci i Rusi iz doline rijeke Suhodol koriste vlastite pripravke *A. muscaria* transdermalno, ponajviše za liječenje oboljenja zglobova (Moskalenko, 1987). Marja Härkönen je 1998. opisala kako Kareli (narod u sjeverozapadu Rusije) još uvijek koriste plodišta *A. muscaria* u svojim “kućnim ljekarnama”. Kareli odstranjuju

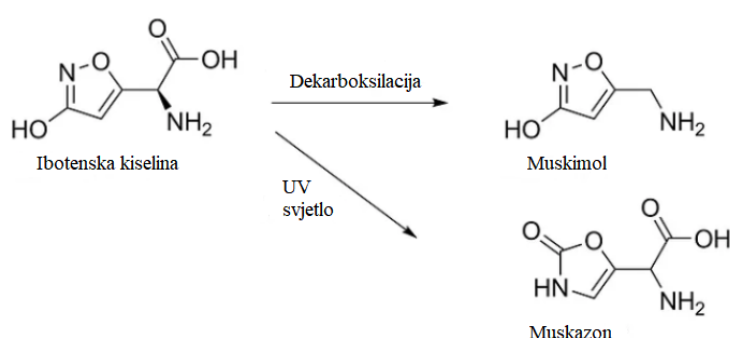
crvenu kožu s klobuka te ostatak klobuka natapaju u alkoholu. Takvu tinkturu koriste vanjskom uporabom za liječenje bolova i oteklina ili male količine konzumiraju oralno za liječenje glavobolja i bolova u trbuhu. U dijelovima Istočne Europe i Rusije vodeni i alkoholni ekstrakti vrste *A. muscaria* koristili su se za liječenje reume, epilepsije, demencije i raznih drugih neuroloških poremećaja (Dunn, 1973; Rolfe i Rolfe, 1974).

Popis farmakološki aktivnih sastavnica u plodištima vrste *A. muscaria*

Ibotenska kiselina

α -Amino-3-hidroksi-5-izoksazol octena kiselina poznata i pod nazivom ibotenska kiselina je bezbojna kristalna tvar koja je dobro topljiva u hladnoj vodi. Najveće količine ovog spoja u vrsti *A. muscaria* pronađena su u crvenoj koži (lat. *pileus*) i žutom mesu ispod kože na klobuku (Michelot i Melendez-Howell, 2003). Ibotenska kiselina je aminokiselina koja ne selektivno stimulira *N*-metil-D-aspartat (NMDA) receptore (Barceloux, 2008).

Ovaj spoj je vrlo podložan dekarboksilaciji, procesu kroz kojeg u toplim, vlažnim i kiselim uvjetima gubi karboksilnu skupinu te se pretvara u muskimol (slika 1). Upravo zbog ove reakcije, sušenje gljiva pri umjerenim temperaturama ili njihovo termičko obrađivanje postaju ključni koraci u manipulaciji ovim biološkim materijalom. Pretpostavlja se da sušenje pretvara do 15 % ibotenske kiseline u muskimol, prokuhavanje u vodi oko 60 % a fermentacija s acidofilnim bakterijama (*Lactobacillus acidophilus* Hansen i Mocquot 1970.) pretvara više od 95% ibotenske kiseline zbog prisustva enzima *glutamat dekarboksilaze* (GAD) (Filer et al., 2005). Može se pretpostaviti da se oralnom konzumacijom plodišta *A. muscaria* većina ibotenske kiseline metaboličkim procesima pretvara u muskimol prije nego što dođe do mozga (Li i Oberlies, 2005; Okhovat et al., 2023).



Slika 1. Proces dekarboksilacije ibotenske kiseline u muskimol i fotokemijsko pretvaranje iste u muskazon pod utjecajem UV svjetla.

(Izvor: <https://medium.com/@jonasgruska/amanita-muscaria-the-science-and-practice-of-the-fly-agaric-mushroom-587893d4bfe2>).

Figure 1. Decarboxylation of ibotenic acid into muscimol and its photochemical conversion to muscazone under UV light.

(Source: <https://medium.com/@jonasgruska/amanita-muscaria-the-science-and-practice-of-the-fly-agaric-mushroom-587893d4bfe2>).

Ibotenska kiselina ima stimulativan učinak kojeg neki korisnici uspoređuju s lijekovima za hiperaktivnost. Postoje anegdote da ibotenska kiselina povećava koncentraciju i motivaciju, izoštrava vid i druga osjetila te da smanjuje osjećaj umora i boli (Feeney, 2010). Godine 1985. otkriveno je da je panterin, supstanca izolirana iz vrste *Amanita pantherina* (DC.) Krombh. (1846) ustvari ibotenska kiselina (Feeney, 2020). Navedeni spoj je glavni razlog uvjerenja da je *A. muscaria* toksična zato što u visokim dozama uzrokuje mučninu, povraćanje, proljev i delirij - panterinski sindrom trovanja (Horowitz i Moss, 2023). Međutim, važno je napomenuti da mnogi farmaceutski lijekovi imaju mnoštvo sličnih nuspojava ali to nije razlog da se njihova mogućnost uporabe u potpunosti odbaci (Bounds i Patel, 2024). Postoje vjerovanja da je *A. muscaria* neurotoksična (Feeney, 2020). Potonje uvjerenje proizlazi iz činjenice da mnogi znanstvenici koji se bave neurološkim istraživanjima koriste ibotensku kiselinu kao sredstvo za stvaranje lezija na mozgu (Coyle i Schwarcz, 2020). Poznato je da ubrizgavanjem čiste ibotenske kiseline u intrakranijalni prostor dolazi do oštećenja moždanih stanica, no mnoge svakidašnje tvari poput limunske kiseline imaju citotoksičan učinak ako bivaju ubrizgane u visokim koncentracijama (Giardino et al., 2022). Oralnom konzumacijom ibotenske kiseline dolazi do njezinog metabolizma i razrjeđenja u krvi te nije prisutna u citotoksičnim koncentracijama (Ordak et al., 2023). U trenutku pisanja ovog rada (2024) ne postoji slučaj kronične neurotoksičnosti uzrokovane konzumacijom vrste *A. muscaria*.

Muskimol

5-Aminometil-3-izoksazol je bezbojna kristalna tvar dobro topljiva u vodi. Svježi primjerci plodišta vrste *A. muscaria* sadrže malu količinu ovog spoja. Moguće je da se muskimol formira tijekom ubiranja i pripreme uzorka za analizu (Hatanaka, 1992). Muskimol se veže za receptore gama aminomaslačne kiseline (GABA), ima agonističko djelovanje što znači da se veže snažnije od GABA te aktivira iste receptore. Agonistički učinak muskimola rezultira povećanjem nivoa serotonina i acetilkolina, a smanjuje nivo norepinefrina. Pretpostavlja se da je muskimol najviše zaslužan za učinke koji slijede nakon konzumacije gljiva koje sadrže ibotensku kiselinu, muskimol te druge spojeve (Barceloux, 2008).

Dokazano je da muskimol ima nekoliko terapijskih učinaka. Otkriveno je da injekcija muskimola u tjelesnu šupljinu štakora smanjuje tjeskobu u sličnoj mjeri kao diazepam (Corbett et al., 1997). Učinak smanjenja tjeskobe potvrdila je još jedna studija u kojoj je dokazano da muskimol također smanjuje reakciju smrzavanja kod štakora (Muller et al., 1997). Hosseini i suradnici (2014) su otkrili da injekcija muskimola u spinalni kanal štakora značajno smanjuje neuropatsku bol čiji učinak traje otprilike 3 sata.

Muskimol poboljšava i štiti pamćenje smanjivanjem moždanih upala i metabolizma acetilkolina u mozgu (Pilipenko et al., 2018). Acetilkinolin je poznat po svojoj ulozi u poboljšanju pamćenja (Barceloux, 2008). Jedna studija je demonstrirala da muskimol može smanjiti pojavu umjetno uzrokovanih želučanih rakova u štakorima (Tatsuta et al., 1992.). Poznato je da muskimol ima otprilike 5 puta snažniji farmakološki učinak od ibotenske kiseline (Feeney, 2020).

Muskazon

α -amino-2,3-dihidro-2-okso-5-oksazoloctena kiselina je bezbojan kristalni spoj koji nastaje fotokemijskom konverzijom ibotenske kiseline. Nastaje primarno tijekom procesa ekstrakcije drugih spojjeva iz gljiva koje sadrže ibotensku kiselinu zbog veće izloženosti ibotenske kiseline svjetlosti dok je u otopini. U usporedbi sa drugim navedenim spojevima u plodištu muhare muskazon uzrokuje slabe ali značajne nepoželjne farmakološke učinke kao što su zbunjenost, gubitak kratkotrajnog pamćenja i mutan vid (Barceloux, 2008; Li i Oberlies, 2005). Konsenzus između korisnika je da je muskazon nepoželjan spoj u pripravcima *A. muscaria* (Feeney, 2020).

Muskarin

Do nedavno se vjerovalo kako je muskarin zaslužan za većinu učinaka uzrokovanih konzumacijom vrste *A. muscaria*. Ta teza je diskreditirana zato što se učinci konzumacije muskarina i plodišta vrste *A. muscaria* drastično razlikuju (Feeney, 2020). Sam po sebi muskarin je snažan otrov, no u vrsti *A. muscaria* pojavljuje se u iznimno malim količinama (0,0002-0,0003 %) u usporedbi s *Inocybe* spp. ili *Clitocybe* spp. (0,43 % u *Inocybe subdestricta* Kauffman [1924] i do 0,15 % u *Clitocybe dealbata* (Sowerby) Gillet [1874]) (Michelot i Melendez-Howell, 2003). *A. muscaria* ne pokazuje simptome muskarinskog trovanja osim u iznimnim slučajevima kao što su prekomjerna konzumacija ili varijabilnosti koncentracije spojjeva ovisno o mjestu rasta i razvoja plodišta gljive (Feeney i Stijve, 2010). Iako muskarin uzrokuje neugodne simptome poput znojenja, prekomjerne salivacije i povraćanja; postoje dokazi da u malim količinama ima neuroprotektivan učinak (Shen et al., 2024). Sarno i suradnici (2003) su naveli da stimulacija muskarinskih receptora u mozgu pruža značajnu zaštitu od oštećenja DNK, oksidativnog stresa i narušavanja mitohondrija.

Muskaridin

[(4*R*,5*S*)-4,5-dihidroksimetil]-trimetil azanij je izoliran iz plodišta vrste *A. muscaria* i nekoliko drugih gljiva (Maciejczyk et al., 2012; Feeney, 2020). Muskaridin je aciklički izomer muskarina i kod ljudi uzrokuje stimulaciju središnjeg živčanog sustava. U plodištima *A. muscaria* je prisutan u maloj količini te vjerojatno nema veliki utjecaj na farmakološki učinak ove gljive (Feeney, 2020).

(*R*)-4-hidroksipirolidin-2-1

(*R*)-4-hidroksipirolidin-2-1 je neimenovani spoj koji se karakteristično nalazi u stanicama nekih mikroskopskih gljiva koje demonstriraju antimikrobnu aktivnost protiv bakterija i drugih gljiva. Ima baznu strukturu sličnu muskimolu i ibotenskoj kiselini te se stoga može zaključiti da je jedan od dijelova biosinteze prethodno navedenih spojjeva. Biosinteza najvjerojatnije započinje s β -hidroksi glutaminskom kiselinom (Michelot i Melendez-Howell, 2003).

Hercinin

N,N,N-trimetil-L-histidin je derivat aminokiseline betaina i prekursor L-ergotioneinu, spoju koji je pokazao sposobnost neutralizacije slobodnih radikala i protuapoptotički učinak (smanjuje programiranu staničnu smrt). Hercinin je aminokiselina koja ne sudjeluje u izgradnji proteina, te se pojavljuje u visokim koncentracijama u nekim vrstama gljiva, uključujući vrstu *A. muscaria*. Potpuni mehanizam djelovanja ove aminokiseline je nepoznat (Kohlmunzer i Grzybek, 1972; Tulp i Bohlin, 2005). Trenutno se proučava potencijal L-ergotioneina u liječenju Parkinsonove bolesti (Tang et al., 2018).

Sticolobična i sticolobinična kiselina

Sticolobična i sticolobinična kiselina (α -piron aminokiseline) pronađene su u malim količinama u plodištima *A. muscaria* i nekoliko srodnih vrsta (Hatanaka, 1992). Obje aminokiseline imaju stimulatívni učinak na izoliranu kralježničnu moždinu štakora. Proučavanja biosintetskih puteva upućuju na to da je DOPA (3,4-dihidroksifenilalanin) prekursor za obje aminokiseline (Michelot i Melendez-Howell, 2003).

1,2,3,4,-tetrahidro-1-metil- β -karbolin-3-karboksilna kiselina

1,2,3,4,-tetrahidro-1-metil- β -karbolin-3-karboksilna kiselina je supstanca nepoznatog farmakološkog djelovanja (Ott, 1993). Ovaj spoj pronađen je u raznim uzorcima hrane poput voćnih sokova, džemova, ali i u pivu, vinu i sojinom umaku. Ovaj spoj se formira u Pictet-Spengler kondenzaciji - reakciji acetaldehida i triptofana (Cao et al., 2007). Slični spojevi nalaze se u mnogobrojnim prirodnim psihodelicima poput ayahuaska lijane (*Banisteriopsis caapi* (Spruce ex Griseb.) C.V. Morton), sirijskoj rutvici (*Peganum harmala* L.) i u nekim kaktusima koji sadrže meskalin (*Lophophora williamsii* (Lem.) J.M.Coult.). β -Karbolini imaju širok spektar djelovanja, od toksičnog učinka na krvožilni sustav do inhibicije enzima *mono-amin oksidaze* (MAO), glavnog enzima koji razgrađuje mono amine poput serotoninu i dopamina, manjak istih uzročno dovodi do brojnih psihofizičkih oboljenja poput depresije. Navedeni spoj je prisutan u malim koncentracijama u plodištima vrste *A. muscaria* (Feeney, 2020).

β -indolactena kiselina

β -Indolactena kiselina je produkt deaminacije triptofana ili dekarboksilacije triptamina i smatra se važnim biljnim hormonom koji pripada grupi auksina (Prusty et al., 2004). Ovaj spoj često proizvode bakterije u utrobi sisavaca. Često se pronalazi u urinu u maloj količini, a u većoj količini kod pacijenata koji boluju od fenilketonurije (PKU). U plodištima *A. muscaria* sadržana je u malim koncentracijama (Maciejczyk et al., 2012).

Muskarufin i muskaflavin

Muskarufin je tijekom 1930-ih bio predložen kao glavni pigment zaslužan za boju klobuka *A. muscaria* no nije znanstveno potvrđen (Hatanaka, 1992; Michelot i Melendez-Howell, 2003). Muskaflavin je pigment klobuka *A. muscaria* žute boje, pretpostavka je da se sintetizira istim putem kao i β -mliječna, sticobična i sticobinična kiselina (Hatanaka, 1992; Michelot i Melendez-Howell, 2003).

Amavadin

Amavadin je svjetlo plavi kompleks vanadija prvi put izoliran iz plodišta *A. muscaria* (Braeuer et al., 2023). Akumulacija metala i njihovo organsko vezanje asocirana je s potrebom zaštite od toksičnog učinka povećane količine metala u tlu. Međutim koncentracija vanadija u nekim gljivama roda *Amanita* zna biti nekoliko stotina puta viša u usporedbi s koncentracijom vanadija u okolnim biljkama (Li i Oberlies, 2005). Prisustvo ovog spoja u visokim koncentracijama upućuje na moguću važnost u metabolizmu i/ili obrani organizma. Amavadin je 8-koordinatni spoj vanadija i (S,S)-2,2'-hidroksiimin dipropionske kiseline u stehiometrijskom omjeru 1:2. Zbog svoje neobične molekulske strukture ovaj spoj je potaknuo velik interes kemičara te su njegovu strukturu potvrdila mnoga kristalografska i spektroskopska istraživanja (Da Silva et al., 2013; Li i Oberlies, 2005; Ooms et al., 2009). Amavadin je bio izoliran iz drugih psihoaktivnih gljiva roda *Amanita* uključujući *A. regalis* (Fr.) Michael i *A. velatipes* G. F. Atk. (Berry et al., 1999). Točan učinak amavadina je u trenutku pisanja rada nepoznat (2024).

Derivati arsena

U 1990-ima po prvi put u gljivama otkriven je netoksičan arsenobetain zajedno s nekoliko drugih derivata arsena. Osim arsenobetaina u vrstama roda *Amanita* pronađeni su arsenokolin, tetrametil arsenova sol i kakodilna kiselina (Maciejczyk et al., 2012; Feeney, 2020). Pronađeno je još nekoliko derivata arsena povezanih za molekule šećera i fosfolipida. Metilni derivati arsena pokazuju razne toksične i potencijalno korisne funkcije dok arsenobetain i arsenokolin ne pokazuju toksične učinke. Kakodilna kiselina bila je jedan od glavnih komponenata defolianta “*Agent Blue*” korištenog u Vijetnamskom ratu (Stellman i Stellman, 2018). Važno je napomenuti da su navedeni spojevi sadržani u iznimno malim količinama te nije pronađen nikakav učinak na iskustvo konzumacije plodišta *A. muscaria*. Prisustvo ovih spojeva ukazuje na to da *A. muscaria* i slične gljive posjeduju mehanizme zaštite od štetnog učinka anorganskih oblika arsena (Byrne et al., 1995; Kuehnelt et al., 1997; Vetter, 2005).

Drugi spojevi

A. muscaria je makrogljiva koja razvija plodišta samo kada je u mikoriznoj vezi s korijenjem stabala što znači da ima kompleksan metabolizam te sadrži širok raspon spojeva. Većina proteina identificiranih u

plodištima *A. muscaria* su enzimi. Jedan od njih je DOPA 4,5-dioksigenaza, važan enzim u pigmentata betalaina (Girod i Zyrđ, 1991). *A. muscaria* proizvodi i enzim *aspartičku proteazu*; koja koristi aspartičnu kiselinu kao katalizator u svrsi hidrolize proteina. Generalno, proteaze iz gljiva se proučavaju zbog svojih potencijalnih primjena u industriji i medicini (Erjavec et al., 2012).

Masne kiseline

A. muscaria proizvodi male količine masnih kiselina: linolenske, oleinske, stearinske i palmitinske kiseline. *A. muscaria* sadrži i estere masnih kiselina: triacilglicerole, fosfolipide i estere sterola. Hidroksi masne kiseline su pronađene u vrlo malim koncentracijama (Karliński et al., 2007). Ester masnih kiselina - diacilglicerol-1,3-diolein izoliran je iz istisnutog soka plodišta *A. muscaria* te djeluje kao atraktant kućnih muha (*Musca domestica* L.) (Muto i Sugawara, 1970). Zanimljivo je što *A. muscaria* proizvodi atraktant za insekte zajedno s insekticidom - ibotenskom kiselinom. Točan razlog te pojave nije u potpunosti jasan, ali je poznato da mnoge vrste gljiva imaju sposobnost razgradnje hranjivih tvari iz mrtvih insekata no taj mehanizam još nije dokazan u vrsti *A. muscaria* (Hatanaka, 1992). Vjerojatnije objašnjenje je da *A. muscaria* privlači i ubija neke tipove insekata kako bi privukla druge, više životinje i insekte u svrsi boljeg rasprostranjivanja vlastitih spora.

Sfingolipidi

A. muscaria proizvodi sfingolipide, uglavnom ceramide i u manjoj količini cerebrozide (Weiss i Stiller, 1972). Ceramidi su *N*-acil derivati alifatskih amino alkohola, a cerebrozidi u svojoj molekularnoj strukturi sadrže i šećer koji je u slučaju plodišta *A. muscaria* glukoza (Weiss i Stiller, 1972). Mnogi stanični procesi ovise o sfingolipidima, uključujući regulaciju rasta, migraciju stanica, apoptozu, starenje i upalne reakcije (Olsen i Faergeman, 2017). Cerebrozidi su lipidi koji se nalaze u membranama mijelinskih ovojnica koje obavijaju aksone u središnjem živčanom sustavu. Cerebrozidi se ne apsorbiraju direktno putem probave već se razgrađuju na bazne komponente što znači da vjerojatno nemaju utjecaja na terapijski učinak pripravaka napravljenih od plodišta *A. muscaria*.

