

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-3-55-60>
УДК: 582.929:581.19

Е.Н. Еремеева*,
Е.Л. Маланкина

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева) 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

*Автор для переписки: e.tkacheva@rgau-msha.ru

Вклад авторов. Еремеева Е.Н.: проведение и анализ лабораторных и полевых исследований, оформление рукописи. Маланкина Е.Л.: научное руководство исследованием, методология, верификация и администрирование данных, создание рукописи и её редактирование.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Еремеева Е.Н., Маланкина Е.Л. Стабильность накопления флавоноидов как видовая особенность представителей семейства Яснотковые. *Овощи России*. 2025;(3):55-60. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-3-55-60>

Поступила в редакцию: 28.01.2025

Принята к печати: 19.03.2025

Опубликована: 07.07.2025

Elena N. Eremeeva*,
Elena L. Malankina

Russian State Agrarian University –
Moscow Timiryazev Agricultural Academy
Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, 127434, Russia

*Correspondence Author: e.tkacheva@rgau-msha.ru

Authors' Contribution: Eremeeva E.N.: conducting and analyzing laboratory and field studies, manuscript preparation. Malankina E.L.: scientific supervision of the study, methodology, verification and administration of data, creation of the manuscript and its editing.

Conflict of Interests. The authors declare no conflict of interest.

For citation: Eremeeva E.N., Malankina E.L. Accumulation stability of flavonoids as a species characteristic Lamiaceae family. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(3):55-60. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-3-55-60>

Received: 28.01.2025

Accepted for publication: 19.03.2025

Published: 07.07.2025

Стабильность накопления флавоноидов как видовая особенность представителей семейства Яснотковые

РЕЗЮМЕ

Цель. В работе проведена оценка 14 хозяйственно значимых видов из семейства Яснотковые (Lamiaceae). Целью работы является сравнительная оценка представителей семейства Яснотковые по стабильности состава сырья в зависимости от условий года, что позволит прогнозировать качество сырья для дальнейшего его использования и переработки.

Методы. Основное внимание в работе уделяется определению урожайности и содержанию флавоноидов. Урожайность определяли в 4-х кратной повторности, размер учётной делянки 0,66 м² (1 погонный метр при междурядьях 60 см). Сумму флавоноидов определяли спектрофотометрическим методом (спектрофотометр «Shimadzu»).

Результаты. У выбранных для исследования видов оптимальным сроком уборки является период начала-массового цветения, который в условиях Московской области приходится на последнюю декаду июня – первую декаду июля. Максимальная урожайность в среднем за 4 года была у монарды дудчатой (350±42 г/м²), котовника крупноцветкового (363±40 г/м²) и змеиноголовника молдавского (440±76 г/м²). Исходя из средних четырёхлетних значений максимальное содержание флавоноидов отмечено в сырье мяты перечной (3,52%), а в 2017 и 2018 годах превышало 4%. На 1% ниже и чуть более было содержание флавоноидов у шалфея лекарственного (2,62%), тимьяна ползучего (2,44%), душицы обыкновенной (2,59 %). Из 14 изучаемых культур у 7 средние значения находились в пределах 2-3%.

Заключение. Накопление флавоноидов в растениях из семейства Яснотковые видоспецифично и у многих растений сильно варьирует по годам. Только лобelia анисовый из 14 характеризовался стабильным содержанием флавоноидов, на что указывает коэффициент вариации ниже 10%. Змеиноголовник молдавский, монарда дудчатая, тимьян обыкновенный, тимьян ползучий, душица обыкновенная и чабер садовый характеризовались средним коэффициентом вариации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

лекарственные растения, вторичные метаболиты, лекарственное сырье, флавоноиды, Яснотковые



Accumulation stability of flavonoids as a species characteristic Lamiaceae family

ABSTRACT

The aim. The work evaluates 14 economically significant species from the Lamiaceae family. The aim of the work is a comparative assessment of the species from Lamiaceae family by the stability of the composition of raw materials depending on the year weather conditions, which will allow predicting the raw materials quality for its use and processing.

Methods. The focus of the work is on determining the yield and flavonoid content. The yield was determined in 4-fold repetition; the size of the plot was 0.66 m² (1 linear meter with 60 cm row spacing). The sum of flavonoids was been determined by the spectrophotometric method («Shimadzu» spectrophotometer).

Results. The optimal harvesting period for the study-selected species is the beginning of mass flowering, which in the Moscow region falls on the last ten days of June – the first ten days of July. The maximum yield on average over 4 years was in *Monarda fistulosa* (350±42 g/m²), *Nepeta grandiflora* (363±40 g/m²) and *Dracocephalum moldavica* (440±76 g/m²). Based on the average four-year values, the maximum flavonoid content was noted in peppermint raw materials (3.52%), and in 2017 and 2018 it exceeded 4%. The flavonoid content was 1% and slightly more lower in *Salvia officinalis* (2.62%), *Thymus serpyllum* (2.44%), and *Origanum vulgare* (2.59%). The species 7 of the 14 studied had average values within 2-3%.

