

ВЫЯВЛЕНИЕ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ У ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ КАУЧУКОНОСОВ ФЛОРЫ ЮЖНОГО УРАЛА

^{1,2}Кулуев Б.Р., ²Ахметова Г.Р., ^{1,2}Швец К.Ю., ³Мулдашев А.А., ²Мавзютов А.Р., ¹Чемерис А.В.

¹Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450054, Проспект Октября, 71, Уфа, kuluev@bk.ru

²Башкирский государственный медицинский университет, 450008, ул. Ленина, 3, Уфа, ufalab@mail.ru

³Уфимский институт биологии – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450054, Проспект Октября, 69, Уфа, muldashev_ural@mail.ru

Резюме

Значительную актуальность представляет возможность получения натурального каучука из растительного материала, выращенного на территории стран с умеренным климатом. Промышленное выращивание каучуконосных растений в условиях России может быть вполне рентабельным при условии использования растительного материала для получения из него, наряду с каучуком, и других ценных метаболитов. Целью нашей работы был скрининг растений флоры Республики Башкортостан - потенциальных каучуконосов на содержание антимикробных метаболитов. По литературным данным и по результатам наших собственных полевых наблюдений для такого скрининга были отобраны 24 вида растений из семейств Euphorbiaceae и Asteraceae. В результате проведенных исследований было выявлено 10 видов потенциально перспективных каучуконосов, с содержанием каучука в среднем 5% и более, произрастающих на территории Республики Башкортостан: цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus*), ястребинка зонтичная (*Hieracium umbellatum*), горлоуха ястребинковидная (*Picris hieracioides*), ястребиночка румяноковидная (*Pilosella echioides*), крестовник эруколистный (*Senecio erucifolius*), козелец прямой (*Scorzonera stricta*), осот болотный (*Sonchus palustris*), одуванчик ближайший (*Taraxacum proximum*), козлородники большой (*Tragopogon major*) и подольский (*T. podolicus*). Наличие антимикробной активности нам удалось показать лишь для гексановых экстрактов скерды сибирской (*Crepis sibirica*), девясила высокого (*Inula helenium*) и крестовника Швецова (*Senecio schwetzerovii*), которые не вошли в наш список потенциально перспективных каучуконосов. Обсуждается перспективность доместикации девясила высокого в корнях которого мы обнаружили в среднем 4,3% каучукоподобных веществ к сухой массе, а гексановые экстракты корней этого растения обладали антибактериальной активностью по отношению к *Staphylococcus aureus*.

Ключевые слова: антимикробная активность, гексановый экстракт, диско-диффузионный метод, каучуконосные растения, натуральный каучук, девясил высокий

Цитирование: Кулуев Б.Р., Ахметова Г.Р., Швец К.Ю., Мулдашев А.А., Мавзютов А.Р., Чемерис А.В. Выявление антимикробной активности у потенциальных каучуконосов флоры Южного Урала // *Биомика*. 2019. Т.11(1). С. 71 - 85. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2019-05

IDENTIFICATION OF THE ANTIMICROBIAL ACTIVITY IN EXTRACTS OF POTENTIAL RUBBER-BEARING PLANTS OF THE FLORA OF THE SOUTHERN URALS

^{1,2}Kuluev B.R., ²Akhmetova G.R., ^{1,2}Shvets K.Yu., ³Muldashev A.A., ²Mavzyutov A.R., ¹Chemeris A.V.

¹Institute of Biochemistry and Genetics – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, 450054, Prospect Oktyabrya 71, kuluev@bk.ru

²Bashkir State Medical University, Ufa, 450008, Lenina, 3, ufalab@mail.ru

³Ufa Institute of Biology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, 450054, Prospect Oktyabrya 69, muldashev_ural@mail.ru

Resume

Great relevance is the possibility of obtaining natural rubber from plant material grown in temperate-zone countries. Industrial cultivation of rubber-bearing plants under the conditions of Russia can be quite profitable, provided that the same plant material is used to produce several economically valuable metabolites. The aim of our work was to screen potentially rubber-bearing plants of the Republic of Bashkortostan flora for the maintenance of antimicrobial metabolites. According to the literature data and the results of our own field observations, 24 plant species from the Euphorbiaceae and Asteraceae were selected for such a screening. As a result of the conducted research, 10 species of potentially promising rubber-bearing plants were found, with an average rubber content of 5% or more: *Cichorium intybus*, *Hieracium umbellatum*, *Picris hieracioides*, *Pilosella echinoides*, *Senecio erucifolius*, *Scorzonera stricta*, *Sonchus palustris*, *Taraxacum proximum*, *Tragopogon major*, *Tragopogon podolicus*. We were able to show the presence of antimicrobial activity only for hexane extracts of *Crepis sibirica*, *Inula helenium* and *Senecio schweztovii*, which were not included in our list of potentially promising rubber-bearing plants. We are discussed about the prospect of domestication of *I. helenium* in the roots of which found on average 4.3% rubber-like substances, and the hexane extracts of the roots of this plant had antibacterial activity against *Staphylococcus aureus*.

Keywords: antimicrobial activity, hexane extract, disc diffusion method, rubber-bearing plants, natural rubber, *Inula helenium*

Citation: Kuluev B.R., Akhmetova G.R., Shvets K.Yu., Muldashev A.A., Mavzyutov A.R., Chemeris A.V. Identification of the antimicrobial activity in extracts of potential rubber-bearing plants of the flora of the Southern Urals. *Biomics*. 2019. V.11(1). P.71 - 85. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2019-05

Введение

Натуральный каучук остается незаменимым природным сырьем для резиновой промышленности благодаря своей высокой когезионной и адгезионной прочности, повышенному сопротивлению раздиру и отличным динамическим качествам [Дыкман и др. (Dykman et al.), 2012; Чалдаева, Хусаинов (Chaldayeva, Khusainov), 2013; Кулуев и др. (Kuluev et al.), 2015]. На сегодняшний день основным источником натурального каучука является практически один вид растений - гевея бразильская (*Hevea brasiliensis*), которая может произрастать исключительно в экваториальной и субэкваториальной климатических зонах. Ввиду уязвимости данного вида каучуконосных растений к фитопатогенам встает вопрос поиска альтернативных гевее источников натурального каучука. Одним из лучших каучуконосных растений способных давать урожай высокомолекулярного полиизопрена на обширных территориях умеренного пояса является одуванчик кок-сагыз *Taraxacum kok-saghyz* [Хайруллин и др. (Khairullin et al.), 2014; Гаршин и др. (Garshin et al.), 2016]. Наш опыт работ с кок-сагызом и другими южными одуванчиками показывает, что как каучуконакопление, так и рост каучуконосных одуванчиков в условиях Республики Башкортостан (РБ) может поддерживаться, особенно в первые два месяца вегетации из-за отрицательного влияния гипотермии [Кулуев и др. (Kuluev et al.), 2017]. Исходя из этих данных, можно предположить, что перспективными каучуконосными культурами для средней полосы России, Поволжья, Южного

Урала и других территорий нашей страны могут оказаться представители местной флоры, наиболее хорошо приспособленные ко всем особенностям российского климата. Специальные ботанические экспедиции по поиску каучуконосных растений, проведенные в 1931-32 гг., преимущественно охватили южные районы СССР и территорию Южного Урала не затронули [Оголевцев и др. (Ogolevets et al.), 1940; Кулуев и др. (Kuluev et al.), 2018b]. Исходя из этого, первой задачей нашего исследования стал скрининг потенциальной каучуконосной флоры РБ на содержание каучука в корнях, стеблях и листьях. Для этого была поставлена задача определения массовой доли (%) каучукоподобных веществ у ряда видов растений, относящихся к родам *Inula* из трибы Inuleae, *Cichorium*, *Crepis*, *Hieracium*, *Picris*, *Pilosella*, *Scorzonera*, *Sonchus*, *Taraxacum*, *Tragopogon*, *Trommsdorffia* из трибы Cichorieae, *Cirsium* из трибы Cynareae (Cardueae), *Senecio* из трибы Senecioneae, *Euphorbia* из трибы Euphorbieae, представители которых произрастают на территории РБ и по результатам ботанических экспедиций 1931-32 гг. в других районах СССР и по степени родства с признанными ранее каучуконосными растениями [Ильин (I'in), 1963] могли оказаться перспективными источниками натурального каучука.