Steroli

Jedni od najvažnijih sastavnica gljiva u zdravstvenom kontekstu su steroli - spojevi koji posjeduju antivirusna, antibakterijska, antiupalna i antikancerogena svojstva. Najpoznatiji spoj sa navedenim svojstvima je ergosterol. Ovaj spoj prvi put je izolirao francuski kemičar Auguste Boudier 1885. iz ražene glavice (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. [1853]) parazitske gljivice koja proizvodi ergot alkaloida. U eksperimentu provedenom s heksanskim ekstraktom micelija gljive *Grifola frondosa* (Dicks.) Gray (1821) demonstrirana su inhibicijska svojstva prema ciklooksigenazama 1 i 2 (COX-1 i COX-2). COX-1 i 2 smatraju se važnim enzimima te djeluju kao regulatori upala, bolova i vrućica. Ekstrakt je sadržavao komponente ekstrahirane iz gljive: masne kiseline, ergosterol i ergosta-4,6,8(14),22-tetraen-3-1 (Zhang

et al., 2002). Druga studija upućuje na to da ergosterol izoliran iz gljive *Agaricus subrufescens* Peck (1893) remeti razvoj sarkoma u miševima (Zaidman et al., 2005). Uočena je i inhibicija angiogeneze - procesa stvaranja novih krvnih žila u Lewisovom raku pluća nakon administracije ergosterola (Li et al., 2015). Važno je napomenuti da se ergosterol pod utjecajem UV svjetla pretvara u vitamin D₂ (ergokalciferol). Ovaj vitamin je nužan za ispravan razvoj kostiju, te se koristi u liječenju kožnih bolesti, sekundarnog hiperparatiroidizma i raznih tipova raka (Jäpelt i Jakobsen, 2013). Plodište *A. muscaria* je izuzetno dobar izvor ergosterola te sadrži do 77 mg/g suhe mase (Maciejczyk et al., 2012). Koncentracija ergosterola u najpopularnijoj jestivoj gljivi, šampinjonu (*Agaricus bisporus* (J.E.Lange) Imbach [1946]) je otprilike šest puta manja u odnosu sa vrstom *A. muscaria* (Feeney, 2020).

Polisaharidi i polioli

Poznato je da polisaharidi iz koljena gljiva *Basidiomycetes* ispoljavaju mnoga medicinska svojstva (Ruthes et al., 2016). Iz plodišta *A. muscaria* izolirani su fukomannogalaktan i β-D-glukan (Kiho et al., 1994; Ruthes et al., 2013). Potvrđeno je da oba polisaharida posjeduju protuupalna i snažna antinociceptivna svojstva (smanjen osjet boli) (Ruthes et al., 2013). β-D-Glukan izoliran iz plodišta *A. muscaria* pokazao je snažno protutumorno djelovanje protiv sarkoma 180 u miševima (Kiho et al., 1992). Drugi interesantni šećerni metaboliti su polioli, metabolički se dobivaju supstitucijom aldehidne skupine s hidroksilnom. Količinski najbrojniji polioli u plodištima *A. muscaria* su manitol i sorbitol, također se pojavljuju u brojnim drugim vrstama gljiva (Lewis i Smith, 1967). Osim što služe kao izvor ugljika i energije, oni imaju i zaštitnu ulogu u sušnim uvjetima i termalnom stresu (Tibbett et al., 2002; Wingler et al., 1993). Manitol stvara osmotski potencijal tijekom rasta plodišta i sprječava smrzavanje u slučaju niskih temperatura. Manitol je široko korišten u medicini: tijekom kontrole pritiska u lubanji, u zaštiti bubrega usred transplantacije i u liječenju rhabdomiolize (Shawkat et al., 2012). Nekoliko istraživanja ukazuje na to da manitol ima sposobnost poboljšanja prijenosa lijekova kroz krvno-moždanu barijeru (Bhattacharjee et al., 2001; Brown et al., 2004; Ikeda et al., 2002). Ova činjenica potakla je razvoj hipoteze da relativno visoke koncentracije manitola u tkivu *A. muscaria* ($1,02 \pm 0,02$ g manitola/100 grama suhe tvari (Reis et al., 2011)) omogućuju učinkovitiji transport aktivnih sastavnica do mozga te tako povećava njihov psihoaktivan učinak (Maciejczyk i Kafarski, 2013). Istina je da se konzumacijom klobuka *A. muscaria* postižu snažniji psihoaktivni učinci od konzumacije ekvivalentne količine izolirane ibotenske kiseline i muskimola (Ott, 1993). Mnogi istraživači se ne slažu s tom hipotezom te tvrde da snažniji halucinogeni učinak ostvaruju druge, još neotkrivene aktivne sastavnice *A. muscaria* (Barceloux, 2008; Catalfomo i Eugster, 1970; Eugster, 1967; Feeney, 2010; Festi i Bianchi, 1991; Liu, 2005; Matsushima et al. 2009; Michelot i Melendez-Howell, 2003; Schultes, 1977; Waser, 1967).

A. muscaria u borbi protiv oboljenja i ovisnosti

Jedna od najzanimljivijih uporaba plodišta *A. muscaria* danas služi kao sredstvo za odvikavanje. Na internetu se mogu pronaći tisuće anegdota koje opisuju kako *A. muscaria* pomaže u dugom putu do odvikavanja i oporavka od alkohola, benzodiazepina, amfetamina, opijata i mnogih dizajnerskih droga. U trenutku pisanja ovog rada ne postoji znanstvena studija koja potvrđuje ovu tematiku ili objašnjava točan mehanizam učinka. Iz anegdota korisnika pronađenih na internetu može se zaključiti da *A. muscaria* smanjuje anksioznost i podiže svijest korisnika do te mjere da primjete štetu koju uzrokuju sebi i svojoj okolini te im daje dovoljno snage da okrenu novu stranicu u svom životu. Treba uzeti u obzir da je muskimol GABA agonist. Alkohol i benzodiazepini su pozitivni alosterički modulatori GABA receptora što znači da pojačavaju električne impulse koje neuron proizvodi kada je za isti receptor vezana molekula koja ga aktivira. Interakcija više spojeva koji djeluju na GABA receptor može biti smrtno opasna. Uporaba spojeva koji se vežu za GABA receptor u postupku odvikavanja nije nova ideja te ih mnoge klinike koriste (Caputo i Bernardi, 2010). Neki korisnici u anegdotama opisuju svoje doze pripravaka *A. muscaria* kao “veličine zrna riže” ili “kap tinkture”. Bitno je napomenuti da alkohol prisutan u tinkturama nije problematičan trijeznoj osobi zbog male količine. Poznato je da upotreba vrste *A. muscaria* ne uzrokuje ovisnost, te nije zabilježen niti jedan slučaj. Mnoga izvješća govore o ublažavanju ili nestanku simptoma: depresije, anksioznosti, nesanice, psorijaze, lajmske bolesti, kroničnog umora, poremećaja smanjene pažnje (ADD), upalne bolesti crijeva (IBS), traumatske ozljede mozga, demencije i mnogih drugih stanja nakon samoliječenja pripravcima gljive *A. muscaria* (Feeney, 2020). Trenutno ne postoje znanstvene studije koje potvrđuju ili negiraju pozitivan utjecaj pripravaka vrste *A. muscaria* na navedena oboljenja kod ljudi. Pilipenko i suradnici (2018) su proveli istraživanje koje potvrđuje pozitivan učinak malih doza muskimola na štakorima s induciranom Alzheimerovom bolesti.

Dozacija

Učinci koji proizlaze iz konzumacije plodišta *A. muscaria* usko su povezani s dozom. Kroz povijest doze su se određivale ugrubo, primjerice: jedan zagriz, jedan-dva-tri klobuka itd. (Dunn, 1973) Ovo je vrlo nepouzdan način doziranja zato što se koncentracija svih sastavnica drastično razlikuje od jednog do drugog plodišta (Tsunoda et al., 1993). Mnogi ljudi imaju negativna iskustva s ovom gljivom zato što im je prethodno navedena činjenica nepoznata te dolazi do “predoziranja”, mnogi počinju koristiti ovu gljivu nadajući se vizionarskom iskustvu poput iskustava s psilocibinskim gljivama. Takva iskustva zahtijevaju izuzetno visoke doze (iznad 15 grama suhih klobuka) što dovodi do mnogih nuspojava: poput mučnine, dezorijentiranosti, ataksije, pojačanog znojenja i salivacije te poremećajima u percepciji vremena (tablica 1). Muskimol ima oko 5 puta snažniji farmakološki učinak od ibotenske kiseline što se treba uzeti u obzir kada se odlučuje koji stupanj dekarboksilacije koristiti (Feeney, 2020).

Tablica 1. Širina osjetne potentnosti suhих klobuka vrste *A. muscaria* (Izvor: Feeney et al., 2020).
Table 1. Wide range of felt potency among dried *A. muscaria* caps (Source: Feeney et al., 2020).

| Nivo psihoaktivnosti plodišta | Doza | | |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | Niska | Srednja | Visoka |
| Nizak | 10 - 15 g | 15 - 20 g | 20 - 25 g |
| Srednji | 5 - 10 g | 10 - 15 g | 15 - 20 g |
| Visok | 1 - 5 g | 5 - 10 g | 10 - 15 g |

Mikrodoziranje

Mikrodoziranje je pojam koji opisuje uzimanje male doze psihoaktivnog spoja kako bi se postigli pozitivni učinci nekog spoja bez da se remeti svijest ili mogućnost obavljanja svakodnevnih aktivnosti. Mikrodoziranje je postalo popularno nedavno nakon što su mnogi korisnici halucinogenih supstanci shvatili da iste supstance imaju koristan učinak čak ako se uzimaju u dozi 10 do 20 puta manjoj od halucinogene što primjerice iznosi 100 mg psilocibinskih gljiva (Cavanna et al., 2022). Postoji mnogo anegdota o poboljšanoj koncentraciji i raspoloženju, smanjenoj anksioznosti i mnogim drugim dobrobitima no istraživanja trenutno nisu potvrdila utjecaj placeba u ovom načinu uporabe. Mnogi korisnici pripravaka vrste *A. muscaria* preferiraju ovaj način uporabe (Feeney, 2010). Postoje različiti protokoli koje korisnici prate, a najpopularniji je “mikrodoza svaki treći dan” u kojoj uzimaju tinkturu ili vodenu iscrpinu ekvivalentnu 1-3 ili manje grama suhих klobuka *A. muscaria*. Mikrodoziranjem se u pravilu izbjegavaju sve nuspojave asocirane s ovom gljivom, a ako se primjećuju nuspojave dozu je potrebno smanjiti.

Nuspojave

U travnju 2023. godine objavljeno je istraživanje u kojem su prikupljeni podaci od 684 osobe koje redovito konzumiraju pripravke *A. muscaria* (Ordak et al., 2023). Sudionici istraživanja pronađeni su u Facebook grupama u kojima je tematika *A. muscaria*. Od 684 osobe 236 je navelo da su doživjele nuspojave povezane s konzumacijom *A. muscaria*, dok su najčešće nuspojave bile pospanost, bolovi u trbuhu, mučnina i smanjenje apetita. Učestalost nuspojava blisko je povezana s konzumacijom većih količina svježeg ili suhog plodišta dok vodeni i alkoholni ekstrakti minimiziraju probavne tegobe.

Predoziranje

Predoziranje je medicinski pojam koji se koristi za opisivanje situacije u kojoj osoba konzumira više od sigurne količine farmakološki aktivne tvari. Drugim riječima to je doza koja dovodi u opasnost život korisnika. Predoziranje je ozbiljno stanje koje zahtijeva liječničku intervenciju. Gotovo sve hospitalizacije uzrokovane trovanjem konzumacijom plodišta *A. muscaria* proizlaze zbog početničkih

pogrešaka s identifikacijom, doziranjem i željom za vizionarskim iskustvom nalik onom uzrokovanom s psilocibinskim gljivama (Rampolli, 2021). Većina predoziranja halucinogenim tvarima nije fiziološki opasna već drastično promijenjeno mentalno stanje uzrokuje iracionalno ponašanje u kojem može doći do samoozljeđivanja. Konsenzus između korisnika je da do predoziranja može doći ako osoba (75 kg) konzumira više od 20 grama suhih klobuka *A. muscaria* iznad prosječne potencije (Feeney, 2020). Predoziranje je vrlo širok pojam kada se govori o halucinogenim tvarima. Neki toksikolozi smatraju pojavu halucinacija kao simptom predoziranja no važno je naglasiti da predoziranje plodištima *A. muscaria* u ekstremnim slučajevima osim halucinacija uzrokuje konvulzije, komu, respiratornu depresiju i zastoj srca što može rezultirati smrtnim ishodom (Rampolli, 2021). Klinički simptomi su slični drugim često korištenim spojevima poput alkohola, benzodiazepina i barbiturata, gdje svi navedeni imaju interakciju sa GABA receptorom. Uzrok mnogo hospitalizacija je neočekivana interakcija pripravaka *A. muscaria* s nekim od navedenih spojeva. Dolazi do kumulativnog učinka u kojem se pojačava učinak oba spoja te mnogi smrtni ishodi proizlaze zbog miješanja pripravaka *A. muscaria* i pretjeranih količina alkohola (Tupalska-Wilczyńska et al., 1997).

U jednom ekstremnom slučaju 44-godišnjak konzumirao je pola kilograma (13 klobuka) *A. muscaria*, otprilike 50-60 grama suhe mase. Gljivu je zamijenio sa srodnom vrstom, *Amanita caesarea* (Scop.) Pers. te je u roku od sat vremena odvezen u bolnicu zbog promijenjenog stanja svijesti. Ubrzo nakon ulaska u bolnicu pacijent je pao u nesvjesticu koja se pretvorila u komu trajanja 72 sata. Želudac pacijenta bio je ispumpan ubrzo nakon hospitalizacije te je administriran aktivni ugljen. Zbog proizvodnje velike količine sline pacijent je bio intubiran. Nakon 4 dana provedena u bolnici pacijent je postigao potpuni oporavak bez kroničnih posljedica (Rampolli et al., 2021).

Konzervacija, ekstrakcija i metode pripreme vrste *A. muscaria*

Konzerviranje

Kao i kod ostalih gljiva, plodišta *A. muscaria* su podložna kvarenju zbog svojeg velikog sadržaja vlage (80-90 %). Pri sobnoj temperaturi znakovi kvarenja na svježim plodištima vidljivi su već nakon 2-3 dana nakon ubiranja. Čuvanjem svježih plodišta u hladnjaku na +4 °C rok valjanosti produžuje se do otprilike tjedan dana. Smrzavanje se ne preporučuje zato što kristali leda koji se formiraju tijekom smrzavanja drastično oštećuju hife plodišta. Nakon odmrzavanja klobuk vrste *A. muscaria* pretvara se u smeđu kašu koja se kvari iznimno brzo. Najstabilniji način konzervacije plodišta *A. muscaria* je dehidracija (sušenje), a poznato je da su se klobuci tradicionalno sušili na suncu ili blizu izvora topline (pećnice). Sušenje je vrlo fleksibilna metoda konzervacije, važno je da se ne prekorači temperatura od +105 °C i da se osigura ventilacija vlažnog zraka koji izlazi iz klobuka (Feeney, 2010). Najčešća temperatura sušenja u kućnim dehidratorima je +65 °C, pri toj temperaturi klobuci nakon 8-24 sata (ovisno o protoku zraka u dehidratoru) postaju krhki te se uz malo pritiska pretvaraju u prah. Savitljivost

klobuka je znak da klobuk sadrži previše vlage te da se dehidracija mora produžiti/ponoviti. Dehidrirane klobuke najbolje je čuvati na sobnoj temperaturi u hermetički zatvorenoj posudi izvan dosega sunčevog svjetla. Dehidrirani klobuci vrlo brzo upijaju vlagu iz zraka, korisno je skladištiti plodišta *A. muscaria* zajedno sa nekom vrstom desikanta. Konsenzus između korisnika je da suhi klobuci *A. muscaria* zadržavaju svoju potenciju do 2 godine nakon kojih potencija polako opada. Primjerci stari 5 godina bili su pozitivno testirani na prisustvo psihoaktivnih izoksazola (Ott, 1993).

Standardizacija uzorka

A. muscaria je gljiva kojoj sastav aktivnih komponenti drastično varira ovisno o razvojnom stadiju gljive, tipu tla, količini vlage, izloženosti suncu te vrsti stabla s kojim je bila u mikoriznoj vezi. Česta je pojava da se dva plodišta vrste *A. muscaria* koja rastu jedno pokraj drugoga razlikuju u potenciji farmakološkog učinka (Tsunoda et al., 1993). Stoga je vrlo bitno da se prikupi velik broj plodišta koje nakon sušenja treba usitniti na manje komade i pomiješati kako bi se osigurao homogeni uzorak. Svi dijelovi plodišta *A. muscaria* sadrže aktivne sastavnice - najpotentniji je klobuk, zatim zadebljani dio stručka, dok ostatak stručka sadrži najmanju količinu aktivnih sastavnica (Feeney, 2020). Većina konzumenata *A. muscaria* ne koristi stručak u izradi aktivnih pripravaka.

Vodene iscrpine

Najčešća metoda pripreme pripravka od plodišta *A. muscaria* je ekstrakcija vodom, glavne aktivne sastavnice su dobro topljive u hladnoj i toploj vodi. Smrvljena *A. muscaria* uglavnom se dodaje u vruću vodu te se ostavlja nekoliko minuta, proces je identičan pripremanju čaja. Primjerice 3 grama smrvljenih suhih klobuka *A. muscaria* stavljaju se u vrećicu za čaj te se prelijevaju sa 250 mililitara kipuće vode. Takav način pripreme rezultira čajem blagog okusa niskog stupnja dekarboksilacije, dio aktivnih komponenti ostaje ne ekstrahirano. Precizniji način pripreme s većim stupnjem dekarboksilacije dobiva se prokuhavanjem klobuka *A. muscaria* u vodi najmanje 15 minuta, potrebno je kompenzirati isparavanje s dodavanjem vode po potrebi. Ovim načinom pripreme postiže se ekstrakcija gotovo svih terapijski važnih komponenti iz plodišta *A. muscaria* (Feeney, 2020).

Izlaganje plodišta *A. muscaria* visokim temperaturama rezultira gubljenjem aktivnih tvari, prokuhavanjem dužim od 2 sata učinak je otprilike upola manji. Konzumacija plodišta nakon prokuhavanja ne pridodaje terapijskom učinku te može pojačati probavne poteškoće (Feeney, 2010). Volumetrijsko doziranje je najprecizniji način doziranja te mnogi korisnici izrađuju veću količinu vodene iscrpine koja traje nekoliko dana ili tjedana. Važno je napomenuti da su vodene iscrpine *A. muscaria* sklone brzom kvarenju, te je smrzavanje najsigurniji način konzervacije vodene iscrpine. Mnogi korisnici smrzavaju vodenu iscrpinu u kocke leda koje rastapaju u bilo kojem napitku, na taj način osiguravaju konzistentnu dozu (Feeney, 2020).

Alkoholni ekstrakti - tinkture

Tinkture su vrlo popularan način uporabe ljekovitih komponenti iz biljaka i gljiva. Razlog tome je lakoća uporabe i gotovo neograničen mikrobiološki rok trajanja zbog visokog sadržaja etanola (najčešće oko 40 %). Proces izrade je jednostavan, suha plodišta vrste *A. muscaria* natapaju se u etanolu minimalno tjedan dana, optimalna ekstrakcija se postiže nakon mjesec dana. Alkoholni ekstrakt se zatim filtrira, a ostatak plodišta se uklanja. Česta pojava u tinkturama je takozvani “muskarinski oblak” koji se precipitira nakon filtracije iz tinkture. Kemijski sastav muskarinskog oblaka je nepoznat, ali je opisan kao “nepoželjna pojava” te ga korisnici izbjegavaju dekantiranjem tinkture (Feeney, 2020).

Drugi način pripreme tinkture je uporaba vodene iscrpine nastale detoksifikacijom plodišta *A. muscaria* namijenjene za kulinarsku uporabu u kojoj se plodište prokuhava najmanje 2 puta po 10 minuta te se voda mijenja kako bi se odstranile vodotopljive aktivne komponente. Preostala voda se uglavnom odbacuje no njezin volumen se može reducirati i pomiješati s etanolom visoke koncentracije. Poželjno je da volumen etanola u konačnoj tinkturi bude oko 40 % no glavna uloga etanola u tinkturi *A. muscaria* je da spriječi neželjenu fermentaciju i konzervira tinkturu stoga se mogu tolerirati tinkture do 20 % etanola.

Uljne ekstrakcije

U trenutku izrade ovog rada (2024) nije pronađen niti jedan znanstveni rad koji opisuje uljne ekstrakte vrste *A. muscaria*. Muskimol i ibotenska kiselina u pravilu nisu dobro topljivi u mastima, no oralna konzumacija takvog ekstrakta proizvodi učinke slične konzumaciji vodene iscrpine. Spojevi koji bivaju ekstrahirani u mastima iz vrste *A. muscaria* su nepoznati. Za ekstrakciju korisnici uglavnom upotrebljavaju maslinovo ulje te s njime prekrivaju suhe, usitnjene klobuke vrste *A. muscaria* koji ostaju u kontaktu s uljem minimalno 2 mjeseca. Potencija ovakvih ekstrakata navodno je varijabilna, zbog toga se koriste transdermalno, a oralna konzumacija se izbjegava (Feeney, 2020).

Transdermalni pripravci

Kroz povijest *A. muscaria* najčešće se koristila transdermalno (Feeney, 2020). Razlog tome vjerojatno je činjenica da se ovim načinom primjene izbjegavaju gotovo sve nuspojave. Glavne sastavnice lokalizirano se zadržavaju oko mjesta primjene što znači da vrlo mala količina spojeva odlazi do središnjeg živčanog sustava tako da su nuspojave i psihoaktivni učinci gotovo neprimjetni. Sadržaj plodišta *A. muscaria* također ne mora prolaziti kroz probavni sustav što uklanja mučninu i ostale iritacije.