Conclusion. Flavonoid accumulation in plants of the Lamiaceae family is species-specific and varies greatly from year to year. Only *Agastache foeniculum* has a stable flavonoid content, as indicated by a variation coefficient below 10%. *Dracocephalum moldavica*, *Monarda fistulosa*, *Thymus vulgaris*, *Thymus serpyllum*, *Origanum vulgare*, and *Satureja hortensis* were been characterized by an average variation coefficient.

KEYWORDS:

medicinal plants, secondary metabolites, medicinal raw materials, flavonoids, Lamiaceae

Введение

Флавоноиды являются одной из важнейших и наиболее многочисленной группой полифенольных фармакологически значимых вторичных метаболитов. В настоящий момент идентифицировано более 8000 соединений флавоноидной природы [1]. Они обладают высокой биологической активностью и оказывают широкий спектр действия на человеческий организм. Особенно ценится антиоксидантный эффект флавоноидов, что делает важными фармацевтическими субстанциями для профилактики таких серьёзных заболеваний как рак, болезнь Альцгеймера, атеросклероз и т. д. [2]. Растительные экстракты, содержащие флавоноиды являются ценным компонентом в различных нутрицевтических, фармацевтических, медицинских и косметических средств. Это связано с их антиоксидантными, противовоспалительными, антимуtagenными и антиканцерогенными свойствами. Они также давно известны как мощные ингибиторы нескольких ферментов, таких как ксантиноксидаза, циклооксигеназа, липоксигеназа и фосфоинозитид 3-киназа [3,4]. Также флавоноиды могут проявлять желчегонное, успокаивающее, спазмолитическое действие. Лю с соавт. [5] сообщили, что байкалеин может подавлять репликацию вируса COVID-19 в клетках, ингибируя основную протеазу тяжелого острого респираторного синдрома коронавируса 2 (SARS-CoV-2). Другие исследования с помощью рентгеновской белковой кристаллографии дали схожие результаты и подтвердили режим связывания байкалеина с 3C-подобной протеазой SARS-CoV-2 [6].

В растении предшественником флавоноидов является аминокислота фенил аланин, из которой путем ступенчатых ферментативных реакций образуются флавоноиды [7]. Флавоноиды выполняют множество функций в растении. Они могут действовать как УФ-протекторы [8], фитоалексины, сигнальные молекулы, регуляторы роста, аллелохимические вещества и детоксифицирующие агенты [9], стимулировать прорастание спор и семян, а также действовать как аттрактанты опылителей. Флавоноиды, такие как кверцетин и рутин, могут защищать растительные мембраны от окислительного стресса [10].

Для многих видов характерна внутривидовая изменчивость по содержанию флавоноидов, а также их различный состав в зависимости от органа растения [11,12]. Накопление максимального количества флавоноидов связано с определённой фазой развития растения [13]. Содержание флавоноидов во многом зависит не только от наследственных факторов [14], но и абиотических условий, таких как температура, влажность воздуха, осадки, состав почвы, а также от географических факторов, в частности высоты над уровнем моря, широтности и связанным с ней спектральным составом света, числом солнечных дней и интенсивности ультрафиолетового спектра [15,16]. Сведения, касающиеся влияния почвенно-климатических условий на накопление флавоноидов многочисленны, но не системны. Зачастую указываются противоположные условия, как способствующие биосинтезу флавоноидов. В подходе к изучению влияния интенсивности света и качества на фотосинтез и накопление флавоноидов в гинкго билоба [17] обнаружено, что изучаемое растение накапливает флавоноиды при низком уровне УФ-излучения. Su с соавторами [18] зафиксировали, что *Erigeron breviscapus* при снижении интенсивности света снижает накопление флавоноидов. Высокая интенсивность света благоприятствует выработке ауксина, который контролирует процесс гликозилирования

флавоноидов в соответствии с интенсивностью света [19]. Относительно накопления фенольных соединений в литературе встречается мнение, что во многих случаях они являются реакцией на стресс [20]. Разница по содержанию некоторых соединений в зависимости от условий года в одном и том же растении может превышать два и более раза. Оценка таксонов по стабильности содержания целевых соединений в разные по погодным условиям годы и выявление наиболее предсказуемых по этому параметру видов является актуальной проблемой лекарственного растениеводства. Соответственно для лекарственных и эфирномасличных растений важно иметь возможность спрогнозировать качественные показатели сырья в зависимости от указанных факторов и, при необходимости, скорректировать их сроком уборки, обработкой регуляторами роста и т.д.

Семейство Яснотковые, одно из самых многочисленных среди двудольных растений, включает большое число хозяйственно значимых видов, как лекарственных, так и эфирномасличных. Флавоноиды в представителях этого семейства представлены как широко распространёнными рутином, гиперозидом, цинарозидом, лютеолином, кверцетином, апигенином и их производными [21,22], так и специфическими соединениями как, например, байкалеин и скутелларин у шлемника байкальского [23].

Таким образом целью работы является сравнительная оценка представителей семейства Яснотковые по стабильности состава сырья в зависимости от условий года, что позволит прогнозировать качество сырья.