У некоторых производителей и потребителей натурального каучука имеются опасения по поводу рентабельности получения данного сырья из растений умеренного пояса [Гаршин и др. (Garshin et al.), 2016]. Мы полагаем,

что при применении современной агротехники и использовании высокопродуктивных районированных сортов каучуконосных растений такое производство в нашей стране может стать вполне прибыльным. К тому же такое производство натурального каучука из растений умеренного пояса будет без сомнения более рентабельным в случае одновременного получения из одного растительного сырья нескольких хозяйственно-ценных компонентов. К примеру, кроме каучука, это может быть инулин, который содержится в корнях многих астровых [Матасова и др. (Matasova et al.), 1999]. Инулин применяется не только для производства фруктозы, но используется также в медицине в качестве пребиотика. Большой интерес также представляют многочисленные антимикробные метаболиты растительных тканей, которые могут также найти применение в медицине [Кулуев и др. (Kuluev et al.), 2018a]. Растения с антимикробной активностью на сегодняшний день рассматриваются в качестве одной из перспективных альтернатив синтетическим антибиотикам. Наиболее распространенным методом выделения из растительных тканей метаболитов с антимикробной активностью является спиртовая экстракция. К примеру, имеются сведения об антибактериальной и антигрибковой активности спиртовых экстрактов аира болотного *Acorus calamus* и верблюжьей колючки *Alhagi pseudalhagi* [Абдул-Хафиз и др. (Abdul-Khafiz et al.), 2011], василька шероховатого *Centaurea scabiosa* [Краснов и др. (Krasnov et al.), 2012], можжевельника сибирского *Juniperus sibirica* [Матвеев и др. (Matveenko et al.), 2014], одуванчика лекарственного *Taraxacum officinale* [Комарова и др. (Komarova et al.), 2015], ряски *Lemna minor* [Арефьева, Дубков (Aref'eva, Dubkov), 2016] и других растений. По нашим данным следует, что при использовании для получения растительного экстракта неполярного растворителя гексана выделяется больше антимикробных компонентов, что было показано на примере эндокарпиев водяного ореха *Trapa sibirica* Fler. [Кулуев и др. (Kuluev et al.), 2018a]. В литературе также имеются сведения об использовании гексана для получения растительных антимикробных экстрактов [Kolodziej et al., 2011; Aliyu et al., 2016]. Исходя из этого, второй задачей работы стало определение антимикробной активности гексановых экстрактов потенциально-каучуконосных растений, отобранных на первом этапе исследования. Таким образом, предполагалось обнаружение и отбор видов растений содержащих одновременно относительно большое количество каучука и антимикробные метаболиты.

Материалы и методы исследования

Сбор растительного материала осуществляли на территории РБ в летне-осенний сезон 2018 года. Предварительный отбор перечня видов исследуемых растений флоры РБ осуществляли на основе литературных данных [Ильин (P'in), 1953], а также собственных полевых наблюдений наличия или отсутствия латекса или нитей каучукоподобных веществ. Объектами исследования послужили корни, стебли и листья следующих 24 видов растений: *Euphorbia seguieriana* (Молочай Сегье), *Euphorbia virgata* (Молочай лозный), *Euphorbia palustris* (Молочай болотный), *Euphorbia semivillosa* (Молочай полумохнатый), *Inula helenium* (Девясил высокий), *Sonchus arvensis* (Осот полевой), *Tragopogon podolicus* (Козлобородник подольский), *Tragopogon major* (Козлобородник большой), *Crepis praemorsa* (Скерда тупокоренная), *Crepis sibirica* (Скерда сибирская), *Senecio erucifolius* (Крестовник эруколистный), *Senecio schwetzerii* (Крестовник Швецова), *Cirsium setosum* (Бодяк щетинистый), *Pilosella echinoides* (Ястребиночка румяноковидная), *Taraxacum serotinum* (Одуванчик поздний), *Taraxacum proximum* (Одуванчик ближайший), *Picris hieracioides* (Горлюха ястребинковидная), *Picris vaillantii* (Ястребиночка Вайана), *Sonchus palustris* (Осот болотный), *Hieracium umbellatum* (Ястребинка зонтичная), *Scorzonera austriaca* (Козелец австрийский), *Scorzonera stricta* (Козелец прямой), *Trommsdorffia maculata* (Прозанник крапчатый), *Cichorium intybus* (Цикорий обыкновенный).

Собранный растительный материал предварительно высушивали в проветриваемом помещении при комнатной температуре в течение 15 дней для перевода всего каучука в коагулированное состояние. Для каждого вида растения использовали по три экземпляра (n=3). Затем растительный материал разделяли на корни, листья и стебли (или черешки), размельчали их ножницами и помещали в фарфоровые ступки с пестиком, которые в дальнейшем замораживали в течение двух часов при температуре -70°C. Затем растительный материал растирали до порошкообразного состояния и переносили в предварительно взвешенные микропробирки на 1,5 мл (эппендорфы). Одну часть растительного порошка (0.05-0.1 г) переносили в отдельные микропробирки для получения гексановых экстрактов и определения их антимикробной активности. Другую часть растительного порошка также взвешивали (от 0.05 до 0.1 г) и проводили процедуру выделения из него каучука с использованием полярных растворителей - дистиллированной воды и ацетона, а также неполярного растворителя гексана основываясь на методах, описанных в литературе [Spano et al., 2012].

Всю процедуру выделения каучука проводили при комнатной температуре. Модифицированный нами способ микровыделения каучука из растительного материала состоял в следующем. В растительный порошок добавляли 1 мл дистиллированной воды, перемешивали образцы в течение 30 минут, центрифугировали при 12 тыс. об. мин. в течение 20 мин., надосадочную жидкость удаляли. Процедуру водной экстракции проводили дважды для более полного удаления водорастворимых компонентов. Затем в образцы добавляли по 1 мл ацетона и перемешивали их в течение 3 часов (на встряхивателе «Ротамикс» или орбитальном шейкере), центрифугировали при 12 тыс. об. мин., в течение 20 мин., надосадочную жидкость удаляли. Таким образом, из растительного порошка убирали водный и ацетоновый экстракты, а каучук благодаря его переходу при сушке в коагулированное состояние и нерастворимость в полярных растворителях преимущественно продолжал оставаться в этих образцах. Последующую экстракцию каучука проводили с использованием гексана, который добавляли в количестве 1 мл, образцы перемешивали 16 часов (на встряхивателе «Ротамикс» или орбитальном шейкере). Затем образцы центрифугировали при 12 тыс. об. мин., в течение 20 мин., надосадочную жидкость переносили в новые заранее взвешенные микропробирки на 1.5 мл. Гексановый экстракт высушивали в термостате при +50°C в течение 2.5 часов в вытяжном шкафу. Определяли массу высушенных экстрактивных веществ, которые далее условно называли каучуком, хотя в составе экстракта, безусловно, присутствуют и различные примеси. Результаты выражали в виде массовой доли каучука в % к сухой массе растительного материала.

