

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ НАКОПЛЕНИЯ ФЛАВОНОИДОВ ТРАВой ТЫСЯЧЕЛИСТНИКА ОБЫКНОВЕННОГО СИНАНТРОПНОЙ ФЛОРЫ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю.А. Селиванова, А.И. Сливкин, Н.А. Дьякова, А.А. Вервикина

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 13.10.2022 г.

Аннотация. Большинство эксплуатируемых ресурсов дикорастущих лекарственных растений расположено в зоне активной хозяйственной деятельности человека, на доступных в транспортном отношении территориях. Антропогенное воздействие на лекарственные растения является важным фактором, который оказывает влияние на синтез вторичных метаболитов. В экстремальных и стрессовых условиях важным механизмом устойчивости растений является активизация биохимической системы антиоксидантной защиты, в которую входит большое число компонентов в том числе фенольные соединения. Целью исследования являлось изучение особенностей накопления флавоноидов в траве тысячелистника обыкновенного синантропной флоры Ростовской области. Заготовку травы тысячелистника обыкновенного проводили около крупной автомагистрали М-21 (IA категории), нескоростной автомобильной дороги (IV категории) с неоживленным движением и железнодорожной магистрали Северо-Кавказской железной дороги. Отбор образцов проводили на расстоянии от 1 до 300 метров с шагом в 100 метров. Выбор территорий для отбора образцов лекарственного растительного сырья объясняется отсутствием достоверной информации о накоплении биологически активных веществ в растительном сырье в зависимости от удаленности от автомагистралей и железных дорог. Определение содержания суммы флавоноидов в пересчете на лютеолин в собранных образцах травы тысячелистника обыкновенного вели по стандартной фармакопейной методике на спектрофотометре СФ-2000. Все собранное лекарственное растительное сырье тысячелистника обыкновенного удовлетворяет требованиям ГФ XIV по содержанию флавоноидов в пересчете на лютеолин, кроме образца, заготовленного на территории, примыкающей к автомобильной трассе М-21. По проведенным исследованиям можно сделать вывод, что увеличение содержания фенольных веществ в растениях является реакцией на умеренное воздействие неблагоприятных факторов, которые характеризуются выбросом в окружающую среду различных экотоксикантов. Однако в условиях комплексного токсического стресса (вблизи автомагистрали IA категории с высокой транспортной проходимостью и железнодорожной магистрали) возможно угнетение антиоксидантной системы растений, выражающееся подавлением выработки полифенолов. Данные выводы коррелируют с исследованиями, проведенными на примере тысячелистника обыкновенного, заготовленным в идентичных условиях в Воронежской области, что позволяет судить о выявлении общих закономерностей индукции и ингибирования биосинтеза флавоноидных соединений в различных экотопах существования растения.

Ключевые слова: Ростовская область, тысячелистник обыкновенный, флавоноиды, лютеолин.

В последние годы как в нашей стране, так и за рубежом наблюдается устойчивая тенденция роста использования лекарственных препаратов и биологически активных добавок природного происхождения, особенно растительного. Высокий интерес к препаратам на основе лекарственного растительного сырья связан прежде всего с

мягкостью и широтой терапевтического действия, возможностью минимизации побочных действий и аллергизации, возможность длительного приема лекарственных растительных препаратов, что особенно актуально при хронических заболеваниях, а также значительной эффективностью и относительной безвредностью [1, 2].

Однако, большинство эксплуатируемых ресурсов дикорастущих лекарственных растений расположено в зоне активной хозяйственной де-

тельности человека, на доступных в транспортном отношении территориях. К ним относятся зоны, прилегающие к населенным пунктам, автомобильным и железным дорогам, сельскохозяйственным полям и фермам, промышленным предприятиям. Произрастая в неблагоприятных экологических условиях, растения накапливают не только несвойственные для них химические вещества, но и биологически активные вещества в несвойственных растениям концентрациях. В связи с этим комплексная региональная оценка эколого-гигиенического состояния сырьевой базы лекарственных растений является актуальной и значимой [3, 4].