Методы и материалы

В наших опытах все растения выращивали в одной географической точке, на опытном поле учебно-научно-производственного центра садоводства и овощеводства имени В.И. Эдельштейна и, соответственно, в одинаковых условиях. Почва дерново-подзолистая, среднесуглинистая, хорошо оструктуренная с глубиной пахотного горизонта 20-22 см. Содержание гумуса – 2,9%, подвижного фосфора P_2O_5 – 240 мг/кг, подвижного калия K_2O -180 мг/кг, pH 6,6. Уборку растений проводили, исходя из сроков наступления технической спелости, то есть одновременно и, соответственно, при разных погодных условиях. Следовательно, этот фактор тоже оказывал влияние на содержание фармакологически значимых соединений. Урожайность определяли в 4-х кратной повторности, размер учётной делянки 0,66 м² (1 погонный метр при междурядьях 60 см). Сумму флавоноидов определяли спектрофотометрическим методом (спектрофотометр «Shimadsu»). Принцип метода определения суммарного содержания флавоноидов и флавонов основан на образовании кислотоустойчивых комплексов алюминия(III) с кето-группой C-4 и/или C-3-, C-5-гидроксильными группами флавонов и флавонолов, имеющих максимумы поглощения в диапазоне длин волн 415–440 нм. Стандарт – рутин тригидрат 95%-й («Sigma»), CAS: 20767150-9 [24]. Статистическая обработка полученных результатов проведена с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

У выбранных для исследования видов оптимальным сроком уборки является период начала-массового цветения, который в условиях Московской области приходится на последнюю декаду июня- первую декаду июля. На рисунке 1 представлена урожайность культур в годы исследований.

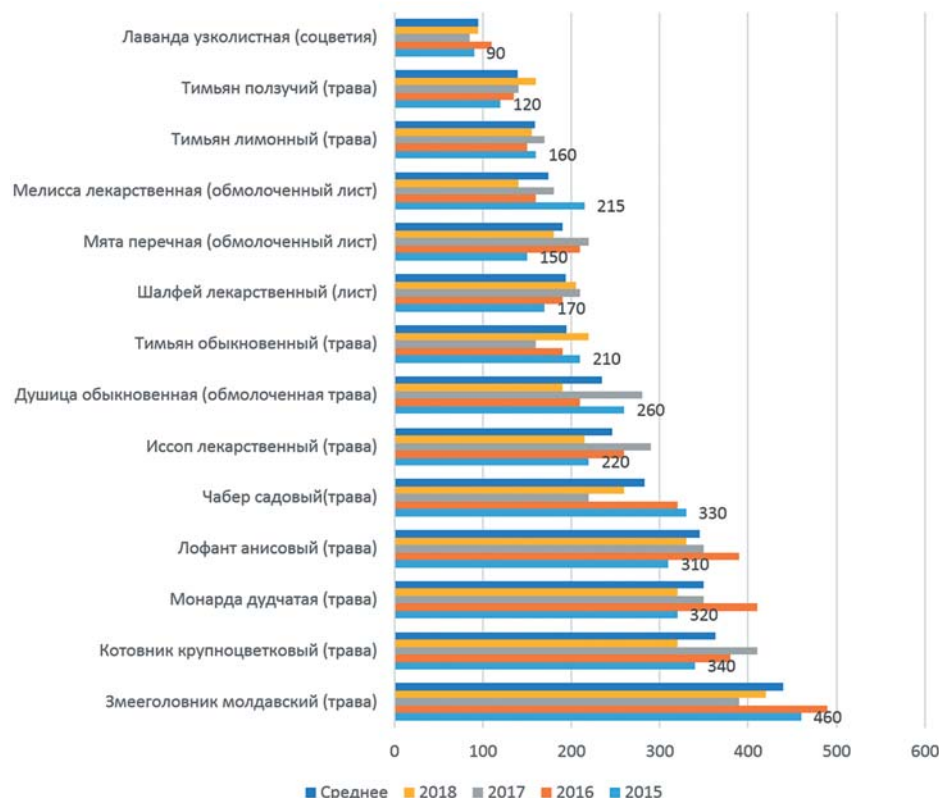


Рис. 1. Урожайность сырья изучаемых видов в фазу технической спелости, г/м² (средние значения по годам)
Fig. 1. Yield of raw materials of the studied species in the phase of technical maturity, g/m² (average values by year)

Как видно на диаграмме, сбор сырья у изучаемых культур соответствовал таковому для Московской и близлежащих областей, но был значительно ниже, чем указывают для южных регионов промышленного выращивания некоторых из них [25,26]. Минимальная урожайность наблюдается у лаванды, что связано с тем, что ее сырьём являются только соцветия. Максимальная урожайность в среднем за 4 года была у монарды дудчатой (350 ± 42 г/м²), котовника крупноцветкового (363 ± 40 г/м²) и змеиголовника молдавского (440 ± 76 г/м²). У некоторых видов отмечены значительные колебания урожайности по годам. При этом из рис. 1 видно, что урожайность многолетников не всегда увеличивалась с

