


УДК 581
DOI 10.46793/EtnBot23

ISSN 2812-751X

Истраживачко друштво „Бабин нос“, Темска, Пирот
 Институт за шумарство, Београд
Штампарија „Свен“, Ниш

ЕТНОБОТАНИКА ETHNOBOTANY

3.

ETHNOBOTANIKA – ETHNOBOTANY

Тематски број - Thematic issue

Радови у целини, саопштења радова приказана на Другом саветовању о лековитом и самониклом јестивом биљу у Пироту, 22 - 24. септембра 2023.

Whole papers, abstracts of papers presented at the Second conference about medicinal and wild-growing edible plants in Pirot, September, 22 - 24. 2023.

Пирот, Београд, Србија, 2023.
Pirot, Belgrade, Serbia, 2023.

Главни и одговорни уредник:
др Марија Марковић

Editor in chief:
Marija Marković Ph.D

Податак о издавачима:

Истраживачко друштво „Бабин нос“, Темска, Пирот
Институт за шумарство, Београд, Србија
Штампарија „СВЕН“, Ниш, Србија

Published by:

Research Association „Babin nos”, Temska, Pirot
Institute of forestry, Belgrade, Serbia
Printing company „SVEN“, Niš, Serbia

Издавачи:

Истраживачко друштво „Бабин нос“, Рагодешка 5, 18355 Темска, Пирот,
моб. тел. +381 64 89 11 833, e-mail: marijam@pmf.ni.ac.rs

Институт за шумарство, Кнеза Вишеслава 3, 11030 Београд,
тел: +381 11 35 53 355, +381 11 35 53 454
факс: +381 11 25 45 969, e-mail: office@forest.org.rs

Штампарија „Свен“, Стојана Новаковића 10, 18000 Ниш,
тел / факс: +381 18 248 142, e-mail: sven@sven.rs

За издаваче:

Др Марија Марковић
Др Љубинко Ракоњац
Владан Стојковић

Штампа:

Штампарија „Свен“ Ниш

Технички уредник, лектура и коректура:

Горан Николић

Обрада рачунаром и дизајн:

Др Биљана М. Николић

Припрема за штампу:

Ненад Богдановић

Насловна страна:

Биљарица - лутка од кукурузне љуспе: др Оливера Паповић

Тираж: 100

Часопис излази годишње

Електронска доступност: <https://www.forest.org.rs/>

Објављивање је финансирано из буџета Града Пирота и од стране Института за шумарство
у Београду

Уредништво часописа „Етноботаника“

Главни и одговорни уредник

др Марија С. Марковић, виши научни сарадник, Институт за шумарство, Београд

Технички уредник

Горан Николић

Редакциони одбор

Др Љубинко Ракоњац, научни саветник, Институт за шумарство, Београд

Др Биљана М. Николић, научни саветник, Институт за шумарство, Београд

Др Драгољуб Миладиновић, редовни професор, Медицински факултет, Универзитет у Нишу

Др Ана Марјановић Јаромела, научни саветник, Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад

Dr Łukasz Jakub Łuczaj, profesor uczelni, Instytut Biologii i Biotechnologii, Uniwersytet Rzeszowski

Др Весна Лопичић, редовни професор, Филозофски факултет, Универзитет у Нишу

Др Сава Врбничанин, редовни професор, Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду

Др Бојан Златковић, редовни професор, Природно-математички факултет, Универзитет у Нишу

Др Дејан Пљевљакушић, виши научни сарадник, Институт за проучавање лековитог биља „Др Јосиф Панчић“, Београд

Др Нина Николић, виши научни сарадник, Институт за мултидисциплинарна истраживања, Београд

Др Милан Станковић, ванредни професор, Институт за биологију и екологију, Природно-математички факултет, Универзитет у Крагујевцу

Др Данијела Николић, ванредни професор, Природно-математички факултет, Универзитет у Нишу

Издавачки савет

Др Небојша Менковић, научни саветник, Институт за проучавање лековитог биља „Др Јосиф Панчић“, Београд

Др Весна Станков Јовановић, редовни професор, Природно-математички факултет, Универзитет у Нишу

Др Оливера Паповић, доцент, Природно-математички факултет, Универзитет у Приштини

Editorial staff of Journal „Ethnobotany“

Editor in chief

Marija S. Marković, Ph.D, Senior Research Associate, Institute of Forestry, Belgrade

Technical Editor

Goran Nikolić

Editorial board

Ljubinko Rakonjac, Ph.D, Full Research Professor, Institute of Forestry, Belgrade

Biljana M. Nikolić, Ph.D, Full Research Professor, Institute of Forestry, Belgrade

Dragoljub Miladinović, Ph.D, Full Professor, Faculty of Medicine, University of Niš

Ana Marjanović Jaromela, Ph.D, Full Research Professor, Institute of field and vegetable crops, Novi Sad

Lukasz Luczaj, Ph.D, University Professor, Institute of Biology and Biotechnology, University of Rzeszów

Vesna Lopičić, Ph.D, Full Professor, Faculty of Philosophy, University of Niš

Sava Vrbničanin, Ph.D, Full Professor, Faculty of Agriculture, University of Belgrade

Bojan Zlatković, Ph.D, Full Professor, Faculty of Science and Mathematics, University of Niš

Dejan Pljevljakušić, Ph.D, Associate Research Professor, Institute for Medical Plant Research “Dr. Josif Pančić”, University of Belgrade

Nina Nikolić, Ph.D, Associate Research Professor, Institute for Multidisciplinary Research, University of Belgrade

Milan Stanković, Ph.D, Associate Professor, Faculty of Sciences, University of Kragujevac

Danijela Nikolić, Ph.D, Associate Professor, Faculty of Science and Mathematics, University of Niš

Publisher council

Nebojša Menković, Ph.D, Full Research Professor, Institute for Medical Plant Research “Dr. Josif Pančić”, University of Belgrade

Vesna Stankov Jovanović, Ph.D, Full Professor, Faculty of Science and Mathematics, University of Niš

Olivera Papović, Ph.D, Assistant Professor, Faculty of Science and Mathematics, University of Priština

Content Садржај

Biljana M. Nikolić, Marija S. Marković, Sonja Z. Braunović, Filip A. Jovanović, Saša M. Eremija, Vele V. Tešević, Ljubinko B. Rakonjac - Chemical composition of essential oils of medicinal and aromatic plants – Pirot District,

Биљана М. Николић, Марија С. Марковић, Соња З. Брауновић, Филип А. Јовановић, Саша М. Еремија, Веле В. Тешевић, Љубинко Б. Ракоњац - Хемијски састав етарског уља лековитог и ароматичног биља - Пиротски округ..... 1-37

Tatjana T. Ćirković-Mitrović, Marija S. Marković, Saša M. Eremija, Biljana M. Nikolić, Aleksandar Ž. Lučić, Sabahudin H. Hadrović, Ljubinko B. Rakonjac - Sustainable use of medicinal forest fruits aimed at stimulating the development of rural economy in the area of Pirot District,

Татјана Т. Ћирковић-Митровић, Марија С. Марковић, Саша М. Еремија, Биљана М. Николић, Александар Ж. Лучић, Сабахудин Х. Хадровић, Љубинко Б. Ракоњац - Одрживо коришћење лековитих шумских воћкарица у циљу подстицаја развоја руралне економије на подручју Пиротског округа..... 39-84

Marija S. Marković, Dejan S. Pljevljakušić, Biljana M. Nikolić, Sonja Z. Braunović, Vesna P. Stankov Jovanović, Ljubinko B. Rakonjac - Traditional use of wild apple in the Pirot District, Marija S. Marković, Dejan S. Pljevljakušić, Biljana M. Nikolić, Soňa Z. Braunović, Vesna P. Stankov Jovanović, Ljubinko B. Rakonjac - Традиционалне употребе дивље јабуке у Пиротском округу..... 85-101

Sonja Z. Braunović, Filip A. Jovanović, Biljana M. Nikolić, Marija S. Marković, Saša M. Eremija, Ljubinko B. Rakonjac - Natural and sociodemographic potentials of the Pirot District [Serbia] for the collection and cultivation of medicinal and aromatic herbs,

Соња З. Брауновић, Филип А. Јовановић, Биљана М. Николић, Марија С. Марковић, Саша М. Еремија, Љубинко Б. Ракоњац - Природни и социодемографски потенцијали Пиротског округа (Србија) за сакупљање и гајење лековитог и ароматичног биља..... 103-132

Slobodan A. Ćirić, Marija S. Marković, Jelena S. Nikolić, Violeta D. Mitić, Marija V. Dimitrijević, Jovana D. Ickovski, Vesna P. Stankov Jovanović - Exploring the Ethnobotanical Significance of *Symphytum officinale* L. in the Pirot District,

Слободан А. Ћирић, Марија С. Марковић, Јелена С. Николић, Виолета Д. Митић, Марија В. Димитријевић, Јована Д. Ицковски, Весна П. Станков Јовановић - Истраживање етноботаничког значаја *Symphytum officinale* L. у Пиротском округу..... 133-149

Slobodan A. Ćirić, Jovana D. Ickovski, Radomir B. Ljupković, Marija V. Dimitrijević, Marija D. Plić, Marija S. Marković, Vesna P. Stankov Jovanović - Traditional Ethnobotanical Applications of *Artemisia alba* Turra and *Artemisia absinthium* L. from Stara Planina Mt in Serbia,

Слободан А. Ћирић, Јована Д. Ицковски, Радомир Б. Љупковић, Марија В. Димитријевић, Марија Д. Илић, Марија С. Марковић, Весна П. Станков Јовановић - Традиционална етноботаничка примена *Artemisia alba* Turra и *Artemisia absinthium* L. на подручју Старе планине у Србији..... 151-169

Marija S. Marković, Branko N. Jotić, Violeta D. Mitić, Miloš M. Rajković, Slobodan A. Ćirić, Jelena S. Nikolić, Vesna P. Stankov Jovanović - Ethnobotanical research of *Sambucus nigra* L. in the Stara Planina Mt area in Serbia,

Марија С. Марковић, Бранко Н. Јотић, Виолета Д. Митић, Милош М. Рајковић, Слободан А. Ћирић, Јелена С. Николић, Весна П. Станков Јовановић - Етноботаничка истраживања *Sambucus nigra* L. на подручју Старе планине у Србији..... 171-200

Milica M. Pavlović - *Micromeria myrtifolia* Boiss. & Hohen - chemical composition and biological activity,

Милица М. Павловић - *Micromeria myrtifolia* Boiss. & Hohen - хемијски састав и биолошка активност.....201-220

Milić Matović – In memoriam 221-226

Упутство за писање радова (Instruction for writing papers).....227-239

Рецензенти (Reviewers).....241-244

Етноботаника (Ethnobotany), бр. 3, 1-37

УДК: 581.192 : (665.52 + 633.88)

581.192 : (665.52 + 633.81)

DOI: 10.46793/EtnBot23.001N

изворни рад
original paper

Chemical composition of essential oils of medicinal and aromatic plants – Pirot District

**Biljana M. Nikolić^{1*}, Marija S. Marković¹, Sonja Z. Braunović¹, Filip A. Jovanović¹, Saša
M. Eremija¹, Vele V. Tešević², Ljubinko B. Rakonjac¹**

¹ Institute of Forestry, Kneza Višeslava 3, 11000 Belgrade, Serbia

² Faculty of Chemistry, University of Belgrade, Studentski trg 12-16, 11158 Belgrade, Serbia

*Corresponding and presenting author: Biljana M. Nikolić, Institute of Forestry, Kneza Višeslava 3, 11000 Belgrade, Serbia, tel. 062 8838 009, email: smikitis2@gmail.com

Abstract: The composition of essential oils of 10 species of aromatic and medicinal plants from Pirot District was examined. Protected, rare, or poorly researched species were chosen for investigation. They belong to the families Asteraceae (*Achillea clypeolata*, *A. coarctata*, *A. crithmifolia*, and *A. millefolium*), Apiaceae (*Seseli libanotis* and *S. pallasii*), and Lamiaceae (*Satureja montana*, *Sideritis montana*, *Teucrium chamaedrys* and *T. montanum*). Most of them are protected by the Law of the Republic of Serbia. All selected species flower from mid-June to early July. In that period, plant sampling was carried out on Mts. Stara Planina, Vlaška, and Vidlič and in the vicinity of Dimitrovgrad, at 500-1300 m a.s.l., to determine yield and chemical composition of the oil. Samples were dried immediately after collection at the registered agricultural holding "Cvetković" in Pirot, and then transported to the laboratory of the Faculty of Chemistry in Belgrade. The highest essential oil yield was found in the following species: *S.*

libanotis (1.40%), *A. crithmifolia* (0.94%), *Satureja montana* (0.30%) and *A. millefolium* (0.25%), while it was weak in other species (0.02-0.07%). The chemical composition of the oil was determined by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). In the case of the first 3 examined plants from the family Asteraceae, the following compounds dominated: 1,8 cineole and camphor (with significant differences in terpene profiles), and in *A. millefolium*, β -pinene and *trans*-caryophyllene dominated. In the family Apiaceae, a high proportion of oxygenated monoterpenes (OM) and a pronounced dominance of β -elemene were found in *Seseli libanotis*, while in *S. pallasii*, a high proportion of monoterpene hydrocarbons (MH) and OM, especially limonene, was found. However, this similarity was not observed in the dominant components: geraniol, germacrene D, β -caryophyllene and the group of terpenes. In the family Lamiaceae, the share of OM was high in *Satureja montana* and *Sideritis montana*, but there was also the most MH and oxygenated sesquiterpenes (OS) (respectively, in comparisons of all 4 species). *Teucrium chamaedrys* and *T. montanum* stand out with a high proportion of sesquiterpene hydrocarbons (SH), and *T. montanum* also has OS. However, the dominant components in all 4 species differ in the content of geraniol, germacrene D, β -caryophyllene, or group of terpenes (*Satureja montana*, *Sideritis montana*, *Teucrium chamaedrys* and *T. montanum*, resp.).