Экстракцию антимикробных метаболитов из растительного порошка проводили с использованием только одного растворителя гексана при комнатной температуре в течение 1,5 часов при постоянном помешивании на шейкере. После этого экстракты оставляли на 2 часа при температуре +4°C. Затем экстракты нагревали 1 час до 37°C и центрифугировали в микроцентрифуге MiniSpin (Eppendorf, Германия) при 12 000 об./мин., в течение 20 минут. Для определения антимикробной активности надосадочной жидкости использовали стандартизированный метод Кирби-Бауэра (диск-диффузионный метод) [Bauer et al., 1966]. Бумажные диски пропитывали экстрактом растений в течение 5 минут. В качестве положительного контроля использовали диски с антибиотиком цефтриаксоном (30 мкг/мл, HiMedia, Индия), а отрицательного – диски пропитанные гексаном. В стерильные чашки Петри диаметром 10 см наливали по 20 мл

расплавленной агаризованной питательной среды Мюллера-Хинтона («HiMedia», Индия). Для получения равномерного бактериального газона на поверхность агара в чашку закапывали 500 мкл испытуемой культуры микроорганизмов. Жидкость равномерно распределяли стерильным стеклянным шпателем и подсушивали агар в ламинарном боксе в течение 5 минут. Затем на поверхность инокулированного агара на расстоянии 2 см от края чашки и на равном расстоянии друг от друга помещали пинцетом по одному бумажные диски, пропитанные экстрактами растений. Затем чашки помещали в термостат +37°C на сутки. Для определения антимикробной активности использовали музейные штаммы микроорганизмов *Escherichia coli* (№ 25922 ATCC), *Klebsiella pneumoniae* (№181210171-2), *Staphylococcus aureus* (№ 206 ATCC USA), *Candida albicans* (№ 1812101 69-1), *Pseudomonas aeruginosa* (№ 27853 ATCC) из коллекции Башкирского государственного медицинского университета. Антибактериальная активность оценивалась по значению диаметра зон задержки роста микроорганизмов (мм).

Результаты исследования **Определение массовой доли каучука в анализируемых растениях**

Согласно литературным данным все анализируемые нами виды растений могли содержать в своих тканях каучук. Во времена СССР наиболее перспективными для промышленного производства считались растения, накапливающие в своих тканях каучук более 5% на сухую массу, однако обращалось внимание и на растения, содержащие меньше каучука [Ильин (I'in), 1953]. Нами было решено среди анализируемых растений отметить прежде всего те, которые накапливают 5% и более каучука на сухую массу. В ходе анализа выяснилось, что такое относительно большое содержание каучукоподобных веществ характерно для листьев цикория обыкновенного, стеблей и листьев ястребинки зонтичной, листьев горлюхи ястребинковидной, корней и листьев ястребиночки румянковидной, стеблей козельца прямого, корней и листьев осота болотного, листьев одуванчика ближайшего, корней и листьев козлородника большого и подольского, стеблей крестовника эруколистного, стеблей и листьев молочая болотного, корней молочая Сегье (табл. 1). Эти виды, судя по нашим данным, и согласно советской классификации могут быть потенциально перспективными каучуконосными растениями. Однако качество каучука в этих растениях нуждается в дальнейших проверках на предмет молярной массы и степени полимерности. К примеру известно, что у молочаев умеренного пояса в латексе содержится гораздо

больше смол, чем каучука. Также имеются сведения о низком качестве каучука у представителей рода *Euphorbia* [Ильин (П'ин), 1953]. Поэтому изученные нами молочай болотный и молочай Сегье несмотря на высокое содержание каучукоподобных веществ были исключены из нашего списка потенциально перспективных каучуконосов. В то же время для многих представителей астровых умеренного пояса характерно содержание высокомолекулярного и

качественного каучука [Bushman et al., 2006]. Поэтому нами в данном исследовании, как потенциально перспективные каучуконосы, были выбраны 10 видов астровых, произрастающих на территории РБ: цикорий обыкновенный, ястребинка зонтичная, горлюха ястребинковидная, ястребиночка румянквидная, крестовник эруколистный, козелец прямой, осот болотный, одуванчик ближайший, козлородники большой и подольский.

Таблица 1.

Средние значения массовой доли каучука в органах анализированных растений, собранных на территории Республики Башкортостан, к сухой массе растительной ткани

Table 1. Average values of the mass fraction of rubber in the organs of the analyzed plants collected in Republic of Bashkortostan to the dry mass of plant tissue

№ п/п	Вид Species	Органы Organs	Массовая доля каучука на сухую массу (%) Mass fraction of rubber on dry weight (%)
Сем. ASTERACEAE			
Триба Cichorieae			
1	<i>Cichorium intybus</i> – Цикорий обыкновенный	Корни Roots	3.3±1.4
		Стебли Stems	4.5±1.2
		Листья Leaves	5.0±1.2
2	<i>Crepis praemorsa</i> – Скерда тупокоренная	Корни Roots	2.4±0.3
		Стебли Stems	3.9±0.4
		Листья Leaves	3.0±0.3
3	<i>C. sibirica</i> – Скерда сибирская	Корни Roots	2.2±0.2
		Черешки Leaves	1.4±0.4
		Листья Leaves	2.7±0.6
4	<i>Hieracium umbellatum</i> – Ястребинка зонтичная	Корни Roots	1.7±0.1
		Стебли Stems	5.0±2.2
		Листья Leaves	5.2±0.3
5	<i>Picris hieracioides</i> – Горлюха ястребинковидная	Корни Roots	4.4±1.3
		Стебли Stems	4.5±1.9
		Листья Leaves	9.0±0.4
6	<i>Pilosella echiioides</i> – Ястребиночка румянквидная	Корни Roots	5.8±2.0
		Стебли Stems	1.6±0.7
		Листья Leaves	6.1±2.3

Табл. 1, продолжение - Table 1, cont.

7	<i>P. vaillantii</i> – Ястребиночка Вайана	Корни	2.3±0.8
		Roots	
		Стебли	2.9±1.3
8	<i>Scorzonera austriaca</i> – Козелец австрийский	Листья	3.2±1.1
		Leaves	
		Корни	2.1±0.1
9	<i>S. stricta</i> – Козелец прямой	Roots	3.4±1.0
		Стебли	5.0±2.2
		Stems	
10	<i>Sonchus arvensis</i> – Осот полевой	Листья	4.6±1.1
		Leaves	
		Корни	2.1±0.4
11	<i>S. palustris</i> – Осот болотный	Roots	5.4±0.8
		Стебли	3.1±0.8
		Stems	
12	<i>Taraxacum proximum</i> – Одуванчик ближайший	Листья	5.8±1.4
		Leaves	
		Корни	3.3±0.4
13	<i>T. serotinum</i> – Одуванчик поздний	Roots	2.7±0.6
		Листья	3.1±0.5
		Leaves	
14	<i>Tragopogon major</i> – Козлобородник большой	Корни	5.6±0.9
		Roots	
		Стебель	2.6±0.6
15	<i>T. podolicus</i> – Козлобородник подольский	Stems	
		Листья	5.1±1.8
		Leaves	
16	<i>Trommsdorffia maculata</i> – Прозанник крапчатый	Корни	7.8±2.1
		Roots	
		Стебель	3.0±1.2
		Stems	
		Листья	4.9±0.1
		Leaves	
		Корни	3.6±0.7
		Roots	
		Стебель	2.8±1.1
		Stems	
		Листья	3.4±1.3
		Leaves	

Табл. 1, продолжение - Table 1, cont.

Триба Cynareae (Cardueae)			
17	<i>Cirsium setosum</i> – Бодяк щетинистый	Корни Roots	1.8±0.4
		Стебель Stems	2.6±1.0
		Листья Leaves	3.2±1.0
Триба Inuleae			
18	<i>Inula helenium</i> – Девясил высокий	Корни Roots	4.3±0.6
		Черешки Leaves	1.2±0.6
		Листья Leaves	4.2±0.2
Триба Senecioneae			
19	<i>Senecio erucifolius</i> – Крестовник эруколистный	Корни Roots	3.7±0.6
		Стебли Stems	5.9±1.5
		Листья Leaves	2.9±1.2
20	<i>S. schwetsovii</i> – Крестовник Швецова	Корни Roots	2.8±0.2
		Стебли Stems	2.5±1.5
		Листья Leaves	3.2±0.9
Сем. EUPHORBIACEAE			
Триба Euphorbieae			
21	<i>Euphorbia palustris</i> – Молочай болотный	Корни Roots	4.8±2.3
		Стебель Stems	6.0±1.7
		Листья Leaves	7.4±0.2
22	<i>E. seguieriana</i> – Молочай Сегье	Корни Roots	6.5±1.7
		Стебель Stems	2.2±0.4
		Листья Leaves	4.0±0.1
23	<i>E. semivillosa</i> – Молочай полумохнатый	Корни Roots	3.7±0.7
		Стебель Stems	2.7±0.4
		Листья Leaves	3.0±0.5
24	<i>E. virgata</i> – Молочай лозный	Корни Roots	3.6±0.6
		Стебель Stems	3.4±0.8
		Листья Leaves	4.6±0.9