Najraniji pripravci izrađivali su se od paste smrvljenih plodišta *A. muscaria* ili vodene iscrpine (čaja) u kojoj su se natapali oblozi (Feeney, 2020). Danas su masti i kreme popularni pripravci vrste *A. muscaria*

te se često izrađuju miješanjem tinkture s baznom komercijalno dostupnom kremom. Česti sastojci upotrebljavani za izradu bazne kreme su svinjska mast/kokosovo ulje, pčelinji vosak i eterična ulja.

Dimetil sulfoksid (DMSO) ima zanimljivu interakciju s transdermalnim pripravcima, te DMSO djeluje kao transporter aktivnih sastavnica *A. muscaria* i potiče dekarboksilaciju ibotenske kiseline (Filer, 2018). DMSO sam po sebi ima protuupalni učinak te djeluje kao slabi analgetik. Mjesto koje se tretira pripravcima sa dimetil sulfoksidom mora biti čisto zato što DMSO djeluje kao transporter mnogih drugih spojeva poput insekticida i sapuna (Feeney, 2020).

Fermentirani pripravci

Fermentirani pripravci su tek nedavno ušli u raspravu kroz krugove korisnika *A. muscaria*. Postoji teorija da je legendarni napitak spomenut u Rig Vedi - Soma izrađivan od plodišta *A. muscaria* koji su prošli kroz fermentaciju s acidofilnim mlijekom (Doniger, 2005). Postupak izrade Some je opskuran, ali istraživač Kevin Feeney pokušao ga je rekonstruirati (Feeney, 2010).

Recept počinje zakuhavanjem 750 mL vode u koju se dodaje 20-30 g suhih klobuka vrste *A. muscaria*. Nakon 30 minuta plodišta se procjeđuju, a vodena iscrpina se reducira do 500 mL. Reduciranoj iscrpini se zatim dodaje 500 mL acidofilnog mlijeka te se podgrijava na slaboj vatri od 30 minuta do 1 sat. Nakon hlađenja oralno se konzumira od 125 do 250 mL konačnog pripravka.

Navedenom metodom pripreme postiže se vrlo visok stupanj dekarboksilacije zbog prisustva bakterije *Lactobacillus acidophilus* koja proizvodi enzim *glutamat dekarboksilazu*. Acidofilno mlijeko je bilo prisutno u dolini Indus za vrijeme pisanja Rig Vede (Doniger, 2009). Izvješća o učincima ovakvog pripravka u halucinogenim dozama su rijetka no može se očekivati upadanje u duboki san - halucinogeno stanje koje je sigurnije za korisnika od budnog stanja. Fermentirani pripravci također pružaju relativno sigurnije iskustvo od vodenih iscrpina zato što su nuspojave povezane s konzumacijom ibotenske kiseline gotovo ne postojeće.

U trenutku pisanja ovog rada ne postoji medicinsko izvješće o hospitalizaciji nakon konzumacije fermentiranog pripravka *A. muscaria* vjerojatno zato što samo najiskusniji korisnici ulažu dovoljno vremena za proučavanje ovakvog stila pripravka. Opasnost od predoziranja fermentiranim pripravcima *A. muscaria* je vrlo relevantna te se savjetuje izniman oprez i nadzor odgovorne osobe.

Pušenje

Postoji vrlo malo podataka o pušenju plodišta vrste *A. muscaria*. Poznato je da je ova metoda uporabe bila popularna u šamanskom kontekstu za uzrokovanje kratkih transcendentnih stanja u kojima bi dijagnosticirali bolesti, proricali budućnost i pronalazili izgubljene objekte. Postoje zapisi o takvoj uporabi u Meksiku i Gvatemali (Diaz, 1979; Knab, 1978; Rättsch, 1987; 2005). Neki od zapisa govore

da je za pušenje korišten cijeli klobuk, dok drugi bilježe da je korištena samo crvena koža klobuka (Rätsch, 2005). Ott (1993) potvrdio je da je u dimu suhih klobuka *A. muscaria* prisutan muskimol i zabilježio je da dim uzrokuje kratak i jedinstveni učinak opijenosti. Mnogi korisnici također potvrđuju prethodni navod no mnogi drugi tvrde da pušenje ne uzrokuje osjetljiv učinak (Feeney, 2010). Razlog tome vjerojatno je varijabilnost u količini aktivnih sastavnica primjeraka *A. muscaria*, varijabilne apsorpcije prilikom pušenja i činjenice da tradicionalne smjese za pušenje nisu sadržavale samo klobuke vrste *A. muscaria*, već su najčešće bile pomiješane s duhanom. Duhan koji se je koristio nije bila danas poznata vrsta *Nicotiana tabacum* L. već *Nicotiana rustica* L., predak *N. tabacum* koji sadrži oko 3 puta veću količinu nikotina (Buchanan, 1994). *N. rustica* sadrži harman i norharman - psihoaktivne inhibitore mono amin oksidaze (Janiger i de Rios, 1976). Većina recepata smjese za pušenje savjetuje miješanje lišće vrste *N. rustica* i suhih klobuka *A. muscaria* u omjeru 50:50, neki recepti u smjesu uključuju druge aromatične biljke poput paprene metvice (*Mentha x piperita* L.). Takva smjesa bi se pušila isključivo iz dugih drvenih lula koje bi hladile dim. Velika količina aktivnih komponenti *A. muscaria* biva izgubljena zbog visokih temperatura izgaranja. *A. muscaria* nije psihoaktivna gljiva iz roda *Amanita* sa najvećom količinom aktivnih sastavnica te je za svrhu pušenja moguće koristiti druge vrste poput klobuka vrste *A. pantherina* (Feeney, 2020). Zbog kratkog trajanja iskustva nije zabilježen niti jedan slučaj hospitalizacije uzrokovan pušenjem *A. muscaria*.

***A. muscaria* u kulinarstvu**

Iako kulinarska upotreba nije vezana za farmakologiju gljive važno ju je spomenuti. Većina slučajeva trovanja *A. muscaria* proizlazi zbog nesvjesne konzumacije ove gljive pripremljene na isti način kao bilo koja druga jestiva gljiva. Postoji jednostavan način “detoksikacije” plodišta *A. muscaria*. Cijelo plodište može se očistiti, narezati na ploške i prokuhati 15 minuta u 5-10 puta većoj količini vode naspram mase plodišta. Plodišta se trebaju ocijediti i isprati, a voda nakon kuhanja sadrži gotovo sve aktivne sastavnice te se odbacuje ili koristi za izradu tinkture. Plodišta pripremljena na takav način sigurna su za daljnju uporabu u mnogim klasičnim receptima koje sadrže gljive (Feeney, 2020). Postoje i drugi načini pripreme, primjerice „*Dobro je poznato da je muhara česta namirnica u nekim dijelovima Europe nakon što se otrov ukloni sa tretmanom octa*” (Coville, 1898). Primjeri kulinarske uporabe klobuka *A. muscaria* mogu biti pronađeni u Aziji, Europi i Sjevernoj Americi. *A. muscaria* ima slabo izraženi “okus gljive” što je čini vrijednim dodatkom u kategoriju uvjetno jestivih gljiva. Okus *A. muscaria* opisan je kao bogat, blag i delikatan te se najbolje uklapa u umami kategoriju. Klobuci *A. muscaria* mogu se usporediti s teksturom i okusom rakovog mesa. Stručak *A. muscaria* je jestiv, ali posjeduje teksturu koja je žilavija, ponekad čak i hrskava ovisno o starosti ubranog plodišta. Ibotenska kiselina bila je patentirana kao potencijalan poboljšivač okusa 1969, međutim nikad nije izašla na tržište (Takemoto, 1969). Svrha metoda pripreme *A. muscaria* za kulinarsku uporabu je uklanjanje ibotenske kiseline i ostalih psihoaktivnih sastavnica kako bi konzumacija bila sigurna neovisno o količini.

Zaključak

A. muscaria se kroz povijest pojavljuje u velikom broju kultura. U gotovo svim zapadnim društvima konotacija koju dobiva je ista, *A. muscaria* se spominje kao opasna ljepotica koja je vizualno lijepa, ali se ne smije upotrebljavati. Iako su opasnosti stvarne treba se prisjetiti Paracelsusove izreke "Sve stvari su otrov i ništa nije bez otrova; sama doza čini da stvar nije otrov". Kao i svako drugo farmakološki aktivno sredstvo *A. muscaria* ima svoje nuspojave. Činjenica je da su mnogi korisnici patili zbog konzumacije prevelike količine vrste *A. muscaria*, neki kroz neznanje, a drugi kroz manjak opreza no to nije razlog da se njezina uporaba odbaci i diskreditira. Prema mnogim izvještajima, gljiva *A. muscaria* pruža olakšanje velikom broju oboljenja poput kroničnog umora i bolova, nesanicu i upalnih oboljenja. Nadalje, mnogi korisnici tvrde da su im pripravci od vrste *A. muscaria* omogućili kvalitetniji život i smanjenje uporabe drugih lijekova koji nose veći dugoročni rizik sa sobom. Prisustvo spojeva poput derivata arsena u plodištima vrste *A. muscaria* nije dokaz da se ovu gljivu treba izbjegavati, zato što gotovo sve gljive i biljke sadrže malu količinu teških metala u sebi. Potrebno je obratiti pažnju na područje na kojem raste plodišta te izbjegavati područja blizu prometnica i industrijskih zona. Nužna je reklasifikacija vrste *A. muscaria* sa (smrtonosno) otrovne na ljekovitu i uvjetno jestivu gljivu. Primjer vrste *A. muscaria* služi kao podsjetnik da se vjerovanja današnjice moraju propitkivati, a istraživanja o potencijalu koje kriju gljive i dalje provoditi.

Napomena

Rad je izvod iz završnog rada univ. bacc. ing. agr. Domagoja Šmidta (vidi literaturu).

Literatura

Barceloux, D. G. (2008). Isoxazole containing mushrooms and pantherina syndrome (*Amanita muscaria*, *Amanita pantherina*). In D. G. Barceloux (Ed.), *Medical Toxicology of Natural Substances: Foods, Fungi, Medicinal Herbs, Plants and Venomous Animals* (pp. 298-302). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.

Berry, R. E., Armstrong, E. M., Beddoes, R. L., Collison, D., Ertok, S. N., Helliwell, M., Garner, C. D. (1999). The structural characterization of amavadin. *Angewandte Chemie International Edition*, 38(6), 795-797

Bounds, C. G., Patel, P. (2024). Benzodiazepines. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024.

Bhattacharjee, A. K., Nagashima, T., Kondoh, T., Tamaki, N. (2001). The effects of the Na⁺/Ca⁺⁺ exchange blocker on osmotic blood-brain barrier disruption. *Brain Research*, 900(2), 157-162.

- Braeuer, S., Walenta, M., Steiner, L., Goessler, W. (2021). Determination of the naturally occurring vanadium-complex amavadin in *Amanita muscaria* with HPLC-ICPMS. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 36, 954-967.
- Brown, R. C., Egleton, R. D., Davis, T. P. (2004). Mannitol opening of the blood-brain barrier: Regional variation in the permeability of sucrose, but not $^{86}\text{Rb}^+$ or albumin. *Brain Research*, 1014(1-2), 221-227.
- Buchanan, R. (1994). Tobacco: The most provocative herb. *Mother Earth Living* October/November, 34-38.
- Byrne, A. R., Šlejkovec, N., Stijve T., Fay, L., Gössler, W., Gailer, J. F., Lrgolic, K. J. (1995). Arsenobetaine and other arsenic species mushrooms. *Applied Organometallic Chemistry*, 9(4), 305-313.
- Cao, R., Peng, W., Wang, Z., Xu, A. (2007). Beta-carboline alkaloids: Biochemical and pharmacological functions. *Current Medicinal Chemistry*, 14(4), 479-500.
- Caputo, F., Bernardi, M. (2010). Medications acting on the GABA system in the treatment of alcoholic patients. *Current Pharmaceutical Design*, 16(19), 2118-2125.
- Catalfomo, R., Eugster, C. H. (1970). *Amanita muscaria*: Present understanding of its chemistry. *Bulletin on Narcotics*, 22(4), 33-41.
- Cavanna, F., Muller, S., de la Fuente, L. A., Zamberlan, F., Palmucci, M., Janeckova, L., Kuchar, M., Pallavicini, C., Tagliazucchi, E. (2022). Microdosing with psilocybin mushrooms: A double-blind placebo-controlled study. *Translational Psychiatry*, 12(1), 307.
- Corbett, R. S., Fielding, S., Cornfeldt, M. L., Dunn, R. W. (1997). GABA mimetic agents display anxiolytic-like effects procedures in the social interaction and elevated plus maze. *Psychopharmacology*, 104(3): 312-316.
- Coyle, J. T., Schwarcz, R. (2020). The Discovery and characterization of targeted perikaryal-specific brain lesions with excitotoxins. *Frontiers in Neuroscience*, 14, 927.
- Da Silva, J. A., da Silva, J. J. F., Pombeiro, A. J. (2013). Amavadin, a vanadium natural complex: Its role and applications. *Coordination Chemistry Reviews*, 257(15-16), 2388-2400.
- Díaz, J. L. (1979). Ethnopharmacology and taxonomy of Mexican psychedelic plants. *Journal of Psychedelic Drugs*, 11(1-2), 71-101.
- Doniger, W. (2005). *The Rig Veda*. Published by Penguin Classics Sep 27, 2005 ISBN 9780140449891
- Dunn, E. (1973). Russian use of *Amanita muscaria*: A footnote to Wasson's Soma. *Current Anthropology*, 14(4), 488-492.

Erjavec, J., Kos, J., Ravnikar, M., Dreo, T., Sabotič, J. (2012). Proteins of higher fungi - from forest to application. *Trends in Biotechnology*, 30(5), 259-273.

Eugster, C. H. (1967). Isolation, structure, and syntheses of central-active compounds from *Amanita muscaria* (L. ex Fr.) hooker. *Psychopharmacology Bulletin*, 4(3), 18-19.

Feeney, K. (2010). Revisiting Wasson's soma: Exploring the effects of preparation on the chemistry of *Amanita muscaria*. *Journal of Psychoactive Drugs*, 42(4), 499-506.

Feeney, K. (Ed.). (2020). *Fly Agaric: A Compendium of History, Pharmacology, Mythology, & Exploration*. Fly Agaric Press.

Feeney, K., Stijve, T. (2010). Re-examining the role of muscarine in the chemistry of *Amanita muscaria*. *Mushroom, The Journal Spring-Summer*, 32- 36.

Festi, F., Bianchi, A. (1991). *Amanita muscaria*: Mycopharmacological outline and personal experiences. In T. Lytle (Ed.), *Psychedelic monographs and essays* (pp. 209-233). PM&E Publishing Group.

Filer, C. N. (2018). Ibotenic acid: On the mechanism of its conversion to [³H] muscimol. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 318(3), 2033-2038.

Filer, C. N. Lacy, J. M., Peng, C. (2005). Ibotenic acid decarboxylation to muscimol: Dramatic solvent and radiolytic rate acceleration. *Synthetic communications*, 35(7), 967-970.

Giardino, L., Generali, L., Savadori, P., Barros, M. C., de Melo Simas, L. L., Pytko-Polończyk, J., Wilkoński, W., Ballal, V., Andrade, F. B. (2022). Can the concentration of citric acid affect its cytotoxicity and antimicrobial activity? *Dentistry Journal*, 10(8), 148.

Girod P. A., Zryd, J. P. (1991). Biogenesis of betalains: Purification and partial characterization of dopa 4,5-dioxygenase from *Amanita muscaria*. *Phytochemistry*, 30(1), 169-174.

Guzman, G. (2001). Hallucinogenic, medicinal, and edible mushrooms in Mexico and Guatemala: Traditions, myths, and knowledge. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 3(4), 10.

Härkönen, M. (1998). Uses of mushrooms by Finns and Karelians. *International Journal of Circumpolar Health*, 57(1), 40-55.

Hatanaka, S. I. (1992). Amino acids from mushrooms. *Forischnitte der Chemie organischer*.

Horowitz, B. Z., Moss, M. J. Amatoxin Mushroom Toxicity. [Updated 2023 Jun 26]. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024.

- Hosseini, M., Karami, Z., Janzadneh, A., Jameie, S. B. Mashhadi, Z. H., Yousefifard, M., Nasirinezhad, F. (2014). The effect of intrathecal administration of muscimol on modulation of neuropathic pain symptoms resulting from spinal cord injury; an experimental study. *Emergency*, 2(4), 151.
- Ikeda, M., Bhattacharjee, A. K., Kondoh, T., Nagashima, T., Tamaki, N. (2002). Synergistic effect of cold mannitol and Na⁺/Ca²⁺ exchange blocker on blood-brain barrier opening. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 291(3), 669-674.
- Irimoto, T. (2004). *The eternal cycle: Ecology, worldview and ritual of reindeer herders of Northern Kamchatka*. Osaka, Japan: National Museum of Ethnology.
- Janiger, O., De Rios, M., D. (1976). Nicotiana an hallucinogen? *Economic Botany*, 30(3), 295-297.
- Jäpelt, R., B., Jakobsen, J. (2013). Vitamin D in plants: a review of occurrence, analysis, and biosynthesis. *Frontiers in Plant Science*, 4, 136.
- Karliński, L., Ravnskov, S., Kieliszewska-Rokicka, B., Larsen, J. (2007). Fatty acid composition of various ectomycorrhizal fungi and ectomycorrhizal of Norway spruce. *Soil Biology Biochemistry*, 39, 854-866.
- Kiho, T., Katsurawaga, M., Nagai, K., Ukai, S., Haga, M. (1992). Structure and antitumor activity of a branched (1-3)-β-d-glucan from the alkaline extract of *Amanita muscaria*. *Carbohydrate Research*, 224, 237-243.
- Kiho, T., Yoshida, I., Katsuragawa, M., Sakushima, M., Usui, S., Ukai, S. (1994). Polysaccharides in fungi. XXXIV. A polysaccharide from the fruiting bodies of *Amanita muscaria* and the antitumor activity of its carboxymethylated product. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 17(11), 1460-1462.
- Knab, E. (1976-1978). *Minor Mexican pharmacogens: Context and effects*.
- Kohlmunzer, S., Grzybek, J. (1972). Charakterystyczne składniki chemiczne grzybów wielkoowocnikowych (Macromycetes). *Wiadomości Botaniczne*, 16(1), 35-56.
- Kuehnelt, D. Goessler, W., Irgolic, K. J. (1997). Arsenic compounds in terrestrial organisms II: Arsenocholine in the mushroom *Amanita muscaria*. *Applied Organometallic Chemistry*, 11(6), 459-470.
- Kulemzin, V. M. (1984). *Chelovek priroda verovaniyah khantov*. Tomsk.
- Lewis, D. H., Smith, D. C. (1967). Sugar alcohols (polyols) in fungi and green plants: I. Distribution, physiology and metabolism. *New Phytologist*, 66(2), 143-184.
- Li, C., Oberlies, N. H. (2005). The most widely recognized mushroom: Chemistry of the genus *Amanita*. *Life Sciences*, 78(5), 532-538.

- Li, X., Wu, Q., Xie, Y., Ding, Y., Du, W. W., Sdiri, M., Yang, B. B. (2015). Ergosterol purified from medicinal mushroom *Amauroderma rude* inhibits cancer growth in vitro and in vivo by up-regulating multiple tumor suppressors. *Oncotarget*, (61)9, 17832-17846.
- Liu, J. K. (2005). N-containing compounds of macromycetes. *Chemical Reviews*, 105(7), 2723-2744.
- Matsushima, Y., Eguchi, F., Kikukawa, T., Matsuda, L. (2009). Historical overview of psychoactive mushrooms. *Inflammation and Regeneration*, 29(1), 47-58.
- Maciejczyk, E., Jasicka-Misiak, I., Młynarz, P., Lis, T., Wiczorek, P., Kafarski, P. (2012). *Muchomor czerwony (Amanita muscaria) jako obiecujące źródło ergosterolu [Fly agaric (Amanita muscaria) as promising source of ergosterol]*. *Przemysł Chemiczny* 91(5), 853-855.
- Maciejczyk, E., Kafarski, P. (2013). Mannitol in *Amanita muscaria* An osmotic blood-brain barrier disruptor enhancing its hallucinogenic action? *Medical Hypotheses*, 81(5), 766-767.
- Michelot, D., Melendez-Howell, L. M. (2003). *Amanita muscaria*: chemistry, biology, toxicology, and ethnomycology. *Mycological Research*, 107(2), 131-146.
- Tang, R.M.Y., Cheah, I.K.M., Yew, T.S.K., Halliwell, B. (2018). Distribution and accumulation of dietary ergothioneine and its metabolites in mouse tissues. *Scientific Reports* (1): 1-15.
- Tupalska-Wilczyńska, K., Ignatowicz, R., Poziemski, A., Wójcik, H., Wilczyński, G. (1997). *Zatrucia muchomorami plamistym i czerwonym--patogeneza, objawy leczenie [Amanita pantherina and Amanita muscaria poisonings--pathogenesis, symptoms and treatment]*. *Polski merkuriusz lekarski : organ Polskiego Towarzystwa Lekarskiego*, 3(13), 30-32.
- Muller, J., Corodimas, K. P., Fridel, Z., LeDoux, J. E. (1997). Functional inactivation of the lateral and basal nuclei of the amygdala by muscimol infusion prevents fear conditioning to an explicit conditioned stimulus and to contextual stimuli. *Behavioral Neuroscience*, 111(4), 683.
- Muto, T., Sugawara, R. (1970). 1,3-Diolein, a house fly attractant in the mushroom, *Amanita muscaria* (L.) Fr. In Wood, D., Silverstein, R., Nakajima, M. (Eds.) *Control of insect behavior by natural products* (pp. 189-208). Academic Press, Inc.
- Okhovat, A., Cruces, W., Docampo-Palacios, M. L., Ray, K. P., Ramirez, G. A. (2023). Psychoactive isoxazoles, muscimol, and isoxazole derivatives from the *Amanita* (Agaricomycetes) species: Review of new trends in synthesis, dosage, and biological properties. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 25(9), 1-10.
- Olsen, A. S. B., Færgeman N. J. (2017). Sphingolipids: Membrane microdomains in brain development, function and neurological diseases. *Open Biology*, 7(5), 170069.