Keywords: aromatic plants, endangered species, rare species, essential oil, terpenes, medicinal plants, aromatic properties

INTRODUCTION

Collecting plants from nature was the primary way of supplying the market in Serbia until the 1970s when more intensive and planned cultivation of several well-known species of medicinal and aromatic plants began. Although new methods and technologies of plantation cultivation of an increasing number of plant species are constantly developing (Степановић & Радановић, 2011), almost half of plant raw materials still reach the market from spontaneous flora (Golijan, 2016), which causes inevitable impoverishment.

The main objectives of protecting the natural values of flora and fauna are:

- habitat preservation and spatial expansion of populations of rare, endangered, and critically endangered plant and animal species,
- protection of populations of endangered, rare, and important species,
- identification of habitats essential for the protection of European wild species (NATURA 2000 program),
- establishment of an area according to the Decree on the Ecological Network (“Official Gazette of the RS”, no. 102/10),
- maintenance of ecosystem diversity, and
- preservation and restoration of old varieties of plant crops and breeds of domestic animals (Spatial Plan of the City of Pirot).

On the other hand, success in the plantation cultivation of medicinal and aromatic plants depends on numerous meteorological, orographic, pedological, and agroecological conditions, as well as on the applied technologies of sowing, planting, tillage, irrigation, and plant protection. The genetic characteristics of plant species also significantly impact the success of plantations (Kolak, Šatović i Rukavina, 2007; Степановић & Радановић, 2011). In addition to insolation, water and soil, through their physical and chemical properties (especially pH values) and terrain orography, directly affect the quantity and quality of essential oils and other active components of medicinal and aromatic plants. A favorable location and general plan of land plots, distance from roads, adapted agrotechnical measures, and sufficient distance from conventional production are the basic prerequisites for organic medicinal and aromatic herbs (by sowing and planting, in greenhouses, and outdoor beds). To preserve biological diversity, autochthonous varieties are in the fore, and the use of GMOs (genetically modified organisms) is not allowed in organic production. Seeds and planting materials for organic farming must come from certified organic production. In organic production, there is no place for aggressive chemical treatments against weeds, diseases, and pests, but rather plant-based preparations in the form of neem oil, aqueous solutions, extracts, and essential oils (Степановић & Радановић, 2011). The technical means and procedures for harvesting are given in pharmacopeias, prescribed standards, monographs, and other reference documents. Harvesting occurs in dry weather, and the methods of transporting and drying plants are also prescribed.

Regarding the area of uncultivated land and the demographic structure of the population in

Pirot District, the organic production of medicinal and aromatic plants in combination with the collection of wild plants can be a significant impetus for the development of small family farms in this region, especially since there are already about twenty species of medicinal and aromatic herbs included in organic production, mainly in southeastern Serbia.

Of the total number of vascular flora of Serbia, about 700 species (19.65%) have medicinal properties, and for 420 of them, the medicinal status has been determined, which is 11.8% of all species. Of these, 279 medicinal and aromatic plant species are collected for trade (Panjković, Amidžić, Mandić, 2000), although more than 200 species are not covered by collection and trade control (Mandić, 2017; Степановић & Радановић, 2011).

Detailed instructions for plantation cultivation of medicinal and aromatic plants in Serbia have been published for about 100 species (*e.g.*, Jevđović, Kostić, Todorović, 2011; Kišgeci & Adamović, 1994; Kišgeci, Jelačić, Beatović, 2009). According to our country's organic production principles, the instructions for growing medicinal and aromatic plants include only 44 species (Степановић & Радановић, 2011). Among them, 28 species contain essential oils, most of which are found in nature or plantations in Pirot District.

Essential oils are products of mostly higher plants, distributed in over 50 families. The best-known are aromatic plants from the families Asteraceae, Lamiaceae, Apiaceae, Rutaceae, Myrtaceae, and Lauraceae. Aromatic substances can be found in one or more parts of a plant (root, tree, leaf, flower, fruit, pericarp, and seed). Aromatic compounds generally contain less than 1% of oil (exceptionally, the clove bud contains as much as 15%), and it should be taken into account that up to 20% of this content can be lost in the extraction process.

Essential oils are usually liquid, colorless and clear, less often viscous, semi-solid, or slightly colored. They evaporate at lower temperatures and boil between 150 and 350°C. These are more or less complex mixtures of volatile monoterpenes, sesquiterpenes, and phenylpropane compounds (Kovačević, 2002). Monoterpene structures can be acyclic, monocyclic, bicyclic, aliphatic, and aromatic. Accordingly, the constituents of essential oils can be hydrocarbons, alcohols, aldehydes, ketones, acids, esters, phenols, ethers, oxides, peroxides, epoxides, and other compounds. Sesquiterpene structures are even more diverse. Phenylpropane components (eugenol and anethole) and aldehydes are present in small amounts.

Regular monoterpenes are the main constituents of essential oils in many gymnosperm

families and some angiosperms. Irregular monoterpenes are the best-known plant insecticides (e.g., pyrethrin from the fleabane plant). Volatile sesquiterpenes, with over 100 different types of skeletons, are most often found in essential oils, have a pharmacological effect, and in the plant-insect relationship, they act as an attractant, stimulating pollination and fertilization (e.g., germacrene D and copaene) or as an anti-aphid, driving away insects (waburganal). Certain sesquiterpenes regulate growth, and some show antimicrobial activity. Among them, some are also very toxic. Sesquiterpene lactones occur in free form or are associated with sugars in plant tissues of fungi, mosses, and angiosperms (e.g., Asteraceae, Apiaceae, and Lauraceae) (Tešević et al., 2007). Among diterpenes, which occur in plants as components of resins and sometimes milk juices, some are universal (e.g., gibberellins – growth regulators), while some have limited distribution (orders Asterales and Lamiales). Perhaps the most pharmacologically important is the diterpene alkaloid taxol (genus *Taxus*). Monoterpenes and sesquiterpenes are mostly included in the composition of essential oils.

The secretory cells in which terpenes are synthesized have plastids and are partially or wholly surrounded by the endoplasmic reticulum. Terpenes have also been recorded in mitochondria, dictyosomes, Golgi apparatus, nucleus, and basal cytoplasm (Lakušić, 1995). In certain plants, it was found that the sites of mono- and sesquiterpene biosynthesis are separated.

The loss of large amounts of essential oils in plants during the vegetation period cannot be explained by mere evaporation, but it is assumed that the further transformation of terpenes takes place in the following directions: 1) utilization in the process of photosynthesis in young tissues; 2) transformations into primary metabolites in older tissues (catabolism) (Mimica-Dukić, 1995). These two processes run separately, and transformed metabolites accumulate in different plant parts.

MATERIAL AND METHODS

During the selection of species for the testing of essential oils of medicinal and aromatic plants from the area of Pirot District, it was taken into account that the species are protected, rare, or poorly tested (Марковић, Ракоњац & Николић, 2020). A map of the localities of the selected species where plant material was collected for analysis is shown in Figure 1, while their geographical and ecological characteristics in Table 1.

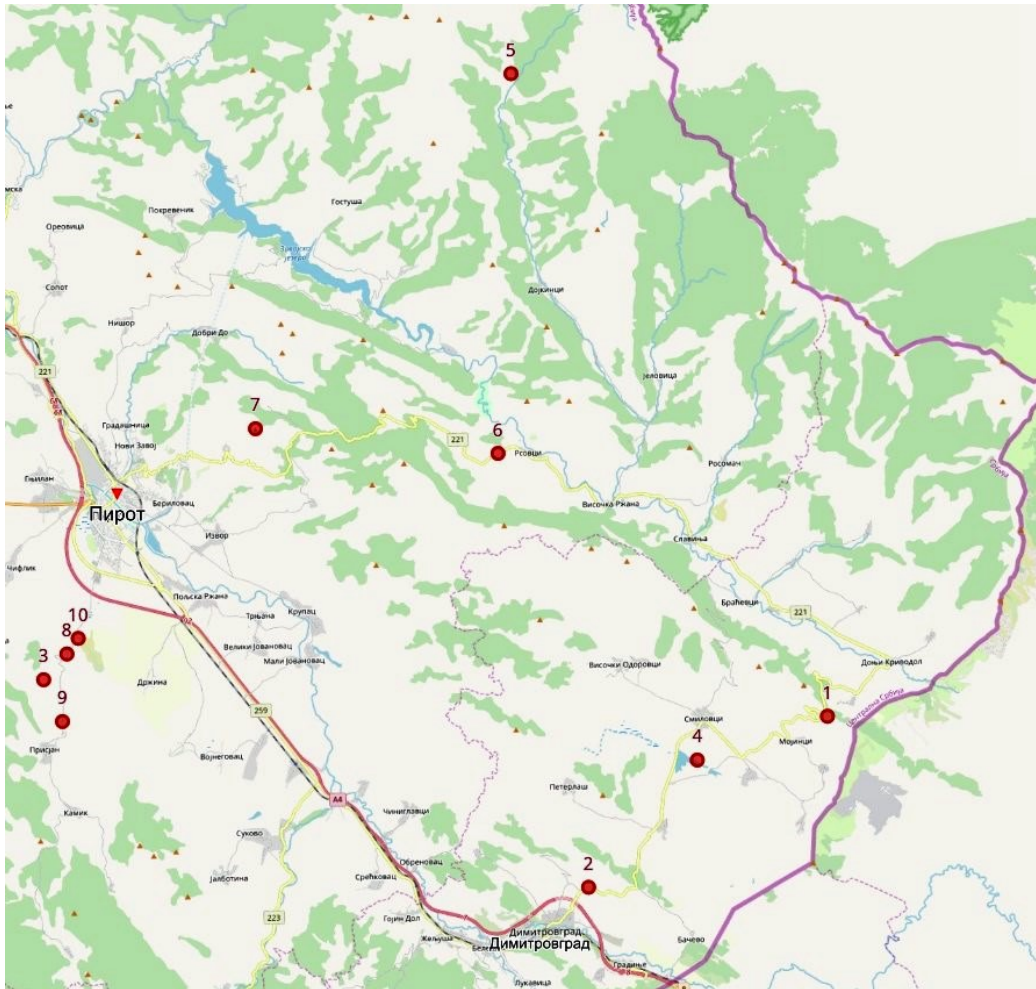


Figure 1. Map of the localities of the selected species of medicinal and aromatic plants

Legend:

Fam. Asteraceae

1. *Achillea clypeolata* Sm.

2. *Achillea coarctata* Poir.

3. *Achillea crithmifolia* Waldst. & Kit.

4. *Achillea millefolium* L.

Fam. Apiaceae

5. *Seseli libanotis* Cr.

6. *Seseli pallasii* Besser

Fam. Lamiaceae

7. *Satureja montana* L.

8. *Sideritis montana* L.

9. *Teucrium chamaedrys* L.

10. *Teucrium montanum* L.

Species of the genus *Achillea* (family Asteraceae) are suitable for cultivation because they do not require special habitat conditions (Kišgeci, Jelačić, Beatović, 2009). However, according

to Sarić (Сарић, 1989), cultivation of species of this genus “is not necessary for now because there are plenty of them growing wild in nature”. The author mentions that there is an increasing demand for the export of the varieties of fennel grass that have an increased content of essential oil, and production in the world is directed towards the cultivation of such varieties. In this regard, it is important to note that Serbia has the conditions for the successful cultivation of high-quality varieties of *Achillea* species. The species of the genus *Seseli* (family Apiaceae) were selected due to previous research in neighboring areas (Miladinović, Ilić, Mihajilov-Krstev, Jović, Marković, 2014; Stankov Jovanović et al., 2016), which established a significant presence of essential oil components that can favorably influence the outcome of malignant processes in humans.

