

4.1.4. САДОВОДСТВО, ОВОЩЕВОДСТВО, ВИНОГРАДАРСТВО
И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 633.88.582.682

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2024_4_113

EDN: JPZQID

**Изменчивость содержания фенольных соединений
у представителей семейства Яснотковые в онтогенезе****Елена Николаевна Ткачёва¹, Елена Львовна Маланкина², Вера Ивановна Терехова^{3✉},
Максим Вячеславович Симахин⁴, Людмила Викторовна Григорьева⁵**^{1, 2, 3} Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,
Москва, Россия⁴ Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина Российской академии наук, Москва, Россия⁵ Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия³ v_terekhova@rgau-msha.ru✉

Аннотация. В последние годы уделяется большое внимание разработке рецептур продуктов функционального питания, в состав которых входит широкий перечень ингредиентов. Расширение ассортимента растений, являющихся естественным источником фитонутриентов и пригодных для выращивания в Нечерноземной зоне, является актуальной задачей овощеводства. Выявление и комплексное изучение перспективных по содержанию указанных соединений растений, в том числе среди лекарственных и пряно-вкусовых, имеет важное научное и практическое значение. Цель работы – изучение зависимости содержания фенольных соединений от фазы развития для оптимизации сроков уборки сырья лекарственных растений семейства Яснотковые. В качестве объектов исследования были выбраны 14 видов лекарственных и эфиромасличных растений семейства Яснотковые. Работу проводили на УНПЦ садоводства и овощеводства имени В.И. Эдельштейна ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А.Тимирязева в условиях органической культуры без применения удобрений и средств защиты растений. Выявлено, что отдельные виды характеризовались относительно стабильным содержанием фенольных соединений, например чабер садовый и тимьян обыкновенный, в то время как мята перечная и Melissa лекарственная демонстрировали очень сильную вариабельность по данному показателю. В целом содержание суммы фенольных соединений в зависимости от вида, особенностей года и фазы развития колебалось от 5 до 13%. Решающим фактором, определяющим накопление фенольных соединений в сырье, является видовая принадлежность (53,94%), что говорит о генетически детерминированном интервале данного показателя. Учитывая, что достаточно большое значение имеют видовые особенности реакции на погодно-климатические условия сезона (взаимодействие пары «вид – год») – 24,25%, выявлены виды с относительно стабильным содержанием фенолов (шалфей лекарственный, тимьян обыкновенный), а также виды, вариабельные по этому показателю (душица обыкновенная, мята перечная).

Ключевые слова: Яснотковые, фенольные соединения, лекарственные растения, эфиромасличные растения, онтогенез

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания Министерства сельского хозяйства Российской Федерации в 2023 г. в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева) «Разработка технологий получения органической продукции овощных, лекарственных и пряно-ароматических растений для производства продуктов функционального питания» (123041900047-7).

Для цитирования: Ткачёва Е.Н., Маланкина Е.Л., Терехова В.И., Симахин М.В., Григорьева Л.В. Изменчивость содержания фенольных соединений у представителей семейства Яснотковые в онтогенезе // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2024. Т. 17, № 4(83). С. 113–122. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2024_4_113-122.

4.1.4. HORTICULTURE, OLERICULTURE, VITICULTURE
AND MEDICINAL PLANTS (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

**Ontogenetic variability in the content of phenolic
compounds in some species of the *Lamiaceae* family****Elena N. Tkacheva¹, Elena L. Malankina², Vera I. Terekhova^{3✉},
Maksim V. Simakhin⁴, Ludmila V. Grigorieva⁵**^{1, 2, 3} Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia⁴ Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia⁵ Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia³ v_terekhova@rgau-msha.ru✉

Abstract. In recent years, much attention has been paid to the development of recipes for functional nutrition products, which include a wide range of ingredients. Expanding the range of plants that are a natural source of phytonutrients and suitable for growing in the Non-Chernozem zone is an urgent task of vegetable growing. The identification and comprehensive study of promising plant compounds in terms of the content of such compounds, including medicinal and spicy-flavored ones, is of great scientific and practical importance. The target of the work was to study the dependence of the content of phenolic compounds on the phase of development in order to optimize the timing of harvesting of raw material of medicinal plants of the *Lamiaceae* family. Fourteen species of medicinal and essential oil-bearing plants from the *Lamiaceae* family were selected as objects of research. The research was carried out at V.I. Edelstein Research and Practical Center for Horticulture and Vegetable Growing of FSBEI HE RT SAU in conditions of organic culture without the use of fertilizers and plant protection products. It was revealed that some species were characterized by a relatively stable content of phenolic compounds, for example, summer savory and garden thyme, while peppermint and sweet officinalis showed very strong variability in this indicator. In general, the content of the sum of phenolic compounds depending on the species, the characteristics of the year and the phase of development ranged from 5 to 13%. The decisive factor determining the accumulation of phenolic compounds in raw material is species membership (53.94%), which indicates a genetically determined range of this indicator. Considering that the specific features of the reaction to the weather and climatic conditions of the season ("species – year" pair interaction) are of great importance (24.25%), species with a relatively stable content of phenols (Garden sage, Garden thyme), as well as species variable by this indicator (common origanum, peppermint) were identified.

Keywords: *Lamiaceae* family, phenolic compounds, medicinal plants, essential oil-bearing plants, ontogenesis

Financing: the paper was prepared based on the results of research carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation in 2023 at the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Timiryazev State Agrarian University" (FSBEI HE RT SAU) "Development of technologies for obtaining organic products of vegetable, medicinal and spicy-aromatic plants for the production of functional nutrition products" (123041900047-7).