возрастом растения, а в значительной степени зависела от погодных условий. В частности, 2017 год был критичным для однолетних культур, которые удалось посеять только в конце мая. Соответственно позднее появление всходов и замедленный рост привели к тому, что, во-первых, к сокращению периода от посева до цветения и соответственно времени формирования биомассы, а во-вторых уборка приходилась на менее благоприятный период – начало-конец августа. У лопуха анисового, выращиваемого в однолетней культуре и высаживаемого через рассаду, урожайность менялась слабо, что подтверждает коэффициент вариации (рис.2). С другой стороны, для многолетних культур холод-

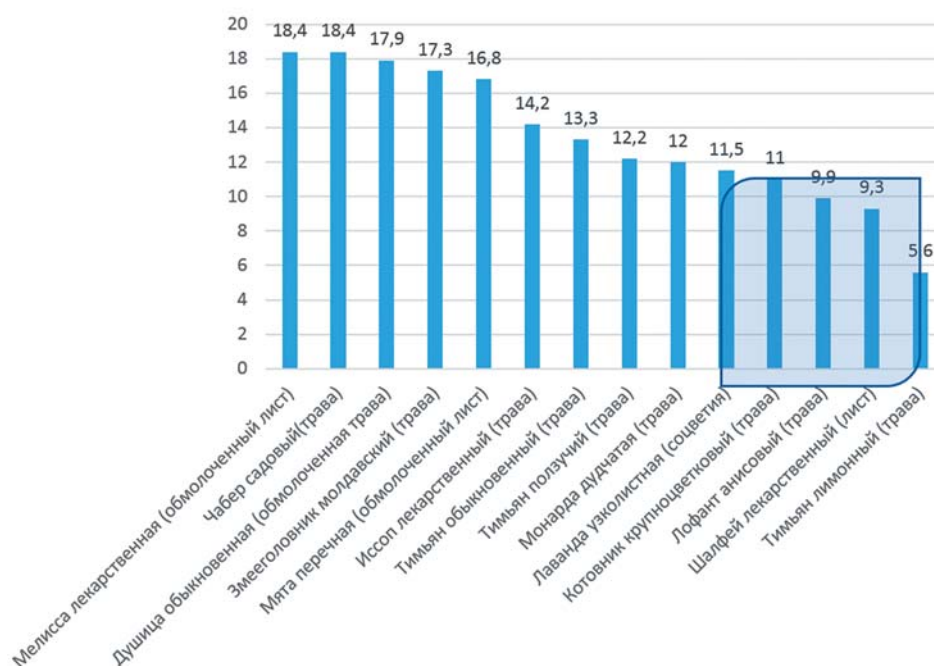


Рис. 2. Коэффициент вариации урожайности изучаемых культур
Fig. 2. Coefficient of variation of crop yields of the studied crops

ное и влажное начало лета было достаточно благоприятно, хотя у некоторых из них наблюдалось более позднее цветение.

При анализе коэффициента вариации (рисунок 2) для всех культур выявлено, что он находился в пределах от 5,6% у тимьяна лимонного до 18,4% у чабера садового и мелиссы лекарственной. Однако в большинстве случаев не зависимо от культуры он укладывался в диапазон 11-18%. Варьирование считается слабым при $C_v \leq 10\%$, средним - при C_v от 11 до 25% и сильным - при $C_v > 25\%$. Как мы видим из диаграммы (рис.2) 3 вида имеют слабое варьирование, а остальные характеризовались сильным варьированием.

Слабым варьированием характеризовались тимьян лимонный (5,6%), шалфей лекарственный (9,3%) и котовник крупноцветковый (9,6%).

В целом представители семейства Яснотковые характеризуются высоким содержанием полифенолов [27], но флавоноиды составляют от 1/3 до 1/5 от суммы фенольных соединений. Учитывая, что синтез большинства фенольных соединений идёт по шикиматному пути, расхождения у разных видов в пользу определённых соединений начинается на разных этапах, которые контролируются разными ферментами и требуют различных условий. Флавоноиды единственная группа, в синтезе представителей которой участвует и шикиматный и мевалонатный путь. Вероятно, у эфирномасличных растений идёт конкуренция за продукты терпеноидного обмена между эфирными маслами и флавоноидами, что в конечном итоге приводит к относительно невысокому содержанию флавоноидов в высокомасличных растениях.

В таблице представлено содержание флавоноидов в сырье изучаемых видов в фазе технической спелости. Как уже было упомянуто в обзоре литературы, флавоноиды в Яснотковых представлены в значительной степени производными лютеолина и апигенина, а также рутина и кверцетина.

Исходя из средних четырёхлетних значений максимальное содержание флавоноидов отмечено в сырье мяты перечной (3,52%), а в 2017 и 2018 годах превышало 4%. На 1 % ниже и

чуть более было содержание флавоноидов у шалфея лекарственного (2,62%), тимьяна ползучего (2,44%), душицы обыкновенной (2,59 %). Из 14 изучаемых культур у 7 средние значения находились в пределах 2-3%. По данным литературы их содержание может находиться в пределах 2,5-3,5% [28,29], что говорит о том, что в условиях Московской области их значения являются относительно высокими и соответствуют показателям сырья южного происхождения или превосходят их. Вероятно, это связано с тем, что активное образование флавоноидов наблюдается именно при пониженных температурах, в то время как при высокотемпературном стрессе содержание флавоноидов изменяется в меньшей степени и часто в сторону понижения значений.