Table 1. Geographical and ecological characteristics of the localities of selected species of medicinal and aromatic plants in Pirot District

Nbr	Species	Wider locality	Locality	Coordinates**		Altitude (a.s.l.)	Incline	Geological substrate	Voucher (HMN)
				N	E				
Family Asteraceae									
1.	<i>*Achillea clypeolata</i>	Vidlič – Stara Planina	Vidikovac	4772811	7655653	1065	25°	dolomites, limestones, marls	16252
2.	<i>Achillea coarctata</i>	vicinity Dimitrograd	Kozarica	4766583	7646951	627	15°	dolomites, limestones, marls	16251
3.	<i>Achillea crithmifolia</i>	Vlaška Planina	Prisjan	4774175	7627698	628	flat	limestones, dolomites, clastites	16249
4.	<i>*Achillea millefolium</i>	vicinity Dimitrovgrad	Smilovsko Jezero	4771216	7650912	718	0-5°	limestones, dolomites, clasts, coals	16250
Family Apiaceae									
5.	<i>Seseli libanotis</i>	Stara Planina	Arbinje, Draganov Vrh	4796210	7644125	1245	-	limestones, dolomites, clasts, coals	16257
6.	<i>Seseli pallasii</i>	Vidlič	Okolčesti Gabar, Rsovci village	4782383	7643652	715	35-40°	dolomites, limestones, marls	16247
Family Lamiaceae									
7.	<i>*Satureja montana</i>	Vidlič	Crni Vrh	4783280	7634816	1127	-	limestones, dolomites, clasts, coals	16255
8.	<i>*Sideritis montana</i>	Vlaška Planina	Prisjan	4775063	7627948	504	10-12°	clastites, limestones, coal	16246
9.	<i>*Teucrium chamaedrys</i>	Vlaška Planina	Prisjan	4774175	7627698	628	flat	clastites, limestones, coal	16254
10.	<i>*Teucrium montanum</i>	Vlaška Planina	Prisjan	4775063	7627948	504	10-12°	clastites, limestones, coal	16253

*species that are on the list of protected species, according to the Rulebook on the Proclamation and Protection of Strictly Protected and Protected Wild Species of Plants, Animals and Mushrooms (“Official Gazette of the Republic of Serbia”, No. 5/2010, 47/2011, 32/2016 and 98/2016).

** Coordinates: EPSG: 3909 – MGI 1901/Balkans Zone 7

All four species of the Lamiaceae family selected for this study are on the list of protected species. Their introduction into plantation cultivation would protect populations in natural habitats from excessive exploitation, which is one of the goals of this study.

All the selected species begin to bloom profusely from the middle of June (wall germander), the end of June (yellow yarrow, yarrow, seseli plant, mountain ironwort, mountain germander or the beginning of July (winter savory), when they were collected in the Pirot District. The collection took place in warm and dry weather, using scissors, and processing (drying) was carried out on the premises of the agricultural holding “Cvetković” in Pirot (Figures 2, 3, 4, 5 and 6).

Extraction of essential oils from the selected species of medicinal and aromatic plants was carried out by hydrodistillation of dried plant material (150-300 g) for 2-3 h, using the Clevenger method, and then the yield of the obtained oil was determined.



Figure 2. Collecting mountain ironwort (*Sideritis montana*)



Figure 3. Collected yellow yarrow (*Achillea coarctata*)



Figure 4. Drying yellow yarrows (*Achillea clypeolata* and *A. coarctata*)



Figure 5. Dried wall germander (*Teucrium chamaedrys*) in a wire frame



Figure 6. Dried mountain ironwort (*Sideritis montana*)

The chemical composition of essential oils was examined by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS).

Calculation of the percentage composition of the main chemical components in the essential oils of the analyzed species and the share of terpene classes (monoterpenes, sesquiterpenes, diterpenes, and other chemical compounds) were done in MS Excel.

RESULTS AND DISCUSSION

The highest yield of essential oils was found in the following species: *Seseli libanotis* (1.40%), *A. crithmifolia* (0.94%), *Satureja montana* (0.30%), and *Achillea millefolium* (0.25%), while in other species the yield was weak (0.02-0.07%) (Table 2).

Table 2. Essential oil yield (%) of selected species of medicinal and aromatic plants

Family	Species	Yield of essential oil (%)
Asteraceae	<i>Achillea clypeolata</i>	0.04
	<i>Achillea coarctata</i>	0.04
	<i>Achillea crithmifolia</i>	0.94
	<i>Achillea millefolium</i>	0.25
Apiaceae	<i>Seseli libanotis</i>	1.40
	<i>Seseli pallasii</i>	0.02
Lamiaceae	<i>Satureja montana</i>	0.30
	<i>Sideritis montana</i>	0.03
	<i>Teucrium chamaedrys</i>	0.07
	<i>Teucrium montanum</i>	0.05

In the essential oil of *Achillea clypeolata* from Pirot District, 73 chemical components were isolated. Oxygenated monoterpenes (OM) make up 56.3% of the essential oil, while monoterpene hydrocarbons (MH) are poorly represented (4.3%). In the case of sesquiterpenes, oxygenated components (OS, 28.0%) also dominate over hydrocarbons (SH only 4.5%). Among the terpene components, oxygenated monoterpenes dominate: 1,8 cineole (32.0%), camphor (4.9%), *trans*-verbenol (4.9%), and among sesquiterpenes: elemol (7.8%) and α -eudesmol (8.9%), which together make up 58.5% of the oil (Figure 8.1). The terpene profile (main components) of *A. clypeolata* differs from that of Bosilegrad (Simić, Palić, Randjelović, 2005) because the latter is dominated by *trans*- γ -bisabolene (17.9%) followed by 1,8 cineol (16.0%), borneol (11.9%), and caryophyllene oxide (11.5%)

One hundred two chemical components were isolated in the essential oil of *Achillea coarctata*. Oxygenated monoterpenes (OM) make up to 64.4% of the essential oil of this species, while monoterpene hydrocarbons (MH) are poorly represented (5%). Among sesquiterpenes, oxygenated components (OS, 11.9%) also dominate over hydrocarbons (SH, only 1.8%). Oxygenated monoterpenes dominate among the main components, namely 1,8 cineole (28.5%), camphor (12.2%), and caryophyllene oxide (2.7%), which together make up 43.4% of the oil (Figure 8.2). However, in the terpene profile of *A. coarctata* from the vicinity of Niš (Seličević), the more abundant components were caryophyllene oxide (9%), followed by 1,8 cineole (8.5%) and *trans*-linalool oxide (7.2%). Also, the camphor content is low (5.1%) (Simić, Palić, Vajs, Milosavljević, Djoković, 1999).

In *Achillea crithmifolia*, 71 chemical components were isolated in the essential oil. Oxygenated monoterpenes (OM) make up to 73.9% of the oil, while monoterpene hydrocarbons (MH) are poorly represented (11.8%). Among sesquiterpenes, oxygenated components (OS, 0.9%) are slightly less abundant than hydrocarbons (SH, 1.3%). The profile of the main chemical components is dominated by oxygenated monoterpenes: 1,8 cineole (15.4%), *trans*-chrysanthenyl acetate (10.7%), *cis*-chrysanthenol (10.5%), artemisia ketone (8.8%), and camphor (8.7%), which together make up to 54.1% of the oil (Figure 8.3). Borneol (21.1%), 1,8 cineole (15.2%), and camphor (5.9%) dominate in the essential oil of *A. crithmifolia* from the vicinity of Niš (Sićevačka Gorge) (Smelcerović, Lamshoeft, Radulovic, Ilic, Palic, 2010).

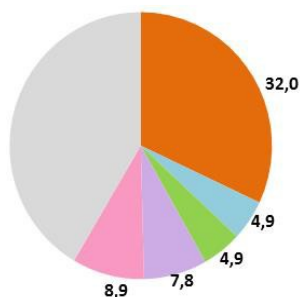
Eighty-two chemical components were isolated in the essential oil of *Achillea millefolium*. Oxygenated monoterpenes (OM) make up 37.7% of the oil, while monoterpene hydrocarbons (MH) are less represented (12.7%) (Figure 8.4). Among the sesquiterpenes, oxygenated components (OS, 16.8%) are slightly less abundant than hydrocarbons (SH, 21.6%). The chemical profile of the main components is dominated by monoterpenes: 1,8 cineole (9.9%), β -pinene (5.5%), and piperitone (5.3%), as well as sesquiterpenes: trans-caryophyllene (7.6%), borneol (3.7%), and camphor (1.9%), which together make up 33.9% of the oil (Figure 8.4). In the terpene profile of *A. millefolium* from the vicinity of Niš (Sićevačka Gorge), there is a higher content of 1,8 cineole (28.8%), camphor (11.0%), as well as borneol (5.9%), but a similar content of β -pinene (5.4%) (Smelcerović et al., 2010).

All four examined species of *Achillea* (Asteraceae) from Pirot District are similar in the dominance or significant abundance of 1,8 cineole, as well as camphor (camphor is present in all examined species, except *A. millefolium*). They differ in the significant content of *trans*-verbenol and α -eudesmol (*A. clypeolata*), para-mentha-1,5-dien-8-ol (*A. coarctata*), *cis*-chrysanthenol, *trans*-chrysanthenyl acetate and artemisia ketone (*A. crithmifolia*), and germacrene D, β -pinene, piperitone, and *trans*-caryophyllene (*A. millefolium*).

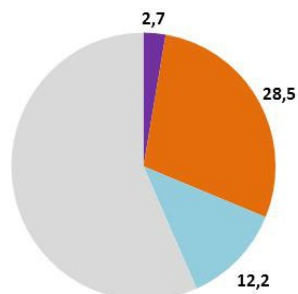
1,8 cineole, of which a significant percentage was recorded in the oil of *Achillea* in Pirot District, can be used in the food industry for flavoring bakery and meat products, in the tobacco industry and in traditional medicine for the treatment of respiratory infections. Camphor, also recorded in a significant percentage in all examined *Achillea* species, can be rubbed into the skin for rheumatism, neuralgia, and myalgia.

A total of 80 chemical components were isolated in the essential oil of 5) *Seseli libanotis* and monoterpene hydrocarbons dominate (SH and MH, 62.5% and 14.0%, resp.), while oxygenated mono- and sesquiterpenes are less abundant (OM and OS, 0.8% and 13.0%, resp.). The terpene profile of the main components is dominated by β -elemene (26.4%), β -caryophyllene (9.9%), α -pinene (8.6%), and α -bisabolol (6.8%) (Figure 9.1). Together, they make up to 51.7% of the oil. Thanks to the significant percentage of β -elements, the essential oil of *libanotis* can be used in the treatment of malignant diseases. Earlier research on *libanotis* essential oils from Pirot District indicated more β -elemene (40.4%) and less β -caryophyllene and β -pinene (Miladinović et al., 2014).

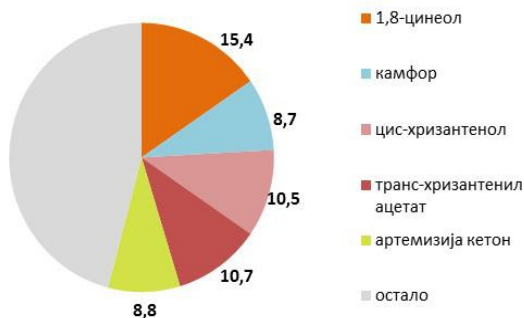
1. *Achillea clypeolata*



2. *Achillea coarctata*



3. *Achillea crithmifolia*



4. *Achillea millefolium*

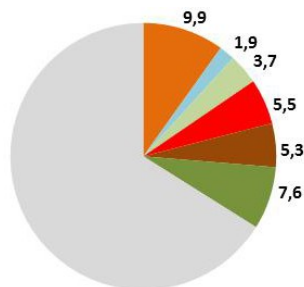
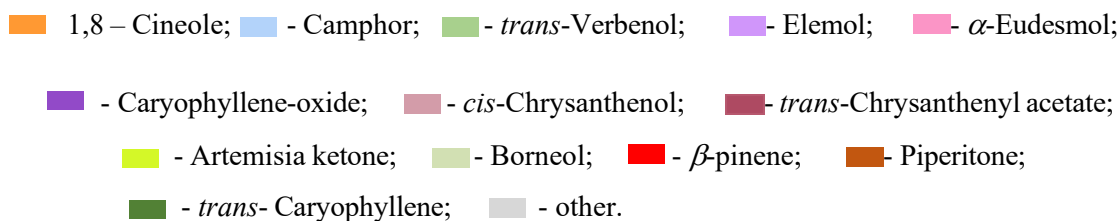


Figure 8. Main chemical components of essential oil of selected species of the Asteraceae family

Legend:



Seventy-four chemical components were isolated in the essential oil of *Seseli pallasii*. Monoterpenes dominate, especially hydrocarbons (MH, 47.1%), but sesquiterpene hydrocarbons are also recorded in a significant percentage (SH, 19.5%), while oxygenated mono- and sesquiterpenes are less represented (OM and OS, 10.2% and 12.8%, resp.). Among the terpene components, limonene (12.2%), β -elemene (8.0%), myrcene (7.7%), *p*-cymene (7.5%), and

sabinene (6.8%) dominate (Figure 9.2.). Together, they comprise 42.2% of the essential oil (Figure 9.2.). Limonene can serve as a raw material for the production of cosmetics and β -elemene in the therapy of malignant diseases. *Seseli pallasii* from eastern Serbia (locality Kravlje) has the most α -pinene (27.3%), slightly less limonene (9.5%), and significant amounts of β -caryophyllene (4.8%) (Stankov Jovanović et al., 2016). The amount of α -pinene (48.2%) is higher in *Seseli pallasii* from the Pek Valley (eastern Serbia) (Suručić, 2019) compared to that in Pirot District. This chemotype from the literature also has a significant amount of germacrene D (4.1%) and caryophyllene oxide (4.4%).