Определение антимикробной активности гексановых экстрактов анализируемых растений

В первую очередь были проведены работы по определению антимикробной активности растительных экстрактов на примере *E. coli*. Как и ожидалось, при использованном нами методе цефтриаксон показал высокую антибактериальную активность. Диаметр зоны подавления данного антибиотика составил в среднем 30 мм. Напротив пропитанные гексаном диски не оказывали какого-либо отрицательного эффекта на рост *E. coli*, возможно из-за сильной летучести данного экстрагента. Это означает, что потенциально

выявляемая нами при исследовании антимикробная активность растительных экстрактов будет обусловлена не действием следов гексана, а выделяемых метаболитов. Исходя из этих данных, мы предположили, что используемая нами диско-диффузионная система может быть применима для оценки антибактериальной активности всех растительных экстрактов, взятых для данной работы. Гексановые экстракты всех исследованных растений не показали антибактериальной активности против *E. coli* (рис. 1). Условные обозначения на рис. 1 и во всех последующих рисунках при использовании всех микроорганизмов представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Условные обозначения на рисунках 1-5. Table 2. Symbols in Figures 1-5.

Обозначение Designation	Значение - Meaning
(+)	Положительный контроль (диск с цефтриаксоном) - Disk with ceftriaxone
(-)	Отрицательный контроль (диск с гексаном) - Disk with hexane
1	Корни девясила высокого - Roots of <i>I. helenium</i>
2	Стебли девясила высокого - Stems of <i>I. helenium</i>
3	Листья девясила высокого - Leaves of <i>I. helenium</i>
4	Корни осота полевого - Roots of <i>S. arvensis</i>
5	Стебли осота полевого - Stems of <i>S. arvensis</i>
6	Листья осота полевого - Leaves of <i>S. arvensis</i>
7	Корни молочая Сегье - Roots of <i>E. seguieriana</i>
8	Стебли молочая Сегье - Stems of <i>E. seguieriana</i>
9	Листья молочая Сегье - Leaves of <i>E. seguieriana</i>
10	Корни козлобородника подольского - Roots of <i>T. podolicus</i>
11	Стебли козлобородника подольского - Stems of <i>T. podolicus</i>
12	Листья козлобородника подольского - Leaves of <i>T. podolicus</i>
13	Корни козлобородника большого - Roots of <i>T. major</i>
14	Стебли козлобородника подольского - Stems of <i>T. podolicus</i>
15	Листья козлобородника подольского - Leaves of <i>T. podolicus</i>
16	Корни молочая лозного - Roots of <i>E. virgata</i>
17	Стебли молочая лозного - Stems of <i>E. virgata</i>
18	Листья молочая лозного - Leaves of <i>E. virgata</i>
19	Корни серпухи венценосной - Roots of <i>S. coronata</i>
20	Стебли серпухи венценосной - Stems of <i>S. coronata</i>
21	Листья серпухи венценосной - Leaves of <i>S. coronata</i>
22	Корни молочая полумохнатого - Roots of <i>E. semivillosa</i>
23	Стебли молочая полумохнатого - Stems of <i>E. semivillosa</i>
24	Листья молочая полумохнатого - Leaves of <i>E. semivillosa</i>
25	Стебли скерды сибирской - Stems of <i>C. sibirica</i>
26	Листья крестовника эруколистного - Leaves of <i>S. erucifolius</i>
27	Листья бодяка щетинистого - Leaves of <i>C. setosum</i>
28	Корни ястребиночки румянквидной - Roots of <i>P. echioides</i>
29	Листья одуванчика позднего - Leaves of <i>T. serotinum</i>
30	Листья горлюхи ястребинковидной - Leaves of <i>P. hieracioides</i>
31	Корни осота болотного - Roots of <i>S. palustris</i>
32	Стебли бодяка щетинистого - Stems of <i>C. setosum</i>
33	Листья ястребиночки румянквидной - Leaves of <i>P. echioides</i>
34	Корни горлюхи ястребинковидной - Roots of <i>P. hieracioides</i>
35	Корни скерды сибирской - Roots of <i>C. sibirica</i>
36	Стебли ястребинки зонтичной - Stems of <i>H. umbellatum</i>
37	Стебли крестовника эруколистного - Stems of <i>S. erucifolius</i>
38	Корни козельца австрийского - Roots of <i>S. austriaca</i>
39	Корни одуванчика позднего - Roots of <i>T. serotinum</i>
40	Стебли ястребиночки румянквидной - Stems of <i>P. echioides</i>

41	Листья осота полевого - Leaves of <i>S. arvensis</i>
42	Листья скерды сибирской - Leaves of <i>C. sibirica</i>
43	Стебли осота болотного - Stems of <i>S. palustris</i>
44	Корни ястребиночки зонтичной - Roots of <i>H. umbellatum</i>
45	Листья прозанника крапчатого - Leaves of <i>T. maculata</i>
46	Корни одуванчика ближайшего - Roots of <i>T. proximum</i>
47	Корни козельца прямого - Roots of <i>S. stricta</i>
48	Листья козельца прямого - Leaves of <i>S. stricta</i>
49	Корни ястребиночки Вайана - Roots of <i>P. vaillantii</i>
50	Листья крестовника эруколистного - Leaves of <i>S. erucifolius</i>
51	Листья крестовника Швецова - Leaves of <i>S. schwetzovii</i>
52	Листья скерды тупокоренной - Leaves of <i>C. praemorsa</i>
53	Стебли горлюхи ястребинковидной - Stems of <i>P. hieracioides</i>
54	Корни бодяка щетинистого - Roots of <i>C. setosum</i>
55	Листья одуванчика ближайшего - Leaves of <i>T. proximum</i>
56	Листья ястребиночки зонтичной - Leaves of <i>H. umbellatum</i>
57	Листья цикория обыкновенного - Leaves of <i>C. intybus</i>
58	Корни скерды тупокоренной - Roots of <i>C. praemorsa</i>
59	Стебли цикория обыкновенного - Stems of <i>C. intybus</i>
60	Стебли козельца прямого - Stems of <i>S. stricta</i>
61	Корни цикория обыкновенного - Roots of <i>C. intybus</i>
62	Листья молочая болотного - Leaves of <i>E. palustris</i>
63	Стебли прозанника крапчатого - Stems of <i>T. maculata</i>
64	Листья ястребиночки Вайана - Leaves of <i>P. vaillantii</i>
65	Стебли молочая болотного - Stems of <i>E. palustris</i>
66	Стебли ястребиночки Вайана - Stems of <i>P. vaillantii</i>
67	Корни крестовника эруколистного - Roots of <i>S. erucifolius</i>
68	Стебли крестовника Швецова - Stems of <i>S. schwetzovii</i>
69	Корни прозанника крапчатого - Roots of <i>T. maculata</i>
70	Стебли скерды тупокоренной - Stems of <i>C. praemorsa</i>
71	Корни крестовника Швецова - Roots of <i>S. schwetzovii</i>
72	Корни молочая болотного - Roots of <i>E. palustris</i>

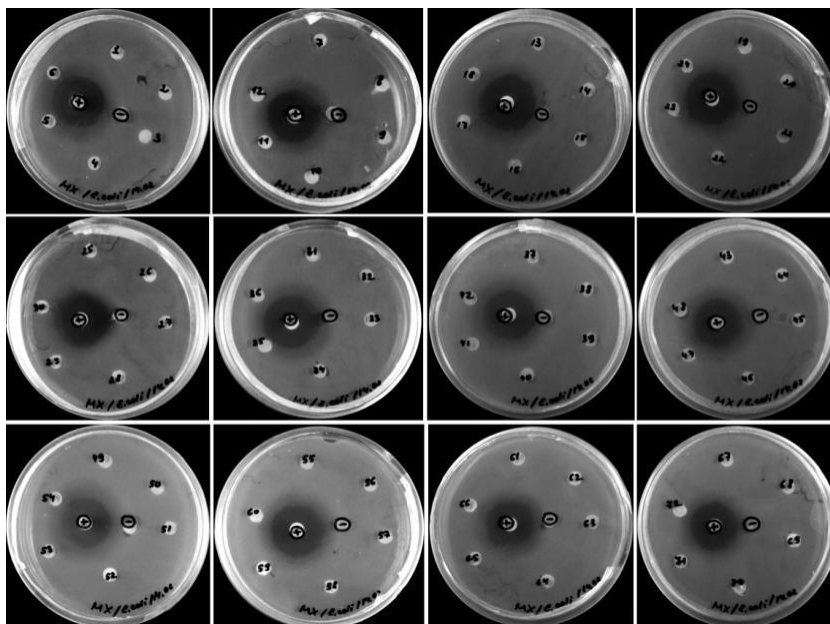


Рис. 1. Чашки Петри с инокулированной *E. coli* на питательной среде с дисками, пропитанными антибиотиком (+), гексаном (-) и растительными экстрактами (1-72). Обозначение номеров растительных экстрактов приведено выше в таблице 2.