For citation: Tkacheva E.N., Malankina E.L., Terekhova V.I., Simakhin M.V., Grigorieva L.V. Ontogenetic variability in the content of phenolic compounds in some species of the *Lamiaceae* family. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2024;17(4):113-122. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2024_4_113-122.

Введение

Как известно, воздействие на человека неблагоприятных факторов окружающей среды приводит к образованию в организме избыточного количества свободных радикалов, вызывая дисбаланс в его антиоксидантном статусе и провоцируя ряд серьезных заболеваний. Источниками антиоксидантов для человека могут служить пищевые продукты и напитки на основе растительного сырья, а также косметические средства, антиоксидантные свойства которых обусловлены такими биологически активными веществами, как эфирные масла, розмариновая кислота, флавоноиды, дубильные вещества и другие фенольные соединения.

В последние годы уделяется большое внимание разработке рецептур продуктов функционального питания, в состав которых входит широкий перечень ингредиентов. Расширение ассортимента растений, являющихся естественным источником фитонутриентов и пригодных для выращивания в Нечерноземной зоне, является актуальной задачей овощеводства. Выявление и комплексное изучение перспективных по содержанию указанных соединений растений, в том числе среди лекарственных и пряновкусовых, имеет важное научное и практическое значение.

Эфиромасличные растения семейства Яснотковые (*Lamiaceae*) содержат в разных соотношениях большую часть из перечня биологически активных веществ, обладают разносторонней фармакологической активностью и малой токсичностью. Среди них много проверенных временем лекарственных, ароматических и овощных растений.

В настоящее время большое значение уделяется качественным показателям сырья, таким как безопасность [3] и содержание биологически активных соединений с высокой антиоксидантной активностью [8, 11].

Максимальную экологическую безопасность обеспечивает выращивание сельскохозяйственных культур в условиях органического земледелия, при этом содержание вто-

ричных метаболитов, к которым в большинстве случаев относятся вещества, обладающие антиоксидантным эффектом, сильно варьирует в зависимости от погодных условий, сорта, использования удобрений [10, 19] и, конечно, фазы развития растений [20].

Важной группой с точки зрения антиоксидантной активности являются фенольные соединения. Кроме антиоксидантного эффекта многие из них являются фармакологически значимыми и обладают кардиопротективными, антимикробными, противовирусными, иммуномодулирующими, противораковыми и противовоспалительными свойствами [15, 24]. Вместе с тем в литературе отмечена тесная корреляция между содержанием фенольных соединений и антиоксидантной активностью [17]. Эта группа соединений широко представлена в растениях семейства Яснотковые [12], многие из данных соединений могут быть использованы как ингредиенты функциональных продуктов [7].

Семейство Яснотковые – одно из крупных в растительном мире и насчитывает 6900–7200 видов, объединяемых в приблизительно 236 родов [13]. Во многих видах растений – представителях этого семейства – содержатся фармакологически значимые соединения фенольной группы [9, 14].

Фенольные соединения в растениях из семейства Яснотковые представлены фенолкарбоновыми кислотами (о-кумаровая, р-кумаровая, сириговая, ванилиновая, хлорогеновая), дубильными веществами, флавоноидами [2, 21]. Как и другие группы вторичных метаболитов, они очень подвижны, и их содержание зависит от погодных условий [23].

К сожалению, несмотря на обилие информации и публикаций, касающихся содержания фенольных соединений в хозяйственно значимых видах из семейства Яснотковые [18], практически отсутствуют сравнительные исследования, характеризующие динамику изменения содержания фенольных соединений в сырье. Учитывая, что для ряда лекарственных растений этот показатель является критерием качества сырья, выяснение вопросов динамики накопления этой группы соединений в зависимости от фазы развития растений позволит оптимизировать сроки уборки сырья.

Таким образом, целью работы является изучение зависимости содержания фенольных соединений от фазы развития для оптимизации сроков уборки сырья лекарственных растений семейства Яснотковые.

Методика и материалы

В качестве объектов исследования были выбраны 14 видов лекарственных и эфиромасличных растений из семейства Яснотковые:

- душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.);
- змееголовник молдавский (*Dracocephalum moldavica* L.);
- иссоп лекарственный (*Hyssopus officinalis* L.);
- котовник крупноцветковый (*Nepeta grandiflora* Bieb.);
- лаванда узколистная (*Lavandula angustifolia* Mill.);
- лофант анисовый или многоколосник фенхельный (*Agastache foeniculum* (Pursh)

Kuntze);

- Melissa лекарственная (*Mellissa officinalis* L.);
- монарда дудчатая (*Monarda fistulosa* L.);
- мята перечная (*Mentha × piperita* L.);
- тимьян обыкновенный (*Thymus vulgaris* L.);
- тимьян лимонный (*Thymus × citriodorus* (Pers.) Schreb.);
- тимьян ползучий (*Thymus serpyllum* L.);
- чабер садовый (*Satureja hortensis* L.);
- шалфей лекарственный (*Salvia officinalis* L.).

Указанные виды успешно растут в Нечерноземной зоне, в том числе и в условиях Московской области (место проведения исследования), успевают сформировать полноценный урожай и семена [1].