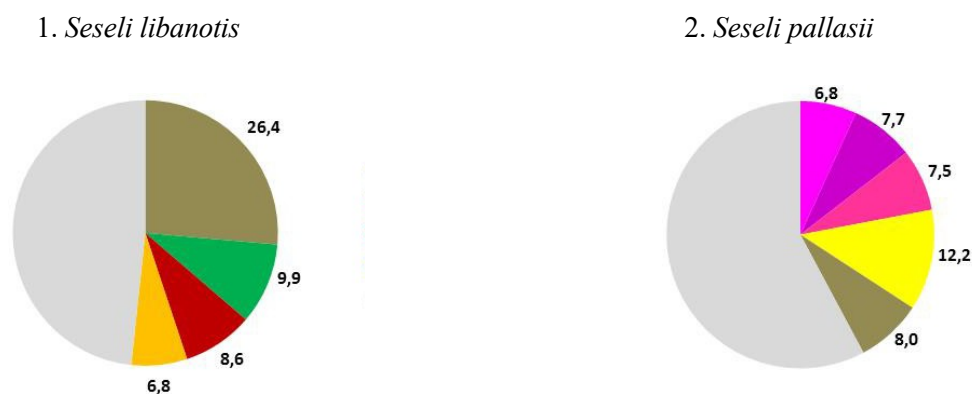


Figure 9. Main chemical components of etheric oil of selected species of the Apiaceae family

Legend:

- β -Elemene; - β -Caryophyllene; - α -Pinene; - α -Bisabolol;
- Sabinene; - Myrcene; - *p*-Cymene; - Limonene; - other.

Both examined species of the Apiaceae family from Pirot District, *libanotis* and *Seseli pallasii* in the profile of the main terpene components contain β -elemene, which is more abundant in *libanotis* than in *Seseli pallasii* (26.4% and 8.0%, resp.). In *Seseli pallasii* the most abundant component is limonene (12.2%), but sabinene, myrcene, and *p*-cymene, which are absent in *libanotis* oil, are also abundantly present.

Fifty-six chemical components were isolated in the essential oil of winter savory *Satureja montana*. Monoterpenes dominate, namely monoterpene hydrocarbons (MH, 34.1%), and

sesquiterpene hydrocarbons (SH, 50.3%) are especially abundant, while oxygenated mono- and sesquiterpenes were less represented (OM and OS, 14.1% and 1.2%, resp.). Among the terpene components, the following dominate: geraniol (27.8%), limonene (10.6%), linalool (8.1%), *p*-cymene (7.4%), and germacrene D (6.6%) (Figure 10.1). Together, they comprise 60.5% of the oil.

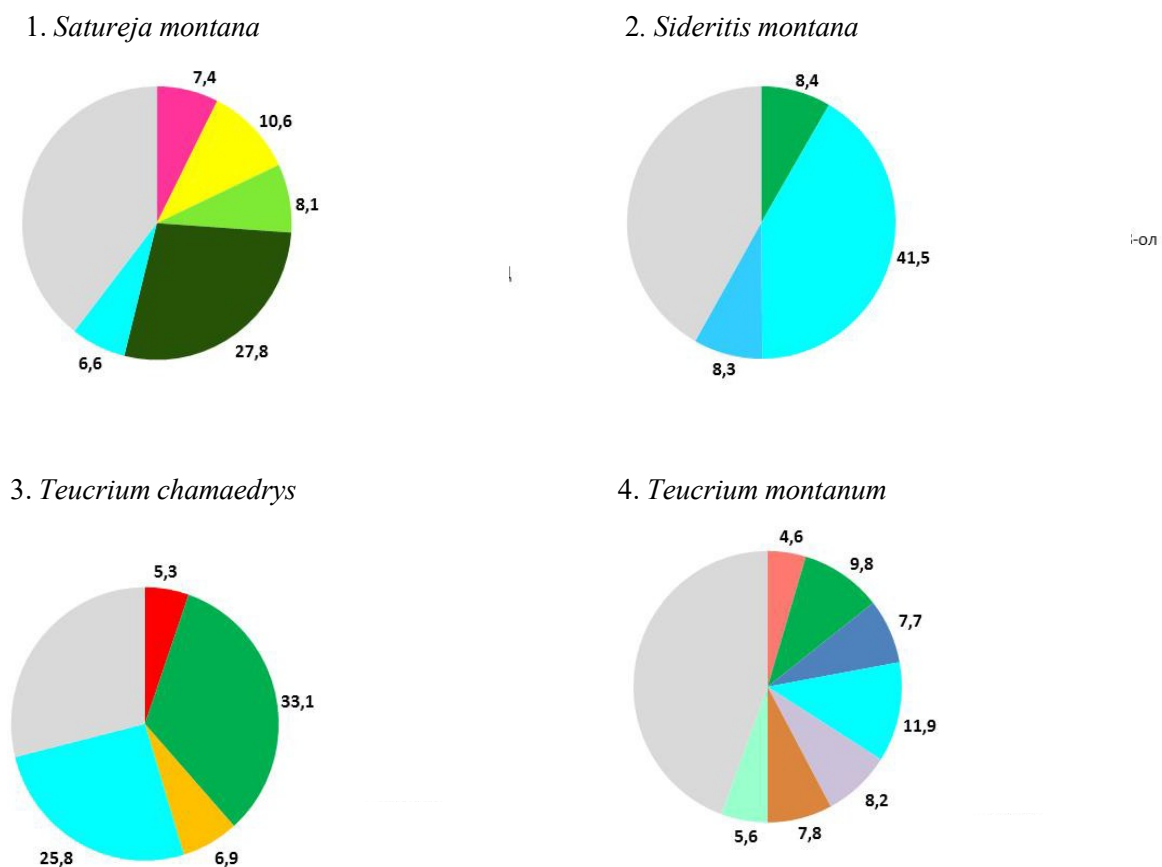


Figure 10. Main chemical components of etheric oil of selected species of the Lamiaceae family

Legend:

- *p*-Cymene;
 - Limonene;
 - Linalool;
 - Geraniol;
 - Germacrene D
- β -Caryophyllene;
 - 8,13-abietadien-18-ol;
 - β -Pinene;
 - α -Chumulene;
- Sabinene;
 - *trans*- β -Farnesene;
 - δ -Cadinene;
 - α -Bisabolol;
- Shyobunol;
 - other.

Geraniol and limonene, as the main components of winter savory essential oil, can serve as raw materials to produce cosmetic products: geraniol, for improving the smell of cosmetic products, *i.e.*, as a scent component in the production of perfume compositions, and limonene as a fragrance stabilizer. Comparing the chemical profiles of the main terpene components of winter savory (*Satureja montana*) from Pirot District with the results obtained by essential oil extraction methods, the amount of *p*-cymene was similar, but carvacrol was not recorded in the results of this study (Vidović, Zeković, Marošanić, Pandurević Todorović, Vladić, 2014). In the extracts of other winter savory samples, besides carvacrol, there is also borneol (Vladić et al., 2017).

Eighty-eight chemical compounds were isolated in the essential oil of mountain ironwort, *Sideritis montana*. Sesquiterpenes dominate, especially hydrocarbons (SH, 64.1%), but there is also a significant content of oxygenated diterpenes (OD, 13.7%). Among the terpene components, the following dominate: germacrene D (41.5%), β -caryophyllene (8.4%), and 8,13-abietadien-18-ol (8.3%) (Figure 10.2). Together, they make up to 58.2% of the oil. Germacrene D, as the main component of the essential oil, can be isolated and used as an antimicrobial and insecticidal agent, while the significant presence of β -caryophyllene in the composition of the essential oil of mountain ironwort can be used in perfumery. In the results from southeastern Serbia, a substantial amount of *trans*-geraniol (26.1%), thymol (10.3%), and *trans*-geranyl acetate (7.6%) was observed (Miladinović et al., 2012); the presented results also showed an amount of 8,13-abietadien-18-ol (8.3%).

Sixty-five chemical components were isolated in the essential oil of wall germander 9) *Teucrium chamaedrys*. Sesquiterpenes dominate, especially hydrocarbons (SH, 82.8%), but there are also monoterpene hydrocarbons (MH, 9.3%), while oxygenated mono- and sesquiterpenes are less represented (OM and OS, 1.1% and 3.9 %, resp.). The following terpenes dominate: β -caryophyllene (33.1%), germacrene D (25.8%), α -humulene (6.9%), and β -pinene (5.3%) (Figure 10.3). Together, they comprise 71.1% of the oil. Due to the high percentage of β -caryophyllene, the essential oil of wall germander can be used in the perfumery industry, and germacrene D can be used as an antimicrobial and insecticidal agent. In the results from Serbia and Montenegro, the amount of α -pinene (5.3%) and caryophyllene oxide (5.5%) is significant (Kovacevic, Lakusic, Ristic, 2001).

Ninety chemical components were isolated in the essential oil of mountain germander,

Teucrium montanum. Sesquiterpenes dominate, especially hydrocarbons (SH, 52.5%), but there are also oxygenated sesquiterpenes (OS, 27.2%). Among the terpene components, the following dominate: germacrene D (11.9%), β -caryophyllene (9.8%), α -bisabolol (7.8%), and *trans*- β -farnesene (7.7%) (Figure 10.4). Together, they comprise 37.2% of the oil. Due to the high percentage of germacrene D, yarrow essential oil can serve as an antimicrobial and insecticidal agent, while β -caryophyllene can find potential application in the perfumery industry. In the results from southwestern Serbia (Jadovnik), a significant amount of δ -cadinene (17.2%), β -selinene (8.2%), and α -calacorene (5.0%) was recorded (Vuković, Milošević, Sukdolak, Solujić, 2007, 2008). In other studies, among the more abundant components are α -pinene (4.0%) and τ -muurolol (4.2%) (Radulović, Dekić, Joksović & Vukićević, 2012).

CONCLUSIONS

Ten species of medicinal and aromatic plants in Pirot District, where the quantity and qualitative composition of the essential oil were examined, belong to three families: Asteraceae (*Achillea clypeolata*, *A. coarctata*, *A. crithmifolia*, *A. millefolium*), Apiaceae (*Seseli libanotis*, *S. pallasii*), and Lamiaceae (*Satureja montana*, *Sideritis montana*, *Teucrium chamaedrys*, *T. montanum*).

Regarding the quantity, as well as the qualitative composition, of the essential oils of the ten species examined in Pirot District, the following was concluded:

- *Seseli libanotis* (1.40%), *Achillea crithmifolia* (0.94%), *Satureja montana* (0.30%), and *Achillea millefolium* (0.25%) have significant essential oil yields.
- Between 71 and 102 components were identified in the chemical composition of the essential oil of the *Achillea* genus. Oxygenated monoterpenes dominate (37.7-73.9%). The most abundant is 1,8 cineole (9.9-32.0%).
- In the chemical composition of the essential oil of the genus *Seseli*, 74-80 components were identified. Sesquiterpene and monoterpene hydrocarbons dominate, and the most abundant is β -elemene (12.2-26.4%).
- In the essential oils of the Lamiaceae family – *Satureja montana*, *Sideritis montana*,

Teucrium chamaedrys, and *T. montanum*, 56, 88, 65, and 90 components were identified, resp.

- Monoterpenes dominate in *Satureja montana*, and sesquiterpenes in the remaining three.
- The dominant components are geraniol (27.8%), germacrene D (41.5% and 11.9%), and β -caryophyllene (33.1%) in *Satureja montana*, *Sideritis montana*, *Teucrium montanum*, and *Teucrium chamaedrys*, resp.
- In almost all ten analyzed species of Pirot District, a unique terpene profile of the essential oils was determined.

Acknowledgments: This research was realized within the project “Development of technical and technological models of production and primary processing of medicinal and aromatic herbs in rural areas of Serbia, with the aim of productive employment of the population (Pirot District)“ financed by the Directorate for Agrarian Payments, Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management, Republic of Serbia (2021–2022).

References:

Golijan, J. (2016). Organska proizvodnja lekovitog i aromatičnog bilja u Republici Srbiji. *Lekovite sirovine*, 36, 75-83.

Jevđović, R., Kostić, M., Todorović, G. (2011). *Proizvodnja lekovitog bilja*, Belpak, Beograd.