Fig. 1. Petri dishes with inoculated *E. coli* on a nutrient agar with disks impregnated with antibiotic (+), hexane (-) and plant extracts (1-72). The designation of the numbers of plant extracts are given above in table 2

Следующим этапом работы стал анализ антимикробной активности экстрактов каучуконосных растений на примере *K. pneumoniae*.

Было показано, что антибактериальным эффектом по отношению к данному микроорганизму обладает гексановый экстракт стеблей скерды сибирской

(рис. 2, №25). Остальные растительные экстракты активности не показали. Во всех чашках Петри проявлялась активность антибиотика цефтриаксона, в

то время как диски пропитанные гексаном не влияли на рост *K. pneumoniae*.

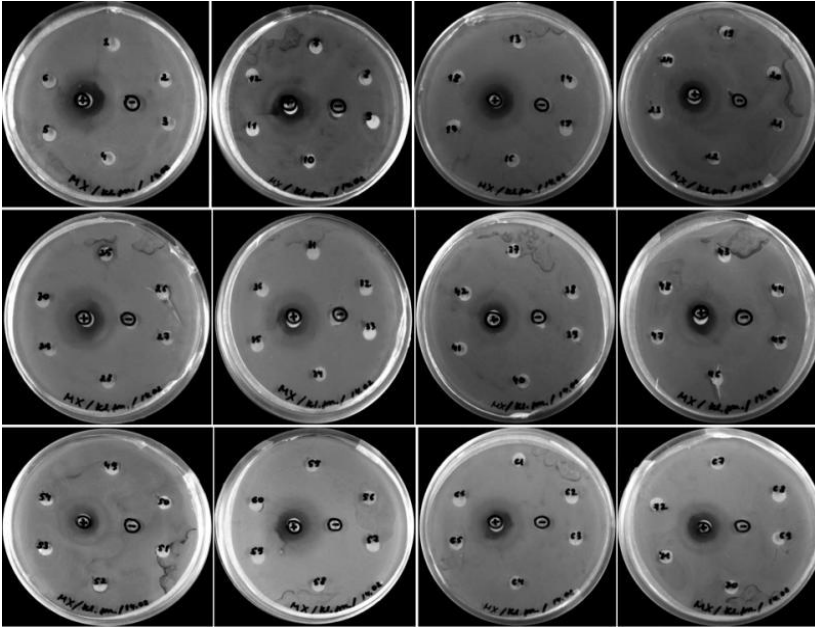


Рис. 2. Чашки Петри с инокулированной *K. pneumoniae* на питательной среде с дисками, пропитанными антибиотиком (+), гексаном (-) и растительными экстрактами (1-72). Обозначение номеров растительных экстрактов приведено выше в таблице 2.

Fig. 2. Petri dishes with inoculated *K. pneumoniae* on a nutrient agar with disks impregnated with antibiotic (+), hexane (-) and plant extracts (1-72). The designation of the numbers of plant extracts are given above in table 2.

Далее нами были проведены исследования антимикробной активности экстрактов потенциально каучуконосных растений на примере *S. aureus*. При этом была обнаружена антибактериальная активность

экстрактов корней девясила высокого (рис. 3, №1) и корней крестовника Швецова (рис. 3, №71). Остальные экстракты растений такой активности к *S. aureus* не показали.

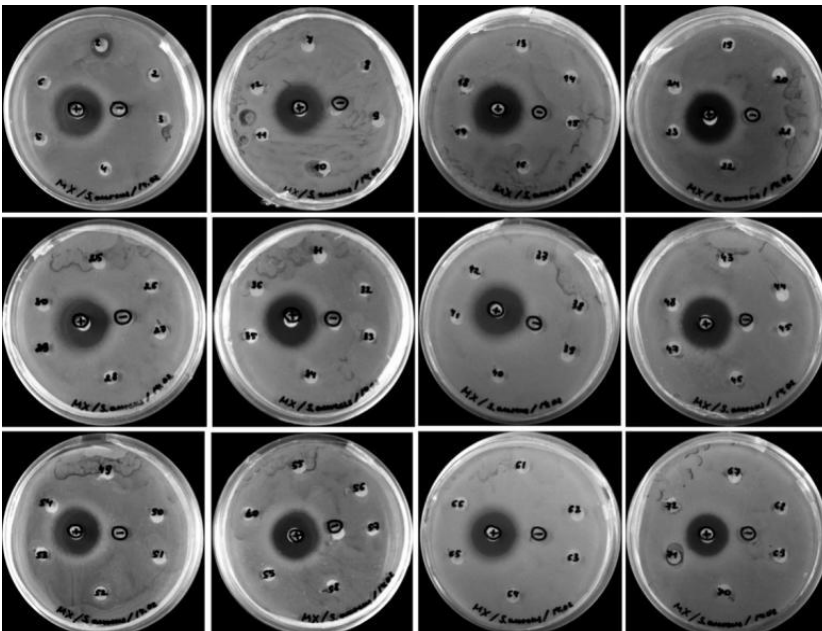


Рис. 3. Чашки Петри с инокулированной *S. aureus* на питательной среде с дисками, пропитанными антибиотиком (+), гексаном (-) и растительными экстрактами (1-72). Обозначение номеров растительных экстрактов приведено выше в таблице 2.

Fig. 3. Petri dishes with inoculated *S. aureus* on a nutrient agar with disks impregnated with antibiotic (+), hexane (-) and plant extracts (1-72). The designation of the numbers of plant extracts are given above in table 2.

Гексановые экстракты исследованных растений не оказывали влияния на рост бактерий *P.*

aeruginosa (рис. 4). По крайней мере, визуально зоны подавления роста не выявлялись.

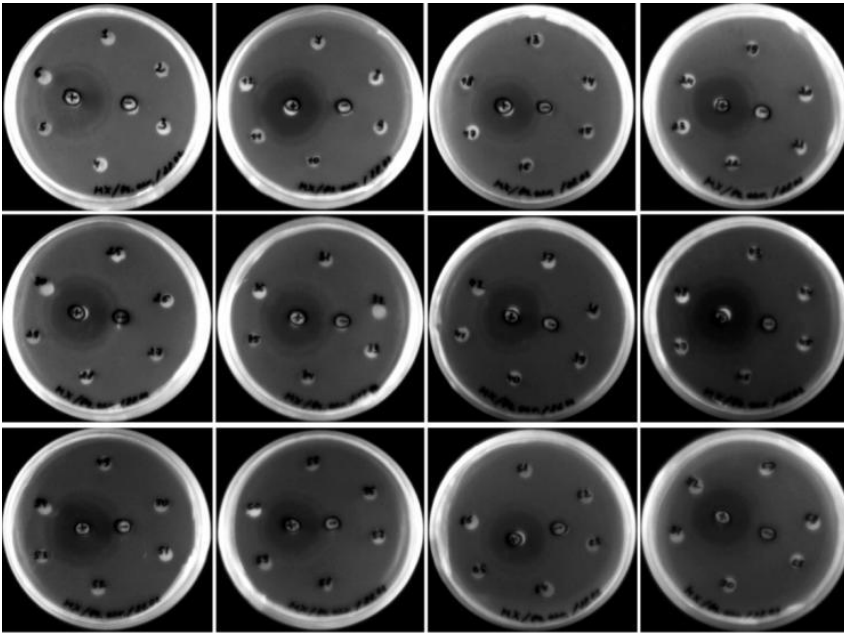


Рис. 4. Чашки Петри с инокулированной *P. aeruginosa* на питательной среде с дисками, пропитанными антибиотиком (+), гексаном (-) и растительными экстрактами (1-72). Обозначение номеров растительных экстрактов приведено выше в таблице 2.