Как видно из таблицы 1, условия года существенно влияли на содержание флавоноидов. Так в 2015 году содержание флавоноидов было почти в полтора раза больше, чем в 2016 году (2,29 и 1,54% соответственно). Интересно отметить, что, относясь к фенольным соединениям, флавоноиды накапливались в максимальных количествах в сырье в 2015 году, когда содержание суммы фенольных соединений в целом было близко к среднему значению. Достаточно большие значения у большинства видов были и в 2018 году. Это хорошо видно на рис.3.

Исходя из анализа полученных результатов, можно сказать, что для максимального накопления флавоноидов изучаемым эфирноносам необходимы повышенные температуры, повышенная инсоляция и небольшое количество осадков в период, предшествующий уборке, что было отмечено в 2015 году.

Если проанализировать полученные результаты по годам у отдельных видов растений, то видно, какие из видов характеризовались наибольшей вариабельностью по содержанию флавоноидов.

На рисунке 3 хорошо видно, какие виды сильно отличаются по стабильности содержания флавоноидов, что можно связать видоспецифичной реакцией на погодные условия на момент сбора.

К наиболее вариабельным по содержанию флавоноидов

Таблица 1. Содержание флавоноидов в сырье растений в фазу технической спелости, %
Table 1. Content of flavonoids in plant raw materials at the stage of technical maturity, %

Вид	Содержание флавоноидов в фазу технической спелости, %				
	2015	2016	2017	2018	Среднее многолетнее значение
Мята перечная	4,49±0,08a	3,04±0,04	4,68±0,05	1,88±0,03	3,52 ±1,32
Шалфей лекарственный	3,41±0,04	2,97±0,05	1,75±0,04	2,36±0,03	2,62 ±0,72
Душица обыкновенная	2,75±0,09	2,15±0,06	2,50±0,04	2,98±0,01	2,59 ±0,355
Тимьян ползучий	2,96±0,04	1,90±0,03	2,37±0,04	2,54±0,04	2,44 ±0,44
Тимьян лимонный	3,12±0,05	1,63±0,05	1,75±0,04	2,16±0,04	2,17 ±0,68
Тимьян обыкновенный	2,83±0,06	1,64±0,05	2,26±0,04	2,34±0,04	2,27 ± 0,49
Чабер садовый	2,68±0,08	2,05±0,05	2,55±0,04	2,24±0,05	2,38 ± 0,29
Лопух анисовый	2,50±0,05	2,03±0,04	2,17±0,04	2,44±0,05	2,29 ± 0,22
Монарда дудчатая	2,04±0,05	1,42±0,04	1,85±0,03	2,44±0,02	1,94 ± 0,423
Мелисса лекарственная	1,14±0,03	0,82±0,05	1,55±0,03	1,95±0,02	1,37 ± 0,49
Котовник крупноцветковый	1,34±0,07	0,49±0,03	1,59±0,04	1,36±0,02	1,20 ± 0,48
Иссоп лекарственный	1,16±0,06	0,55±0,06	0,79±0,05	1,29±0,03	0,95 ± 0,34
Змеиголовник молдавский	0,95±0,05	0,56±0,05	0,82±0,05	0,93±0,03	0,82 ± 0,18
Лаванда узколистная	0,70±0,06	0,30±0,03	0,60±0,03	1,01±0,04	0,65 ± 0,29