Kisgeci, J., Adamovic, D. (1994). *Gajenje lekovitog bilja*, Nolit, Beograd.

Kišgeci, J., Jelačić, S., Beatović, D. (2009). *Lekovito, aromatično i začinsko bilje*, Beograd, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet.

Kolak, I., Šatović, Z., Rukavina, H. (1997). Mogućnost proizvodnje i prerade ljekovitog, aromatičnog i medonosnog bilja na Hrvatskim prostorima. *Sjemenarstvo* 14(97), 203–229.

Kovacevic, N. N., Lakusic, B. S., Ristic, M. S. (2001). Composition of the essential oils of seven *Teucrium* species from Serbia and Montenegro. *Journal of Essential Oil Research*, 13 (3), 163-165. doi: 10.1080/10412905.2001.9699649

Kovačević, N. (2002). *Osnovi farmakognozije* (2. dop. izd.), Srpska školska knjiga, Beograd.

Lakušić, B. (1995). Sekretorne strukture aromatičnih biljaka. U: R. Jančić, D. Stošić, N. Mimica-Dukić, B. Lakušić (urs.), *Aromatične biljke Srbije* (str. 17-35). Gornji Milanovac, Dečije novine.

Mandić, R. Č. (2017). *Ekološko-proizvodni potencijali i unapređenje sistema kontrole sakupljanja, korišćenja i prometa divljih vrsta biljaka, gljiva i životinja u Republici Srbiji*. Doktorska disertacija. Univerzitet Singidunum, Fakultet za primenjenu ekologiju „FUTURA“ Beograd.

Марковић, М., Ракоњац, Љ., Николић, Б. (2020). *Лековито биље Пиротског округа*, Београд, Институт за шумарство.

Miladinović, D., Ilić, B., Mihajilov-Krstev, T., Nikolić, N., Milosavljević, V., Nikolić, D. (2012). Antibacterial potential of the essential oil from *Sideritis montana* L. (Lamiaceae). *Hemijska industrija*, 66 (4), 541-545. doi: 10.2298/HEMIND111003001M

Miladinović, D. L., Ilić, B. S., Mihajilov-Krstev, T. M., Jović, J. L., Marković, M. S. (2014). *In vitro* antibacterial activity of *Libanotis montana* essential oil in combination with conventional antibiotics. *Natural Products Communications*, 9 (2), 281-286.

Mimica-Dukić, N. (1995). Metabolizam etarskih ulja. U: R. Jančić, D. Stošić, N. Mimica-Dukić, B. Lakušić (urs.), *Aromatične biljke Srbije* (str. 67-87). Gornji Milanovac, Dečije novine.

Panjković, B., Amidžić, L., Mandić, R. (2000). Status i konzervacija lekovitog bilja u Srbiji. *I konferencija o lekovitom i aromatičnom bilju u zemljama jugoistočne Evrope* (str. 105-

109). Arandjelovac, Privredna komora Srbije.

Radulović, N., Dekić, M., Joksović, M., Vukićević, R. (2012). Chemotaxonomy of Serbian *Teucrium* species inferred from essential oil chemical composition: The case of *Teucrium scordium* L. ssp. *scordioides*. *Chemistry and Biodiversity*, 9 (1), 106-122. doi: 10.1002/cbdv.201100204

Сарић, М. (ур.) (1989). *Лековите биљке СР Србије*, Београд, Српска академија наука и уметности, Одељење природно-математичких наука.

Simić, N., Palić, R., Vajs, V., Milosavljević, S., Djoković, D. (1999). Essential oil of *Achillea coarctata*. *Journal of Essential Oil Research*, 11, 700-702. doi: 10.1080/10412905.1999.9711999

Simić, N., Palić, R., Randjelović, V. (2005). Composition and antibacterial activity of *Achillea clypeolata* essential oil. *Flavour and Fragrance Journal*, 20 (2), 127-130. doi: 10.1002/ffj.1391

Smelcerovic, A., Lamshoeft, M., Radulovic, N., Ilic, D., Palic, R. (2010). LC-MS Analysis of the essential oils of *Achillea millefolium* and *Achillea crithmifolia*. *Chromatographia*, 71, 113-116. doi: 10.1365/s10337-009-1393-4

Stankov Jovanović, V., Simonović, S., Ilić, M., Marković, M., Mitić, V., Djordjević, A., Nikolić-Mandić, S. (2016). Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Seseli pallasii* Besser. (syn. *Seseli varium* Trev.) essential oils. *Records of Natural Products*, 10 (3), 277-286.

Степановић, Б., Радановић, Д. (2011). *Технологија гајења лековитог и ароматичног биља у Србији*, Београд, Институт за проучавање лековитог биља „Др Јосиф Панчић“.

Suručić, R. V. (2019). *Hemijska i farmakološka karakterizacija etarskih ulja biljnih vrsta Seseli*

gracile Waldst and Kit. i Seseli pallasii Besser (Apiaceae). Doktorska disertacija. Beograd, Univerzitet u Beogradu, Farmaceutski fakultet.

Tešević, V., Milosavljevic, S., Vajs, V., Janačković, P., Đorđević, I., Jadranin, M., Vučković, I. (2007). Quantitative analysis of sesquiterpene lactone cnicin in seven *Centaurea* species wild-growing in Serbia and Montenegro using ^1H - NMR spectroscopy. *Journal of Serbian Chemical Society*, 72 (12), 1275-1280. doi: 10.2298/JSC0712275T

Vidović, S., Zeković, Z., Marošanić, B., Pandurević Todorović, M., Vladić, J. (2014). Influence of pre-treatments on yield, chemical composition and antioxidant activity of *Satureja montana* extracts obtained by supercritical carbon dioxide. *The Journal of Supercritical Fluids*, 95, 468-473. doi: 10.1016/j.supflu.2014.10.019

Vladić, J., Canli, O., Pavlić, B., Zeković, Z., Vidović, S., Kaplan, M. (2017). Optimization of *Satureja montana* subcritical water extraction process and chemical characterization of volatile fraction of extracts. *The Journal of Supercritical Fluids*, 120, 86-94. doi: 10.1016/j.supflu.2016.10.016

Vuković, N., Milošević, T., Sukdolak, S., Solujić, S. (2007). Antimicrobial activities of essential oil and methanol extract of *Teucrium montanum*. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 4 (S1), 17-20. doi: 10.1093/ecam/nem108

Vuković, N., Milošević, T., Sukdolak, S., Solujić, S. (2008). The chemical composition of the essential oil and the antibacterial activities of the essential oil and methanol extract of *Teucrium montanum*. *Journal of Serbian Chemical Society*, 73 (3), 299-305. doi: 10.2298/JSC0803299V

Хемијски састав етарског уља лековитог и ароматичног биља - Пиротски округ

Биљана М. Николић^{1*}, Марија С. Марковић¹, Соња З. Брауновић¹, Филип А.
Јовановић¹, Саша М. Еремија¹, Веле В. Тешевић², Љубинко Б. Ракоњац¹

¹Институт за шумарство, Кнеза Вишеслава 3, 11030 Београд, Србија

² Хемијски факултет, Универзитет у Београду, Студентски трг 12-16, 11158 Београд,
Србија

*Аутор за кореспонденцију: Биљана М. Николић, Институт за шумарство, Кнеза
Вишеслава 3, 11030 Београд, Србија, тел. 062 8838 009, email: smikitis2@gmail.com

Сажетак: Испитивање састава етарских уља односи се на 10 врста ароматичног и лековитог биља из Пиротског округа. Приликом избора врста водило се рачуна да су заштићене, ретке или слабо испитане. Оне припадају фамилијама: Asteraceae (*Achillea clypeolata*, *A. coarctata*, *A. crithmifolia* и *A. millefolium*), Apiaceae (*Seseli libanotis* и *S. pallasii*) и Lamiaceae (*Satureja montana*, *Sideritis montana*, *Teucrium chamaedrys* и *T. montanum*). Већина њих је заштићена законом Републике Србије. Све одабране врсте су цветале од средине јуна до почетка јула. У том периоду, на Старој планини, Влашкој планини, планини Видлич и у околини Димитровграда, на 500-1300 m н.в., извршено је узорковање биљака за утврђивање приноса и хемијску анализу уља. Њихова дорада, тј. сушење, обављена је одмах након брања у регистрованом пољопривредном газдинству "Цветковић" у Пироту (слика 2, 3, 4, 5 и 6), а затим и транспорт до лабораторије Хемијског факултета у Београду. Највећи принос етарских уља констатован је код следећих врста: *S. libanotis* (1,40%), *A. crithmifolia* (0,94%), *Satureja montana* (0,30%) и *A. millefolium* (0,25%), док је код осталих врста био слаб (0,02-0,07%). Хемијски састав уља урађен је методом гасне хроматографије-масене спектрометрије (GC-MS). Код прве 3 испитиване биљке из фам. Asteraceae доминирала су следећа једињења: 1,8 цинеол и

камфор (са битним разликама у терпенским профилима), а код *A. millefolium* β -пинен и транс-кариофилен. У фам. Ариасеае, код *Seseli libanotis* је установљен висок удео оксигенованих монотерпена (ОМ) и изразита је доминација β -елемена, док је код *S. pallasii* висок удео монотерпенских угљоводоника (МУ) и ОМ, нарочито лимонена. Међутим, ова сличност се не уочава и у доминантним компонентама: гераниолу, гермакрену Д, β -кариофилену и групи терпена. У фам. Lamiaceae удео ОМ је висок код *Satureja montana* и *Sideritis montana*, али има и највише МУ и оксигенованих сесквитерпена (ОС) (респективно, у поређењима све 4 врсте). *Teucrium chamaedrys* и *T. montanum* се истичу високим уделом сесквитерпенских угљоводоника (СУ), а *T. montanum* још и ОС. Међутим, доминантне компоненте код све 4 врсте се међусобно разликују. То су: гераниол, гермакрен Д, β -кариофилен или група терпена (*Satureja montana*, *Sideritis montana*, *Teucrium chamaedrys* и *T. montanum*, респ.).

Кључне речи: ароматичне биљке, угрожене врсте, ретке врсте, етарско уље, терпени, лековите биљке, ароматичност

УВОД

Сакупљање биљака из природе је у Србији до седамдесетих година прошлог века био доминантан начин снабдевања тржишта, када започиње интензивније и планско гајење неколико најпознатијих врста лековитог и ароматичног биља. Мада се перманентно освајају нове методе и технологије плантажног гајења све већег броја биљних врста (Степановић и Радановић, 2011), скоро половина биљних сировина и даље доспева на тржиште из спонтане флоре (Golijan, 2016), чиме се она неумитно сваким даном све више осиромашује.

Основни циљеви заштите природних вредности флоре и фауне су:

- заштита популација угрожених, ретких и значајних врста,
- идентификација станишта од значаја за заштиту европских дивљих врста (програм НАТУРА 2000),

- установљивање подручја према Уредби о еколошкој мрежи („Службени гласник РС”, бр. 102/10),
- одржање екосистемске разноврсности и
- очување и обнављање старих сорти биљних култура и раса домаћих животиња (Просторни план Града Пирота).

С друге стране, успех у плантажном гајењу лековитог и ароматичног биља зависи од бројних метеоролошких, орографских, педолошких и агроколошких услова као и од примењених технологија сетве, садње, обраде земљишта, наводњавања и заштите биља. И генетичке особине биљних врста имају знатан утицај на успех засада (Kolak, Šatović i Rukavina, 2007; Степановић и Радановић, 2011). Поред инсолације, воде и земљиште, преко својих физичко-хемијских особина (нарочито рН-вредности) као и орографија терена директно утичу на количину и квалитет етарских уља и других активних компоненти лековитог и ароматичног биља. Повољан положај и генерални план земљишних парцела, удаљеност од саобраћајница, прилагођене агротехничке мере и довољна удаљеност од конвенционалне производње, основни су предуслови за органску производњу лековитог и ароматичног биља (сетвом и садњом, у пластеницима и у лејама на отвореном). Због очувања биолошке разноврсности, форсирају се аутохтоне сорте, док коришћење ГМО (генетски модификованих организама) није дозвољено у органској производњи. Семе и садни материјал за органску производњу морају да потичу из сертификоване органске производње. У органској производњи нема места агресивним хемијским третманима против корова, болести и штеточина, осим препарата на биљној бази, у виду уља НЕЕМ, водених раствора, екстраката и етарских уља. Техничка средства и поступци за жетву су обухваћени у фармакопејама, прописаним стандардима, монографијама и другим референтним документима. Жетва се врши по сувом времену а начини транспорта биљака и начин сушења су такође прописани.

У складу са површином необрађеног земљишта и демографској структури становништва на подручју Пиротског округа, органска производња лековитог и ароматичног биља у комбинацији са сакупљањем самониклог биља може бити значајан правац развоја за мала породична газдинства у овом региону, тим пре, што је до сада већ двадесетак врста лековитог и ароматичног биља укључено у органску производњу и то

већином у југоисточној Србији.