Ростовская область является одним из важных поставщиков лекарственного растительного сырья Южного Федерального округа России. На территории региона заготавливается 48 видов лекарственных растений из 23 семейств [5]. В течение последних нескольких лет количество автомобильного транспорта в Ростовской области возросло, соответственно, произошло увеличение площади твёрдого покрытия дорог, что безусловно влияло на динамику антропогенной нагрузки на прилегающие территории [6]. Поэтому исследование синантропной флоры региона является важной задачей в рассмотрении проблемы фармацевтической экологии ЛРС в целом.

Неоднозначным и малоисследованным аспектом антропогенного воздействия на растительный организм является тот факт, что в ответ на загрязнение окружающей среды индуцируется дополнительный синтез вторичных метаболитов, которые выполняют функцию адаптогенов растения к изменяющимся условиям [7, 8]. К таким соединениям относятся аминокислоты, органические кислоты, различные фенольные соединения [9]. Некоторые вторичные метаболиты могут выступать хелаторами и активно участвовать в детоксикации поллютантов в растительном организме. Главную роль среди таких вторичных метаболитов играют флавоноиды, повышение их содержания является неспецифической реакцией на негативное воздействие окружающей среды [10, 11].

Тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.) является видом лекарственного растения, сырье которого заготавливается от дикорастущих особей. Он представляет собой многолетнее травянистое растение с ползучим корневищем и прямостоячими стеблями высотой 20-60 см. Произрастает предпочтительно на сухих лугах, степных склонах, опушках леса, часто встречается как

сорняк по краям полей и дорог [12]. Установлено, что тысячелистник обыкновенный обладает кровоостанавливающим, ранозаживляющим, противовоспалительным, спазмолитическим, противоаллергическим, бактерицидным свойствами. Препараты тысячелистника, содержащие ароматические горечи, стимулируют секрецию пищеварительных желез. [12, 13]. Столь широкое применение вызвано богатым химическим составом травы тысячелистника обыкновенного. Большую часть биологически активных веществ составляют эфирное масло, основным компонентом которого является хамазулен, флавоноиды, среди которых важное значение имеет лютеолин, алкалоиды, витамин К и С, макро- и микроэлементы [12].

Цель исследования — изучение накопления флавоноидов в траве тысячелистника обыкновенного синантропной флоры Ростовской области на примере Морозовского района.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения исследования было определено несколько территорий отбора образцов ЛРС в Морозовском районе Ростовской области (рис. 1). Заготовку травы тысячелистника обыкновенного проводили около крупной автомагистрали М-21 (IА категории), нескоростной автомобильной дороги (IV категории) с неживленным движением и железнодорожной магистрали Северо-Кавказской железной дороги. Отбор образцов проводили на расстоянии от 1 до 300 метров с шагом в 100 метров. Выбор территорий для отбора образцов лекарственного растительного сырья объясняется отсутствием достоверной информации о накоплении биологиче-

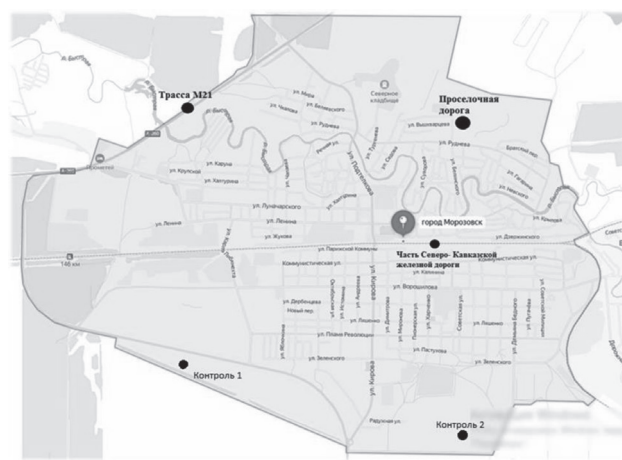


Рис. 1. Карта отбора образцов травы тысячелистника обыкновенного на территории Ростовской области

ски активных веществ в растительном сырье в зависимости от удаленности от автомагистралей и железных дорог. Кроме основных точек заготовки сбор травы тысячелистника обыкновенного проводили в экологически чистых местностях, находящихся в значительной удаленности от объектов антропогенного воздействия (зоны контроля).