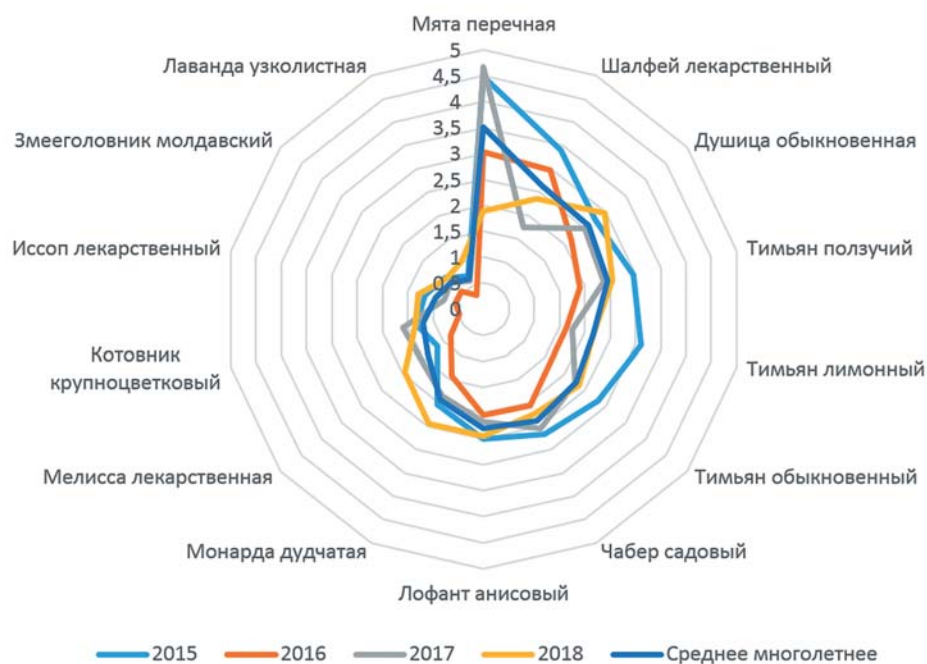


Рис. 3. Содержание флавоноидов в сырье растений в фазу технической спелости, %
Fig. 3. Content of flavonoids in plant raw materials at the stage of technical maturity, %

видам можно отнести мяту перечную (1,88 и 4,49%) и шалфей лекарственный (1,07 и 2,21 %), у которых разница между отдельными годами достигала 2-х раз. К наиболее стабильным видам можно отнести лобант анисовый (2,03 и 2,44 %), чабер садовый (2,05 и 2,68 %). Вариабельность в этом показателе по годам хорошо заметна по средним значениям: от 1,54% в 2016 году до 2,29% в 2015 году. Но не все виды именно в эти годы содержали минимальное и максимальное количество флавоноидов, что объясняется видоспецифичной реакцией на погодные условия. На рис. 4 показан коэффициент вариации этого показателя для различных видов.

Как показали наши исследования, при сильном воздействии внешних условий на накопление фармакологически значимых соединений, у некоторых видов наблюдалось довольно стабильное их содержание, что подтверждается низким коэффициентом вариации (рис.4). Это лишний раз подчеркивает значимость генетических факторов при синтезе веществ вторичного метаболизма. Но анализируя большое число видов, можно прийти к выводу, что существует определённая тенденция и у большинства таксонов для накопления каждой группы соединений нужны определённые условия, в частности в отличие от эфирно-

го масла накопление флавоноидов может быть выше при пониженных температурах на фоне умеренных осадков. К относительно стабильным видам по содержанию флавоноидов можно отнести только лобант анисовый ($C_v=9,69\%$). Змееголовник молдавский ($C_v=21,8\%$), монарда дудчатая ($C_v=21,8\%$), тимьян обыкновенный ($C_v=21,5\%$), тимьян ползучий ($C_v=17,9\%$), душица обыкновенная ($C_v=13,7\%$) и чабер садовый ($C_v=12,1\%$) остальные виды характеризовались высоким коэффициентом вариации, что говорит о сильной зависимости качества сырья от погодных условий.

Заключение

Накопление флавоноидов в растениях из семейства Яснотковые видоспецифично и у многих растений сильно варьирует по годам. Только лобант анисовый из 14 характеризовался стабильным содержанием флавоноидов, на что указывает коэффициент вариации ниже 10%. Змееголовник молдавский, монарда дудчатая, тимьян обыкновенный, тимьян ползучий, душица обыкновенная и чабер садовый характеризовались средним коэффициентом вариации. Остальные виды характеризовались сильной изменчивостью содержания флавоноидов в зависимости от погодных условий.

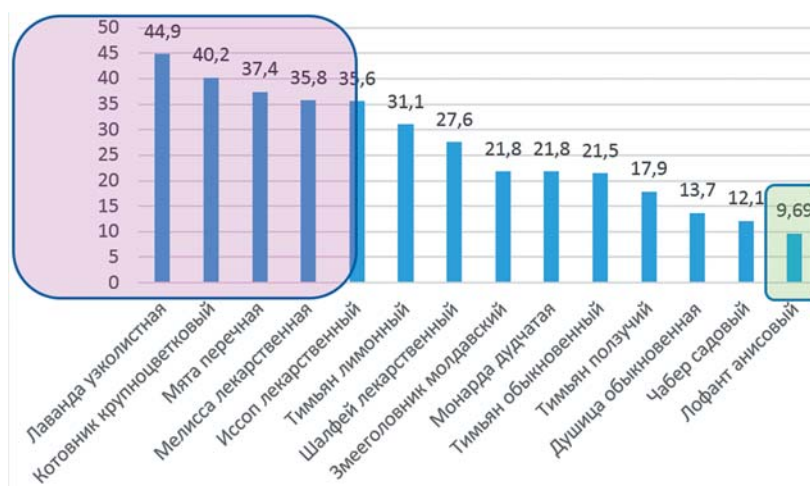


Рис. 4. Коэффициент вариации (C_v) содержания флавоноидов, %
Fig. 4. Variation coefficient (V_c) of flavonoid content, %