- Ooms, K. J., Bolte, S. E., Baruah, B., Choudhary, M. A., Crans, D. C., Polenova, T. (2009). ⁵¹V solid-state NMR and density functional theory studies of eight-coordinate non-oxo vanadium complexes: Oxidized amavadin. *Dalton Transactions*, 17, 3262-3269.
- Ordak, M., Gałązka, A., Nasierowski, T., Muszyńska, E., Bujalska Zadrozny, M. (2023). Reasons, form of ingestion and side effects associated with consumption of *Amanita muscaria*. *Toxics*, 11(4), 383.
- Ott, J. (1993). *Pharmacotheon: Entheogenic drugs, their plant sources and history*. Kennewick, WA: Natural Products Co.
- Pilipenko, V., Narbutė, K., Beitnere, U., Rumaks, J., Pupure, J., Jansone, B., Klusa, V. (2018) Very low doses of muscimol and baclofen ameliorate cognitive deficits and regulate protein expression in the brain of a rat model of streptozotocin-induced Alzheimer's disease. *European Journal of Pharmacology*, 8(18), 381-399.
- Prusty, R., Grisafi, P., Fink, G. R. (2004). The plant hormone indoleacetic acid induces invasive growth in *Saccharomyces cerevisiae*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(2), 4153-4157.
- Rampolli, F. I., Kamler, P., Carnevale Carlino, C., Bedussi, F. (2021). The deceptive mushroom: Accidental *Amanita muscaria* Poisoning. *European Journal of Case Reports in Internal Medicine*, 8(3), 002212.
- Rätsch, C. (1987). *Indianische heilkräuter: Tradition und anwendung*. Köln, Germany.
- Rätsch, C. (2005). *The encyclopedia of psychoactive plants: Ethnopharmacology and its applications*. Rochester, VT: Park Street Press
- Rolfe, R. T., Rolfe, F. W. (1974). *The romance of the fungus world: an account of fungus life in its numerous guises, both real and legendary*. Courier Corporation.
- Ruthes, A. C., Carbonero, E. R., Córdova, M. M., Baggio, C. H., Sasaki, G. L., Gorin, P. A. J., Lacomini, M. (2013). Fucomannogalactan and glucan from mushroom *Amanita muscaria*: Structure and inflammatory pain inhibition. *Carbohydrate Polymers*, 98(1), 761-769.
- Ruthes, A. C, Smiderle, F. R., i Iacomini, M. (2016). Mushroom heteropolysaccharides: A review on their sources, structure and biological effects. *Carbohydrate Polymers*, 136, 358-375.
- Saar, M. (1991). Ethnomycological data from Siberia and North-East Asia on the effect of *Amanita muscaria*. *Journal of Ethnopharmacology*, 31(2), 157-173.
- Salzman, E., Salzman, J., Salzman, J., Lincoff, G. (1996). In search of Mukhomor, the mushroom of immortality. *Shaman's Drum* 41 (Spring), 36-47.

Schultes, R. E. (1977). The botanical and clinical distribution of hallucinogens. *Journal of Psychoactive Drugs*, 9(3), 247-263.

Shawkat, H., Westwood, M. M., Mortimer, A. (2012). Mannitol: A review of its clinical uses. *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care and Pain*, 12(2), 82-85.

Shen, G., Zhou, Z., Guo, Y., Li, L., Zeng, J., Wang, J., Zhao, J. (2024). Cholinergic signaling of muscarinic receptors directly involves in the neuroprotection of muscone by inducing Ca²⁺ antagonism and maintaining mitochondrial function. *Journal of Ethnopharmacology*, 319(Pt 2), 117192.

Stellman, J. M., Stellman, S. D. (2018). Agent orange during the Vietnam War: The lingering issue of its civilian and military health impact. *American Journal of Public Health*, 108(6), 726-728.

Šmidt, D. (2024). *Amanita muscaria (L.) Lam. - gljiva s neiskorištenim farmakološkim potencijalom. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.*

Takemoto, T. (1969). Seasoning compositions containing tricholomic acid and ibotenic acid as flavor enhancers. U.S. Patent No. 3,466, 175. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Tatsuta, M., Lishi, H., Baba, M., Uehara, H., Nakaizumi, A., Taniguchi, H. (1992). Protection by muscimol against gastric carcinogenesis induced by N-methyl-N-nitro-N-nitrosoguanidine in spontaneously hypertensive rats. *International Journal of Cancer*, 52(6), 924-927.

Tibbett, M., Sanders, F. E., Cairney, J. W. G. (2002). Low-temperature induced changes in trehalose, mannitol and arabitol associated with enhanced tolerance to freezing in ectomycorrhizal basidiomycetes (*Hebeloma* spp.). *Mycorrhiza*, 12(5), 249-255.

Tsunoda, K., Inoue, N., Aoyagi, Y., Sugahara, T. (1993). Changes in concentration of ibotenic acid and muscimol in the fruiting body of *Amanita muscaria* during the reproduction stage. *Food Hygiene and Safety Science (Shokuhin Eiseigaku Zasshi)* 34(1), 18-24.

Tulp, M., Bohlin, L. (2005). Rediscovery of known natural compounds: Nuisance or goldmine? *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, 13(17), 5274-5282.

Vetter, J. (2005). Mineral composition of basidiomes of *Amanita* species. *Mycological Research* 109(6), 746-750.

Viess, D. (2012). Further reflections on *Amanita muscaria* as an edible species. *Mushroom, the Journal* 110: 42-49, 65- 68. (https://bayareamushrooms.org/education/further_reflections_amanita_muscaria.html)

Wasson, R.G. (1968). *Soma: Divine mushroom of immortality*. New York: Harcourt Brace Jovanovich, Inc.

Wasser, P. G. (1967). The pharmacology of *Amanita muscaria*. In Efron, D., Holmstedt, B., Kline, N. S. (Eds.). *Ethnopharmacologic search for psychoactive drugs* (p. 419-439). Washington D.C., U.S. Department of Health, Education, and Welfare.

Weiss, B., Stiller, R. L. (1972). Sphingolipids of mushrooms. *Biochemistry*, 11(24), 4552-4557.

Wingler, A., Guttenberger, M., Hampp, R. (1993). Determination of mannitol in ectomycorrhizal fungi and ectomycorrhizas by enzymatic micro-assays. *Mycorrhiza*, 3(2), 69-73.

Zhang, Y., Mills G. L., Nair, M. G. (2002). Cyclooxygenase inhibitory and antioxidant compounds from the mycelia of the edible mushroom *Grifola frondosa*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(26), 7581-7585.

Zaidman, B. Z., Majed, Y., Mahajna, J., Wasser, S. P. (2005). Medicinal mushroom modulators of molecular targets as cancer therapeutics. *Applied Microbiology Biotechnology*, 67(4), 453-468.

Primljeno: 02. svibnja 2024. godine.

Received: May 02, 2024.

Prihvaćeno: 28. lipnja 2024. godine.

Accepted: June 28, 2024.

**Hrast crnika (*Quercus ilex* L.) u makiji sjevernodalmatinskih otoka –
utjecaj klimatskih i antropogenih čimbenika**

**Holm oak (*Quercus ilex* L.) in the maquis of the northern Dalmatian islands –
influence of climatic and anthropogenic factors**

Damir Viličić^{1*}

stručni rad (professional paper)

doi: 10.32779/gf.7.2-3.5

Citiranje/Citation²

Sažetak

Primarne šume crnike (*Quercus ilex* L.) u Sredozemlju su nestale. Sječa šume za poljoprivredu i ispašu, drvo za ogrjev i brodogradnju te požari, degradirali su šume hrasta crnike u šikare - makiju. Na sjevernodalmatinskim otocima ljetna suša je jače izražena nego drugdje u Hrvatskoj što usporava prirast makije s crnikom. Antropogeni utjecaji omogućavaju širenje alepskog bora (*Pinus halepensis* Miller). Pošumljavanje i sadnja crnike može ublažiti visoku temperaturu i suhoću tla i zraka ljeti, povećati biološku raznolikost, oplemeniti vizualni doživljaj krajobraza, unaprijediti kvalitetu života i zdravlje ljudi i spriječiti eroziju plodnog tla. Do organiziranja nacionalne inicijative, sadnja crnike, koja je karakteristična i stabilizirajuća vrsta klimatogene vazdazelene makije može se provoditi privatnom inicijativom uz suhozidove privatnih posjeda. Otok je dobar eksperimentalni laboratorij za provedbu menadžmenta biološke raznolikosti i zaštite od klimatskih promjena. Dobro bi došla komparativna istraživanja rasta crnike uz istočnu obalu Jadrana.

Ključne riječi: crnika, *Quercus ilex*, otoci, Dalmacija, Hrvatska.

Abstract

The primary forests of holm oak (*Quercus ilex* L.) in the Mediterranean have disappeared. Cutting of forests for agriculture, wood for firewood and shipbuilding, and grazing as well as fires, degraded holm oak forests into thickets – maquis. On the northern Dalmatian islands (central Adriatic coast), the summer drought is more pronounced than elsewhere in Croatia, which slows down the growth of maquis with

¹ Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb. Republika Hrvatska.

* E-mail: damir.vilicic@biol.pmf.hr (dopisni autor).

² Viličić, D. (2024). Hrast crnika (*Quercus ilex* L.) u makiji sjevernodalmatinskih otoka – utjecaj klimatskih i antropogenih čimbenika. *Glasiło Future*, 7(2-3), 72–96. / Viličić, D. (2024). Holm oak (*Quercus ilex* L.) in the maquis of the northern Dalmatian islands - influence of climatic and anthropogenic factors. *Glasiło Future*, 7(2-3), 72–96.

holm oak. Anthropogenic influences enable the spread of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Miller). Afforestation and planting of holm oak can alleviate the high temperature and dryness of the soil and air in summer, increase biological diversity, enrich the visual experience of the landscape, improve the quality of life and health of people, and prevent erosion of fertile soil. Until the organization of a national initiative, the planting of holm oak, which is a characteristic and stabilizing species of climatogenic evergreen maquis, can be carried out by private initiative along the drystone walls of private properties. The island is a good experimental laboratory for the implementation of biodiversity management and climate change protection. Comparative studies of holm oak growth along the eastern coast of the Adriatic would be useful.

Key words: Holm oak, *Quercus ilex*, islands, Dalmatia, Croatia.

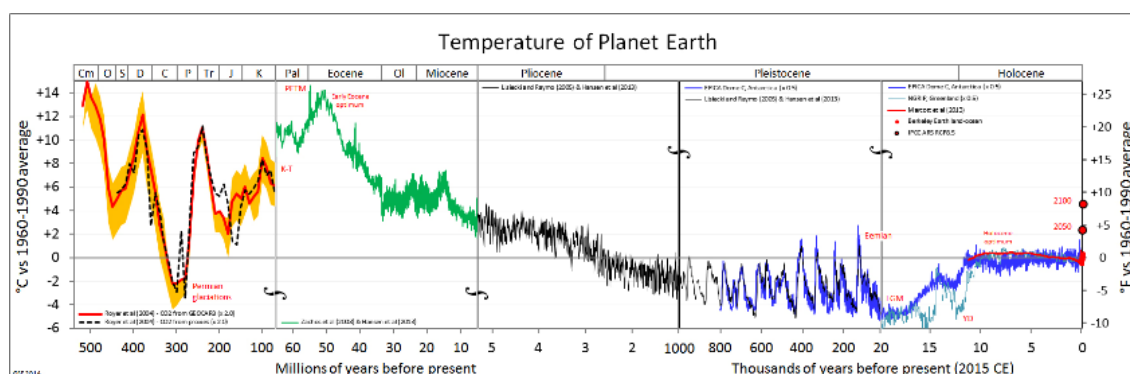
Uvod

Putujući uz obalu istočnog dijela Jadrana od sjevera prema jugu mijenjaju se geološka podloga, klimatske prilike, vegetacija i krajolici. U sjevernom dijelu prolazimo zelenom Istrom i Kvarnerom, zatim slijede krševite obale podvelebitskog područja, sjeverne i srednje Dalmacije i napokon stižemo u ponovno zelenu južnu Dalmaciju. Bujno zelenilo susrećemo uz Kotorski zaljev s drukčijom vegetacijom nego što smo je susreli na sjevernom dijelu obale. Na spomenutom potezu posebno se ističe sjevernodalmatinska obala gdje susrećemo škrtu vegetaciju (po količini ali ne po broju vrsta), pa je u ovom stručnom radu pažnja usmjerena na makiju sa hrastom crnikom na otocima šibenskog arhipelaga, pogotovo na otoku Prviću. Problematika zahtijeva širi pristup, pa je izlaganje podijeljeno na nekoliko poglavlja: 1) o vegetaciji u prošlosti do danas kada čovjek stupa u nemilosrdnu interakciju s prirodom, 2) o ekonomskoj važnosti crnike, 3) o biološkim i ekofiziološkim svojstvima ovdašnje vegetacije, 4) njenoj važnosti u stvaranju plodnog tla, 5) o doprinosu biološkoj raznolikosti, krajobrazu, zdravstvenom učinku na čovjeka, 6) o utjecaju čovjeka na vegetaciju i krajobraz i 7) o obnovi vegetacije sa crnikom u tom specifičnom području.

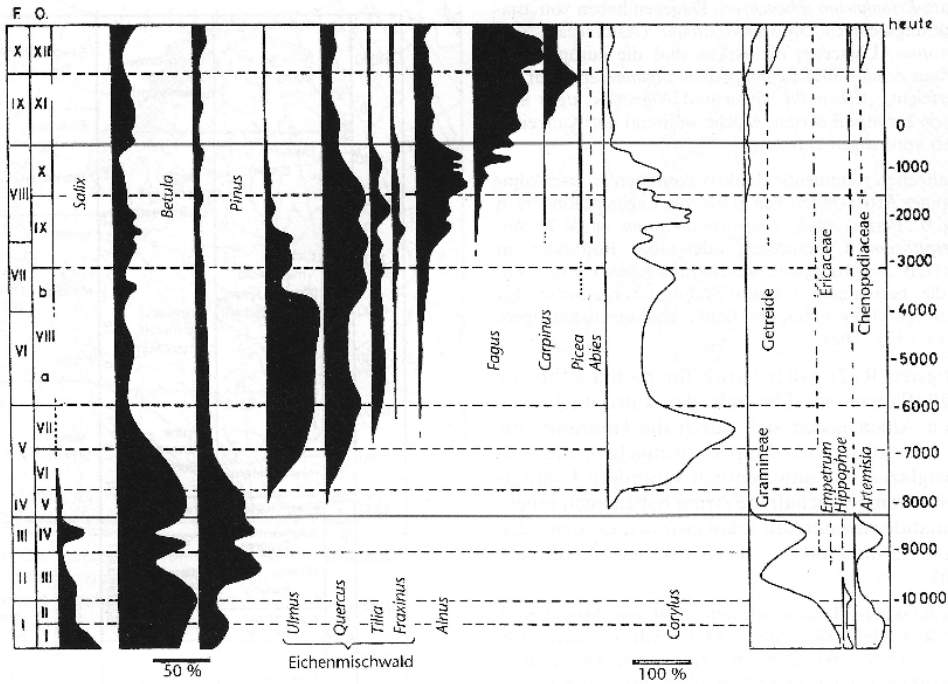
Šume - povijesni razvoj

Klima je važan regulator vegetacije i uz edafske čimbenike stvara klimatogenu (klimazonalnu) vegetaciju. Primarna klimatogena vegetacija u Europi je šuma. U razdoblju pleistocena koje je trajalo milijun godina - do početka holocena prije 12 000 godina, izmijenilo se desetak ledenih i međuledenih razdoblja (slika 1). Posljednja oledba je bila na vrhuncu prije oko 20.000 godina (Suicmez i Avci, 2023). Prije pleistocena zabilježene su slične oscilacije temperature. U međuledenim razdobljima temperature su dozvoljavale razvoj šume), što je omogućilo stvaranje plodnog tla. U hladnim razdobljima šume su se povlačile južnije, a u toplijim su se širile sjevernije, što pokazuje kronostratigrafija polena u Europi od početka holocena (10 000 g. pr. Cr) do sadašnjosti (slika 2). Sredozemno more je i ranije u pleistocenu ublažavalo klimatske prilike pa je uz obale vegetacija imala submediteranska obilježja (slika 3). U Dalmaciji sukcesivne promjene vegetacije u holocenu istražene su paleostratigrafijom polena u

sedimentu Velikog jezera na otoku Mljetu (Jahns i Bogaard, 1998, slika 4). Povlačenjem leda, najprije se šire travnjaci (na slici oznaka Po označava biljnu porodicu trava Poaceae), a zatim šume hrasta medunca (QP-*Quercus pubescens*). Daljnjim zatopljenjem u razdoblju od 6000-4000. g. pr. Kr. listopadnu šumu s hrastom meduncem zamjenjuju borovice-biljke iz roda *Juniperus* (Jun). Od 4400 godine pr. Kr. naglo se širi vazdazelena šuma sa crnikom (QI-*Quercus ilex*). Oko 1100. godine pr. Kr., kolonisti i postojeći narodi Iliri u Dalmaciji počinju sjeći crniku za pašnjake i poljoprivredu i otvaraju prostor za širenje alepskog bora (Pi-*Pinus halepensis*). Dominacija alepskog bora još je izraženija svršetkom antičkog razdoblja i početkom razdoblja kršćanstva. Najbrže nestajanje šuma crnike događa se u posljednjih 500 godina, pogotovo u antropocenu - nakon 1950. gdje prirodne vazdazelene šume s hrastom crnikom nestaju zbog sječe za ogrjev, za širenje poljoprivrede, za ispašu i zbog požara (Pedrotta et al., 2021). Utjecaj čovjeka na primarnu vegetaciju se također vidi u sličnim istraživanjima u srednjoj Europi (Rybníček i Rybníčková, 2009). Prirodne vazdazelene šume s hrastom crnikom, danas postoje samo na velikim otocima Sredozemlja; Korzici, Sardiniji i Kreti. U nas postoji šuma crnike na kvarnerskom otoku Rabu (šuma Dundo) (Oršanić et al., 2011) i na nekim ograničenim lokalitetima, na Lastovu (Trinajstić, 1968), Korčuli (Španjol et al., 2023) i u Istri (Barčić et al. 2021). Drugdje crniku nalazimo u vazdazelenim sredozemnim šikarama – makiji (Horvatić, 1963).

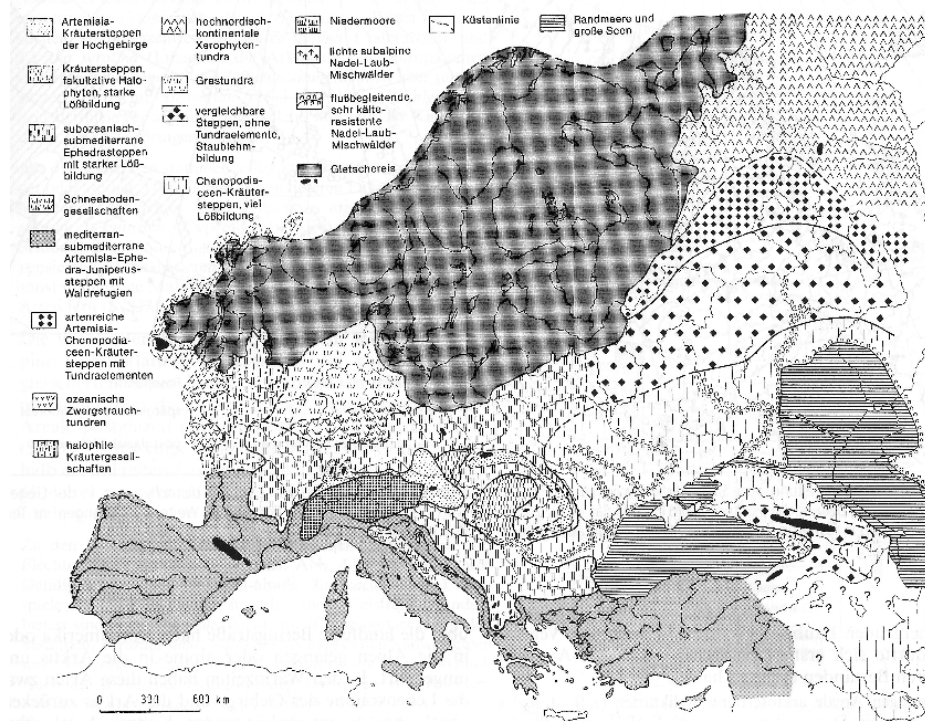


Slika 1. Temperature na planeti Zemlji u posljednjih 500 milijuna godina (Izvor: Fergus, 2021).
Figure 1. Temperatures on planet Earth over the last 500 million years (Source: Fergus, 2021).