Сбор и сушку травы тысячелистника обыкновенного проводили по всем правилам заготовки лекарственного растительного сырья, во время цветения растения, в сухую погоду (начало июля 2021 года), срезая секатором верхушки побегов длиной до 15 см, без грубых лишенных листьев оснований стеблей. Определение содержания суммы флавоноидов в пересчете на лютеолин в собранных образцах травы тысячелистника обыкновенного вели по стандартной фармакопейной методике [14] на спектрофотометре СФ-2000. Каждое определение проводили троекратно. Данные, полученные в ходе исследований, статистически обрабатывали с помощью программы «Microsoft Excel».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные значения содержания суммы флавоноидов в пересчете на лютеолин в траве тысячелистника обыкновенного приведены в таблице 1 и на рис. 2.

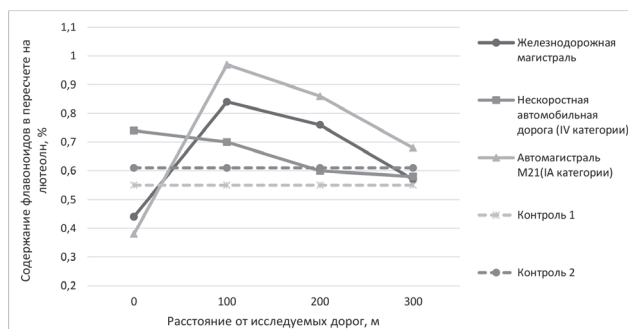


Рис. 2. Содержание флавоноидов в пересчете на лютеолин в траве тысячелистника обыкновенного синантропной флоры Морозовского района Ростовской области

По результатам проведенных исследований все собранное лекарственное растительное сырье тысячелистника обыкновенного удовлетворяет требованиям ГФ XIV по содержанию флавоноидов в пересчете на лютеолин, кроме образца, заготовленного на территории, примыкающей к автомобильной трассе М-21.

Содержание флавоноидов в пересчете на лютеолин в траве тысячелистника обыкновенного в экологически чистом месте составило 0.55-0.61%, что почти в 1,5 раза превышает нижнее числовое значение по содержанию флавоноидов, указанное в ГФ XIV. При этом, для большинства исследуемых образцов придорожной зоны заготовки содержание исследуемой группы соединения фенолов превышало их уровень накопления в ЛРС контрольных зон, варьируя в диапазоне от 0.44% до 0.97%. Полученные результаты можно объяснить биохимическим механизмом приспособления растения к воздействию стресса из окружающей среды, в ответ на который в данном случае происходит индукция синтеза флавоноидов, которые могут служить хелаторами и участвовать в детоксикации экотоксикантов наравне с аминокислотами, органическими кислотами и пептидами [10, 15, 16]. Лютеолин, как и другие флавонолы, снижает риск окислительных повреждений клеток растений за счет уменьшения количества активных форм кислорода [17]. Такую реакцию можно считать способом естественной защиты растения от воздействия негативных факторов и условий окружающей среды, вызванных антропогенным вмешательством [18, 19].