• Литература

1. Hänsel R., Sticher O. Pharmakognosie. Phytopharmazie. 9. Auflage. Springer Medizin Verlag, Heidelberg. 2009:1098–1152. ISBN 978-3-642-00962-4.
2. Burak M. & Imen Y. Flavonoids and their antioxidant properties. *Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences*. 1999;19:296–304.
3. Metodiowa D., Kochman A., Karolczak S. Evidence for antiradical and antioxidant properties of four biologically active N, N, diethylaminoethyl ethers of flavanone oximes: a comparison with natural polyphenolic flavonoid (rutin) action. *Biochemistry and Molecular Biology International*. 1997;41:1067–1075.
4. Walker E., Pacold M., Perisic O., et al. Structural determinations of phosphoinositide 3-kinase inhibition by wortmannin, LY294002, quercetin, myricetin, and staurosporine. *Molecular Cell*. 2000;6:909–919.
5. Liu H., Ye F., Sun Q., Liang H., Li C., Li S., et al. *Scutellaria baicalensis* extract and baicalene inhibit replication of SARS-CoV-2 and its 3C-like protease *in vitro*. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*. 2021;36:497–503. <https://doi.org/10.1080/14756366.2021.1873977>
6. Su H.X., Yao S., Zhao W.F., Li M.J., Liu J., Shang W.J., et al. Anti-SARS-CoV-2 activities *in vitro* of Shuanghuanglian preparations and bioactive ingredients. *Acta Pharmacologica Sinica*. 2020;41:1167–1177. <https://doi.org/10.1038/s41401-020-0483-6>
7. Pei T., Yan M., Huang Y., Wei Y., Martin C. and Zhao Q. Specific Flavonoids and Their Biosynthetic Pathway in *Scutellaria baicalensis*. *Frontiers in Plant Science*. 2022;13:866282. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.866282>
8. Martínez-Lüscher J., Torres N., Hilbert G., Richard T., Sánchez-Díaz M., Delrot S., et al. Ultraviolet B radiation modifies the quantitative and qualitative profile of flavonoids and amino acids in grape berries. *Phytochemistry*. 2014;102:106–114. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2014.03.014>
9. Müller V., Albert A., Winkler J. B., Lankes C., Noga G., & Hunsche, M. Ecologically relevant UV-B dose combined with high PAR intensity distinctly affect plant growth and accumulation of secondary metabolites in leaves of *Centella asiatica* L. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 2013;127:161–169. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2013.08.014>
10. Idris A., Cuevas Linatoc A., Fadzelly M., Takai Z. I. and Audu Y. Effect of Light Quality and Quantity on the Accumulation of Flavonoid in Plant Species. *Journal of Science and Technology*. 2018;10(3):32–45. <https://doi.org/10.30880/jst.2018.10.03.006>
11. Del Valle J.C., Buide M.L., Casimiro-Soriguer I., Whittall J.B. and Narbona E. On flavonoid accumulation in different plant parts: variation patterns among individuals and populations in the shore campion (*Silene littorea*). *Front. Plant Sci*. 2015;6:939. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00939>
12. Pei T., Yan M., Huang Y., Wei Y., Martin C. and Zhao Q. Specific Flavonoids and Their Biosynthetic Pathway in *Scutellaria baicalensis*. *Frontiers in Plant Science*. 2022;13:866282. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.866282>
13. Жукова О.Л., Абрамов А.А., Даргаева Т.Д. Маркарян А.А. Изучение фенольного состава подземных органов сабельника болотного. *Вестник МГУ. Сер. Химия*. 2006;47(5):342–345.
14. Антоненко М.С., Зуйкова Е.Ю., Дул В.Н., Маланкина Е.Л. Особенности накопления флавоноидов в сырье кипрея узколистного (*Epilobium angustifolium* L.) в зависимости от происхождения и морфологической группы сырья. *Овощи России*. 2023;1:38–43. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-1-38-43> <https://elibrary.ru/urkpvc>
15. Sytar O., Zivcak M., Bruckova K., Brestic M., et al. Shift in Accumulation of Flavonoids and Phenolic Acids in Lettuce Attributable to Changes in Ultraviolet Radiation and Temperature. *Scientia Horticulturae*. 2018;239:193–204. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.05.020>
16. Mykhailenko O., Gudžinskas Z., Kovalyov V., Desenko V., Ivanauskas L., Bezruk I., et al. Effect of Ecological Factors on the Accumulation of Phenolic Compounds in Iris Species from Latvia, Lithuania and Ukraine. *Phytochemical Analysis*. 2020;31(5):545–563. <https://doi.org/10.1002/pca.2918>
17. Leng P., Su S., Wang T., Jiang X., & Wang S. Effects of light intensity and light quality on photosynthesis, flavonol glycoside and terpene lactone contents of *Ginkgo biloba* L. seedlings. *Journal of Plant Resources and Environment*. 2002;(11):1–4.
18. Su, W., Zhang G., Li X., Gu F., Shi B. Effect of light intensity and light quality on growth and total flavonoid accumulation of *Erigeron breviscapus*. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*. 2006;37:1244.
19. Hectors K., van Oevelen S., Guisez Y., Prinsen E., Jansen M.A. The phytohormone auxin is a component of the regulatory system that controls UV-mediated accumulation of flavonoids and UV-induced morphogenesis. *Physiologia plantarum*. 2012;145:594–603. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01590.x>
20. Isah T. Stress and defense responses in plant secondary metabolites production. *Biological Research*. 2019;52(1):39. <https://doi.org/10.1186/s40659-019-0246-3>
21. Маланкина Е.Л., Ткачёва Е.Н., Козловская Л.Н. Лекарственные растения семейства Яснотковые (*Lamiaceae*) как источники флавоноидов. *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2018;21(1):30–35. <https://doi.org/10.29296/25877313-2018-01-06>
22. Попов И.В., Чумакова В.В., Попова О.И., Чумаков В.Ф. Биологически активные вещества, проявляющие антиоксидантную активность, некоторых представителей семейства Lamiaceae, культивируемых в Ставропольском крае. *Химия растительного сырья*. 2019;4:163–172. <https://doi.org/10.14258/jcpm.2019045200> <https://elibrary.ru/ulywbc>
23. Grebennikova O.A., Paliy A.Ye., Logvinenko L.A. Biologically active substances of *Scutellaria baicalensis* Georgi of Nikita Botanical Gardens collection. *Bulletin of the state Nikita botanical gardens*. 2015;117: 60–66
24. Тутельян В.А. Методы анализа минорных биологически активных веществ пищи / под ред. В.А. Тутельяна, К.И. Эллера. М., 2010. 180 с.
25. Воронина Е.П., Горбунов Ю. Н., Горбунова Е.О. Новые ароматические растения для Нечерноземья. М.: Наука, 2001. 172 с.
26. Маланкина, Е. Л. Агробиологическое обоснование повышения продуктивности эфиромасличных растений из семейства яснотковые (*Lamiaceae* L.) в Нечерноземной зоне России. Москва, 2007. 343 с. EDN QDXVEH.
27. Ткачёва Е.Н. Особенности накопления биологически активных веществ с антиоксидантной активностью представителями семейства Яснотковые (*Lamiaceae*). 2022. 170 с. EDN KGEXXY.
28. Peshkova V. A. and Mirovich V. M. Flavonoids of *Origanum vulgare*. *Chemistry of Natural Compounds*. 1984;4:552. <https://doi.org/10.1007/BF00574347>
29. Kharazian N. Identification of flavonoids in leaves of seven wild growing *Salvia* L. (*Lamiaceae*) species from Iran. *Progress in Biological Sciences*. 2013;3(2):81–93.