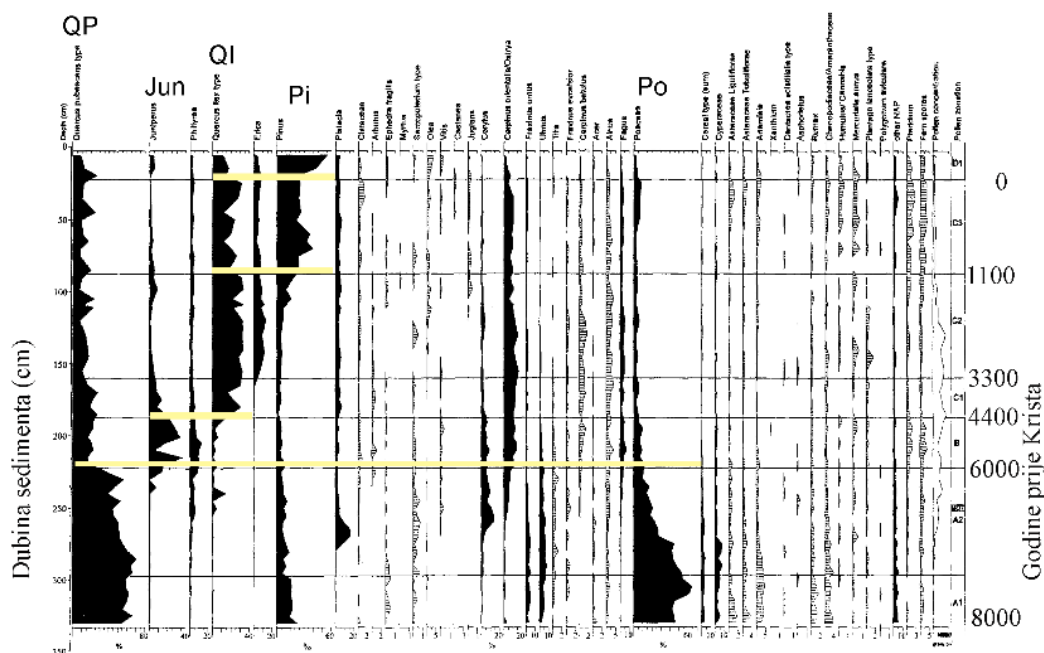
Slika 2. Sukcesija vegetacije od početka holocena (10 000 g. pr. Cr) do sadašnjosti prema polenskoj kronostratigrafiji u Luterskom jezeru kod Göttingena (Izvor: Walter et al., 1975).

Figure 2. Vegetation succession from the beginning of the Holocene (10,000 BC) to the present according to pollen chronostratigraphy in Lake Luther near Göttingen (Source: Walter et al., 1975).



Slika 3. Vegetacijska karta Europe u pleistocenu, prije 20 000-17 000 godina (Izvor: Frenzel, 1968).

Figure 3. Vegetation map of Europe in the Pleistocene, 20,000-17,000 years ago (Source: Frenzel, 1968).



Slika 4. Paleostratigrafija polenovih zrnaca u Velikom Jezeru na otoku Mljetu prema Jahns i Bogaard (1998). QP–hrast medunac, *Quercus pubescens*, Jun–biljke iz roda *Juniperus*, QI–hrast crnika, *Quercus ilex*, Pi–alepski bor, *Pinus halepensis*, Po–biljke iz porodice trava, Poaceae.

Figure 4. Paleostratigraphy of pollen grains in Veliko Jezera on the island of Mljet according to Jahns and Bogaard (1998). QP–honey oak, *Quercus pubescens*, Jun–plants from the genus *Juniperus*, QI–holm oak, *Quercus ilex*, Pi–Alepo pine, *Pinus halepensis*, Po– plants from the grass family, Poaceae.

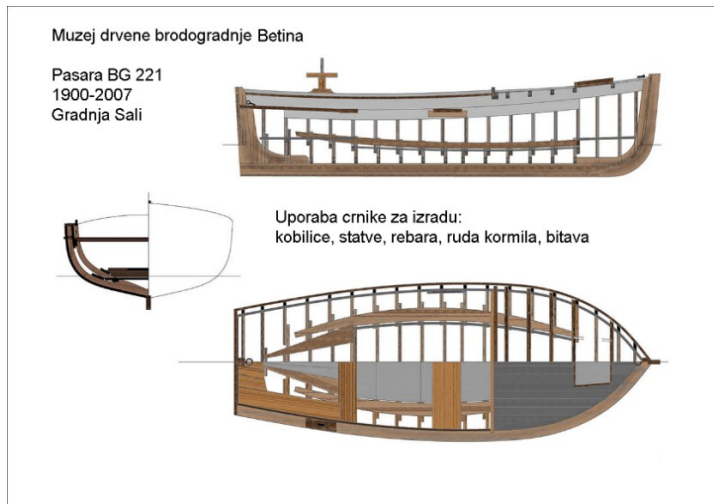
Hrast crnika – morfologija, anatomija drva i ekonomska važnost

Karakteristična vrsta sredozemne klimatogene, vazdazelene vegetacije je hrast crnika ili česmina (*Quercus ilex* L.), u nas je stablo visoko do 17 m, staro do 200 godina i debljine do 30 cm (Berta et al., 2019), sa širokom, gustom i okruglom krošnjom (slika 5A). Grane su gusto pokrивene sjajnim listovima cjelovitih rubova, s kseromorfnim svojstvima (Bačić i Miličić, 1985), a plod je kožasti orah (žir) (slika 5B). Crnika povremeno i neprimjetno odbacuje listove, ali ne sve u isto vrijeme – u Francuskoj najčešće u proljeće (Rapp, 1971 u Katz i Lieth, 1974) i stvara obilni listinac.



Slika 5. Hrast crnika (*Quercus ilex* L), krošnja (A), list i kožasti orah – žir (B). (Foto: D. Viličić).
Figure 5. Holm oak (*Quercus ilex* L), crown (A), leaf and leathery nut - acorn (B). (Photo by: D. Viličić).

Pored dugotrajne sječe crnike za ogrjev, za proširenje površina za stočarstvo i poljoprivredu, izdržljivo drvo crnike se rabi u brodogradnji drvenih brodova, za izradu kobilice, statve, rebara, ruda kormila i bitava (slika 6). Drvo crnike je čvrsto, elastično, vrlo trajno, vrlo teško (970 kg/m³) i vrlo tvrdo (daN/m³) (Horvat, 1980). Na poprečnom presjeku pore su male, malobrojne i u isprekidanim radijalnim nizovima, a granice godova su slabo uočljive (Špoljarić i Petrić, 1980) (slika 7).



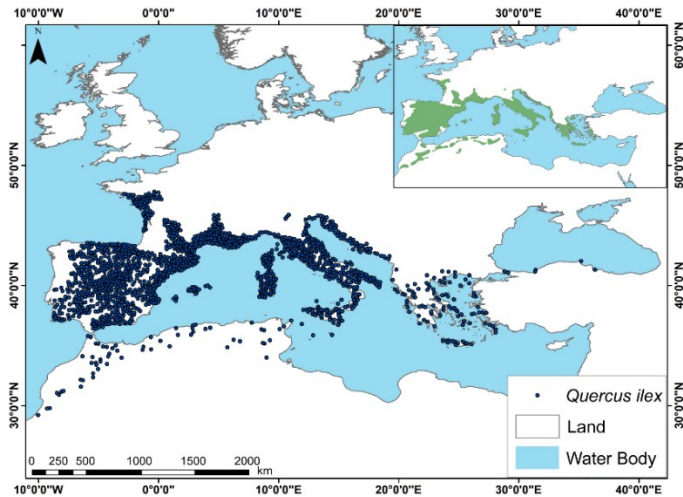
Slika 6. Uporaba crnike za izradu drvenih brodova. Snimljeno u Muzeju drvene brodogradnje u Betini.
Figure 6. Use of holm oak for making wooden ships. Recorded in the Museum of Wooden Shipbuilding in Betina.



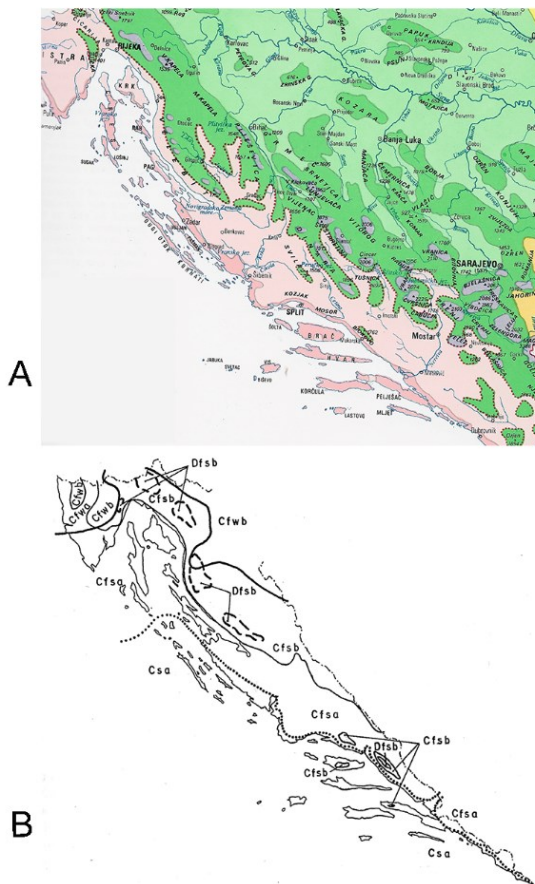
Slika 7. Anatomija drva crnike. Mjerilo pokazuje 1 mm (Foto: J. Trajković).
Figure 7. Anatomy of holm oak wood. The scale shows 1 mm (Photo: J. Trajković).

Rasprostranjenost i ekofiziološka svojstva

Crnika je prirodno rasprostranjena uz obale Sredozemnog mora (slika 8, Suicmez i Avci, 2023). Uz istočnu obalu Jadrana, crniku nalazimo uz uski obalni pojas gdje tvori klimatogenu vegetaciju vazdazelene makije (slika 9). Na sjevernodalmatinskim otocima zadarskog i šibenskog arhipelaga srednja godišnja količina oborine u Hrvatskoj je izrazito niska i usporediva s najsušim sjeveroistočnim dijelovima Hrvatske (Gajić Čapka et al., 2003).



Slika 8. Recentna rasprostranjenost hrasta crnika u Sredozemlju (Izvor: Suicmez i Avci, 2023).
Figure 8. Recent distribution of holm oak in the Mediterranean (Source: Suicmez and Avci, 2023).

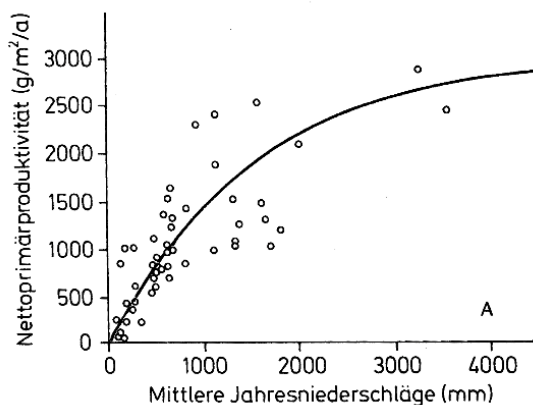


Slika 9. Rasprostranjenost klimatogene vegetacije vazdazelene makije sa hrastom crnikom uz hrvatsku obalu Jadrana, označena tamno crvenom bojom (A) (Izvor: Bertović i Lovrić, 1985).
 Klimatska obilježja (B) u hrvatskom priobalnom pojasu (Izvor: Penzar et al, 2001); oznaka Csa po Köppenu označava toplu klimu s vrućim i suhim ljetima.
Figure 9. Distribution of the climatogenic vegetation of evergreen maquis with holm oak along the Croatian coast of the Adriatic is marked in dark red (A) (Source: Bertović and Lovrić, 1985).
 Climatic features (B) in the Croatian coastal zone; Csa according to Köppen indicates a warm climate with hot and dry summers (Source: Penzar et al., 2001, p. 240).

Crnika ima dubok korijenov sustav i fiziološke prilagodbe na preživljavanje suše (Montagnoli et al., 2019; Camarero et al., 2016). U sušnom razdoblju transpiracija u listovima crnike opada (Ilijanić i Gračanin, 1972, Ilijanić i Topić, 1981).

Drveće i grmlje troši višak ugljikovog dioksida iz atmosfere (Gratani et al., 2012), pa je kopnena vegetacija važna za reguliranje kruženja ugljika u prirodi. Visoka makija s crnikom smanjuje ekstremnu temperaturu i vlagu u tlu i u zraku (Ugarković et al., 2017; Španjol et al., 2023), korijenje stvara pore za infiltraciju i redistribuciju vode i povećava kapacitet tla za vodu (Joffre i Rambal, 1993; Puerto i Rico, 1989). Postoji upravno proporcionalni odnos između pokrivenosti neke površine vegetacijom i otecanja vode po površini tla (Ong, 2003).

Prema poznatim ekofiziološkim svojstvima biljaka, primarna produkcija opada u područjima s manje oborina (slika 10). Možemo pretpostaviti da je prirast crnike na suhim sjevernodalmatinskim otocima, kao što su Prvić i Zlarin u šibenskom arhipelagu slabiji nego u sjevernom i južnom obalnom pojasu. Zato bi bilo dobro pokrenuti komparabilna ekofiziološka istraživanja crnike uz istočnu obalu Jadrana i potvrditi pretpostavku. Poznato je da pomladak crnike teže podnosi nedostatak vlage (Oršanić et al., 2011).



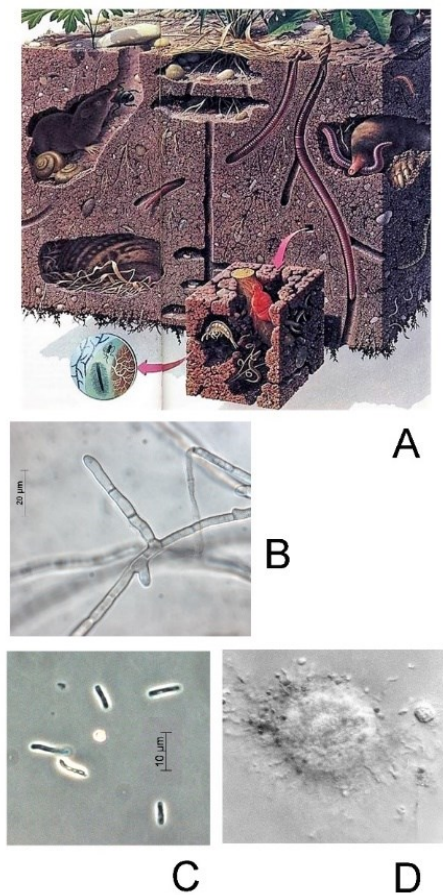
Slika 10. Odnos godišnje brzine primarne produkcije biljnog pokrova i srednje godišnje količine oborine (Izvor: Strassburger et al., 1998, str. 881).

Figure 10. The relationship between the annual rate of primary production of plant cover and the mean annual amount of precipitation (Source: Strassburger et al., 1998, p. 881).

Biogeno stvaranje tla

Velika je uloga šuma i grmlja u stvaranju plodnog tla (Ishizuka et al., 2021). Listinac ispod stabala crnike razgrađuju makroorganizmi i mikroorganizmi. U procesu razgradnje listinca sudjeluju biljke, životinje, i različiti mikroorganizmi (Bani et al., 2018; Scheu et al., 2005). Biljke drobe stijene, životinje usitnjavaju biljne ostatke (slika 11A). Mikrobnu aktivnost počinju gljive (plijesni) (slika 11B) koje uspješnije od bakterija mogu razgraditi visokomolekularne spojeve iz ostataka otpalih grana (lignin) i listova (celuloza). Naknadnu razgradnju manjih organskih molekula nastavljaju razne bakterije-

autotrofne, heterotrofne i kemosintetske te aktinobakterije (nitaste bakterije). Na slici 11C prikazane su štapičaste bakterije-bacili. U mikrobnj razgradnji propale organske tvari sudjeluju još protisti koji se skupljaju oko organskih čestica uz ili bez prisustva svjetlosti - heterotrofni protisti (bičaši i trepetljikaši) te autotrofni i miksotrofni protisti (alge) (slika 11D). U mikrobnj zajednici su još virusi koji žive u staničnim mikroorganizmima i reguliraju gustoću njihovih populacija. Mikroorganizmi stvaraju složene hranidbene mreže te sudjeluju u izmjeni plinova i kruženju biogenih elemenata u biosferi. U vlažnom listincu plijesni (slika 12) i drugi mikroorganizmi oslobađaju plinovite produkte koji daju šumi specifičan miris. Uz humifikaciju tlo se konačno obogaćuje glavnim anorganskim hranjivim tvarima - s dušikom, fosforom, kalijem i drugim biogenim elementima potrebnim za novu primarnu (biljnu) proizvodnju. Humifikacija i taloženje plodnog tla u šumi ili makiji crnike omogućava prirodni razvoj pomlatka crnike (slika 13).



Slika 11. Organizmi koji sudjeluju u razgradnji listinca, humifikaciji i stvaranju tla. A–biljke i životinje, B–gljive sa cjevastim stanicama- hifama, C–bakterije, D–autotrofni, miksotrofni i heterotrofni protisti koji su na slici skupljeni oko organskih čestica i čine mikrobnj zajednice - detritosfere. Slike B, C, D – Foto: D. Viličić; A - <https://www.warrenswcd.com/education-connection/soils-sustain-life> (Pristupljeno 12.02.2024).

Figure 11. Organisms participating in leaf decomposition, humification and soil formation. A-plants and animals, B-fungi with tubular cells - hyphae, C-bacteria, D-autotrophic, mixotrophic and heterotrophic protists, which in the picture are gathered around organic particles and form microbial communities – detritosphere. Figs. B, C, D – Photo: D. Viličić; A - <https://www.warrenswcd.com/education-connection/soils-sustain-life> (accessed December 12, 2024).



Slika 12. Plijesni počinju razgradnju vlažnog listinca ispod stabla crnike (Foto: D. Viličić).
Figure 12. Molds begin to decompose a moist leaf litter under the holm oak tree (Photo by: D. Vilicic).



Slika 13. Pomladak crnike izrasta iz plodnog tla ispod stabla crnike (Foto: D. Viličić).
Figure 13. A holm oak sapling sprouts from the fertile soil under the holm oak tree (Photo by: D. Vilicic).

Biološka raznolikost, krajobraz, zdravstveni i društveni učinak

Teoretske osnove o važnosti biološke raznolikosti u ekologiji postavio je Odum (1969). Pokazao je kako raznolika flora i fauna organizirana u složenu trofičku mrežu stabilizira ekološki sustav. Njegovi ekološki principi danas se uzimaju u obzir u urbanoj ekologiji, jer biološka raznolikost direktno ili indirektno stimulira zdrav život čovjeka. Suvremeno prostorno planiranje zahtijeva od urbanista, arhitekata i krajobraznih arhitekata da se ne bave samo estetskim, prostornim i društvenim aspektom uređenja prostora, već da uzimaju u obzir i ekološki aspekt. Ispravno projektirano zelenilo pruža zdraviji i jeftiniji život stanovnicima te društveni boljitak u naseljima, a uključuje raznolika staništa; drveće, travnjake, parkove, poljoprivredu; koja naseljava i pripadna fauna (Bolund i Hunhammar, 1999; Gómez-Baggethun i Barton, 2013).