Данные по метеорологическим условиям предоставлены метеорологической обсерваторией им. В.А. Михельсона РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева. В целом годы наблюдений отличались как по температурному режиму, так и по распределению осадков в течение сезона: 2016 и 2018 гг. были близки к средним многолетним показателям, 2017 г. сильно отличался по распределению температур и осадков: май и июнь были холоднее средних многолетних данных и характеризовались повышенным количеством осадков, в то время как июль был достаточно жарким и сухим.

Опытный участок расположен на территории учебно-научно-производственного центра садоводства и овощеводства имени В.И. Эдельштейна.

Почва участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая, хорошо оструктуренная с глубиной пахотного горизонта 20–22 см со следующими характеристиками:

- содержание гумуса – 2,9%;
- рН = 6,6;
- содержание подвижного фосфора P_2O_5 – 240 мг/кг (что соответствует V классу);
- содержание подвижного калия K_2O – 180 мг/кг.

При выращивании растений не использовали удобрения и средства защиты растений, так как они могут повлиять на содержание полифенолов.

Растения срезали в следующие периоды вегетации: бутонизация – начало цветения, массовое цветение, конец цветения – начало плодообразования.

Собранное растительное сырье высушивали при комнатной температуре без доступа прямого солнечного света.

Содержание суммы фенольных соединений в сырье определяли модифицированным методом Фолина-Чокальтеу для анализа суммарного содержания полифенолов в растительных экстрактах в пересчете на галловую кислоту [5]. Масса навески сухого сырья составляла 0,5 г. Сырье предварительно измельчали до размера частиц не более 0,25 мм. Экстракцию проводили в 50 мл водно-спиртовой смеси (50%) на водяной бане в течение 1 часа, а затем процеживали через бумажный фильтр и доводили объем раствора до первоначального. Смешивали 1 мл экстракта с 1 мл реактива Фолина-Чокальтеу, через 5 минут добавляли 8 мл ацетатного буфера и через 20 минут снимали показания на спектрофотометре Shimadzu UV-1800 при длине волны 765 нм.

Анализ результатов трехфакторного эксперимента проводили методом дисперсионного анализа.

Результаты и их обсуждение

Исходя из того, что исследуемые виды семейства Яснотковые имеют различное происхождение, можно было ожидать разную сезонную динамику накопления в растениях фенольных соединений, так как наступление определенных фенологических фаз наблюдалось в различные календарные сроки. Учитывая, что вторичные метаболиты очень подвижны и их накопление в растениях зависит в значительной степени в том числе и от погодных факторов (температура, наличие влаги, солнечная инсоляция), их содержание изменяется в зависимости от условий года.

Результаты определения зависимости содержания полифенолов в растениях видов семейства Яснотковые от фазы развития представлены в таблице (в пересчете на галловую кислоту).

АГРОНОМИЯ

Содержание суммы полифенолов в зависимости от фазы развития растений видов семейства Яснотковые, %