В образцах травы тысячелистника обыкновенного, заготовленной на удалении 300 метров от Северо-Кавказской железной дороги и 200-300 метров от нескоростной автомобильной дороги концентрация флавоноидов приближалась к числовым значениям для ЛРС контрольных территорий. В Воронежской области похожие данные были отмечены только у сырья, заготовленного на удалении 100-200 метров от железной до-

Таблица 1

Содержание суммы флавоноидов в пересчете на лютеолин в образцах трав тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium L.*) Ростовской области, %

Район сбора	Расстояние удаленности от дорог			
	0 м	100 м	200 м	300 м
Железнодорожная магистраль Северо-Кавказской железной дороги	0.44±0.05	0.84±0.05	0.76±0.04	0.57±0.05
Нескоростная автомобильная дорога (IV категории)	0.74±0.03	0.70±0.07	0.60±0.06	0.58±0.07
Автомагистраль М-21 (IA категории)	0.38±0.02	0.97±0.05	0.86±0.02%	0.68±0.03
Контроль 1	0.55±0.02			
Контроль 2	0.61±0.03			
Числовой показатель по ГФ XIV	не менее 0.4			

роги. Очевидно, что при удалении от источника загрязнения и уменьшении влияния стрессовых факторов на растение, биосинтез полифеноловых соединений постепенно снижается и приходит в соответствие с территориями, лишенными антропогенного воздействия.

Наиболее низкий уровень накопления флавоноидов в пересчете на лютеолин отмечен в образце травы тысячелистника обыкновенного, заготовленной вдоль трассы М21 и Северо-Кавказской железнодорожной магистрали. Однако при удалении от данных автомагистралей на 100 метров содержание флавоноидов резко возрастает и в дальнейшем постепенно уменьшается, но находится в пределах в 1.5 раза больше значений, полученных на контрольных территориях и в 1.5-2.5 раз больше нижнего значения, установленного в ГФ XIV издания. Идентичной зависимости для сырья, собранного в различных точках Воронежской области, не наблюдается. Однако, отмечено, что в сырье, заготовленном у придорожной зоны трассы М-4 в Воронежской области содержание флавоноидов постепенно увеличивается в процессе удаленности от автотрассы. При этом содержание флавоноидов в сырье, собранном у Железнодорожной магистрали Юго-восточной железной дороги в Воронежской области, уменьшается от 0 до 200 метров, а на расстоянии 300 метров резко увеличивается, так как прекращается воздействие факторов, оказывающих влияние на синтез флавонолов. Данный факт объясняется тем, что растение по-разному реагирует на различные стрессовые факторы. В ответ на воздействие какого-либо раздражителя, например, наличия в воздухе большого количества выхлопных газов, переуплотнения почв или повышенной запыленности воздуха, в растении активизируется синтез вторичных метаболитов. Сумма факторов внешнего воздействия может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на функционирование систем жизнедеятельности растения. В данном случае результат избыточного влияния выбросов автомобильного

транспорта, по-видимому, вызывает противоположную реакцию в виде подавления антиоксидантной системы растения, в результате чего происходит угнетение выработки флавоноловых полифенолов. [20, 21]. Также возможным объяснением снижения содержания флавоноидов в образцах, собранных вдоль автострад, является тот факт, что флавоноиды являются хелаторами ионов металлов благодаря наличию большого количества ОН-заместителей в химической структуре, что и определяет их антиоксидантные свойства. При этом, находясь в связанном виде, они не дают реакции комплексообразования с алюминия хлоридом, которая лежит в основе спектрофотометрического определения этой группы соединений, что также может влиять на сниженный показатель поглощения анализируемого извлечения из данного сырья [22,23].

В сходных исследованиях по накоплению флавоноидов в траве тысячелистника обыкновенного в Воронежской области на аналогичных территориях диапазон содержания флавоноидов варьировал в пределах 0.57% - 1.62%. При этом разница в значениях содержания флавоноидов в сырье Воронежской и Ростовской области может объясняться влиянием и других факторов окружающей среды, характерных для данного региона (большое количество удобрений в почве, повышенная запыленность, высокая концентрация токсических веществ в воздухе и другие).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На примере травы тысячелистника обыкновенного исследовано накопление флавоноидов синантропной флоры Ростовской области. Изучение ЛРС, заготовленного в придорожной зоне нескоростной автомобильной дороги (IV категории) с неживленным движением показало наличие прямой зависимости по снижению содержания флавоноидов при увеличении расстояния от транспортной магистрали. Опираясь на проведенные исследования можно сделать вывод, что умеренное