Од укупног броја васкуларне флоре Србије, око 700 врста (или 19,65%) има лековита својства, а за њих 420 утврђен је статус лековитости, што је 11,8% свих врста. Од тога, 279 лековитих и ароматичних врста биљака сакупља се ради промета (Рајковић, Амидџић, Мандић, 2000), при чему више од 200 врста није обухваћено контролом сакупљања и промета (Мандић, 2017; Степановић и Радановић, 2011).

Детаљна упутства за плантажно гајење лековитог и ароматичног биља у Србији публикована су за око 100 врста (нпр., Јевђевић, Костић, Тодоровић, 2011; Кишгечи и Адамовић, 1994; Кишгечи, Јелаčić, Беатовић, 2009). Упутствима за гајење лековитог и ароматичног биља по принципима органске производње код нас обухваћене су свега 44 врсте (Степановић и Радановић, 2011). Међу њима, 28 врста садржи етарска уља, а већина од њих налази се у природи или у засадима и у Пиротском округу.

Етарска уља су продукти углавном виших биљака, распоређених у преко 50 фамилија. Најпознатије су ароматичне биљке из фамилија *Asteraceae*, *Lamiaceae*, *Apiaceae*, *Rutaceae*, *Myrtaceae* и *Lauraceae*. Ароматичне супстанце се могу налазити у једном или више делова једне биљке (корену, дрвету, листу, цвету, плоду, перикарпу и семену). Ароматичне дроге садрже углавном мање од 1% уља (изузетно пупољак каранфилића садржи чак 15%), при чему треба рачунати да се у процесу екстракције може изгубити још до 20% овог садржаја.

Етарска уља су најчешће течна, безбојна и бистра, ређе вискозна или получврста или слабо обојена. Испаравају већ на нижим температурама, а кључају у интервалу 150 - 350°C. То су више или мање сложене смеше различитих испарљивих монотерпена, сесквитерпена, фенилпропанских једињења (Ковачевић, 2002). Структуре монотерпена могу бити ацикличне, моноцикличне, бицикличне, алифатичне и ароматичне. Сходно томе, састојци етарских уља могу бити угљоводоници, алкохоли, алдехиди, кетони, киселине, естри, феноли, етри, оксиди, пероксиди, епоксиди и нека друга једињења. Структуре сесквитерпена су још разноврсније.

Регуларни монотерпени су главни састојци етарских уља код великог броја фамилија голосеменица, но и неких скривеносеменица. Ирегуларни монотерпени су најпознатији биљни инсектициди (нпр., пиретрин из биљке бухач). Испарљиви

сесквитерпени, са преко 100 различитих типова скелета, најчешће се налазе у етарским уљима, имају фармаколошко дејство, а на релацији биљка-инсект делују атрактантно, стимулишући опрашивање и оплођење (нпр., гермакрен Д и копаен) или антифидно, терајући инсекте (варбурганал). Поједини сесквитерпени регулишу раст, а неки показују антимикуробну активност. Међу њима има и врло токсичних. Сесквитерпенски лактони се јављају у слободном облику или су повезани са шећерима у биљним ткивима гљива, маховина и скривеносеменица (нпр., *Asteraceae*, *Apiaceae* и *Lauraceae*) (Tešević et al., 2007). Међу дитерпенима, који се у биљкама јављају као састојци смола, понекад и млечних сокова, поједини су универзални (нпр., гиберелини – регулатор раста), док су неки ограничено распрострањени (редови *Asterales* и *Lamiales*). Можда фармаколошки најважнији међу њима је дитерпенски алкалоид таксол (род *Taxus*). У састав етарских уља највише улазе монотерпени и сесквитерпени.

Секреторне ћелије у којима се врши синтеза терпена имају пластиде и делимично су или потпуно окружене ендоплазматичним ретикулумом. Терпени су такође забележени у митохондријама, диктиозомима, Голџијевом апарату, једру и основној цитоплазми (Lakušić, 1995). Код појединих биљака је утврђено да су места биосинтезе моно- и сесквитерпена раздвојена.

Губитак великих количина етарских уља у биљкама током вегетационог периода не може се објаснити пуким испаравањем већ се претпоставља да се даља трансформација терпена одвија у правцима: 1) искоришћавања у процесу фотосинтезе у младим ткивима; 2) трансформације у примарне метаболите у старијим ткивима (катаболизам) (Mimića-Dukić, 1995). Ова два процеса теку одвојено, а акумулација трансформисаних метаболита се врши у различитим деловима биљке.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

Приликом избора врста за испитивање етарских уља лековитог и ароматичног биља са подручја Пиротског округа водило се рачуна да су врсте заштићене, ретке или слабо испитане (Марковић, Ракоњац и Николић, 2020).

Просторни приказ локалитета одабраних врста на којима је сакупљен биљни

материјал за анализе приказан је на слици 1, а њихове географско-еколошке карактеристике у табели 1.

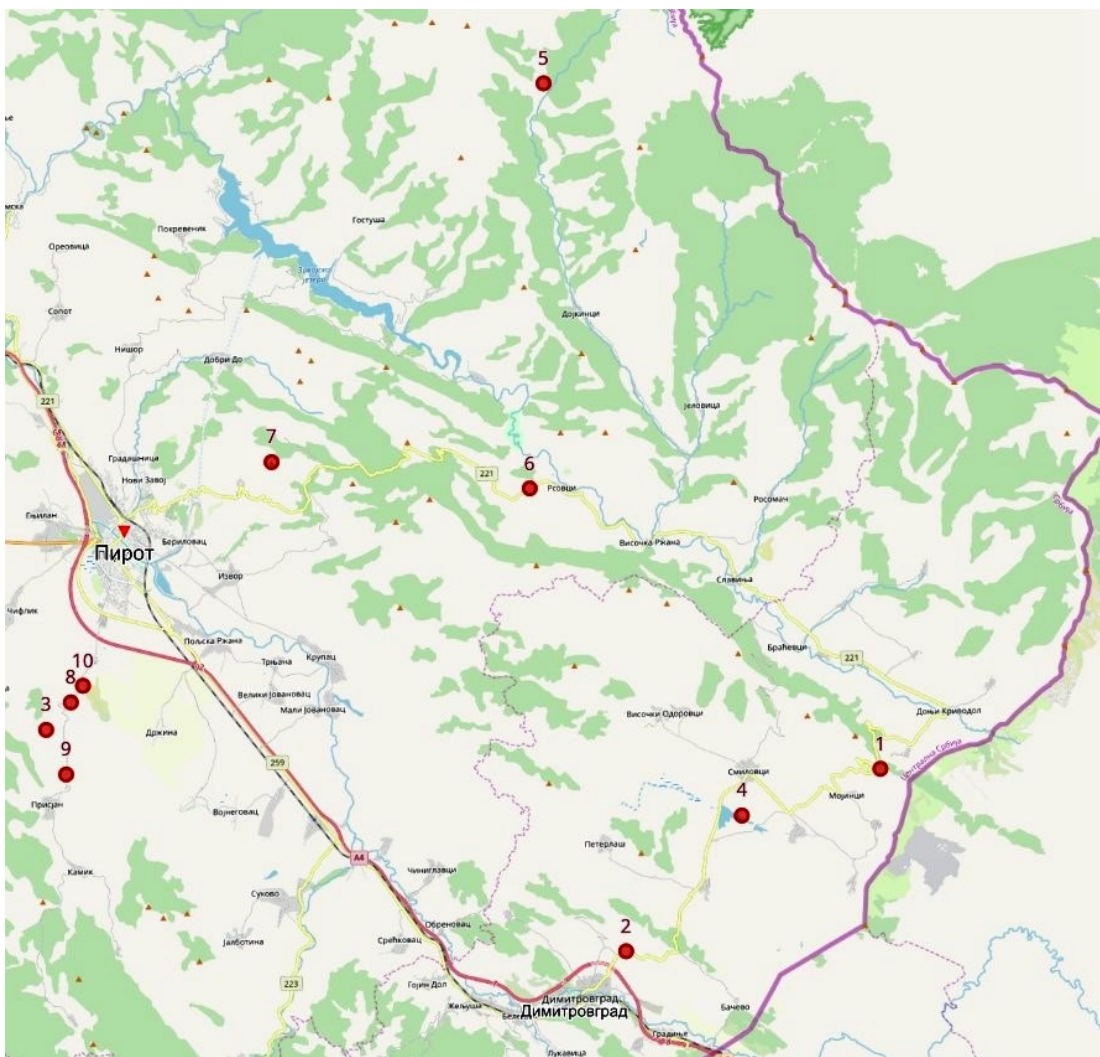
Врсте рода *Achillea* (фамилија Asteraceae) су погодне за гајење, јер су без посебних услова за стаништем (Kišgeci, Jelačić, Beatović, 2009). Међутим, према Сарићу (1989), гајење врста овога рода „засад није неопходно, јер их има доста самониклих у природи“. С друге стране, исти аутор напомиње да постоји све већа потражња за извозом оних сорти хајдучке траве које су са повећаним садржајем етарског уља и да се њена производња у свету усмерава ка гајењу оваквих сорти. С тим у вези, значајан је податак да Србија има услове за успешно гајење квалитетних сорти врста рода *Achillea*.

Врсте рода *Seseli* (фамилија Apiaceae) одабране су захваљујући претходним истраживањима на суседним подручјима (Miladinović, Ilić, Mihajilov-Krstev, Jović, Marković, 2014; Stankov Jovanović et al., 2016), у којима је утврђено велико присуство компоненти етарског уља које могу да утичу на заустављање малигних процеса у организму човека.

Све четири врсте фамилије Lamiaceae, одабране за ову студију, налазе се на списку заштићених врста. Њиховим увођењем у плантажно гајење заштитиле би се популације на природним стаништима од прекомерне експлоатације, што је и један од циљева ове студије.

Све одабране врсте почињу обилно да цветају од средине јуна (подубица), краја јуна (жута хајдучица, хајдучка трава, девесиље, планински чистац, трава ива), или почетка јула (ртањски чај), када је извршено и њихово сакупљање у Пиротском округу. Сакупљање биљака вршено је по топлим и сувом времену, маказама, а дорада (сушење) на простору пољопривредног газдинства „Цветковић“ у Пироту (слике 2, 3 и 4).

Екстракција етарских уља одабраних врста лековитог и ароматичног биља извршена је хидродестилацијом осушеног биљног материјала (150-300 g), методом по Клевенцеру, у трајању 2-3 часа, а затим утврђен принос добијеног уља.



Слика 1. Просторни приказ локалитета одабраних врста лековитог и ароматичног биља на којима је сакупљен биљни материјал за анализе (ознаке биљака приказане су у табели 1)

Легенда:

Фамилија Asteraceae

1. *Achillea clypeolata* Sm.
(жута хајдучица)

2. *Achillea coarctata* Poir.
(жута хајдучица)

3. *Achillea crithmifolia* Waldst. & Kit.
(мотроколистни језичак)

4. *Achillea millefolium* L.
(хајдучка трава)

Фамилија Apiaceae

5. *Seseli libanotis* Cr.
(либанотис)

6. *Seseli pallasii* Besser
(девесиље)

Фамилија Lamiaceae

7. *Satureja montana* L.
(ртањски чај)

8. *Sideritis montana* L.
(планински чистац)

9. *Teucrium chamaedrys* L.
(подубица)

10. *Teucrium montanum* L.
(трава ива)

Табела 1. Географско-еколошке карактеристике локалитета одабраних врста лековитог и ароматичног биља Пиротског округа

Ред. број	Врста	Шири локалитет	Ужи локалитет	Координате**		Надм. висина м.н.в.	Нагиб	Геолошка подлога	Ваучер (HMN)
				N	E				
Фамилија Asteraceae									
1.	<i>*Achillea clypeolata</i>	Видлич – Стара планина	Видиковоц	4772811	7655653	1065	25°	доломити, кречњаци, лапорци	16252
2.	<i>Achillea coarctata</i>	околина Димитровграда	Козарица	4766583	7646951	627	15°	доломити, кречњаци, лапорци	16251
3.	<i>Achillea crithmifolia</i>	Влашка планина	Присјан	4774175	7627698	628	равно	кречњаци, доломити, кластити	16249
4.	<i>*Achillea millefolium</i>	околина Димитровграда	Смиловско језеро	4771216	7650912	718	0-5°	кречњаци, доломити, кластити, угљеви	16250
Фамилија Apiaceae									
5.	<i>Seseli libanotis</i>	Стара планина	Арбиње, Драганов врх	4796210	7644125	1245	-	кречњаци, доломити, кластити, угљеви	16257
6.	<i>Seseli pallasii</i>	Видлич	Околчести Габар, село Рсовци	4782383	7643652	715	35-40°	доломити, кречњаци, лапорци	16247
Фамилија Lamiaceae									
7.	<i>*Satureja montana</i>	Видлич	Црни врх	4783280	7634816	1127	-	кречњаци, доломити, кластити, угљеви	16255
8.	<i>*Sideritis montana</i>	Влашка планина	Присјан	4775063	7627948	504	10-12°	кластити, кречњаци, угаљ	16246
9.	<i>*Teucrium chamaedrys</i>	Влашка планина	Присјан	4774175	7627698	628	равно	кластити, кречњаци, угаљ	16254
10.	<i>*Teucrium montanum</i>	Влашка планина	Присјан	4775063	7627948	504	10-12°	кластити, кречњаци, угаљ	16253

*врсте које се налазе на списку заштићених врста, према Правилнику о проглашењу и заштити строго заштићених и заштићених дивљих врста биљака, животиња и гљива („Службени гласник Републике Србије“, бр. 5/2010, 47/2011, 32/2016 и 98/2016).