Вид	Год	Бутонизация – начало цветения	Массовое цветение	Конец цветения – начало созревания семян
Душица обыкновенная	2016	6,74 ± 0,030	6,82 ± 0,026	6,98 ± 0,045
	2017	6,97 ± 0,047	7,11 ± 0,030	8,09 ± 0,039
	2018	13,69 ± 0,038	13,06 ± 0,064	12,15 ± 0,052
	Среднее	9,14 ± 3,948	8,51 ± 3,035	9,07 ± 2,720
Змееголовник молдавский	2016	5,43 ± 0,039	5,77 ± 0,051	5,54 ± 0,021
	2017	4,96 ± 0,043	5,68 ± 0,057	5,47 ± 0,017
	2018	5,41 ± 0,041	6,85 ± 0,048	6,56 ± 0,036
	Среднее	5,27 ± 0,263	5,98 ± 0,581	5,86 ± 0,610
Иссоп лекарственный	2016	4,42 ± 0,049	4,81 ± 0,032	4,47 ± 0,035
	2017	3,5 ± 0,054	5,26 ± 0,038	4,41 ± 0,032
	2018	4,90 ± 0,030	5,16 ± 0,043	4,96 ± 0,049
	Среднее	4,27 ± 0,713	5,19 ± 0,290	4,61 ± 0,304
Котовник крупноцветковый	2016	5,79 ± 0,029	5,82 ± 0,038	5,94 ± 0,039
	2017	5,86 ± 0,051	7,29 ± 0,057	5,85 ± 0,035
	2018	4,79 ± 0,039	4,05 ± 0,029	4,91 ± 0,032
	Среднее	5,48 ± 0,598	5,41 ± 1,460	5,57 ± 0,571
Лаванда узколистная	2016	2,97 ± 0,032	3,04 ± 0,049	3,25 ± 0,031
	2017	2,97 ± 0,045	1,92 ± 0,046	2,48 ± 0,053
	2018	2,87 ± 0,040	2,23 ± 0,039	3,21 ± 0,026
	Среднее	2,94 ± 0,059	2,52 ± 0,535	2,98 ± 0,432
Лофант анисовый	2016	3,86 ± 0,050	4,05 ± 0,051	3,93 ± 0,034
	2017	3,95 ± 0,032	4,17 ± 0,099	4,06 ± 0,045
	2018	2,86 ± 0,056	3,10 ± 0,034	2,97 ± 0,046
	Среднее	3,56 ± 0,603	3,88 ± 0,529	3,65 ± 0,595
Мелисса лекарственная	2016	6,97 ± 0,051	7,02 ± 0,045	7,16 ± 0,036
	2017	6,06 ± 0,026	7,77 ± 0,038	7,99 ± 0,053
	2018	8,82 ± 0,025	11,27 ± 0,040	9,53 ± 0,037
	Среднее	7,28 ± 1,401	8,16 ± 2,125	8,22 ± 1,204
Монарда дудчатая	2016	4,86 ± 0,043	5,00 ± 0,047	5,27 ± 0,049
	2017	4,60 ± 0,053	5,43 ± 0,040	5,17 ± 0,040
	2018	6,33 ± 0,040	6,28 ± 0,516	7,32 ± 0,031
	Среднее	5,26 ± 0,935	5,58 ± 0,533	5,92 ± 1,21
Мята перечная	2016	6,67 ± 0,040	7,43 ± 0,038	6,82 ± 0,055
	2017	7,01 ± 0,045	7,07 ± 0,076	6,75 ± 0,041
	2018	12,64 ± 0,034	11,90 ± 0,063	7,64 ± 0,037
	Среднее	8,77 ± 3,351	8,58 ± 2,244	7,07 ± 0,496
Тимьян обыкновенный	2016	6,08 ± 0,034	6,45 ± 0,049	6,18 ± 0,060
	2017	6,71 ± 0,037	6,98 ± 0,055	6,84 ± 0,043
	2018	6,35 ± 0,030	7,74 ± 0,045	6,25 ± 0,029
	Среднее	6,38 ± 0,314	6,95 ± 0,571	6,42 ± 0,367
Тимьян лимонный	2016	5,32 ± 0,035	5,87 ± 0,046	5,46 ± 0,040
	2017	5,89 ± 0,028	6,25 ± 0,053	6,02 ± 0,034
	2018	6,45 ± 0,029	7,82 ± 0,035	6,54 ± 0,030
	Среднее	5,89 ± 0,561	6,83 ± 0,917	6,01 ± 0,543
Тимьян ползучий	2016	5,95 ± 0,069	6,35 ± 0,043	6,07 ± 0,049
	2017	6,63 ± 0,030	6,68 ± 0,038	6,52 ± 0,030
	2018	7,99 ± 0,037	8,46 ± 0,026	6,75 ± 0,040
	Среднее	6,86 ± 1,037	6,98 ± 0,992	6,45 ± 0,348
Чабер садовый	2016	6,03 ± 0,039	6,36 ± 0,046	6,21 ± 0,022
	2017	6,14 ± 0,031	6,57 ± 0,061	5,97 ± 0,053
	2018	5,89 ± 0,033	6,74 ± 0,038	5,85 ± 0,035
	Среднее	6,02 ± 0,122	6,48 ± 0,226	6,01 ± 0,184
Шалфей лекарственный	2016	5,41 ± 0,032	5,85 ± 0,048	6,84 ± 0,043
	2017	4,25 ± 0,026	5,35 ± 0,034	5,34 ± 0,039
	2018	5,33 ± 0,039	5,88 ± 0,050	8,31 ± 0,026
	Среднее	4,99 ± 0,650	5,42 ± 0,598	6,83 ± 1,488

Как видно из таблицы, максимальное содержание фенольных соединений отмечено в 2018 г., в частности у душицы оно достигало 12–13%, что является очень высоким показателем. В большинстве случаев максимальное количество фенольных соединений отмечено в фазе массового цветения, однако, например, у шалфея лекарственного их содержание продолжало расти до конца цветения. У лаванды содержание фенольных соединений было выше в начале и в конце цветения, а в период массового цветения их содержание в соцветиях падало. Вероятно, это связано с тем, что в отличие от остальных растений ее сырьем являются соцветия, а не вся надземная масса с листьями, а в листьях и соцветиях процессы биосинтеза и накопления этой группы соединений в разные фазы протекают с разной интенсивностью.

Хотя диапазон содержания биологически активных соединений, в том числе и фенолов, в видах генетически детерминирован, конкретное значение может подвергаться влиянию условий окружающей среды (например света, фотопериода, температуры и др.) и взаимодействию генотипа с окружающей средой [22].

Особенности накопления фенольных соединений в зависимости от погодных условий в большей степени изучены для плодовых растений, что связано, вероятно, с большей их распространенностью и большим числом исследований, чем на лекарственных растениях [25]. Однако для всех видов основным путем биосинтеза веществ этой группы является шикиматный путь, и, следовательно, закономерности для высших растений будут более или менее близкими.

Содержание полифенолов, особенно антоцианов, снижается при повышенной температуре, в то время как уровень флавонолов (кверцетин, кемпферол, мирцетин и их производные) увеличивается при более сильном воздействии солнечной радиации.

Обилие солнечных дней и ультрафиолета повышает содержание фенольных соединений, которые активно защищают растения от стресса [16, 26].