Таблица 2

Содержание суммы флавоноидов в пересчете на лютеолин в образцах трав тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.) Воронежской области, % (данные на 2020 год)

Район сбора	Расстояние удаленности от дорог			
	0 м	100 м	200 м	300 м
Железнодорожная магистраль Юго-восточной железной дороги	0.99±0.08	0.80±0.09	0.75±0.07	1.16±0.09
Нескоростная автомобильная дорога (IV категории)	1.20±0.08	1.05±0.08	1.17±0.06	1.07±0.06
Автомагистраль М-4 (IA категории)	0.57±0.06	1.04±0.08	1.08±0.07	1.62±0.07
Контроль 1	0.88±0.07			
Контроль 2	0.82±0.08			
Контроль 3	0.86±0.09			
Числовой показатель по ФС не менее 0.4%				

антропогенное воздействие, которое характеризуется выбросом в окружающую среду различных экотоксикантов, может индуцировать биосинтез флавоноловых соединений. Однако в условиях комплексного токсического стресса (вблизи автомагистрали IА категории с высокой транспортной проходимостью и рядом с железной дорогой) возможно угнетение антиоксидантной системы растений, выражающееся подавлением выработки полифенолов. Данные выводы коррелируют с исследованиями, проведенными на примере тысячелистником обыкновенным, заготовленным в идентичных условиях в Воронежской области, что позволяет судить о выявлении общих закономерностей индукции и ингибирования биосинтеза флавоноидных соединений в различных экотопах существования растения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самотруева М.А., Цибизова А.А., Ясенявская А.Л., Озеров А.А., Тюренков И.Н. // Астраханский медицинский журнал. 2015. Т. 10. № 1. С. 12-29.
2. Dyakova N.A., Slivkin A.I., Garonov S.P., Myndra A.A., Samylna I.A. // *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2015. Т. 49. № 6, pp. 384-387.
3. Dyakova N.A., Slivkin A.I., Garonov S.P., Myndra A.A., Samylna I.A. // *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2018. Т. 52. № 3, pp. 220-223.
4. Великанова Н.А., Гапонов С.П., Сливкин А.И. Экооценка лекарственного растительного сырья в урбоусловиях г. Воронежа. LAMBERT Academic Publishing, 2013, 211 с.
5. Бокий Г.В. // Достижения науки и образования. 2017. № 7. С. 5-6.
6. Иванченко А.М., Хаванский А.Д. // Московский экономический журнал. 2021. № 7. С. 261-271.
7. Соловьева Н.А., Хижняк С.Д., Пахомов П.М. // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия. 2015. № 4. С. 102-111.
8. Немерешина О. Н. // Известия ОГАУ. 2005. №8-1.
9. Никитина В.С., Аюпова Р.Н., Яминева Э.З. // Вестник Башкирского университета. 2016. №2. С. 303-307
10. Баяндина И.И., Загурская Ю.В. // Сибирский медицинский журнал. 2014. № 8. С. 107-111.
11. Ефремов А.А., Шаталина Н.В., Стрижева Е.Н., Первышина Г.Г. // Химия растительного сырья. 2002. № 3. С. 53-56.
12. Куркин В.А. Фармакогнозия. Самара, Офорт, 2004, С. 388-393.
13. Чусовитина К.А., Карпучин М.Ю. // Аграрное образование и наука. 2019. № 4, 31 с.
14. Государственная фармакопея Российской Федерации. Изд. XIV. Т. 4. Москва, ФЭМБ, 2018. С. 6508-6514.
15. Дьякова Н.А., Гапонов С.П., Сливкин А.И. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2020. № 4. С. 71-76.
16. Ferdinando M.D., Brunetti C., Fini A., Tattini M. // *Abiotic stress responses in plants: metabolism, productivity and sustainability*. NY: Springer New York, 2012, pp. 159-179.
17. Абдрахимова Й.Р., Валиева А.И. Вторичные метаболиты растений: физиологические и биохимические аспекты (Часть 3. Фенольные соединения) // Учебно-методическое пособие. Казань, Казанский университет. 2012, 40 с.
18. Winkel-Shirley V. *Current Opinion in Plant Biology*, 2002, Vol. 5, pp. 218-223.
19. Agati G., Tattini M. *New Phytol*, 2010, Vol. 186, pp.786-793.
20. Holopainen J.K., Gershenzon J. *Trends in Plant Science*, 2010, Vol. 15, pp.176-184.
21. Любимов В.Б., Ларионов М.В., Смирнова Е.Б., Бурдин М.В. // Вестник Брянского государственного университета. 2011. № 4. С. 200-204.
22. Wang H., Cao J., Xu Sh. *Journal of Chromatography A*, 2013, Vol. 1315, pp.107-117.
23. Wink M. *Phytochemistry*, 2003, Vol. 64, pp. 3-19.