**Координате: EPSG: 3909 – MGI 1901/Balkans Zone 7

Испитивање хемијског састава етарских уља урађено је гасном хроматографијом-масеном спектрометријом (GC-MS).



Слика 2. Брање планинског чистаца (*Sideritis montana*)



Слика 3. Сакупљена жута хајдучица (*Achillea coarctata*)



Слика 4. Сушење жутих хајдучица (*A. clypeolata* и *A. coarctata*)



Слика 5. Осушен биљни материјал подубице (*Teucrium chamaedrys*) у жичаном раму



Слика 6. Осушен биљни материјал планинског чистаца (*Sideritis montana*)

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Највећи принос етарских уља констатован је код следећих врста: *S. libanotis* (1,40%), *A. crithmifolia* (0,94%), *Satureja montana* (0,30%) и *A. millefolium* (0,25%), док је код осталих врста био слаб (0,02-0,07%) (табела 2).

У етарском уљу *Achillea clypeolata* из Пиротског округа изоловане су 73 хемијске компоненте. Оксигеновани монотерпени (ОМ) чине 56,3% етарског уља ове врсте, док су монотерпенски угљоводоници (МУ) слабо заступљени (4,3%). Код сесквитерпена такође доминирају оксигеноване компоненте (ОС, 28,0%) над угљоводоницима (СУ, свега 4,5%). Међу терпенским компонентама доминирају оксигеновани монотерпени: 1,8 цинеол (32,0%), камфор (4,9%), *транс*-вербенол (4,9%) и сесквитерпени: елемол (7,8%) и алфа-еудезмол (8,9%), који сви заједно чине 58,5% уља (слика 8.1). Терпенски профил (главних компоненти) *A. clypeolata* из Пиротског округа разликује се од оног из Босилеграда (Simić, Palić, Randjelović, 2005), јер у овом другом доминирају *транс*- γ -бисаболен (17,9%), затим 1,8 цинеол (16,0%), борнеол (11,9%) и кариофилен оксид (11,5%).

У етарском уљу *Achillea coarctata* из Пиротског округа изоловане су 102 хемијске

компоненте. Оксигеновани монотерпени (ОМ) чине 64,4% етарског уља ове врсте, док су монотерпенски угљоводоници (МУ) слабо заступљени (5%). Међу сесквитерпенима такође доминирају оксигеноване компоненте (ОС, 11,9%) над угљоводоницима (СУ, свега 1,8%). Међу главним компонентама доминирају оксигеновани монотерпени: и то 1,8 цинеол (28,5%), камфор (12,2%) и кариофилен оксид (2,7%). који заједно чине 43,4% уља (слика 8.2). Међутим, у терпенском профилу *A. coarctata* из околине Ниша (Селичевица), обилније компоненте су кариофилен оксид (9%), затим 1,8 цинеол (8,5%) и *транс*-линалол оксид (7,2%). Такође, садржај камфора је низак (5,1%) (Simić, Palić, Vajs, Milosavljević, Djoković. 1999).

Табела 2. Принос етарског уља (%) одабраних врста лековитог и ароматичног биља

Фамилија	Врста	Принос етарског уља (%)
Asteraceae	<i>Achillea clypeolata</i>	0,04
	<i>Achillea coarctata</i>	0,04
	<i>Achillea crithmifolia</i>	0,94
	<i>Achillea millefolium</i>	0,25
Apiaceae	<i>Seseli libanotis</i>	1,40
	<i>Seseli pallasii</i>	0,02
Lamiaceae	<i>Satureja montana</i>	0,30
	<i>Sideritis montana</i>	0,03
	<i>Teucrium chamaedrys</i>	0,07
	<i>Teucrium montanum</i>	0,05

У етарском уљу *Achillea crithmifolia* изолована је 71 хемијска компонента. Оксигеновани монотерпени (ОМ) чине 73,9% уља, док су монотерпенски угљоводоници (МУ) слабо заступљени (11,8%). Међу сесквитерпенима. оксигеноване компоненте (ОС, 0,9%) унеколико су слабије заступљене од угљоводоника (СУ, 1,3%). У профилу главних хемијских компоненти доминирају оксигеновани монотерпени: 1,8 цинеол (15,4%), *транс*-хризантенил ацетат (10,7%), *цис*-хризантенол (10,5%), артемизија кетон (8,8%) и камфор

(8,7%). који заједно чине 54,1% уља (слика 8.3). У етарском уљу *A. crithmifolia* из околине Ниша (Сићевачка клисура) доминирају борнеол (21,1%), 1,8 цинеол (15,2%) и камфор (5,9%) (Smelcerović, Lamshoeft, Radulovic, Ilic, Palic, 2010).

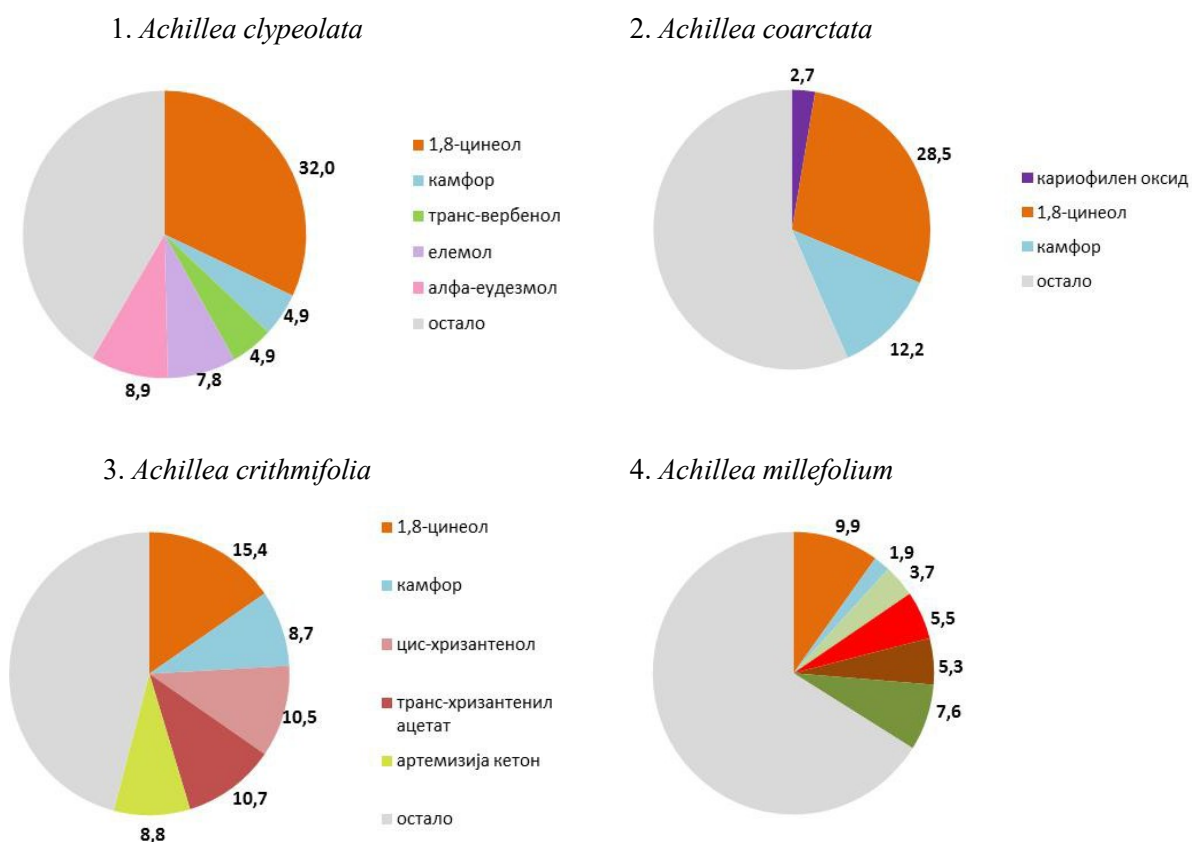
У етарском уљу хајдучке траве, *Achillea millefolium*, изоловане су 82 хемијске компоненте. Оксигеновани монотерпени (ОМ) чине 37,7% уља, док су монотерпенски угљоводоници (МУ) слабије заступљени (12,7%) (графикон 1.4). Међу сесквитерпенима, оксигеноване компоненте (ОС, 16,8%) нешто су слабије заступљене од угљоводоника (СУ, 21,6%). У хемијском профилу главних компоненти доминирају монотерпени: 1,8 цинеол (9,9%), β -пинен (5,5%) и пиперитон (5,3%), као и сесквитерпени: *транс*-кариофилен (7,6%), борнеол (3,7%) и камфор (1,9%), који заједно чине 33,9% уља (слика 8.4). *A. millefolium* из околине Ниша (Сићевачка клисура) у терпенском профилу има виши садржај 1,8 цинеола (28,8%), камфора (11,0%), као и борнеола (5,9%) али сличан садржај β -пинена (5,4%) (Smelcerović et al., 2010).

Све четири испитане врсте рода *Achillea* (Asteraceae) из Пиротског округа сличне су по доминацији или значајној обилности 1,8 цинеола. као и камфора (камфор имају све испитиване врсте, осим *A. millefolium*). а разликују се по значајном садржају *транс*-вербенола и α -судезмола (*A. chypeolata*), *пара*-мента-1.5-диен-8-ола (*A. coarctata*), *цис*-хризантенола. *транс*-хризантенил ацетата и артемизија кетона (*A. crithmifolia*) и гермакрена Д. β -пинена. пиперитона и *транс*-кариофилена (*A. millefolium*).

1,8 Цинеол, који је забележен у знатном проценту у уљу рода *Achillea* у Пиротском округу, може да се користи у прехранбеној индустрији за ароматизацију пекарских производа, у месној индустрији за ароматизацију месних прерађевина, у индустрији дувана и у традиционалној медицини за третман и лечење респираторних инфекција. Камфор, који је такође у знатном проценту забележен у свим испитаним врстама рода *Achillea* у Пиротском округу, може да послужи за утрљавање у кожу против реуматизма, неуралгија и мијалгија.

У етарском уљу либанотиса, *Seseli libanotis*, изоловано је укупно 80 хемијских компоненти. Доминирају сесквитерпенски и монотерпенски угљоводоници (СУ и МУ, 62,5% и 14,0%, респ.), док су оксигеновани моно- и сесквитерпени слабије заступљени (ОМ и ОС, 0,8% и 13,0%, респ.). У терпенском профилу главних компоненти доминирају:

β -элемен (26,4%), β -кариофилен (9,9%), α -пинен (8,6%), као и α -бисаболол (6,8%) (слика 9.1). Оне заједно чине 51,7% уља. Захваљујући значајном проценту β -елемена, етарско уље либанотиса може се користити у терапији малигних обољења. Ранија истраживања етарских уља либанотиса из Пиротског округа указала су на више β -елемена (40,4%), а мање β -кариофилена и α -пинена (Miladinović et al., 2014).

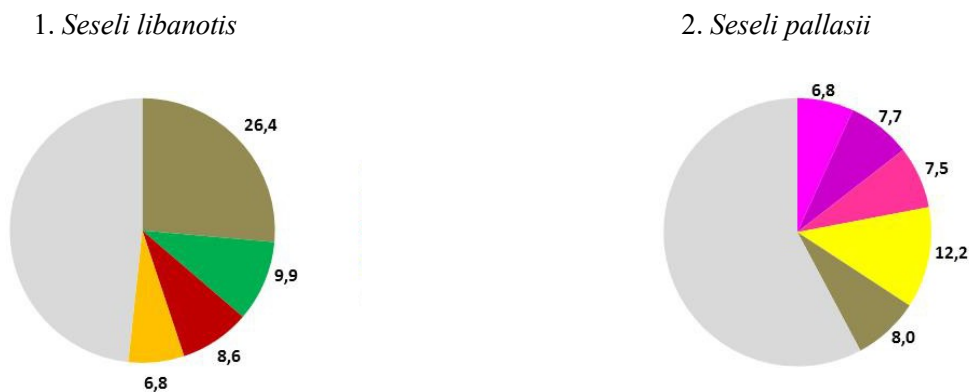


Слика 8. Главне хемијске компоненте етарског уља одабраних врста фамилије Asteraceae

Легенда:

- - 1.8 – цинеол; ■ - камфор; ■ - транс вербенол; ■ - елемол; ■ - α -еудезмол;
- - Кариофилен-оксид; ■ - цис хризантенол; ■ - транс хризантенил ацетат;
- - артемизија кетон; ■ - борнеол; ■ - β -пинен; ■ - пиперитон;
- - транс кариофилен; ■ - остало.