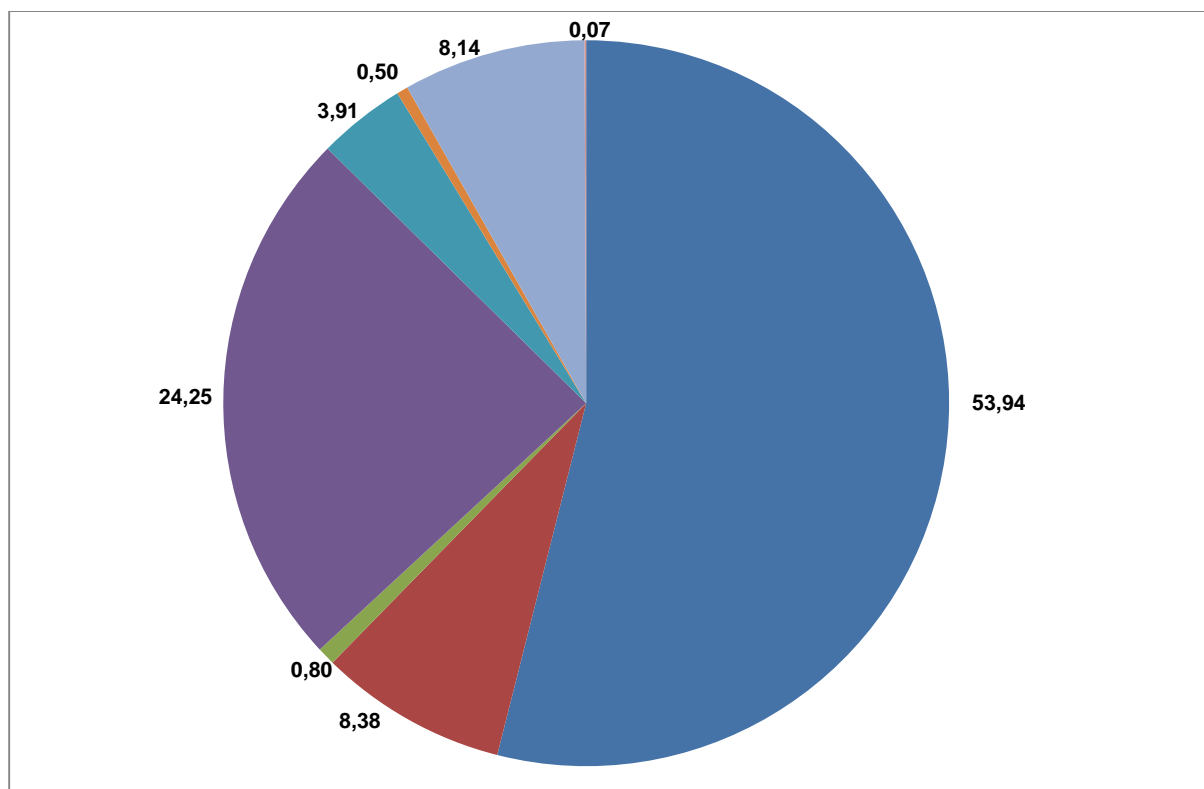
Умеренный водный стресс повышает активность ключевых ферментов фенилпропаноидного и флавоноидного путей [6].

При анализе погодных условий отмечена определенная связь между содержанием суммы фенольных соединений и среднесуточными температурами. Максимальное содержание отмечено в 2018 г., когда среднесуточная температура второй декады июля (время уборки большинства видов в фазе цветения) составляла 22 °С, в то время как в 2017 г. – только 18,4 °С. Уборка тимьянов и шалфея проходила в зависимости от фазы в третьей декаде июля, когда температура составляла соответственно 21,2 и 15,4 °С. Вместе с тем отмечено, что отдельные виды характеризовались относительно стабильным содержанием фенольных соединений, например чабер садовый и тимьян обыкновенный, в то время как мята перечная и Melissa лекарственная демонстрировали очень сильную вариабельность по данному показателю.

Также была проведена работа по определению значимости генетического фактора (вид растения), фазы уборки и условий года в накоплении фенольных соединений в растениях видов (см. рис.).

При анализе влияния ряда факторов на накопление фенольных соединений отмечено, что доля значимости видовой принадлежности значительно ниже, чем при накоплении эфирного масла. Она составила только 53,94% (по сравнению с 77,69% при накоплении эфирного масла) [4]. Достаточно велико было влияние взаимодействия пары «вид – год» (24,25%), то есть несмотря на генетически детерминированный диапа-

зон содержания фенольных соединений, виды индивидуально реагируют на погодные условия и, соответственно, норма реакции у таких растений, как мята и Melissa, будет большой. Это указывает на то, что на этих видах будет эффективно применение различных агротехнических приемов и физиологически активных соединений, повышающих адаптивный потенциал растений. Влияние климатического фактора для каждого вида составило 8,38%. Довольно интересно, что фаза уборки сырья в целом имела гораздо меньшее значение, чем остальные факторы (0,8%). Доля влияния случайных факторов была незначительной (0,07%).



Влияние факторов на содержание суммы фенольных соединений, %: «вид растения» – 53,94; «год» – 8,38; «фаза» – 0,8; «вид - год» – 24,25; «вид - фаза» – 3,91; «год - фаза» – 0,5; «вид - год - фаза» – 8,14; «случайные факторы» – 0,07

Заключение

Отдельные виды характеризовались относительно стабильным содержанием фенольных соединений, например, чабер садовый и тимьян обыкновенный, в то время как мята перечная и Melissa лекарственная демонстрировали очень сильную вариабельность по данному показателю. В целом содержание суммы фенольных соединений в зависимости от вида, особенностей года и фазы развития колебалось от 5 до 13 %.