•References

13. Zhukova O.L., Abramov A.A., Dargaeva T.D., Markarian A.A. Study on the phenol composition of the *Camarum polustre* soil covered organs. *Moscow University Chemistry Bulletin. Chemistry*. 2006;47(5):342–345.
14. Antonenko M.S., Zuykova E.Yu., Dul V.N., Malankina E.L. Accumulation of flavonoids in the *Epilobium angustifolium* L. raw material depending on the places of collection and part of the plant. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(1):38–43. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-1-38-43> <https://elibrary.ru/urkpvc>
21. Malankina E.L., Tkacheva E.N., Kozlovskaya L.N. Medicinal plants of the Lamiaceae family as sources of flavonoids. *Bulletin of biological, medical and pharmaceutical chemistry*. 2018;21(1):30–35. (In Russ.) <https://doi.org/10.29296/25877313-2018-01-06>
22. Popov I.V., Chumakova V.V., Popova O.I., Chumakov V.F. Biologically active substances exhibiting antioxidant activity of some representatives of the Lamiaceae family cultivated in the Stavropol Territory. *Khimija rastitel'nogo syr'ya*. 2019;4:163–172. (In Russ.) <https://doi.org/10.14258/jcpm.2019045200> <https://elibrary.ru/ulywbc>
24. Tutelyan V.A., Eller K.I. Methods of analysis of minor biologically active substances of food. М., 2010. 180 p. (In Russ.)
25. Voronina E.P., Gorbunov Yu. N., Gorbunova E.O. New aromatic plants for the Non-Black Earth Region. М.: Science, 2001. 172 p. (In Russ.)
26. Malankina E.L. Agrobiological substantiation of increasing the productivity of essential oil plants from the Lamiaceae L. family in the Non-Chernozem zone of Russia. Moscow, 2007. 343 p. (In Russ.) EDN QDXVEH.
27. Tkacheva E.N. Features of accumulation of biologically active substances with antioxidant activity by representatives of the Lamiaceae family. 170 c. (In Russ.) EDN KGEXXY.

Об авторах:

Еремеева Елена Николаевна – кандидат с.-х. наук, преподаватель, Researcher ID: 1186550, SPIN-код: 6127-1220, e.tkacheva@rgau-msha.ru

Елена Львовна Маланкина – доктор с.-х. наук, профессор, Researcher ID: 375217, <https://orcid.org/0000-0003-0646-6904>, SPIN-код: 5366-8557, gandurina@mail.ru

About the Authors:

Elena N. Eremeeva – Cand. Sci. (Agriculture), Researcher ID: 1186550, SPIN-code: 6127-1220, e.tkacheva@rgau-msha.ru

Elena L. Malankina – Dr. Sci. (Agriculture), Prof., <https://orcid.org/0000-0003-0646-6904>, SPIN-code: 5366-8557, gandurina@mail.ru