У етарском уљу девесиља, *Seseli pallasii*, изоловане су укупно 74 хемијске компоненте. Монотерпени доминирају, нарочито угљоводоници (МУ, 47,1%), али се у знатном проценту бележе и сесквитерпенски угљоводоници (СУ, 19,5%), док су оксигеновани моно- и сесквитерпени слабије заступљени (ОМ и ОС, 10,2% и 12,8%, тим редом). Међу терпенским компонентама доминирају: лимонен (12,2%), β -елемен (8,0%), мирцен (7,7%), *para*-цимен (7,5%) и сабинен (6,8%) (слика 9.2). Оне заједно чине 42,2% етарског уља (слика 9.2). Лимонен може да послужи као сировина за израду козметичких производа, а β -елемен у терапији малигнух болести. Девесиље из источне Србије (локалитет Кравље) има највише α -пинена (27,3%), нешто мање лимонена (9,5%), као и значајне количине β -кариофилен (4,8%) (Stankov Jovanović et al., 2016). Количина α -пинена (48,2%) већа је код девесиља из долине Пека (источна Србија) (Суручић, 2019) у односу на истраживања у Пиротском округу. Овај хемотип из литературе има и значајну количину гермакрена Д (4,1%) и кариофилен оксида (4,4%).



Слика 9. Главне хемијске компоненте етарског уља одабраних врста фамилије Ариасеае

Легенда:

■ – β -елемен;
 ■ – β -кариофилен;
 ■ – α -пинен;
 ■ – α -бисаболол;
 ■ – сабинен;
 ■ – мирцен;
 ■ – *para*-цимен;
 ■ – лимонен;
 ■ – остало.

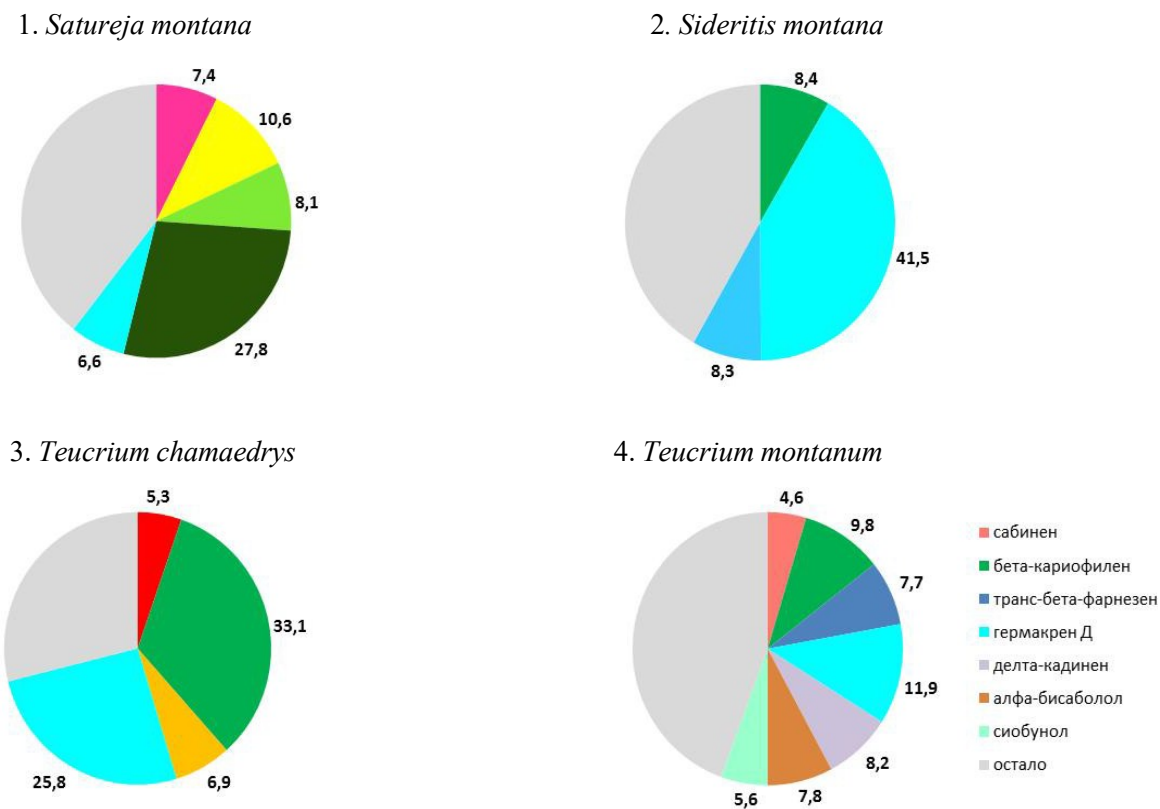
Обе испитиване врсте фамилије *Ariaseae* из Пиротског округа, либанотис и девесиље, у профилу главних терпенских компоненти садрже β -елемен, којег има више код либанотиса него код девесиља (26,4% и 8,0%, респ.). Код девесиља најобилнија компонента је лимонен (12,2%), али обилно су присутни и сабинен, мирцен и *para*-цимен, који изостају у уљу либанотиса.

У етарском уљу ртањског чаја, *Satureja montana*, из Пиротског округа изоловано је укупно 56 хемијских компоненти. Доминирају монотерпени, и то монотерпенски угљоводоници (МУ, 34,1%), а нарочито су обилни сесквитерпенски угљоводоници (СУ, 50,3%), док су оксигеновани моно- и сесквитерпени били слабије заступљени (ОМ и ОС, 14,1% и 1,2%, респ.). Међу терпенским компонентама доминирају: гераниол (27,8%), лимонен (10,6%), линалол (8,1%), *para*-цимен (7,4%) и гермакрен Д (6,6%) (слика 10.1). Оне заједно чине 60,5% уља.

Гераниол и лимонен, као главне компоненте етарског уља ртањског чаја, могу да послуже као сировине за израду козметичких производа и то: гераниол, за побољшање мириса козметичких производа, тј. као мирисна компонента у изради парфемских композиција, а лимонен као стабилизатор мириса. Упоређујући хемијске профиле главних терпенских компоненти ртањског чаја (*Satureja montana*) из Пиротског округа са резултатима до којих су дошли методама екстракције етарског уља количина *para*-цимена је била слична, али карвакрол у резултатима ове студије није био забележен (Vidović, Zeković, Marošanović, Pandurević Todorović, Vladić, 2014). У екстрактима других узорака ртањског чаја, осим карвакрола, има и борнеола (Vladić et al., 2017).

У етарском уљу планинског чистаца, *Sideritis montana*, из Пиротског округа изоловано је 88 хемијских компоненти. Сесквитерпени доминирају. нарочито угљоводоници (СУ, 64,1%), но бележи се и знатан садржај оксигенованих дитерпена (ОД, 13,7%). Међу терпенским компонентама доминирају: гермакрен Д (41,5%), β -кариофилен (8,4%), и 8,13-абиетадиен-18-ол (8,3%) (слика 10.2). Оне заједно чине 58,2% уља. Гермакрен Д, као главна компонента етарског уља, може се изоловати и користити као антимикробно и инсектицидно средство, док значајно присуство β -кариофилену у саставу етарског уља планинског чистаца може да нађе примену у парфимерији. У резултатима из југоисточне Србије уочава се значајна количина *trans*-гераниола (26,1%), тимола (10,3%)

и *транс*-геранил ацетата (7,6%) (Miladinović et al., 2012), док је у презентованим резултатима изражена и количина 8.13-абиетадиен-18-ола (8,3%) (Vladić et al. 2017).



Слика 10. Главне хемијске компоненте етарског уља одабраних врста фамилије Lamiaceae

Легенда:

■ – пара цимен; ■ – лимонен; ■ – линалол; ■ – гераниол; ■ – гермакрен Д;
■ – β-кариофилен; ■ – 8.13-абиетадиен-18-ол; ■ – β-пинен; ■ – α-хумулен;
■ – сабинен; ■ – транс-β-фарнезен; ■ – δ-кадинен; ■ – α-бисаболол;
■ – схиобунол; ■ – остало.

У етарском уљу подубице, *Teucrium chamaedrys*, из Пиротског округа изоловано је укупно 65 хемијских компоненти. Сесквитерпени доминирају, нарочито угљоводоници (СУ, 82,8%), али има и монотерпенских угљоводоника (МУ, 9,3%), док су оксигеновани

моно- и сесквитерпени слабије заступљени (ОМ и ОС, 1,1% и 3,9%, респ.). Међу терпенским компонентама доминирају: β -кариофилен (33,1%), гермакрен Д (25,8%), α -хумулен (6,9%) и β -пинен (5,3%) (слика 10.3). Оне заједно чине 71,1% уља. Због високог процента β -кариофилена, етарско уље подубице може да се користи у парфимеријској индустрији, а захваљујући присуству гермакрена Д може да нађе примену као антимикубно и инсектицидно средство. У резултатима из Србије и Црне Горе значајна је количина α -пинена (5,3%) и кариофилен оксида (5,5%) (Kovacevic, Lakusic, Ristic, 2001).

У етарском уљу траве иве, *Teucrium montanum*, изоловано је укупно 90 хемијских компоненти. Сесквитерпени доминирају, нарочито угљоводоници (СУ, 52,5%), али има и оксигенованих сесквитерпена (ОС, 27,2%). Међу терпенским компонентама доминирају: гермакрен Д (11,9%), β -кариофилен (9,8%), α -бисаболол (7,8%), као и *транс- β -фарнезен* (7,7%) (слика 10.4). Оне заједно чине 37,2% уља. Захваљујући високом проценту гермакрена Д, етарско уље траве иве може да послужи као антимикубно и инсектицидно средство, док захваљујући присуству β -кариофилена може да пронађе потенцијалну примену у парфимеријској индустрији. У резултатима из југозападне Србије (Јадовник) уочава се значајна количина δ -кадинена (17,2%), β -селинена (8,2%) и α -калакорена (5,0%) (Vuković, Milošević, Sukdolak, Solujić, 2007, 2008). У још неким истраживањима међу обилнијим компонентама су и α -пинен (4,0%) и τ -муролол (4,2%) (Radulović, Dekić, Joksović & Vukićević, 2012).

ЗАКЉУЧЦИ

Десет врста лековитих и ароматичних биљака у Пиротском округу код којих је испитан квантитет и квалитативни састав етарског уља припадају трима фамилијама Asteraceae (*Achillea clypeolata*, *Achillea coarctata*, *Achillea crithmifolia* и *Achillea millefolium*), Apiaceae (*Seseli libanotis* и *Seseli pallasii*) и фамилији Lamiaceae (*Satureja montana*, *Sideritis montana*, *Teucrium chamaedrys* и *Teucrium montanum*).

У погледу квантитета, као и квалитативног састава етарских уља код испитаних 10 врста у Пиротском округу закључено је следеће:

- Значајан принос етарског уља имају: *Seseli libanotis* (1,40%), *Achillea crithmifolia* (0,94%), *Satureja montana* (0,30%) и *Achillea millefolium* (0,25%).

- У хемијском саставу етарског уља рода *Achillea* идентификовано је између 71 до 102 компоненте. Доминирају оксигеновани монотерпени (37,7% - 73,9%). Најобилнији је 1.8 цинеол (9,9% - 32,0%).
- У хемијском саставу етарског уља рода *Seseli* идентификовано је 74-80 компоненти. Доминирају сесквитерпенски и монотерпенски угљоводоници, а најобилнији је β -елемен (12,2% - 26,4%).
- У етарским уљима фамилије Lamiaceae: *Satureja montana*, *Sideritis montana*, *Teucrium chamaedrys* и *T. montanum* идентификовано је 56, 88, 65 и 90 компоненти, респ.
- Код *Satureja montana* доминирају монотерпени, а код преостале три сесквитерпени.
- Доминантне компоненте су: гераниол (27,8%), гермакрен Д (41,5% и 11,9%) и β -кариофилен (33,1%) код *Satureja montana*, *Sideritis montana*, *Teucrium montanum* и *Teucrium chamaedrys*, респ.
- Код скоро свих 10 анализираних врста Пиротског округа утврђен је јединствен терпенски профил етарских уља.

Захвалност: Истраживање је реализовано у оквиру пројекта „Развој техничко-технолошких модела производње и примарне прераде лековитог и ароматичног биља у руралним крајевима Србије, у циљу продуктивног запошљавања становништва (Пиротски округ)“. који је финансирало Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Србије – Управа за аграрна плаћања (2021-2022).

Примљено / Received on 16. 09. 2023.

Ревидирано / Revised on 09. 10. 2023.

Прихваћено / Accepted on 11. 10. 2023.