Решающим фактором, определяющим накопление фенольных соединений в сырье, является видовая принадлежность (53,94%), что говорит о генетически детерминированном интервале данного показателя. Однако достаточно большое значение (24,25%) имеют видовые особенности реакции на погодно-климатические условия сезона (взаимодействие пары «вид - год»): есть виды с относительно стабильным содержанием фенолов (шалфей лекарственный, тимьян обыкновенный), а есть вариабельные по этому показателю (душица обыкновенная, мята перечная).

Список источников

1. Маланкина Е.Л. Агробиологическое обоснование повышения продуктивности эфиромасличных растений из семейства Яснотковые (*Lamiaceae* L.) в Нечерноземной зоне России: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.13. Москва, 2007. 343 с.
2. Маланкина Е.Л., Ткачёва Е.Н., Козловская Л.Н. Лекарственные растения семейства яснотковые (*Lamiaceae*) как источники флавоноидов // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2018. Т. 21, № 1. С. 30–35. DOI: 10.29296/25877313-2018-01-06.
3. Саканян Е.И., Ковалева Е.Л., Фролова Л.Н. и др. Современные требования к качеству лекарственных средств растительного происхождения // Ведомости Научного Центра экспертизы средств медицинского применения. 2018. Т. 8, № 3. С. 170–178. <https://doi.org/10.30895/1991-2919-2018-8-3-170-178>.
4. Ткачёва Е.Н. Особенности накопления биологически активных веществ с антиоксидантной активностью представителями семейства Яснотковые (*Lamiaceae*): дис. ... канд. с.-х. наук: 03.01.05. Москва, 2021. 170 с.
5. Тутельян В.А., Эллер К.И., Аристархова Т.В. и др. Методы анализа минорных биологически активных веществ пищи: монография. Москва: Династия, 2010. 180 с.
6. Badria F.A. Phenolic Compounds – Chemistry, Synthesis, Diversity, Non-Conventional Industrial, Pharmaceutical and Therapeutic Applications (EBOOK). DOI: 10.5772/intechopen.99779.
7. Carović-Stanko K., Petek M., Grdiša M. et al. Medicinal plants of the family Lamiaceae as functional foods – a review // Czech Journal of Food Science. 2016. Vol. 34(5). Pp. 377–390. DOI: 10.17221/504/2015-CJFS.
8. Erdemoglu N., Turan N.N., Cakici I. et al. Antioxidant activities of some *Lamiaceae* plant extracts // Phytotherapy Research. 2006. Vol. 20(1). Pp. 9–13. DOI: 10.1002/ptr.1816.
9. Fotovvat M., Radjabian T., Saboor A. HPLC fingerprint of important phenolic compounds in some *Salvia* L. species from Iran // Records of Natural Products. 2019. Vol. 13(1). Pp. 37–49. DOI: 10.25135/rnp.72.18.02.228.
10. Golubkina N., Logvinenko L., Kononov D. et al. Foliar application of selenium under nano silicon on artemisia annua: effects on yield, antioxidant status, essential oil, artemisinin content and mineral composition // Horticulturae. 2022. Vol. 8(7). Article No. 597. DOI: 10.3390/horticulturae8070597.
11. Golubkina N., Plotnikova U., Lapchenko V. et al. Evaluation of factors affecting tree and shrub bark's antioxidant status // Plants (Basel). 2022. Vol. 11(19). P. 2609. DOI: 10.3390/plants11192609.
12. Hossain M.B., Rai D.K., Brunton N.P. et al. Characterization of phenolic composition in *Lamiaceae* spices by LC-ESI-MS/MS // Journal of Agricultural Food Chemistry. 2010. Vol. 58(19). Pp. 10576–10581. DOI: 10.1021/jf102042g.
13. Karpiński T.M. Essential oils of *Lamiaceae* family plants as antifungals // Biomolecules. 2020. Vol. 10(1). P. 103. DOI: 10.3390/biom10010103.
14. Khadhri A., Bouali, I., Aouadhi, C. et al. Determination of phenolic compounds by MALDI-TOF and essential oil composition by GC-MS during three development stages of *Origanum majorana* L. // Biomedical Chromatography. 2019. Vol. 33(11). Article No. e4665. DOI: 10.1002/bmc.4665.
15. Kumar S., Pandey A. Chemistry and biological activities of flavonoids: An overview // Scientific World Journal. 2013. Vol. 11-12. Article No. 162750. DOI: 10.1155/2013/162750.
16. Liang B., Huang X., Zhang G. et al. Effect of lanthanum on plants under supplementary ultraviolet-B radiation: Effect of lanthanum on flavonoid contents in Soybean seedlings exposed to supplementary ultraviolet-B radiation // Journal of Rare Earths. 2006. Vol. 24(5). Pp. 613–616. DOI: 10.1016/S1002-0721(06)60174-9.
17. Ryu S.W., Jin C.W., Lee H.S. et al. Changes in total polyphenol, total flavonoid contents and antioxidant activities of *Hibiscus cannabinus* L. // Korean Journal of Medicinal Crop Science. 2006. Vol. 14(5). Pp. 307–310.
18. Shanaida M., Golembiovskaja, Hudz N. et al. Phenolic compounds of herbal infusions obtained from some species of the Lamiaceae family // Current Issues in Pharmacy and Medical Sciences. 2019. Vol. 31(4). Pp. 194–199. DOI: 10.1515/cipms-2018-0036.
19. Skrypnik L., Novikova A., Tokupova E. Improvement of phenolic compounds, essential oil content and antioxidant properties of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) depending on type and concentration of selenium application // Plants (Basel). 2019. Vol. 8. Article No. 458. DOI: 10.3390/plants8110458.
20. Skrypnik L., Styran T., Savina T. et al. Effect of selenium application and growth stage at harvest on hydrophilic and lipophilic antioxidants in lamb's lettuce (*Valerianella locusta* L. Laterr.) // Plants (Basel). 2021. Vol. 10(12). Article No. 2733. DOI: 10.3390/plants10122733.