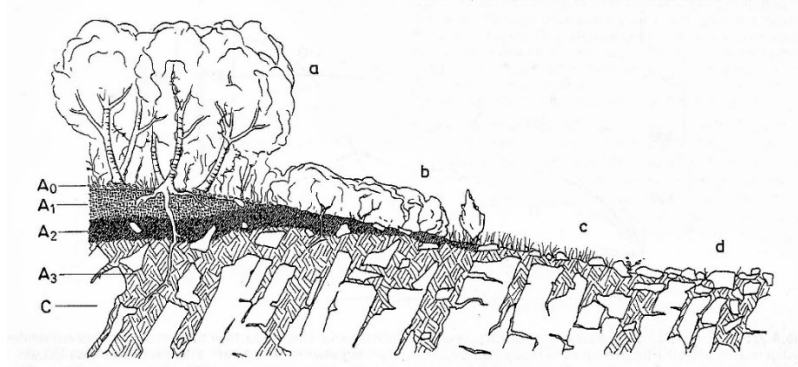
Značajan je učinak vegetacije i biološke raznolikosti na život čovjek (tablica 1). Pored estetskih vrijednosti, u zdravom okolišu je čist zrak i podzemna voda, a hlapive tvari iz vegetacije i tla (Ortega i Helmig, 2008; Fares i Loreto, 2015; Yañez-Serrano et al., 2018; Hensgens et al., 2021) povoljno djeluje na fiziološka svojstva i zdravlje ljudi (Antonelli et al., 2020). Postoje kvantitativni pokazatelji za „zdravstveni servis“ koji pruža kvalitetan prirodni okoliš. Od direktnih zdravstvenih učinaka zanimljivo je istraživanje koje pokazuje brži oporavak osoba od stresa u prirodnom okolišu nego na prometnim ulicama, jer zelenilo brzo snižava krvni tlak, regulira autonomni živčani sustav, odnosno napetost mišića i vodljivost struje kožom (Ulrich, 2006). Prirodni okoliš *smanjuje fiziološke poremećaje kao što su dijabetes ili srčane bolesti i smanjuje mortalitet ljudi (Hartig, 2008).*

Tablica 1. Učinak vegetacije, biološke raznolikosti i ekološkog planiranja.
Table 1. Effect of vegetation, biological diversity and ecological planning.

| UČINAK | Autori |
|---|--|
| Stabla i listinac | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Pedogeneza • Ljeti veća vlaga u tlu i u zraku • Ljeti niža temperatura u tlu i u zraku | <p>Scheu et al. (2005) Skelhorn et al. (2014)</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Vežu CO₂ • Smanjuju buku • Povećavaju infiltraciju vode u tlo (smanjuje rizik od poplava) | <p>Skelhorn et al. (2014) Nakamura et al. (2016), Nowak and Crane (2002) Nakamura et al. (2016), Flynn and Traver (2013), Ong (2003)</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Biološka raznolikost • Stabilizira ekološki sustav | <p>Odum (1969), Kralj et al. (2013), Southwood (1961), Nakamura et al. (2017), Jones and Leather (2012), Johnson et al. (2014), McMichael et al. (1999)</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Poboljšava zdravlje ljudi: • Smanjuje krvni tlak, napetost mišića, srčanu aktivnost i aktivnost autonomnog živčanog sustava | <p>Naeem et al. (2016) Parsons et al. (1998), Hartig et al. (2003), Laumann et al. (2003), Ulrich (2006, 2008)</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Smanjuje fiziološke poremećaje: dijabetes, srčane bolesti i mortalitet ljudi. • Poboljšava emocionalni razvoj djece | <p>Hartig (2008) Bikomeye et al. (2021)</p> |
| Vizualna i estetska kvaliteta okoliša – zeleni prostori grada omogućavaju: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • rekreaciju, susrete, doživljaj prirode, edukaciju • društveni kapital (skloništa u slučaju katastrofa) • ekonomske prednosti - urbana poljoprivreda | <p>Prinz (2006, 2008) Bolund and Hunhammar (1999), Pedersen Zari (2018), Tandarić et al. (2022) Wortman and Taylor Lovell (2013), Rogus and Dimitri (2015)</p> |

Utjecaj čovjeka na vegetaciju i krajobraz

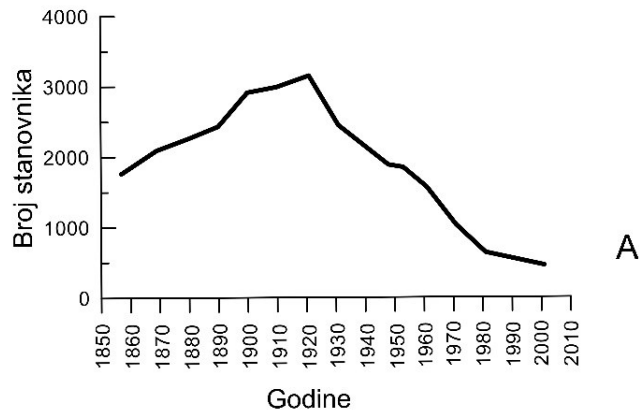
Antropogenom devastacijom, makija zaostaje kao prvi degradacijski stadij sredozemnih šuma, a dodatnom degradacijom makije nastaju grmoviti garizi i kamenjarski travnjaci (Braun Blanquet i Jenny, 1926; Horvatić, 1963; Bertović i Lovrić, 1985, slika 14). Nekontroliranom sječom stabala crnike zaostaju degradirane panjače, koje se s vremenom mogu prevesti u viši uzgojni oblik (Piškorić, 1963; Dubravac et al., 2018; Krejči i Dubravac, 2004). Slabiji prirast makije i sjeća osiromašuju vegetaciju i krajobraz te ubrzavaju eroziju tla (Shakesby et al., 2002; Ong, 2003).



Slika 14. Pedološki profil u šumi i makiji sa crnikom te u degradacijskim stadijima vegetacije; garizima i kamenjarskim travnjacima (Izvor: Braun Blanquet i Jenny, 1926).

Figure 14. Pedological profile in forest and maquis with holm oak and in degradation stages of vegetation; garigues and stony grasslands (Source: Braun Blanquet and Jenny, 1926).

Antropogeni utjecaj na makiju s crnikom dokumentiran je na otoku Prviću kod Šibenika, ali problem se odnosi na sve suhe sjevernodalmatinske otoke. Sukcesivne promjene društvenih aktivnosti i vegetacije možemo pratiti na otoku Prviću kod Šibenika. U razdoblju dok je na otoku stanovništvo bilo brojno (Smoljanović et al., 2008) (slika 15A) šuma je bila iskrčena jer su površine otoka trebale za poljoprivredu, a crnika se sjekla i za ogrjev. Raseljavanjem, pogotovo nakon Prvog i Drugog svjetskog rata, parcele ostaju zapuštene (slika 15B, C). Preživljavanje alepskog bora slabije je u vrijeme nicanja njegova podmlatka u razvijenoj bjelogoričnoj vegetaciji (Ilijanić i Gračanin, 1972; Prpić 1986). Otvoreni prostor postupno prekriva alepski bor koji brže raste nego crnika i postaje dominantna zelena komponenta krajobraza na Prviću (slika 16A, B). Krajobraz se znatno mijenja u čitavom šibenskom području (Tekić et al., 2014).

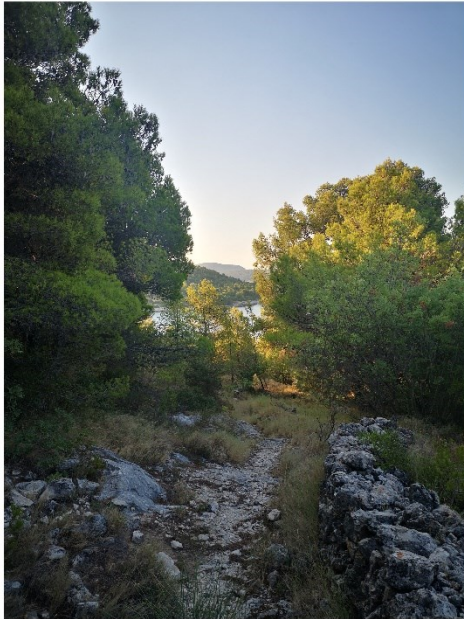


Slika 15. Naseljenost otoka Prvića u proteklih 150 godina (A) i krajobraz 1971 godine (B, C) (Foto: D. Viličić).

Figure 15. The population of the island of Prvić in the past 150 years (A) and the landscape in 1971 (B, C) (Photo by: D. Viličić).



A



B

Slika 16. Krajobraz na otoku Prviću 2022 godine (A, B). Slika B je snimljena sa sličnog mjesta kao slika 15C. Foto: D. Viličić (A); M. Viličić (B).

Figure 16. Landscape on the island of Prvić in 2022 (A, B). Image B was taken from a similar location as Image 15C. Photo: D. Viličić (A); M. Vilicic (B).

Obnova vegetacije sa crnikom

Sječom makije i druge vegetacije ili nakon požara, oborinska erozija odnosi plodno tlo i na površini terena zaostaje kamen. Krajobraz prestaje biti zelen i postaje suh i bijel od kamena. S vremenom takve otvorene površine prerasta kompetitivniji alepski bor koji mijenja krajobraz, pa djelovanjem čovjeka nestaje prvobitna vazdazelena vegetacija s crnikom. Klimatske prilike, edafski čimbenici (fizička, kemijska i biološka svojstva tla) i svojstva pomlatka alepskog bora odredit će buduću sukcesiju prema novoj klimazonalnoj vegetaciji (Rauš et al., 1994).

Komparativna istraživanja omogućuju usporedbu učinka crnike i alepskog bora na stanište (tablica 2). Po mnogim parametrima sastojine crnike ostvaruju bolja svojstva staništa nego sastojine alepskog bora.

Tablica 2. Usporedba svojstava staništa između razvijenih sastojina crnike (*Quercus ilex*) i alepskog bora (*Pinus halepensis*) te usporedba morfofizioloških svojstava biljaka.

Table 2. Comparison of habitat properties between developed stands of holm oak (*Quercus ilex*) and Aleppo pine (*Pinus halepensis*) and comparison of plant morphophysiological properties.

| | Crnika | Alepski bor | Autori |
|--|--------|-------------|--|
| Temperatura zraka | Manja | Veća | Ugarković et al. (2017) |
| Temperatura tla | Manja | Veća | Ugarković et al. (2017) |
| Vlaga zraka | Veća | Manja | Ugarković et al. (2017) |
| Vlaga u tlu | Veća | Manja | Ugarković et al. (2017), Španjol et al. (2023) |
| Dubina korijena | Veća | Manja | Lloret et al. (1999) |
| Količina listinca | Manja | Veća | Bakšić i Bakšić (2023) |
| Potreba korijena odraslih jedinki za površinskom vodom | Mala | Mala | Prpić et al. (2011) |
| Potreba korijena pomlatka za površinskom vodom | Veća | Manja | Rey Bernayas (1998), Prpić et al. (2011) |
| Potreba pomlatka za svjetlom | Manja | Velika | Vázquez de Castro et al. (2014), Španjol et al. (2023) |
| Brzina rasta pomlatka | Manja | Veća | Nije objavljeno |
| Preživljavanje pomlatka ljeti | Teže | Lakše | Ogaya et al. (2003) |
| Životni vijek | Duži | Kraći | UCOaks (2020) |

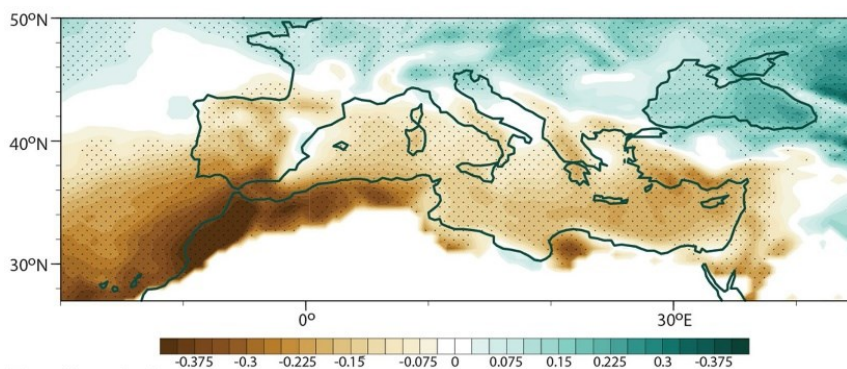
Obnova autohtone vegetacije u kojoj je bitna komponenta hrast crnika, najefikasniji je postupak za čuvanje tla i sprječavanje erozije, ali financijski je zahtjevan. Crnika je karakteristična i stabilizirajuća vrsta klimatogene vazdazelene makije. Zato bi sadnja crnike trebala biti dugoročni projekt, a značajniji prirast klimatogene vegetacije s crnikom može biti vidljiv za desetak godina. Za pošumljavanje se često rabi alepski bor koji brzo raste, ali i češće ponovno plane. Šumarska struka podržava revitalizaciju primarne vazdazelene vegetacije sa hrastom crnikom te naknadno postupno uklanjanje alepskog bora (Jahns i Van den Bogaard, 1998; Španjol et al., 2009). Pošumljavanje na golim površinama je teško, a na dubljim tlima preživljavanje crnikom je malo, rast preživjelih jedinki je spor i biljke su lošeg morfološkog i fiziološkog stanja. Uspješno pošumljavanje mlađim pomlatkom crnike provodi se u sjeni prethodno posađenih borova koji brzo rastu ili pod postojećim stablima borova ili se pod borove podsijava žir (Rey Benayas, 1998; Španjol et al., 2006, 2009). Potrebna je zaštita od životinja koje brste pomladak širokolisne zimzelene vegetacije (Španjol et al., 2006). Na trajnim (zaštićenim) plohama, mlade sastojine crnike pokazuju zadovoljavajući prirast (Barčić et al., 2020).

Međunarodna unija za zaštitu prirode i njena Europska komisija potiču pošumljavanje i brigu za biološku raznolikost, pogotovo doprinos vlasnika privatnih posjeda, a time se povećava apsorpcija ugljikovog dioksida iz atmosfere i ublažavaju mikroklimatski ekstremi (IUCN, 2023).

U svijetu šira zajednica pronalazi različita rješenja za pošumljavanje na državnom zemljištu. U okviru projekta ForestaMI u Milanu je provedeno istraživanje postojećih šuma; prikupljeni su podaci o pokrovu krošnji drveća, izvršeno je kartiranje područja te su identificirana kritična područja na kojima je najpotrebnije saditi (ForestaMI, 2021). Projekt podržava razvoj, jačanje i integraciju lokalnih zajednica uz doprinos institucija i poduzeća. Tako se *podizhe svijest o nužnosti sadnje novih stabala te potiče zajedničko ublažavanje posljedica klimatskih promjena.*

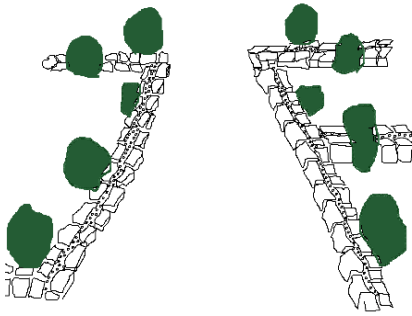
Za opisani ekološki problem na sjevernodalmatinskim otocima treba senzibilizirati stanovništvo i uvjeriti ga da je sijanje žira i sadnja jednogodišnjih sadnica crnike koristan posao kako bi u budućnosti zaštitili otoke od ubrzane erozije. Kljavost žira crnike je velika i iznosi oko 80 % (Drvodelić et al., 2023; Viličić, 2023). Prokljajali pomladak otežano preživljava prvo suho ljeto (Ogaya et al., 2003) kada mu je potrebna pomoć za preživljavanje – zasjenjivanjem (u sjeni borova) i povremenim zalijevanjem.

Klimatski modeli kao što je jedan sastavljen za Sredozemlje (Barcikowska et al., 2018) pokazuje da do kraja stoljeća obale srednje Dalmacije neće biti zahvaćene značajnijim odstupanjima u hidrološkom režimu (slika 17). Stoga očekujemo da u tom razdoblju neće doći do bitne promjene u dinamici razvoja crnike uz našu obalu. Takav scenarij potiče naša nastojanja da pošumljavamo krš, čime se u budućnosti mogu poboljšati mikroklimatske prilike. Do organiziranja nacionalne inicijative, sadnja crnike, koja je karakteristična i stabilizirajuća vrsta klimatogene vazdazelene makije može se provoditi privatnom inicijativom uz suhozidove privatnih posjeda. Pola površina na kojima raste crnika kod nas u privatnom je posjedu (Barčić et al., 2020), gdje se takva privatna inicijativa može provesti (slika 18).



Slika 17. Predviđene promjene prosječne sezonske oborine (x100%) u razdoblju 2061-2099 (Izvor: Barcikowska et al., 2018)

Figure 17. Predicted changes in average seasonal precipitation (x100%) in the period 2061-2099 (Izvor: Barcikowska et al., 2018)



Slika 18. Shematski prikaz moguće sadnje crnike uz međe (suhozide) privatnih posjeda (Crtež: D. Viličić).

Figure 18. Schematic representation of the possible planting of holm oak along the drystone wall borders of private properties (Drawing by: D. Viličić).

Zaključak

Sjevernodalmatinski otoci su najsuši dio istočnojadranske obale. U takvim okolnostima dosadašnja sječa hrasta crnike – karakteristične i stabilizirajuće vrste klimatogene vazdazelene makije brža je od prirasta. Na otoku Prviću kraj Šibenika je s druge strane, raseljavanjem stanovništva i napuštanjem obradivih površina došlo do širenja alepskog bora. Kako makija s crnikom stvara kvalitetnije mikroklimatske uvjete i bolje čuva tlo od erozije, preporuča se obnova klimatogene vegetacije. Dobro bi došla komparabilna ekofiziološka istraživanja crnike i klimatogene vegetacije uz istočnu obalu Jadrana-

Literatura

Antonelli, M., Donelli, D., Barbieri, G., Valussi, M., Maggini, V., Firenzuoli, F. (2020). Forest volatile organic compounds and their effects on human health: a state-of-the-art review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, no. 6506.

Bačić, T., Miličić, D. (1985). Contribution to the leaf anatomy of *Quercus ilex* L. *Acta Botanica Croatica*, 44, 23-31.

Bakšić, N., Bakšić, D. (2023). Forest floor fuel loads in holm oak (*Quercus ilex* L.) and pubescent oak (*Quercus pubescens* Willd.) forests. *Šumarski List*, 147, 513-523.

Bani, Al. Pioli, S., Ventura, M., Panzacchi, P., Borruso, L., Tognetti, R., Tonon, G., Brusetti, L. (2018). The role of microbial community in the decomposition of leaf litter and deadwood. *Applied Soil Ecology*, 126, 75-84.

Barcikowska, M.J., Kapnick, S.B., Feser, F. (2018). Impact of large-scale circulation changes in the North Atlantic sector on the current and future Mediterranean winter hydroclimate. *Climate Dynamics*, 50, 2039-2059.

- Barčić, D., Dubravac, T., Ančić, M., Španjol, Ž., Ćurić, P. (2020). Istraživanja strukture sastojine u šumama hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) na pokusnim plohama u Hrvatskoj. *Nova Mehanizacija Šumarstva*, 41, 49-62.
- Barčić, D., Španjol, Ž., Rosavec, R., Ančić, M., Dubravac, T., Končar, S., Ljubić, I., Rimac, I. (2021). Pregled vegetacijskih istraživanja u šumama hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) na pokusnim plohama u Hrvatskoj. *Šumarski List*, 145, 47-62.
- Berta, A., Levanič, T., Stojavljević, D., Kušan, V. (2019). Site index and volume growth percentage determination for privately owned uneven-aged stands of *Quercus pubescens* and *Quercus ilex* along the Croatian Adriatic coast. *South-east European Forestry*, 10, 65-75.
- Bertović, S., Lovrić, A. Ž. (1985). *Vegetacijska karta Hrvatske: orografski i klimatsko-vegetacijski pojasi, potpojasi i područja*. *Šumarska enciklopedija*, 3, Zagreb: JLZ.
- Bikomeye, J.C., Balza, J., Beyer, K.M. (2021). The impact of schoolyard greening on children's physical activity and socioemotional health: a systematic review of experimental studies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 535-555.
- Bolund, P., Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29, 293-301.
- Braun-Blanquet, J., Jenny, H. (1926). *Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen*. Zürich: Gebrüder Fretz.
- Camarero, J.J., Sangüesa-Barreda, G., Vergarachea, M. (2016): Prior height, growth and wood anatomy differently predispose to drought-induced dieback in the two Mediterranean oak species. *Annals of Forest Science*, 73, 341-351.
- Drvodelić, D., Oršanić, M., Ugarković, D., Šango, M. (2023). Usporedba vitaliteta i laboratorijske klijavosti žira hrasta crnike (*Quercus ilex* L.). *Šumarski List*, 147, 505-512.
- Dubravec, T., Turk, M., Barčić, D., 2018: Konverzija panjača hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) oplodnim sječama – rezultati višegodišnjih znanstvenih istraživanja. Simpozij Poljoprivreda i šumarstvo na kršu mediteranskog istočnojadranskog područja – stanje i perspektive. *Posebno Izdanje ANUBiH*, 176, 103-121.
- Fares, S., Loreto, F. (2015). *Isoprenoid emissions by the Mediterranean vegetation* in Castelporziano. *Rendiconti Lincei – scienze fisiche e naturali*, 26, Supplement 3, S493-S498.
- Fergus, G. (2021). *Temperature of planet Earth*. https://gergs.net/all_palaeotemps/ (pristupljeno: veljača 2023).

Flynn, K. M., Traver, R. G. (2013). Green infrastructure life cycle assessment: A bio-infiltration case study. *Ecological Engineering*, 55, 9-22.

ForestaMI. (2021). La forestazione urbana per la Grande Milano del 2030. *Rapporto del Progetto di Ricerca Integrato, Interdisciplinare e Strategico*, 1-270.

<https://www.ekovjesnik.hr/clanak/5743/forestami-tri-milijuna-stabala-do-2030?fbclid=IwAR0LcKb0GBUWW0u2Aca6SwU1HLu8TrADBgqoABYbvXAwsrawURZtgZAUUKk> (pristupljeno: siječanj 2023.).