Воронежский государственный университет

*Селиванова Ю А., ассистент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии

E-mail: u.a.selivanova@yandex.ru

Сливкин А. И., д.фарм.н., проф., зав. каф. фармацевтической химии и фармацевтической технологии

E-mail: slivkin@pharm.vsu.ru

Voronezh State University

*Selivanova Y. A., Assistant Professor, Department of Pharmaceutical Chemistry and Pharmaceutical Technology

E-mail: u.a.selivanova@yandex.ru

Slivkin A. I., PhD., DSci., Full Professor, Dept. of pharmaceutical chemistry and pharmaceutical technology

E-mail: slivkin@pharm.vsu.ru

Дьякова Н. А. д. фармац. наук, доцент каф. фармацевтической химии и фармацевтической технологии

E-mail: ninochka_v89@mail.ru

Вервикина А. А., студентка 3 курса фармацевтического факультета

E-mail: alisa.vervikina@yandex.ru

Dyakova N. A., PhD., DSci., associate Professor, department of pharmaceutical chemistry and pharmaceutical technology

E-mail: ninochka_v89@mail.ru

Vervikina A. A., 3 year student, Faculty of Pharmacy

e-mail: alisa.vervikina@yandex.ru

STUDY OF FLAVONOID ACCUMULATION BY COMMON YARROW HERB FROM THE SYNANTHROPIC FLORA OF THE ROSTOV REGION

Y.A. Selivanova, A.I. Slivkin, N.A. Dyakova, A.A. Vervikina

Voronezh State University

Abstract. Most of the exploited resources of wild medicinal plants are located in the zone of active human economic activity, in areas accessible in transport terms. Anthropogenic impact on medicinal plants is an important factor that affects the synthesis of secondary metabolites. Under extreme and stressful conditions, an important mechanism of plant resistance is the activation of biochemical antioxidant defense system, which includes a large number of components including phenolic compounds. The purpose of the study was to study the accumulation of flavonoids in yarrow herb synanthropic flora of the Rostov region. The harvesting of yarrow grass was carried out near the large M-21 highway (IA category), a non-high-speed highway (IV category) with idle traffic and the railway of the North Caucasus Railway. Sampling was carried out at a distance of 1 to 300 meters in increments of 100 meters. The choice of territories for sampling medicinal plant raw materials is explained by the lack of reliable information on the accumulation of biologically active substances in plant raw materials, depending on the distance from highways and railways. The content of flavonoids in terms of luteolin in the collected samples of yarrow grass was determined according to the standard pharmacopoeial procedure. All harvested medicinal herbal raw materials of common yarrow meet the requirements of regulatory documentation on flavonoid content in terms of luteolin, except for a sample prepared in the area adjacent to the M-21 highway. The study of herbal raw materials harvested in the roadside area of the highway with non-residential traffic (category IV) showed a direct correlation in reducing the content of flavonoids with increasing distance from the transport highways. According to the studies, we can conclude that the increase in the content of phenolic substances in plants is a response to the moderate impact of adverse factors, which are characterized by the release of various ecotoxicants into the environment. However, under conditions of complex toxic stress (near a category IA highway with high traffic and a railroad track), inhibition of plant antioxidant system expressed by suppression of polyphenol production is possible. These findings correlate with studies conducted on the example of yarrow harvested under identical conditions in the Voronezh region, which makes it possible to judge the identification of general patterns of induction and inhibition of biosynthesis of flavonoid compounds in various ecotopes of plant existence.