21. Sytar O., Hemmerich I., Zivcak M. et al. Comparative analysis of bioactive phenolic compounds composition from 26 medicinal plants // *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2016. Vol. 25(4). Pp. 631–641. DOI: 10.1016/j.sjbs.2016.01.036.
22. Tiwari U., Cummins E. Factors influencing levels of phytochemicals in selected fruit and vegetables during pre- and post-harvest food processing operations // *Food Research International*. 2013. Vol. 50. Pp. 497–506. DOI: 10.1016/j.foodres.2011.09.007.
23. Tolić M.-T., Krbavčić I.P., Vujević P. et al. Effects of Weather Conditions on Phenolic Content and Antioxidant Capacity in Juice of Chokeberries (*Aronia melanocarpa* L.) // *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2017. Vol. 67(1). Pp. 67–74. DOI: 10.1515/pjfn-2016-0009.
24. Tungmunthum D., Thongboonyou A., Pholboon A. et al. Flavonoids and other phenolic compounds from medicinal plants for pharmaceutical and medical aspects: an overview. // *Medicines*. 2018. Vol. 5(3). Article No. 93. DOI: 10.3390/medicines5030093.
25. Vagiri M., Ekholm A., Öberg E. et al. Phenols and ascorbic acid in black currants (*Ribes nigrum* L.): variation due to genotype, location, and year // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013. Vol. 61(39). Pp. 9298–9306. DOI: 10.1021/jf402891s.
26. Winkel-Shirley B. Biosynthesis of flavonoids and effects of stress // *Current Opinion in Plant Biology*. 2002. Vol. 5(3). Pp. 218–223.

References

1. Malankina E.L. Agrobiological substantiation of increasing the productivity of essential oil plants of the *Lamiaceae* family in the Non-Chernozem zone of Russia. Doctoral Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.13. Moscow; 2007. 343 p. (In Russ.).
2. Malankina E.L., Tkacheva E.N., Kozlovskaya L.N. Medicinal plants of the *Lamiaceae* family as flavonoids sources. *Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry*. 2018;21(1):30-35. DOI: 10.29296/25877313-2018-01-06. (In Russ.).
3. Sakanyan E.I., Kovaleva E.L., Frolova L.N. et al. Current requirements for the quality of herbal medicinal products. *Bulletin of the Scientific Centre for Expert Evaluation of Medicinal Products*. 2018;8(3):170-178. DOI: 10.30895/1991-2919-2018-8-3-170-178. (In Russ.).
4. Tkacheva E.N. Features of the accumulation of biologically active substances with antioxidant activity in species of the *Lamiaceae* family: Candidate Dissertation in Agricultural Sciences: 03.01.05. Moscow; 2021. 170 p. (In Russ.).
5. Tuteliyan V.A., Eller K.I., Aristarkhova T.V. et al. Methods for analyzing minor biologically active substances in foodstuff: monograph. Moscow: Dinastiya; 2010. 180 p. (In Russ.).
6. Badria F.A. Phenolic Compounds – Chemistry, Synthesis, Diversity, Non-Conventional Industrial, Pharmaceutical and Therapeutic Applications (EBOOK). DOI: 10.5772/intechopen.99779.
7. Carović-Stanko K., Petek M., Grdiša M. et al. Medicinal plants of the family *Lamiaceae* as functional foods – a review. *Czech Journal of Food Science*. 2016;34(5):377-390. DOI: 10.17221/504/2015-CJFS.
8. Erdemoglu N., Turan N.N., Cakici I. et al. Antioxidant activities of some *Lamiaceae* plant extracts. *Phytotherapy Research*. 2006;20(1):9-13. DOI: 10.1002/ptr.1816.
9. Fotovvat M., Radjabian T., Saboora A. HPLC fingerprint of important phenolic compounds in some *Salvia* L. species from Iran. *Records of Natural Products*. 2019;13(1):37-49. DOI: 10.25135/rnp.72.18.02.228.
10. Golubkina N., Logvinenko L., Konovalov D. et al. Foliar application of selenium under nano silicon on artemisia annua: effects on yield, antioxidant status, essential oil, artemisinin content and mineral composition. *Horticulturae*. 2022;8(7):597. DOI: 10.3390/horticulturae8070597.
11. Golubkina N., Plotnikova U., Lapchenko V. et al. Evaluation of factors affecting tree and shrub bark's antioxidant status. *Plants (Basel)*. 2022;11(19):2609. DOI: 10.3390/plants11192609.
12. Hossain M.B., Rai D.K., Brunton N.P. et al. Characterization of phenolic composition in *Lamiaceae* spices by LC-ESI-MS/MS. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 2010;58(19):10576-10581. DOI: 10.1021/jf102042g.
13. Karpiński T.M. Essential oils of *Lamiaceae* family plants as antifungals. *Biomolecules*. 2020;10(1):103. DOI: 10.3390/biom10010103.
14. Khadhri A., Bouali, I., Aouadhi, C. et al. Determination of phenolic compounds by MALDI-TOF and essential oil composition by GC-MS during three development stages of *Origanum majorana* L. *Biomedical Chromatography*. 2019;33(11):e4665. DOI: 10.1002/bmc.4665.
15. Kumar S., Pandey A. Chemistry and biological activities of flavonoids: An overview. *Scientific World Journal*. 2013;11-12:162750. DOI: 10.1155/2013/162750.
16. Liang B., Huang X., Zhang G. et al. Effect of lanthanum on plants under supplementary ultraviolet-B radiation: Effect of lanthanum on flavonoid contents in Soybean seedlings exposed to supplementary ultraviolet-B radiation. *Journal of Rare Earths*. 2006;24(5):613-616. DOI: 10.1016/S1002-0721(06)60174-9.
17. Ryu S.W., Jin C.W., Lee H.S. et al. Changes in total polyphenol, total flavonoid contents and antioxidant activities of *Hibiscus cannabinus* L. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 2006;14(5):307-310.