Fig. 4. Petri dishes with inoculated *P. aeruginosa* on a nutrient agar with disks impregnated with antibiotic (+), hexane (-) and plant extracts (1-72). The designation of the numbers of plant extracts are given above in table 2.

Далее было решено провести анализ полученных экстрактов на культурах гриба *C. albicans*. Как и предполагалось, диски с антибиотиком и гексаном не оказывали негативного

влияния на рост данного микроорганизма. Ни один из анализируемых экстрактов также не показал фунгицидного действия по отношению к *C. albicans* (рис. 5).

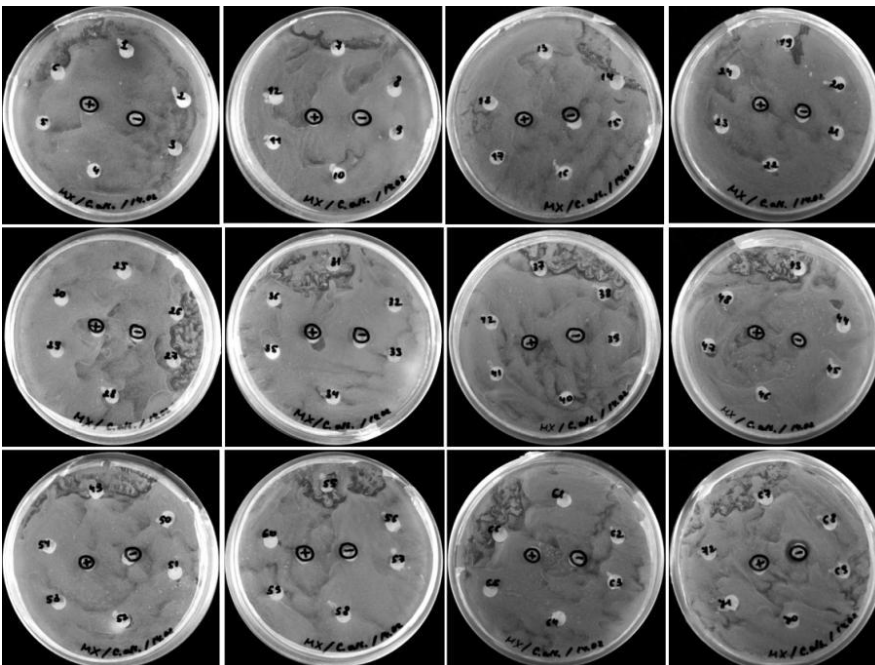


Рис. 5. Чашки Петри с инокулированной *C. albicans* на питательной среде с дисками, пропитанными антибиотиком (+), гексаном (-) и растительными экстрактами (1-72). Обозначение номеров растительных экстрактов приведено выше в табл. 2.

Fig. 5. Petri dishes with inoculated *C. albicans* on a nutrient agar with disks impregnated with antibiotic (+), hexane (-) and plant extracts (1-72). The designation of numbers of plant extracts are given above in the table. 2.

Обсуждение

В ходе проведенных исследований нами в качестве потенциально-перспективных каучуконосных растений были отмечены 10 видов растений из семейства астровых, произрастающих на территории Республики Башкортостан: цикорий обыкновенный, ястребинка зонтичная, горлоуха ястребинковая, ястребиночка румянквидная, крестовник эруколистный, козелец прямой, осот болотный, одуванчик ближайший, козлородники большой и подольский. Ни один из этих видов растений ранее не включался в списки перспективных для промышленности видов каучуконосных растений [Ильин (И'ин), 1953]. Нами было проанализировано лишь общее содержание каучукоподобных веществ в этих растениях, однако качество каучука в этих растениях остается неизвестным. Особый интерес представляет определение молярной массы и степени полимерности полиизопрена в этих растениях. К примеру, молярная масса каучука у геви, гваюлы и латука составляет более 1 млн. г/моль, что является показателем хорошего качества [Swanson et al., 1979; Bushman et al., 2006]. Необходимо отметить, что латук, а также лучший каучуконос умеренного пояса кок-сагыз, относятся к трибе Cichorieae, как и 9 видов растений, отмеченных нами в данном исследовании как потенциально-перспективные каучуконосы. Из нашего списка к данной трибе не относится лишь крестовник эруколистный. Все это позволяет предполагать, что многим представителям трибы Cichorieae, произрастающим в условиях умеренного пояса, вероятнее всего характерно не только большое содержание каучука, но и довольно высокое его качество.

Многие потенциально перспективные каучуконосные растения могут оказаться источниками антимикробных метаболитов. К примеру, 20% раствор экстракта золотарника кавказского (*Solidago caucasica*) обладает антибактериальным действием по отношению к *S. aureus*, *S. epidermidis*, *Bacillus subtilis*, *B. anthracoides*, *Proteus vulgaris*, *P. aeruginosa* [Федотова и др. (Fedotov et al.), 2013]. Экстракты золотарника обыкновенного также применяли для лечения заболеваний мочевыводящих путей, причем отмечался многосторонний эффект этих экстрактов, в том числе и антибактериальный [Савустьяненко (Savustyanenko), 2014]. В то же время некоторые виды золотарника являются источником качественного натурального каучука [Ильин (И'ин), 1953]. Имеются сведения, что экстракт осота *Sonchus oleraceus* подавляет чувство кворума у ряда бактерий [Живетьев и др. (Zhyvet'ev et al.), 2017]. Таким образом, каучуконосные растения умеренного пояса

могут быть источником не только полиизопрена, но и антимикробных метаболитов. В нашем исследовании наличие антимикробной активности нам удалось показать лишь для экстрактов скерды сибирской, девясила высокого и крестовника Швецова, которые однако не вошли в наш список потенциально перспективных каучуконосных растений. Максимальное содержание каучука у скерды сибирской было обнаружено в его листьях и составило в среднем 2,7%. У крестовника Швецова больше всего каучука было тоже в листьях и составило 3,2%. Однако осадок каучука в случае с листьями у этих растений был зеленоватого цвета, что означает наличие примесей. Вероятнее всего, содержание полиизопрена в листьях этих растений еще меньше. Поэтому мы полагаем, что крестовник Швецова и скерда сибирская не являются перспективными каучуконосами для производства, но могут представлять определенный интерес в качестве источников антимикробных метаболитов. Что касается девясила высокого, то наибольшее содержание каучука нами было обнаружено в корнях этих растений, причем его массовая доля составила в среднем 4,3%, что является довольно высоким показателем. Даже с учетом наличия примесей в выделенном нами экстракте в корнях девясила содержание каучука составляет вероятнее всего не менее 2-3% на сухую массу. Необходимо отметить, что представители астровых умеренного пояса чаще всего накапливают каучук хорошего качества именно в корнях [Ильин (И'ин), 1953]. Для *I. helenium* от природы характерны большие размеры корней и этот вид, являясь крупным растением, в условиях РФ формирует большие заросли. В связи с этим девясил высокий может оказаться весьма перспективным продуцентом натурального каучука. Кроме выявленного нами антибактериального эффекта экстракта корней девясила имеются сведения, что в нем содержатся кумарины (ксантотоксин, изопимпениллин, изобергаптен), флавоноиды (рутин, кверцетин), инулин, пектиновые вещества, карбоновые кислоты, сапонины [Матасова и др. (Matasova et al.), 1999]. К тому же девясил высокий уже используется в пищевой промышленности при изготовлении кондитерских изделий и напитков. Поджаренные корни могут служить суррогатом кофе. В ликероводочной промышленности корневища используют для ароматизации и подкраски вин. Эфирное масло, содержащееся в корнях и в корневище, применяют для ароматизации рыбных, кулинарных изделий и пищевых концентратов, оно обладает также бактерицидными и фунгицидными свойствами. Из корней и корневищ можно получить синюю краску. В медицине девясил высокий тоже нашел широкое применение. К примеру, из его

корневищ и корней получают препарат аллантон, используемый для лечения язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки [https://ru.wikipedia.org/wiki/Девясил_высокий]. Таким образом, в корнях девясила высокого содержится большое количество хозяйственно-ценных компонентов, и поэтому данный вид представляет большой интерес для доместикации и промышленного выращивания для получения из него многих ценных метаболитов, в том числе каучука, инулина и антимикробных соединений.