Frenzel, B. (1968). *Grundzüge der pleistozänen Vegetationsgeschichte Nord-Euroasiens*. Wiesbaden: Steiner.

Gajić-Čapka, M., Perčec Tadić, M., Patarčić, M. (2003). *Digitalna godišnja oborinska karta Hrvatske*. Zagreb: Državni hidrometeorološki zavod.

URL:https://meteo.hr/klima.php?section=klima_hrvatska¶m=k1_7 (pristupljeno 25.siječnja 2023.).

Gómez-Baggethun, E., Barton, D.N. (2013). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*, 86, 235-245.

Gratani, L., Varone, L., Ricotta, C., Catoni, R. (2012). Mediterranean shrubs carbon sequestration: environmental and economic benefits. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 18, 1167-1182.

Hartig, T. (2008). Green space, psychological restoration, and health inequality. *The Lancet*, 372, 1614-1615.

Hartig, T., Evans, G.W., Jamner, L.D., Davis, D.S., Gärling, T. (2003). Tracking restoration in natural and urban field settings. *Journal of Environmental Psychology*, 23, 109-123.

Hensgens, G., Lechtenfeld, O.J., Guillemette, F., Laudon, H., Berggren, M. (2021). Impacts of litter decay on organic leachate composition and reactivity. *Biogeochemistry*, 154, 99-117.

Horvat, I. (1980). *Tehnička svojstva drveta*, 411-441. *Šumarska enciklopedija 1*, Zagreb: JLZ.

Horvatić, S. (1963). Biljnogeografski položaj i raščlanjenje našeg Primorja u svjetlu suvremenih fitocenoloških istraživanja. *Acta Botanica Croatica*, 22, 27-81.

Ilijanić, Lj., Gračanin, M. (1972). Zum Wasserhaushalt einiger mediterraner Pflanzen. *Deutsche Botanische Gesellschaft* 85, 329-339.

Ilijanić, Lj., Topić, J. (1981). Über den Wasserhaushalt der Steineiche (*Quercus ilex*) und der Flaumeiche (*Quercus pubescens*) in Südistrien (Kroatien) bei Bodenbewässerung. *Acta Botanica Croatica*, 40, 133-145.

Ishizuka, S., Hashimoto, S., Kaneko, S., Tsuruta, K., Kida, K., Aizawa, S., Hashimoto, T., Ito, E., Umemura, M., Shinomiya, Y., Morishita, T., Noguchi, K., Ono, K., Okamoto, T., Mizoguchi, T., Torii, A., Sakai, H., Inagaki, Y., Shichi, K., Toriyama, J., Sakai, Y., Inagaki, M., Shirato, Y., Obara, H., Koyama, K., Takata, Y., Katayanagi, N., Kanda, T., Inoue, H., Kusaba, T. (2021). Soil carbon stock changes due to afforestation in Japan by the paired sampling method on an equivalent mass basis. *Biogeochemistry*, 153, 263-281.

IUCN (The International Union for Conservation of Nature) (2023). *Afforestation and reforestation for climate change mitigation: Potentials for pan-European action*. European regional office for Europe. <https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2016/08/Afforestation.pdf> (Pristupljeno: siječanj 2023).

Jahns, S., Bogaard van den, C. (1998). New palynological and tephrostratigraphical investigations of two salt lagoons on the island of Mljet, south Dalmatia, Croatia. *Vegetation History and Archaeobotany*, 7, 219-234.

Joffre, R., Rambal, S. (1993). How tree cover influences the water balance of Mediterranean rangelands. *Ecology*, 74, 570-582.

Johnson, S., Dominiguez-Garcia, V., Donetti, L., Munoz, A. (2014). Trophic coherence determines food-web stability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111, 17923-17928.

Jones, E.L., Leather, S.R. (2012). Invertebrates in urban areas: a review. *European Journal of Entomology*, 109, 463-478.

Katz, B.A., Lieth, H. (1974). *Seasonality of decomposers*, 163-184. U: Lieth, H. (ed) *Phenology and seasonality modeling*. *Ecological Studies*, 8. Springer Science.

Kralj, J., Tutiš, V., Čiković, D., Barišić, S. (2013). Ptice kao indikatori kvalitete zelenih gradskih površina, 294 – 303. U: Božićević, J. (ur.), *Zelenilo grada Zagreba*, HAZU, Zagreb.

Krejči, V., Dubravac, T. (2004). Oplodnom sječom od panjače do sjemenjače hrasta crnike (*Quercus ilex* L.). *Šumarski List*, 128, 405-412.

Laumann, K., Gärling, T., Stormark, K.M. (2003). Selective attention and heart rate responses to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 23, 125-134.

- Lloret, F., Casanovas, C., Peñuelas, J. (1999). Seedling survival of Mediterranean shrubland species in relation to root:shoot ratio, seed size and water and nitrogen use. *Functional Ecology*, 13, 210-216.
- McMichael, A. J., Bolin, B., Costanza, R., Daily, G., Folke, C., Lindahl-Kiessling, K., Lindgren, E., Niklasson, B. (1999). Globalization and the sustainability of human health: an ecological perspective. *Bioscience*, 49, 205-210.
- Montagnoli, A., Dumroese, R.K., Terzaghi, M., Onelli, E., Scippa, G.S., Chiatante, D. (2019). Seasonality of fine root dynamics and activity of root and shoot vascular cambium in a *Quercus ilex* L. forest (Italy). *Forest Ecology and Management*, 431, 26-34.
- Naeem, S., Chazdon, R., Duffy, E., Prager, C., Worm, B. (2016). Biodiversity and human well-being: an essential link for sustainable development. *Proceedings of the Royal Society B*, 283, no. 20162091.
- Nakamura, A., Kitching, R.L., Cao, M., Creedy, T.J., Fayle, T.M., Freiberg, M., Hewitt, C.N., Itioka, T., Pin Koh, L., Ma, K., Malhi, Y., Mitchell, A., Novotny, V., Ozanne, C.M.P., Song, L., Wang, H., Ashton, L.A. (2017). Forests and their canopies: Achievements and horizons in canopy science. *Trends in Ecology and Evolution*, 32, 438-451.
- Nowak, D.J., Crane, D.E. (2002). Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution*, 116, 381-389.
- Odum, E. P. (1969). The strategy of ecosystem development. An understanding of ecological succession provides a basis for resolving man's conflict with nature. *Science*, 164, 262-270.
- Ogaya, R., Penuelas, J., Martínez-Vilata, J., Mangirón, M. (2003). Effect of drought on diameter increment of *Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia* and *Arbutus unedo* in a holm oak forest of NE Spain. *Forest Ecology and Management*, 180, 175-184.
- Ong, B.L., 2003: Green plot ratio: an ecological measure for architecture and urban planning. *Landscape and Urban Planning*, 63, 197-211.
- Oršanić, M., Drvodelić, D., Ugarković, D. (2011). Ekološko-biološke značajke hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) na otoku Rabu. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 32, 31-41.
- Ortega, J., Helmig, D. (2008). Approaches for quantifying reactive and low-volatility biogenic organic compound emissions by vegetation enclosure techniques - Part A. *Chemosphere*, 72, 343-364.
- Parsons, R., Tassinary, L.G., Ulrich, R.S., Hebl, M.R., Grossman-Alexander, M. (1998). The view from the road: Implications for stress recovery and immunization. *Journal of Environmental Psychology*, 18, 113-140.

- Pedersen Zari, M. (2018). The importance of urban biodiversity – an ecosystem services approach. *Biodiversity International Journal*, 2, 357-360.
- Pedrotta, T., Gobet, E., Schwörer, C., Befal, G., Butz, C., Henne, P. D., Morales-Molino, C., Pasta, S., van Leeuwen, J. F. N., Vogel, H., Zwimpfer, E., Anselmetti, F. S., Grosjean M. (2021). 8,000 years of climate, vegetation, fire and land-use dynamics in the thermo-mediterranean vegetation belt of northern Sardinia (Italy). *Vegetation History and Archaeobotany*, 30, 789-813.
- Penzar, B., Penzar, I., Orlić, M. (2001). *Vrijeme i klima hrvatskog Jadrana*. Zagreb: Nakladna kuća “Dr. Feletar”.
- Piškorić, O. (1963). Dinamika visinskog prirasta izbojaka iz panjeva česmine (*Quercus ilex* L.). *Šumarski List*, 87, 122–133.
- Prinz, D. (2006). *Urbanizam 1- Urbanističko planiranje*. Zagreb: Golden marketing, Tehnička knjiga, Sveučilište u Zagrebu.
- Prinz, D. (2008). *Urbanizam 2 – Urbanističko oblikovanje*. Zagreb: Golden marketing, Tehnička knjiga, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- Prpić, B. (1986). Odnos hrasta crnike i nekih njegovih pratilaca prema vodi i svjetlu. *Glasnik za Šumske Pokuse*, 2 (pos izd), 69-77.
- Prpić, B., Tikvić, I., Idžojić, M., Seletković, Z. (2011). *Ekološka konstitucija značajnijih vrsta drveća i grmlja*, 245–269. U: Matić, S. (ed.), *Šume hrvatskoga Sredozemlja*. Zagreb: Akademija šumarskih znanosti i Hrvatske šume.
- Puerto, A., Rico, M. (1989). Influence of tree canopy (*Quercus rotundifolia* Lam.) on content in surface soil water in Mediterranean grasslands. *Ecology (CSSR)*, 8, 225-238.
- Rey Bernayas, J. M. (1998). Growth and survival in *Quercus ilex* L. seedlings after irrigation and artificial shading on Mediterranean set-aside agricultural land. *Annales des Sciences Forestieres*, 55, 801-807.
- Rapp, M. (1971). *Cycle de la matière organique et des éléments minéraux dans quelques écosystèmes méditerranéens. Extrait PBI Recherche Coopérative sur leur programme du C.N.R.S.* 40, 184. Paris : Editions C.N.R.S.
- Rauš, Đ., Vukelić, J., Španjol, Ž., Đuričić, T. (1994). Istraživanja sukcesije crnikovih šuma na trajnoj pokusnoj plohi (br. 36) na Rabu. *Glasnik za Šumske Pokuse*, 31, 93-134.

- Rogus, S., Dimitri, C. (2015). Agriculture in urban and peri-urban areas in the United States: Highlights from the Census of Agriculture. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 30, 64-78.
- Rybníček, K i Rybníčková, E. (2009). Precultural vegetation in the western foothills of the Kremnické vrchy Mts. in central Slovakia and its transformation by man. *Preslia*, 81, 423-437.
- Scheu, S., Ruess, L., Bonkowski, M. (2005). *Interactions between microorganisms and soil micro-and mesofauna*. U: Buscot, F., Varma, A. (ed.) *Microorganisms in soils: roles in genesis and functions*, 253-275. Springer.
- Shakesby, A. R., Coelho, A. O. C., Schnabel, S., Keizer, J. J., Clarke, A. M., Contador, L. F. J., Walsh, D. P. R., Ferreira, D. J. A., Doerr, H. S. (2002). A ranking methodology for assessing relative erosion risk and its application to dehesas and montados in Spain and Portugal. *Land Degradation and Development*, 13, 129-140.
- Skelhorn, C., Lindley, S., Levermore, G. (2014). The impact of vegetation types on air and surface temperatures in a temperate city: A fine scale assessment in Manchester, UK. *Landscape and Urban Planning*, 121, 129-140.
- Smoljanović, M, Smoljanović, A, Rudan, I. (2008). *Stanovništvo hrvatskih otoka 2001*. Zagreb: Laser Plus.
- Southwood, T.R.E. (1961). The number of species of insect associated with various trees. *Journal of Animal Ecology*, 30, 1-8.
- Strassburger, E., Noll, F., Schneck, H., Schimper, A.F.W. (izd.) (1998). *Lehrbuch der Botanik*, 34. Gustav Fischer.
- Suicmez, B., Avci, M. (2023). Distribution patterns of *Quercus ilex* from the last interglacial period to the future by ecological niche modelling. *Ecology and Evolution*, 13, no. e10606.
- Španjol, Ž., Hršak, V., Barčić, D., Ančić, M., Dubravac, T., Rosavec, R., Oršanić, M. (2009). Pine reforestation of degraded sites on the island of Rab, Croatia. *Plant Biosystems*, 143, 482-495.
- Španjol, Ž., Barčić, D., Rosavec, R., Ugarković, D. (2006). Ameliorative role of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) in the regeneration of climazonal vegetation. *Periodicum Biologorum*, 108, 655-662.
- Španjol, Ž., Gašparović, I., Vučetić, M., Zbiljski, D., Vojinović, M., Sušilović, V., Ljubić, I., Korov, K., Dorbić, B. (2023). Biološko-ekološka obilježja posebnog rezervata šumske vegetacije Kočje - otok Korčula. *Šumarski List*, 7–8, 335–352.

Špoljarić, Z., Petrić, B. (1980). *Drvo. Ključ za identifikaciju drva za sveučilišnu nastavu, (prilozi 1-8, Foto J. Trajković)*, 367- 408. *Šumarska enciklopedija 2. knjiga*, Zagreb: JLZ.

Tandarić, N., Watkins, C., Ives, C.D. (2022). In the garden, I make up for what I can't in the park: reconnecting retired adults with nature through cultural ecosystem services from urban gardens. *Urban Forestry and Urban Greening*, 77, no. 127736.

Tekić, I., Fuerst-Bjeliš, B., Durbešić, A. (2014). Rasprostranjenost alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.) i njegov utjecaj na vegetaciju i strukturu pejzaža šibenskog područja. *Šumarski List*, 11/12, 593-600.

Trinajstić, I. (1968). Šumska vegetacija otoka Lastova. *Acta Botanica Croatica*, 27, 43-51.

UCOaks. (2020). *Oak tree species ID and ecology*. California Department of Forestry and Fire Protection, University of California. <https://oaks.cnr.berkeley.edu/oak-tree-species-id-ecology/> (Pristupljeno: veljača 2024).

Ugarković, D., Tikvić, I., Šporčić, M., Španjol, Ž., Rosavec, R. (2017). Utjecaj strukture sastojina na mikroklimu šumskih ekosustava hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) i alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.). *Nova Mehanizacija Šumarstva*, 38, 57-65.

Ulrich, R.S. (2006). *Evidence-based healthcare design*, 281-289, 345-346. U: Wagenaar, C. (ur.) *The architecture of hospitals*. Belgium: NAI Publishing.

Ulrich, R.S. (2008). *Biophilic theory and research for healthcare design*, 87-106. U: Kellert, S.R., Heerwagen, J.H., Mador, M.L. (ur.) *Biophilic design. The theory, science and practice of bringing buildings to life*. Hoboken, John Wiley.

Vázquez de Castro, A., Oliet, J. A., Puértolas, J., Jacobs, D. F. (2014). Light transmissivity of tube shelters affects root growth and biomass allocation of *Quercus ilex* L. and *Pinus halepensis* Mill. *Annals of Forest Science*, 71, 91-99.

Viličić, D. (2023). Hrast crnika (*Quercus ilex* L.) – simbol izgubljenih šuma i razlozi za pošumljavanje. *Osvit – godišnjak Matice hrvatske u Šibeniku*, 8, 87-103.

Walter, H., Harnickell, E., Müller-Dombois, D. (1975). *Klimadiagramm-Karten der einzelnen Kontinente und die ökologische Gliederung der Erde*. Stuttgart: Fischer.

Wortman, S.E., Taylor Lovell S. (2013). Environmental challenges threatening the growth of urban agriculture in the United States. *Journal of Environmental Quality*, 42, 1283-1294.

D. Viličić / Hrast crnika (Quercus ilex L.) u makiji sjevernodalmatinskih otoka – utjecaj klimatskih i antropogenih čimbenika / Glasilo Future (2024) 7 (2-3) 72–96

Yañez-Serrano, Fasbender, L., Kreuzwieser, J., Dubbert, D., Haberstroh, S., Lobo-do-Vale, R., Caldeira, M. C., Werner, C. (2018). Volatile diterpene emission by two Mediterranean cistacean shrubs. *Scientific Reports*, 8, no. 6855.

Primljeno: 22. ožujka 2024. godine.

Received: March 22, 2024.

Prihvaćeno: 28. lipnja 2024. godine.

Accepted: June 28, 2024.

Recenzija stručne knjige "Nonina otočna kuharica Cres - Lošinj"

Review of the professional book "Nona's island cookbook Cres - Lošinj"

Ivana Vitasović Kosić^{1*}

prikaz knjige (book review)

Stručna knjiga „Nonina otočna kuharica Cres - Lošinj“ autorice Marte Fazlić u izdanju naklade Val, Rijeka, 2022. godine donosi nam ispreplitanje mnogih zanimljivih tema i znanstvenih disciplina: gastronomije, etnobotanike i etnoekologije, etnologije i agronomije.

Marta Fazlić, diplomirala je sociologiju u Zagrebu, cijeli radni vijek se bavila novinarstvom, te bila ravnateljica Radija „Jadranka“ , Mali Lošinj. Pored toga Marta je spisateljica, kuharica, vrtlarica, ali prije svega otočanka, zaljubljena u svoj otok i tradicijsku gastronomiju. Ova vrlo vrijedna knjiga ujedno je praktična kuharica, agro savjetnik, kvarnerski etno podsjetnik i vrtni priručnik te potpuno novi tip gastro izdanja.

U odnosu na prva dva izdanja iz 1994. i 2003. godine, ovo je treće izdanje Nonine otočne kuharice obogaćeno poglavljem o vrtu-povrtnjaku (lokalno: vart) i time zapisano kao svjedočanstvo očuvanju lokalnih i tradicijskih običaja te skromnog, jednostavnog otočnog načina prehrane, koji se uvelike izgubio pored današnje brze industrijske i rafinirane hrane.

Cilj je ove knjige afirmirati domaća jela s domaćim lokalnim namirnicama biljnog i životinjskog porijekla te vratiti iskonske, tradicionalne okuse jelima. Knjiga ukupno ima 300 stranica, uz opise recepata i lokalnih namirnica, koji čine glavninu knjige, zabilježeni su specifični dani u godini odnosno blagdani kada se takvo jelo po lokalnim običajima spravljalo. Na taj način ova knjiga svjedoči i očuvanju lokalnih i tradicijskih običaja.

Osim recepata dodatno su na 65 stranica teksta opisani radovi u povrtnjaku u kojem se po mjesecima opisuje kalendar povrtnih radova, priprema tla i biljaka za uzgoj, spominju se hrvatske lokalne sorte. U knjizi se obradi vrta pristupa s ekološkog stajališta, tradicionalnim metodama što se u narodu koriste već desetljećima, što je u konačnici povezano s mogućnosti povratka suživotu s prirodom. Autorica u poglavlju vrt vješto opisuje lokalne običaje, bilježi uzrečice, daje nonine tradicionalne savjete oko vremena sadnje i sjetve te korištenja povrća i ljekovitih biljaka u prehrani, narodnoj medicini, za prevenciju zdravlja i kozmetiku. Opisuje i konkretno načine liječenja nekih lakših bolesti biljnim pripravcima (primjerice grlobolja, kašalj, upala pluća). Ti su podaci ujedno i etnobotanička

¹ Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu botaniku, Odsjek za hortikulturu i krajobraznu arhitekturu, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska.

* E-mail: ivitasovic@agr.hr.

dokumentacija narodne medicine na otoku Cresu i Lošinju. Zbog globalnog zatopljenja, klimatske prilike su se u odnosu na prije 60 - 100 godina (prilike koje opisuje iz vremena none Marije (Mare) Markovice, njezine bake koja joj je bila inspiracija za pisanje knjige) promijenile, nema više dugotrajne bure no zato je više vlage koja pogoduje razvoju nekih lokalno novih poljoprivrednih kultura. Kroz opis korištenja biljaka u vrtu, autorica također opisuje ekološku poljoprivredu (upotreba macerata koprive), daje savjete za očuvanje vlažnosti tla (morske alge) te obrađuje još niz važnih poljoprivrednih tema. U današnjem vremenu brzog življenja i suvremenih tehnologija, ljudi zaboravljaju neke stare vrijednosti i tradicionalan način života prilagođen lokalnim datostima i klimi prostora, s druge strane svjedoci smo ponovne zainteresiranosti mlađih generacija za otkrivanjem nekih zaboravljenih okusa i mirisa lokalne hrane.

Autorica Marta Fazlić je u svojoj knjizi uspjela spojiti razne stručne teme, posebice u dijelu „vrt“ – vrt ili povrtnjak, gdje uz stručne savjete oko sadnje, uzgoja i prerade bilja, objektivno i točno bilježi tradiciju i vjerovanja te običaje svojeg rodnog kraja otoka Lošinja i Cresa. Fascinantno je kako je sve uspješno povezano u jedan jasan i lako čitljiv, a opet stručno dokumentiran multidisciplinarni tekst. U tekst je utkano i mnogo ljubavi prema svom zavičaju, moru, mediteranskom načinu života i hranjenja. Ovo stručno štivo opisa povrtnjaka uputa je kako i kada saditi, ali ujedno i dokumentacija lokalne tradicije koja doprinosi očuvanju nematerijalne kulturne baštine te hrvatskog kulturnog identiteta. Mediteranska prehrana (Mediterranean Diet) se nalazi na popisu dobara nematerijalne kulture baštine zaštićene od UNESCO-a, kao takva svojstvena je području hrvatskog Jadrana (otoka i obale) što se najviše očituje u običajima i obredima te lokalnom jeziku i govoru (nazivlju) koji nalazimo zabilježen u ovoj stručnoj knjizi.