Keywords: Rostov region, yarrow ordinary, flavonoids, luteolin.

REFERENCES

1. Samotrueva M.A., Tsibizova A.A., Yasenyavskaya A.L., Ozerov A.A., Tyurenkov I.N. *Astrakhanskii meditsinskii zhurnal*, 2015, Vol. 10, No. 1, pp. 12-29.
2. Dyakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P., Myndra A.A., Samylina I.A. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 2015, Vol. 49, No 6, pp. 384-387.
3. Dyakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P., Myndra A.A., Samylina I.A. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 2018, Vol. 52, No 3, pp. 220-223.
4. Velikanova, N.A., Gaponov S.P., Slivkin A.I. *ЕНkoocenka lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya v urbousloviyah g. Voronezha*. LAMBERT Academic Publishing, 2013, 211 p.

5. Bokii G.V. Dostizheniya nauki i obrazovaniya, 2017, No 7, pp. 5-6.
6. Ivanchenko A.M., Khavanskii A.D. Moskovskii ekonomicheskii zhurnal, 2021, No 7, pp. 261-271.
7. Solov'eva N.A., Khizhnyak S.D., Pakhomov P.M. Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya, 2015, No 4, pp. 102-111.
8. Nemereshina O. N. Izvestiya OGAU, 2005, No 8-1.
9. Nikitina V.S., Ayupova R.N., Yamineva E.Z. Vestnik Bashkirskogo universiteta, 2016, No 2, pp. 303-307.
10. Bayandina I.I., Zagurskaya Yu.V. Sibirskii meditsinskii zhurnal, 2014, No 8, pp. 107-111.
11. Efremov A.A., Shatalina N.V., Strizheva E.N., Pervyshina G.G. Khimiya rastitel'nogo syr'ya, 2002, No 3, pp. 53-56.
12. Kurkin V.A. Farmakognoziya. Samara, Ofort, 2004, pp. 388-393.
13. Chusovitina K.A., Karpukhin M.Yu. Agrarnoe obrazovanie i nauka, 2019, No 4, 31 p.
14. Gosudarstvennaya farmakopeya Rossijskoj Federacii. Izdanie XIV, 2018, Vol. 2, Moscow, FEMB, pp. 6508-6514.
15. D'yakova N.A., Gaponov S.P., Slivkin A.I. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya, 2020, No 4, pp. 71-76.
16. Ferdinando M.D., Brunetti C., Fini A., Tattini M. Abiotic stress responses in plants: metabolism, productivity and sustainability, New York, 2012, pp. 159-179.
17. Abdrakhimova I.R., Valieva A.I. Vtorichnye metabolity rastenii: fiziologicheskie i biokhimicheskie aspekty (Chast' 3. Fenol'nye soedineniya) // Uchebno-metodicheskoe posobie. Kazan', Kazanskii universitet, 2012, 40 p.
18. Winkel-Shirley B. Current Opinion in Plant Biology, 2002, Vol. 5, pp. 218-223.
19. Agati G., Tattini M. New Phytol, 2010, Vol. 186, pp. 786-793.
20. Holopainen J.K., Gershenzon J. Trends in Plant Science, 2010, Vol. 15, pp. 176-184.
21. Lyubimov V.B., Larionov M.V., Smirnova E.B., Burdin M.V. Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta, 2011, No 4, pp. 200-204.
22. Wang H., Cao J., Xu Sh. Journal of Chromatography A, 2013, Vol. 1315, pp. 107-117.
23. Wink M. Phytochemistry, 2003, Vol. 64, pp. 3-19.