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП «Агидель» и УНУ «КОДИНК» в рамках государственных заданий АААА-А16-116020350028-4 и АААА-А19-119021190011-0 ИБГ УФИЦ РАН.

Список литературы

1. Абдул-Хафиз И.Й., Егоров М.А., Сухенко Л.Т. Антибактериальная активность эфирного масла и спиртовых экстрактов айра болотного (*Acorus calamus*) и верблюжьей колючки (*Alhagi pseudalhagi*), собранных в Астраханской области // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2011. Т. 77. № 3. С. 50-53.
2. Арефьева О.А., Дубков А.А. Исследование чувствительности патогенных культур и грибов к спиртовым экстрактам ряски / В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды. Сборник докладов II Международной научно-технической конференции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2016. С. 253-256.
3. Гаршин М.В., Картуха А.И., Кулуев Б.Р. Коксагыз: особенности культивирования, перспективы возделывания и внедрения в современное производство // *Биомика*. 2016. Т. 8. №4. С. 323-333.
4. Дыкман А.С., Бусыгин В.М., Моисеев И.И., Гильманов Х.Х., Федорцова Е.В. Глобальные тенденции в производстве натурального и изопренового каучуков // *Экономика и управление*. 2012. №1. С. 46-52.
5. Живетьев М.А., Маркова Ю.А., Граскова И.А. Влияние экстрактов растений и отдельных метаболитов на образование биопленок (обзор) // *Химия растительного сырья*. 2017. №2. С. 5-18.
6. Ильин М.М. Каучуконосность флоры СССР / в кн. Каучук и каучуконосы. 1953. Т. 2. Под ред. Ильина М.М. С. 9-104.
7. Комарова Е.А., Пластун В.О., Райкова С.В., Дурнова Н.А. Изучение антимикробной активности водных растворов спиртового экстракта травы одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Wigg.) // *Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета*. 2015. №13. С. 65-68.
8. Краснов Е.А., Каминский И.П., Кадырова Т.В., Пехенько В.Г., Адекенов С.М. Антимикробная активность экстрактов из надземной части *Centaurea scabiosa* (Asteraceae) // *Растительные ресурсы*. 2012. Т. 48. №2. С. 262-266.
9. Кулуев Б.Р., Гарафутдинов Р.Р., Максимов И.В., Сагитов А.М., Чемерис Д.А., Князев А.В., Вершинина З.Р., Баймиев Ан.Х., Мулдашев А.А., Баймиев Ал.Х., Чемерис А.В. Натуральный каучук, его источники и составные части // *Биомика*. 2015. Т. 7. №4. С. 224-283.
10. Кулуев Б.Р., Картуха А.И., Князев А.В., Фатерыга А.В., Чемерис А.В. Опыт выращивания *Taraxacum hybernum* (Asteraceae) // *Растительные ресурсы*. 2017. №4. С. 543-554.
11. Кулуев Б.Р., Зилькарнаева Е.Ш., Артюхин А.Е., Михайлова Е.В. Антибактериальная активность спиртового экстракта эндокарпиев водяного ореха *Trapa sibirica* Fler. // *Экобиотех*. 2018а. Т. 1. №1. С. 45-51.
12. Кулуев Б.Р., Сагитов А.М., Князев А.В., Мулдашев А.А., Баймиев Ан.Х., Милюкова О.Г., Кинзябулатов Р.Р., Фатерыга А.В., Баймиев Ал.Х., Лебедев Ю.А., Чемерис А.В. Негевейные каучук и каучуконосы в патентных документах прошлых столетий // *Биомика*. 2018b. Т. 10. №3. С.220-246. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2018-33.
13. Матасова С.А., Митина Н.А., Рыжова Г.Л., Жуганов Д.О., Дычко К.А. Получение сухого экстракта из корней девясила высокого и изучение его химического состава // *Химия растительного сырья*. 1999. №2. С. 119-123.
14. Матвеев Е.В., Величко Н.А., Боев И.В. Антибактериальная активность водных и водно-спиртовых экстрактов древесной зелени можжевельника сибирского // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2014. №12. С. 224-226.
15. Оголевец Г.С., Любич В.С., Степанов Г.Р. Альбом «Каучуконосы». 1940. Под ред. Бенедиктов И.А., Большаков И.Г., Гриценко

- А.В., Поспелов П.Н., Цицин Н.В. М.: Сельхозгиз. 9,5 печ. лист.
16. Савустьяненко А.В. Применение экстрактов золотарника обыкновенного (*Solidago virgaurea* L.) для лечения заболеваний мочевыводящих путей // *Почки*. 2014. №3 (9). С. 29-37.
 17. Федотова В.В., Челомбитко В.А., Постникова Н.В. Фенольные соединения и антибактериальное действие сухого экстракта золотарника кавказского (*Solidago caucasica* Kem.-Nath.) // *Медицинский альманах*. 2013. №1 (25). С. 185-188.
 18. Хайруллин Р.З., Власова Ю.С., Янов В.В. Перспективы использования альтернативных видов растительного сырья для производства натурального каучука // *Вестник Казанского технического университета*. 2014. Т. 17. №13. С. 205-206.
 19. Чалдаева Д.А., Хусаинов А.Д. Применение натурального и синтетического каучука в производстве шин // *Вестник Казанского технического университета*. 2013. Т. 16. №11. С. 195-198.
 20. Aliyu A.B., Koorbanally N.A., Moodley B., Singh P., Chenia H.Y. Quorum sensing inhibitory potential and molecular docking studies of sesquiterpene lactones from *Vernonia blumeoides*. *Phytochemistry*. 2016. V. 126. P. 23-33. doi: 10.1016/j.phytochem.2016.02.012
 21. Bauer A.W., Kirby W.M., Sherris J.C., Turck M. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*. 1966. V. 45. P. 493-496.
 22. Bushman B.S., Scholte A.A., Cornish K., Scott D.J., Brichta J.L., Vederas J.C., Ochoa O., Michelmore R.W., Shintani D.K., Knapp S.J. Identification and comparison of natural rubber from two *Lactuca* specie. *Phytochemistry*. 2006. V. 67. P. 2590-2596. doi: 10.1016/j.phytochem.2006.09.012
 23. Kolodziej B., Kowalski R., Kedzia B. Antibacterial and antimutagenic activity of extracts aboveground parts of three *Solidago* species: *Solidago virgaurea* L., *Solidago canadensis* L. and *Solidago gigantea* Ait. *Journal of Medicinal Plants Research*. 2011. V. 5. No. 31. P. 6770-6779. doi: 10.5897/JMPR11.1098
 24. Spano D., Pintus F., Mascia C., Scorciapino M.A., Casu M., Floris G., Medda R. Extraction and characterization of a natural rubber from *Euphorbia characias* latex. *Biopolymers*. 2012. V. 97. P. 589-594. doi: 10.1002/bip.22044
 25. Swanson C.L., Buchanan R.A., Otey F.H., Molecular weights of natural rubbers from selected temperate zone plants. *J. Appl. Polym. Sci.* 1979. V. 23. P. 743-748.