Osim što u tekstu vješto opisuje elemente lokalne povijesti, prirodnih datosti i klime autorica s mnogo ljubavi priča o obiteljskim običajima i tome kako je takav jednostavan, a zasigurno zdraviji način života, uz nešto osobnog truda moguće i danas.

U knjizi „Nonina otočna kuharica Cres - Lošinj“ je na jednostavan, praktičan i stručan način objašnjeno kako saditi svoj vlastiti vrt čak i onima koji se s time prvi put susreću. Glavni podaci poglavlja vrt odnose se na poznavanje bioloških svojstava, uzgoj i proizvodnju različitog povrća, a u dijelu recepata daje se konkretna primjena tih proizvoda.

Ova stručna knjiga namijenjena je prvenstveno lokalnom stanovništvu kao svjedočanstvo očuvanja vrlo vrijedne lokalne narodne baštine otoka Cresa i Lošinja, ali je primjenjiva i šire na cijelom prostoru Jadrana. Također može biti vrlo vrijedno štivo svim zainteresiranim poljoprivrednicima i proizvođačima hrane, srednjim stručnim školama iz područja agronomije, kulinarstva, prehrane i nutricionizma, kao i predavačima i studentima visokih škola i fakultetima u području uzgoja i korištenja hrane. Sve navedeno ovu knjigu čini jednim jedinstvenim vodičem za očuvanje tradicionalnog mediteranskog načina života i prijateljski suživot s prirodom.

Pored toga, ova knjiga nije tipična kuharica, već knjiga puna zavičajne ljubavi i tradicije u kojoj je njena autorica, po temeljnoj evokaciji sociologinja, točno, objektivno i znanstveno bilježila činjenice, ali sve to prožela nepresušnom majčinskom ljubavlju prema svojoj obitelji, precima, umjetnosti pripreme hrane u nekadašnjim teškim vremenima gladi te ljubavi prema majci Zemlji. Iz toga se da naslutiti važna poruka ove knjige: obitelj i lokalni zavičaj (mjesto gdje je dom) su temelj sreće čovjeka!

Primljeno: 25. siječnja 2024. godine.

Received: January 25, 2024.

Prihvaćeno: 28. lipnja 2024. godine.

Accepted: June 28, 2024.

**Art Terrarium umjetnika Zdenka Velčića u Goloviku - prikaz flore i faune
mošćeničkog kraja - osvrt na diorame umjetnika Zdenka Velčića**

**Art terrarium by artist Zdenko Velčić in Golovik - exhibition of flora and fauna of the
Mošćenić region - overview of the dioramas by artist Zdenko Velčić**

Ivana Vitasović Kosić^{1*}

prikaz izložbe (exhibition review)

Umjetnički radovi diorame umjetnika Zdenka Velčića smješteni su kao stalni postav u Art Terrariju u mjestu Golovik, od 2018. godine, te su dostupni za posjet javnosti (slika 1). Umjetnik svoju zbirku neprestano nadograđuje novim izlošcima različitih umjetničkih tehnika.

Zdenko Velčić je svestrani umjetnik; slikar, kipar, spisatelj, ali i mnogo šire, koji osvaja svojom emocijom i enormnom ljubavi prema rodnome kraju. Sada živi i radi u rodnom Goloviku, ali je veliki dio svog života proveo u gradu Rijeci, a dijelom i na otoku Cresu. Naime, već više od četrdeset godina ljetuje u mještašcu Belom na otoku Cresu, gradiću koji datira još iz doba Starih Rimljana, gdje i održava ljetne izložbe.



Slika 1. Atelier i art-terrarij umjetnika Zdenka Velčića u rodnom Goloviku (foto: I. Vitasović-Kosić, 2023).

Figure 1. The studio and art terrarium of artist Zdenko Velčić in his hometown of Golovik (Photo: I. Vitasović-Kosić, 2023).

¹ Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu botaniku, Odsjek za hortikulturu i krajobraznu arhitekturu, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska.

* E-mail: ivitasovic@agr.hr.

Da bi čovjek bolje razumio samoga sebe, mora krenuti od svojih predaka te običaja kraja u kojemu je odrastao, koji je na njega nesvjesno utjecao pri sazrijevanju i umjetničkom razvoju. Diorame se još nazivaju makete, modeli, pozadinske slike, izrađuju se u prirodnom ili smanjenome mjerilu, a osobito se rabe u muzejima za prikaz npr. za prikaz životinja i biljaka u prirodnom staništu. Velčićeve diorame napravljene su od potpuno prirodnih materijala, komadića drveta iz prirode i slikarskih boja (slika 2), oni pričaju sami za sebe; prikazuju vrijeme autorovog djetinjstva i odrastanja, koje je nepresušni izvor za teme i motive mnogih djela; diorama, umjetničkih slika te knjige „Čarobni kvarnerski trokut“ u kojoj je sačuvano tradicionalno nematerijalno „blago“, dokumentirani su običaji vezani uz ljude, biljke i životinje (slika 3) uz svakodnevni suživot s prirodom.



Slika 2. Unutrašnjost art-terrarija u Goloviku s prikazima diorama – maketa flore i faune mošćeničkog kraja (foto: I. Vitasović-Kosić, 2023).

Figure 2. The interior of the art terrarium in Golovik with dioramas - models of the flora and fauna of the Mošćenička Draga region (Photo: I. Vitasović-Kosić, 2023).

Fascinantno je kako su u smislu ekologije i očuvanja bioraznolikosti te „priče“ unutar diorama potpuno točne; pokazuju staništa s florom i faunom (slika 4) koja je u doba umjetnikova djetinjstva bila uobičajena u tom prostoru, a danas su pojedine vrste biljaka i životinja ugrožene te se rjeđe nalaze u prirodi. Primjerice, porodica cvrčaka – cikada (*Cicadidae*) nekada je bilo na desetine, danas jedva nekoliko primjeraka, leptir lastin rep (*Papilio machaon*), nekada vrlo brojan, sada se gotovo i ne vidi, umjesto njega vrlo je čest njegov srodnik, leptir prugasto jedarce (*Iphiclides podalirius*) koji spada također u porodicu lastinrepaca. Uslijed prestanka uzgajanja domaćih životinja i prestanka košenja, došlo je do procesa prirodne sukcesije – zarastanja u neprohodnu makiju, a livade su gotovo nestale.

Zarastanje vegetacijom je rezultiralo smanjenjem populacija raznog samoniklog livadnog bilja kao što su mak (*Papaver rhoeas* L.) (slika 5), kukolj (*Agrostemma githago*), ivančica (*Leucanthemum vulgare*), razne vrste orhideja (rodovi *Orchis* i *Ophrys*) i sl. Stvaranjem novih staništa među novopridošlim biljakama, često se nađu alohtone invazivne vrste primjerice pajasen (*Ailanthus altissima*), bagrem (*Robinia pseudoacacia*), ambrozija (*Ambrosia artemisiifolia*), koje su vrlo agresivne i štetno utječu na domaće, autohtone vrste tako da ih istiskuju.



Slika 3. Prikaz diorame (modela) livadne biocoenoze: otrovnica *Vipera ammodytes* L. (poskok), bezopasni *Argiope bruennichi* Scopoli (tigrasti pauk), čest u Hrvatskoj *Euscorpius italicus* Herbst (talijanski škorpion) i biljka *Ficaria verna* Huds. (zlatica ili leđinjak) (foto: I. Vitasović-Kosić, 2023).

Figure 3. Presentation of a diorama (model) of a meadow biocoenosis: poisonous *Vipera ammodytes* L. (adder), harmless *Argiope bruennichi* Scopoli (tiger spider), *Euscorpius italicus* Herbst (Italian scorpion), which is widespread in Croatia, and the plant *Ficaria verna* Huds. (fig buttercup or lesser celandine) (Photo: I. Vitasović-Kosić, 2023).



Slika 4. Prikaz diorame (modela) livadne biljne zajednice sa vrstama biljaka *Primula vulgaris* Huds. (rani jaglac), *Viola odorata* L. (mirisna ljubičica) te životinjama *Poiretia cornea* Brum. (transjadranska pužožderka) i *Anthocharis cardamines* L. (dnevni leptir zorica) (foto: I. Vitasović-Kosić, 2023).

Figure 4. Representation of a diorama (model) of a meadow plant community with plant species *Primula vulgaris* Huds. (early cowslip), *Viola odorata* L. (fragrant violet) and animals *Poiretia cornea* Brum. (transadriatic snail) and *Anthocharis cardamines* L. (dusk moth) (Photo: I. Vitasović-Kosić, 2023).

Vrlo važna staništa za očuvanje bioraznolikosti i napajanje divljih životinja su lokve. Nekada su se ljudi iz cijelog sela sakupili i čistili bare, lokve i poljske putove (to su zvali rabota), a danas se površina lokvi, uslijed neodržavanja uvelike smanjuje, zarasta i malo pomalo potpuno nestaje.

Uslijed korištenja raznih otrovnih supstanci pri uništavanju korova i drugog nepoželjnog raslinja u barama i lokvama vrlo često dolazi do pomora životinja (žabe, vodenjaci, daždevnjaci, tulari itd.). Uslijed globalnog zagrijavanja Sjeverni Jadran nastanile su neke nove predatorske i često invazivne vrste riba koje se prije nikada nisu vidale, primjerice strijelka (*Pomatomus saltatrix*). Sve te nove okolnosti dodatno čine vrijednim dokumentirati prošlost i sadašnjost jer promjene su u prirodi neminovne.

Stoga bi u ovom slučaju Velčića mogli nazvati čuvarom prirode, tradicije i identiteta svoga rodnog kraja, iako temeljnom izobrazbom nije biolog, on vrlo stručno, objektivno i s velikim smislom za estetiku bilježi sve oko sebe. Njegovi motivi ukazuju na ono najvrijednije – samu „majku prirodu“ oko nas, pokazuju i daju do znanja da moramo čuvati ono što nam je danas preostalo kako bi te ljepote mogli doživjeti i naši potomci. Da bi konačni produkt diorama bio prikazan baš onakav kakav se nalazi u prirodi, potrebno je mnogo strpljenja i oko za detalje, smirena ruka, pravi omjer te enormna upornost i naravno znanje o biologiji, sve to možemo pronaći kod Velčića.



Slika 5. Diorama (model) vrste *Papaver rhoeas* L. (divlji mak) koji se više ne nalazi često u prirodi (foto: I. Vitasović-Kosić, 2023).

Figure 5. Diorama (model) of the species *Papaver rhoeas* L. (wild poppy), which no longer occurs in nature (Photo: I. Vitasović-Kosić, 2023).

U njegovim dioramama osjeća se snažna povezanost s lokalnim običajima, ljudima, s prirodom i krajolikom. Budnim okom i osjećajem za detalje, kroz svoje diorame dokumentira objektivno i profesionalno, s velikim senzibilitetom prema ljudima i prirodi, priča nam priče i zgode bogate tradicije Brseščine i Moščeniščine, a ponajviše rodnog mjesta Golovika, mjestašca sa svega nekoliko desetaka kuća, smještenog podno Učke i Sisola, s pogledom na more i otok Cres. Spada u Brseščinu koju čini više sela sa središnjim gradićem Brsečom inače poznatim kao rodnim mjestom književnika i političara Eugena Kumičića.

Posebnu draž dioramama daje autorova želja da sve prikaže baš onako kako je nekad bilo, bez nepotrebnog i lažnog ukrašavanja, jer život je upravo takav - katkad lijep, a katkad manje lijep, no sve to nas čini snažnijima, izdržljivijima i spremnima za „preživljavanje života“, kao što su i ljudi s „golog vavik“ (Golovika) koji su uzajamno pomagajući si međusobno opstali te uspjeli napraviti svoj raj na Zemlji!

Gospodin Zdenko Velčić je čovjek velikog srca za svoj narod i svoj rodni kraj, čuvar običaja i identiteta ne samo Brsečkog i Mošćeničkog kraja, već i daleko šire. On potiče ljude oko sebe da se (opet) vrate prirodi jer mi smo ovdje ipak samo prolaznici i karike u lancu, dok je priroda ta moćna sila; kamenje, tlo, bura, kiša, životinje i biljke koje odolijevaju svim tim prirodnim izazovima, a i ljudi koji su tu odrasli, opstali i ostali, jednako su tako snažni, izdržljivi, velikog srca i spremni za borbu, za očuvanje svojeg identiteta.

Primljeno: 25. siječnja 2024. godine.

Received: January 25, 2024.

Prihvaćeno: 28. lipnja 2024. godine.

Accepted: June 28, 2024.

**Osvrt na knjigu Zdenka Velčića "Čarobni kvarnerski trokut" –
u povodu drugog izdanja na engleskom jeziku**

**Review of Zdenko Velčić's book "The Magic Kvarner Triangle" –
on the occasion of the second edition in English**

Ivana Vitasović Kosić^{1*}

prikaz knjige (book review)

Također vrlo vrijedno djelo Zdenka Velčića je knjiga „Čarobni kvarnerski trokut“ izdana 2009. godine u izdanju Galerija „Velčić,“ Rijeka & Katedra Čakavskog sabora Općine Mošćenička Draga, Mošćenice, 2009. Godine 2023. doživjela je svoje drugo izdanje, ali na engleskom jeziku koje je preveo i uredio g. Mario Igrac, In Tune Press, LLC, Unitet States (slike 7) te će uskoro biti štampana i dostupna za kupovinu putem web-a. Naslov engleskog izdanja je „ADRIATIC REVERIE - A Story of the People, Nature, and Culture of Croatia's Kvarner“.

Knjiga je dio prirodoslovne riznice i empatije samog autora prema svim njezinim žiteljima. Njezina je vrijednost neprocjenjiva i u širim mediteranskim okvirima, na opisanom području stalnih povijesnih previranja i migracija stanovništva, gdje se stapaju utjecaji mentaliteta mnogih doseljenih naroda u suživotu sa izvornim stanovništvom. Iako po evokaciji nije biolog niti sociolog, Velčić vrlo vješto opisuje krajolik kojega je i sam nerazdvojni dio. Velčić se s nostalgijom prisjeća djetinjstva i odrastanja, najljepšeg vremena svog života.

Liričkim izražajem, ali dokumentaristički precizno bilježi živi svijet biljaka i životinja. Knjiga je svojevrsni prirodoslovni dokument gdje je ujedno zabilježeno i ono čega više danas nema. U vrijeme Zdenkovog djetinjstva bile su rasprostranjene i česte neke druge vrste biljaka i insekta koje su danas, promjenom klimatskih i okolišnih uvjeta ugrožene ili nestale.

Zbog toga ova knjiga dodatno predstavlja neprocjenjivu dokumentaciju bogatstva prirode Brsečkog područja te je trajno svjedočanstvo o promjena u okolišu.

Također u knjizi su opisani običaji i svakodnevni život mještana u kojima se koriste predmeti izrađeni od različitih biljaka i vrsta drveta, te kao takvi predstavljaju etnobotaničku i etnoekološku dokumentaciju (vrijednost), a fotografije njegovih kiparskih uradaka te autorske slike u raznim tehnikama savršeno upotpunjuju ovu neponovljivo i visokovrijednu umjetničku knjigu!

¹ Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu botaniku, Odsjek za hortikulturu i krajobraznu arhitekturu, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska.

* E-mail: ivitasovic@agr.hr.

Primljeno: 25. siječnja 2024. godine.

Received: May 25, 2024.

Prihvaćeno: 30. lipnja 2024. godine.

Accepted: June 30, 2024.

Nagrade Udruga Future u 2024. godini

Awards of the Association Futura in the year 2024

Boris Dorbić^{1*}

društvene vijesti i obavijesti (social news and announcements)

I ove godine Udruga Futura dodjeljuje nagrade osobama koje su unaprijedile rad Udruga.

U nastavku dajemo popis nagrađenih osoba. Dobitnicama čestitamo na zasluženim priznanjima!

SREBRNA NAGRADA

Za opće priznatu djelatnost, kojom su dolje navedene osobe znatno pridonijele razvoju Future i to za rezultate postignute tijekom posljednje 2 godine.

Prof. dr. sc. **Dubravka Dujmović Purgar** – Odsjek za hortikulturu i krajobraznu arhitekturu, Zavod za poljoprivrednu botaniku, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.

Prof. dr. sc. **Tatjana Prebeg** – Odsjek za hortikulturu i krajobraznu arhitekturu, Zavod za ukrasno bilje, krajobraznu arhitekturu i vrtu umjetnost, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.

Izv. prof. dr. sc. **Vesna Židovec** – Odsjek za hortikulturu i krajobraznu arhitekturu, Zavod za ukrasno bilje, krajobraznu arhitekturu i vrtu umjetnost, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.

U Šibeniku, 29. svibnja 2024.

Predsjednik Udruga:

nasl. izv. prof. dr. sc. Boris Dorbić, prof. struč. stud

Primljeno: 29. svibnja 2024. godine.

Received: May 29, 2024.

Prihvaćeno: 30. lipnja 2024. godine.

Accepted: June 30, 2024.

¹ Udruga Futura Šibenik, Bana Josipa Jelačića 13 a, 22000 Šibenik, Republika Hrvatska.

* E-mail: boris@gazette-future.eu.

Upute autorima

Stručno znanstveni časopis Futura objavljuje znanstvene i stručne radove iz biotehničkih znanosti (poljoprivrede, šumarstva, drvne tehnologije, prehrambene tehnologije, nutricionizma, biotehnologije i interdisciplinarnih biotehničkih znanosti) kao i društvene vijesti, bibliografije, zatim prikaze knjiga i radova, popularne znanstvene radove, polemike i dr. Objavljuju se samo radovi koji nisu drugdje predani za objavljivanje, niti objavljeni. Znanstveni radovi se kategoriziraju: – izvorni znanstveni rad (original scientific paper) – pregledni znanstveni rad (scientific review) – prethodno priopćenje (preliminary communication) – konferencijsko priopćenje (conference paper) – rad prethodno prezentiran na konferenciji. Radove recenziraju dva ili više znanstvenika iz odgovarajućeg područja. Rad ne smije imati više od 17 tipkanih stranica, veličina slova 11, font Times New Roman, prored 1,5, margine 2,5. Izuzetno, uz odobrenje uredništva, neki interdisciplinarni ili uredništvu interesantni radovi mogu sadržavati do 25 ili više tipkanih stranica. Rukopisi se predaju u elektroničkom obliku na hrvatskom ili engleskom jeziku (e-mail: urednistvo@gazette-future.eu).

Izvorni znanstveni rad treba sadržavati: puna imena i prezimena autora s nazivima institucija, adresom i e-poštom u bilješkama – font 10, naslov, sažetak, abstract, uvod, materijale i metode, rezultate istraživanja, diskusiju, zaključak i literaturu – font 12 podebljano za naslove. Radovi napisani na engleskom jeziku se predaju bez naslova na hrvatskom jeziku i hrvatskog sažetka.

Naslov rada treba biti što kraći, na hrvatskom i engleskom jeziku. Kategoriju rada predlažu autori, a potvrđuju recenzenti i glavni urednik.

Sažetak treba sadržati opći prikaz, metodologiju, rezultate istraživanja i zaključak. Rad je potrebno pisati u trećem licu s min. 3 do 5 ključnih riječi. Obim sažetka ne bi smio biti veći od 250 riječi. Abstract je prijevod sažetka s ključnim riječima.

Uvod treba sadržavati što je do sada istraživano i što se željelo postići danim istraživanjem. Materijale i metode istraživanja treba ukratko izložiti. U rezultatima i diskusiji (raspravi) potrebno je voditi računa da se ne ponavlja iznijeto. U zaključcima je potrebno izložiti samo ono što pruža kratku i jasnu predstavu istraživanja. Literaturu treba poredati prema abecednom redu autora i to: prezime i početno slovo imena autora ili Anonymous (nepoznat autor), godina izdanja u zagradama, naslov knjige ili članka, naziv časopisa te broj ili godište, kao i mjesto izdavanja i oznaku stranica od–do. Više od deset autora se u literaturi navodi kao npr. Prezime et al. (2018). Fusnote u radu treba izbjegavati ili eventualno koristiti za neka pojašnjenja. Autori se u tekstu citiraju sukladno APA standardu npr. (Prezime, 2018); (Prezime1 i Prezime2, 2016); (Prezime et al., 2018) (više od dva autora). Citate prate navodnici ("n") i stranica preuzimanja citiranog teksta (Prezime, 2018, str. 44).

Tablice se numeriraju i navode iznad na hrvatskom i u kurzivu na engleskom jeziku.

Slike se numeriraju i navode ispod na hrvatskom i u kurzivu na engleskom jeziku.

Rezolucija slika (grafikon, fotografija, crtež, ilustracija, karta) treba iznositi najmanje 300 dpi.



Fotografija: Pelješki most, 2024.

Autorica: Emilija Friganović.