18. Shanaida M., Golembiovskaya, Hudz N. et al. Phenolic compounds of herbal infusions obtained from some species of the *Lamiaceae* family. *Current Issues in Pharmacy and Medical Sciences*. 2019;31(4):194-199. DOI: 10.1515/cipms-2018-0036.
19. Skrypnik L., Novikova A., Tokupova E. Improvement of phenolic compounds, essential oil content and antioxidant properties of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) depending on type and concentration of selenium application. *Plants (Basel)*. 2019;8:458. DOI: 10.3390/plants8110458.
20. Skrypnik L., Styran T., Savina T. et al. Effect of selenium application and growth stage at harvest on hydrophilic and lipophilic antioxidants in lamb's lettuce (*Valerianella locusta* L. Laterr.). *Plants (Basel)*. 2021;10(12):2733. DOI: 10.3390/plants10122733.
21. Sytar O., Hemmerich I., Zivcak M. et al. Comparative analysis of bioactive phenolic compounds composition from 26 medicinal plants. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2016;25(4):631-641. DOI: 10.1016/j.sjbs.2016.01.036.
22. Tiwari U., Cummins E. Factors influencing levels of phytochemicals in selected fruit and vegetables during pre-and post-harvest food processing operations. *Food Research International*. 2013;50:497-506. DOI: 10.1016/j.foodres.2011.09.007.
23. Tolić M.-T., Krbavčić I.P., Vujević P. et al. Effects of Weather Conditions on Phenolic Content and Antioxidant Capacity in Juice of Chokeberries (*Aronia melanocarpa* L.). *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2017;67(1):67-74. DOI: 10.1515/pjfn-2016-0009.
24. Tungmunthum D., Thongboonyou A., Pholboon A. et al. Flavonoids and other phenolic compounds from medicinal plants for pharmaceutical and medical aspects: an overview. *Medicines*. 2018;5(3):93. DOI: 10.3390/medicines5030093.
25. Vagiri M., Ekholm A., Öberg E. et al. Phenols and ascorbic acid in black currants (*Ribes nigrum* L.): variation due to genotype, location, and year. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013;61(39):9298-9306. DOI: 10.1021/jf402891s.
26. Winkel-Shirley B. Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. *Current Opinion in Plant Biology*. 2002;5(3):218-223.

Информация об авторах

Е.Н. Ткачёва – кандидат сельскохозяйственных наук, преподаватель кафедры овощеводства ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e.tkacheva@rgau-msha.ru.

Е.Л. Маланкина – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры овощеводства ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», malankina@rgau-msha.ru.

В.И. Терехова – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой овощеводства ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», v_terekhova@rgau-msha.ru.

М.В. Симахин – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела культурных растений ФГБН «Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина Российской академии наук», Simakhin1439@yandex.ru.

Л.В. Григорьева – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, старший научный сотрудник, заслуженный работник сельского хозяйства Российской Федерации, профессор кафедры садоводства, биотехнологии и селекции сельскохозяйственных культур, директор Института фундаментальных и прикладных агробiotехнологий им. И.В. Мичурина ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», grigorjeval@mail.ru.

Information about the authors

E.N. Tkacheva, Candidate of Agricultural Sciences, Lecturer, the Dept. of Vegetable Growing, Russian Timiryazev State Agrarian University, e.tkacheva@rgau-msha.ru.

E.L. Malankina, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Vegetable Growing, Russian Timiryazev State Agrarian University, malankina@rgau-msha.ru.

V.I. Terekhova, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Head of the Dept. of Vegetable Growing, Russian Timiryazev State Agrarian University, v_terekhova@rgau-msha.ru.

M.V. Simakhin, Candidate of Agricultural Sciences, Research Scientist, the Dept. of Cultivated Plants, Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin of Russian Academy of Sciences, simakhin@gbsad.ru.

L.V. Grigorieva, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Senior Research Scientist, Honored Worker of Agricultural Industry of the Russian Federation, the Dept. of Horticulture, Biotechnology and Agricultural Plant Breeding, Director of the Institute of Fundamental and Applied Agrobiotechnologies named after I.V. Michurin, Michurinsk State Agrarian University, grigorjeval@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 20.05.2024; одобрена после рецензирования 20.09.2024; принята к публикации 03.10.2024.

The article was submitted 20.05.2024; approved after reviewing 20.09.2024; accepted for publication 03.10.2024.

© Ткачёва Е.Н., Маланкина Е.Л., Терехова В.И., Симахин М.В., Григорьева Л.В., 2024