References

1. Abdul-Khafiz I.Y., Yegorov M.A., Sukhenko L.T. Antibakterial'naya aktivnost' efirnogo masla i spirtovykh ekstraktov aira bolotnogo (*Acorus calamus*) i verblyuzh'yey kolyuchki (*Alhagi pseudalhagi*) sobrannykh v Astrakhanskoj oblasti. [Antibacterial activity of essential oil and alcohol extracts of *Acorus calamus* and *Alhagi pseudalhagi* collected in the Astrakhan region]. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2011. V. 77. No. 3. P. 50-53. (In Russian).
2. Aliyu A.B., Koorbanally N.A., Moodley B., Singh P., Chenia H.Y. Quorum sensing inhibitory potential and molecular docking studies of sesquiterpene lactones from *Vernonia blumeoides*. *Phytochemistry*. 2016. V. 126. P. 23-33. doi: 10.1016/j.phytochem.2016.02.012
3. Aref'yeva O.A., Dubkov A.A. Issledovaniye chuvstvitel'nosti patogennykh kul'tur i gribov k spirtovym ekstraktam ryaski. V sbornike: Energo i resursosbergayushchiye ekologicheski chistyye khimiko-tekhnologicheskiye protsessy zashchity okruzhayushchey sredy sbornik dokladov II Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnikeskoy konferentsii. Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskij universitet im. Shukhova V.G. 2016. P. 253-256. (In Russian).
4. Bauer A.W., Kirby W.M., Sherris J.C., Turck M. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*. 1966. V. 45. P. 493-496.
5. Bushman B.S., Scholte A.A., Cornish K., Scott D.J., Brichta J.L., Vederas J.C., Ochoa O., Michelmore R.W., Shintani D.K., Knapp S.J. Identification and comparison of natural rubber from two *Lactuca* specie. *Phytochemistry*. 2006. V. 67. P. 2590-2596. doi: 10.1016/j.phytochem.2006.09.012
6. Chaldayeva D.A., Khusainov A.D. The use of natural and synthetic rubber in the production of tires. *Bulletin of the Technological University*. 2013. V. 16. No. 11. P. 195-198. (In Russian).
7. Dykman A. S., Busygin V.M., Moiseyev I.I., Gilmanov K.K., Fedortsova E.V. Global tendencies in production of natural and isoprene rubber. *Economics and Management*. 2012. V. 1. P. 46-52. (In Russian).

8. Fedotova V.V., Chelombit'ko V.A., Postnikova N.V. Fenol'nyye soyedineniya i antibakterial'noye deystviye sukhogo ekstrakta zolotarnika kavkazskogo (*Solidago caucasica* Kem.-Nath.) [Phenolic compounds and antibacterial effect of dry extract of *Solidago caucasica* Kem.-Nath.]. *Meditinskiy al'manakh*. 2013. No. 1 (25). P. 185-188.
9. Garshin M.V., Kartuha A.I., Kuluev B.R. *Taraxacum kok-saghyz*: cultivation features and perspectives of introduction to modern production. *Biomics*. 2016. V. 8. No. 4. P. 323-333. (In Russian).
10. Il'in M.M. 1953. Kauchukonosnost' flory SSSR [The rubberiness of the flora of the USSR]. In *Rubber and Rubber-bearing plants*. V. 2. Ed. Iliina M.M. P. 9–104. (In Russian).
11. Khairullin R.Z., Vlasova Yu.S., Yanov V.V. Perspektivy ispol'zovaniya al'ternativnykh vidov rastitel'nogo syr'ya dlya proizvodstva natural'nogo kauchuka [Prospects for the use of alternative types of plant materials for the production of natural rubber]. *Bulletin of the Technological University*. 2014. V. 17. No. 13. P. 205–206. (In Russian).
12. Kolodziej B., Kowalski R., Kedzia B. Antibacterial and antimutagenic activity of extracts aboveground parts of three *Solidago* species: *Solidago virgaurea* L., *Solidago canadensis* L. and *Solidago gigantea* Ait. *Journal of Medicinal Plants Research*. 2011. V. 5. No. 31. P. 6770-6779. doi: 10.5897/JMPR11.1098
13. Komarova E.A., Plastun V.O., Raykova S.V., Durnova N.A. Antimicrobial effect of aqueous alcoholic extract herbs common dandelion (*Taraxacum officinale* Wigg). *Bulletin of Botanic Garden of Saratov State University*. 2015. No. 13. P. 65-68. (In Russian).
14. Krasnov E.A., Kaminskiy I.P., Kadyrova T.V., Pechenko V.G., Adekenov S.M. Antimicrobial activity of *Centaurea scabiosa* (Asteraceae) aerial part extracts. *Rastitelnye resursy*. 2012. V. 48. No. 2. P. 262-266. (In Russian).
15. Kuluev B.R., Garafutdinov R.R., Maksimov I.V., Sagitov A.M., Chemeris D.A., Knyazev A.V., Vershinina Z.R., Baymiev An.K., Muldashev A.A., Baymiev Al.K., Chemeris A.V. Natural rubber, its sources and components. *Biomics*. 2015. V. 7. No. 4. P. 224-283. (In Russian).
16. Kuluev B.R., Kartuha A.I., Knyazev A.V., Fateryga A.F., Chemeris A.V. Growing experience of *Taraxacum hybernum* (Asteraceae). *Rastitelnye resursy*. 2017. V. 53. No. 4. P. 543-554. (In Russian).
17. Kuluev B.R., Zulkarnaeva E.Sh., Artyukhin A.E., Mikhaylova E.V. Antibacterial activity of alcohol extract of the water caltrop endocarps. *Ecobiotech*. 2018a. V. 1. No. 1. P. 45-51.
18. Kuluev B.R., Sagitov A.M., Knyazev A.V., Muldashev A.A., Baymiev An.K., Milyukova O.G., Kinzyabulatov R.R., Fateryga A.V., Fedyayev V.V., Baymiev Al.K., Lebedev Yu.A., Chemeris A.V. Non-hevea rubber and rubber-bearing plants in the patent documents of past centuries. *Biomics*. 2018b. V. 10. No. 3. P. 220-246. doi: 10.31301/2221-6197.bmcs.2018-32
19. Matasova S.A., Mitina N.A., Ryzhova G.L., Zhuganov D.O., Dychko K.A. Polucheniye sukhogo ekstrakta iz korney devyasila vysokogo i izucheniye yego khimicheskogo sostava [Preparation of dry extract from the roots of *Inula helenium* and the study of its chemical composition]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 1999. No. 2. P. 119-123.
20. Matveenko E.V., Velichko N.A., Boer I.V. The antibacterial activity of the aqueous and aqueous-alcoholic extracts of the Siberian juniper (*Juniper sibirica* Burgsd.) arboreal greenery. *The Bulletin of KrasGAU*. 2014. No. 12. P. 224-226. In Russian.
21. Ogolevets G.S., Lyubich V.S., Stepanov G.R. The album "Rubber plants". Ed. Benediktov I.A., Bolshakov I.G., Gritsenko A.V., Pospelov P.N., Tsitsin N.V. M.: Sel'khozgiz. 1940. 9.5 printed sheet. (In Russian).
22. Savust'yanenko A.V. Primeneniye ekstraktov zolotarnika obyknovennogo (*Solidago virgaurea* L.) dlya lecheniya zabolevaniy mochevyvodyashchikh putey [The use of extracts of *Solidago virgaurea* L. for the treatment of diseases of the urinary tract]. *Pochki*. 2014. No. 3. P. 29-37.
23. Spano D., Pintus F., Mascia C., Scorciapino M.A., Casu M., Floris G., Medda R. Extraction and characterization of a natural rubber from *Euphorbia characias* latex. *Biopolymers*. 2012. V. 97. P. 589-594. doi: 10.1002/bip.22044
24. Swanson C.L., Buchanan R.A., Otey F.H. Molecular weights of natural rubbers from selected temperate zone plants. *J. Appl. Polym. Sci*. 1979. V. 23. P. 743-748.
25. Zhivetev M.A., Markova Ju.A., Graskova I.A. Impact of plant extracts and their metabolites on the formation of biofilms (review). *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2017. No. 2. P. 5-18.