

doi: 10.25005/2074-0581-2021-23-2-216-234

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ РОДА *ALLIUM*, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ТАДЖИКИСТАНЕ

С. САТОРОВ, Ф.Д. МИРЗОЕВА

Кафедра микробиологии, иммунологии и вирусологии, Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибни Сино, Душанбе, Республика Таджикистан

Цель: сравнительная оценка противомикробной активности широко распространённых и эндемичных видов рода *Allium*, произрастающих в Таджикистане.

Материал и методы: исходные этанольные экстракты были получены из свежих растений 15 видов луков из различных климатогеографических регионов Таджикистана. Антибактериальная активность видов рода *Allium* изучалась относительно 4 видов стандартных музейных микроорганизмов (тест штаммов): *Staphylococcus aureus* (ATCC 4929), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 4930), *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 4927) и *Escherichia coli* (ATCC 4928) диско-диффузионным методом.

Результаты: наибольшим противомикробным воздействием на эталонный штамм *S. aureus* обладали экстракты из *A. oschaninii* O. Fedtsch., *A. altaicum* Pall., *A. sativum* L. Экстракты же из *A. obliquum* L., *A. longicuspis* Regel., *A. nutans* L. и *A. senescens* L. обладали слабым противостафилококковым эффектом. По отношению к *Ps. aeruginosa* активность проявлял эндемичный вид *A. schugnanicum* Vved., преимущественно экстракт, полученный из луковичи. Референсный штамм *Kl. pneumoniae* был чувствителен к экстрактам широко распространённого вида *A. sativum* L. и эндемичного вида *A. schugnanicum* Vved. Относительно эталонного штамма *E. coli* высокая бактерицидная активность отмечена в отношении экстракта из лука *A. oschaninii* O. Fedtsch.

Заключение: изучение антибактериальной активности показало, что все виды рода *Allium* в разной степени обладали бактерицидным действием. Наиболее высокая активность была присуща широко распространённому виду *A. oschaninii* O. Fedtsch. и эндемичному виду *A. schugnanicum* Vved.

Ключевые слова: растения, ингибирование роста, экстракты, референсные штаммы бактерий.

Для цитирования: Саторов С, Мирзоева ФД. Исследование антибактериальной активности экстрактов различных видов рода *Allium*, произрастающих в Таджикистане. *Вестник Авиценны*. 2021;23(2):216-34. Available from: <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2021-23-2-216-234>

STUDY OF ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF EXTRACTS OF DIFFERENT SPECIES OF THE GENUS *ALLIUM* GROWING IN TAJIKISTAN

S. SATOROV, F.D. MIRZOEVA

Department of Microbiology, Immunology and Virology, Avicenna Tajik State Medical University, Dushanbe, Republic of Tajikistan

Objective: Comparative assessment of the antimicrobial activity of widespread and endemic species of the genus *Allium* growing in Tajikistan.

Methods: Parent ethanol extracts were obtained from fresh plants of fifteen species of onions from different climatic regions of Tajikistan. Using disk diffusion method the antibacterial activity of species of the genus *Allium* was studied against the four types of standard museum microorganisms (test strains): *Staphylococcus aureus* (ATCC 4929), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 4930), *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 4927), and *Escherichia coli* (ATCC 4928).

Results: The highest antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) test was found in the extracts of *A. oschaninii* O. Fedtsch., *A. altaicum* Pall., and *A. sativum* L. Extracts from *A. obliquum* L., *A. longicuspis* Regel., *A. nutans* L., and *A. senescens* L. demonstrated a weak anti-staphylococcal effect. *Pseudomonas aeruginosa* (*Ps. aeruginosa*) was shown to be sensitive to the endemic species *A. schugnanicum* Vved., mainly to its bulb extract. Reference strain of *Klebsiella pneumoniae* (*Kl. pneumoniae*) exhibited sensitivity to the extracts of the widespread species *A. sativum* L. and the endemic species *A. schugnanicum* Vved. High bactericidal activity against *Escherichia coli* (*E. coli*) reference strain was shown by the extract of the *A. oschaninii* O. Fedtsch. species.

Conclusion: The study demonstrated that all species of the genus *Allium* possessed a bactericidal effect of varying degrees. The widespread *A. oschaninii* O. Fedtsch., and the endemic *A. schugnanicum* Vved. species showed the highest antibacterial activity.

Keywords: Plants, growth inhibition, extracts, reference strains of bacteria.

For citation: Satorov S, Mirzoeva FD. Issledovanie antibakterial'noy aktivnosti ekstraktov razlichnykh vidov roda *Allium*, proizrastayushchikh v Tadjikistane [Study of antibacterial activity of extracts of different species of the genus *Allium* growing in Tajikistan]. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2021;23(2):216-34. Available from: <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2021-23-2-216-234>

ВВЕДЕНИЕ

Согласно «Таксономической системе классификации цветковых растений» (Система APG III), разработанной «Группой филогении покрытосеменных» (Angiosperm Phylogeny Group, APG), опубликованной в Ботаническом журнале Лондонского Линнеевского общества [1], луковые (лат. *Allioideae*) отнесены в состав семейства амариллисовые (*Amaryllidaceae*).

INTRODUCTION

According to the APG III system of flowering plant classification, developed by the Angiosperm Phylogeny Group (APG), published in the Botanical Journal of the Linnean Society of London [1], onions (Latin *Allioideae*) are assigned to the amaryllid family (*Amaryllidaceae*). Currently, the genus *Allium* includes more than 900 species [2].

В настоящее время род *Allium* включает в свой состав более 900 видов [2].

Представители рода *Allium* – одно-, дву- или многолетние растения с луковицами, клубнелуковицами или иногда корневищами. Виды луковых очень разнообразны по своей экологической приуроченности и встречаются почти повсюду от высокогорий до побережья морей [3]. Эти растения характеризуются большим экологическим разнообразием. Могут встречаться два близких вида, адаптированных к разным экологическим условиям. В частности, *A. montanum* (лук горный) является сухолюбивым, а очень близкий к нему вид – *A. angulosum* L. (лук угловатый) – характеризуется как влаголюбивый и произрастает на влажных, богатых аллювиальной почвой лугах [3]. В различных природно-климатических регионах мира со специфическими экологическими условиями встречается множество эндемичных видов рода *Allium*, которые между собой отличаются по фенотипическим, фитохимическим и биологическим свойствам [4, 5].

Исторические документы свидетельствуют, что выращивание лука-порея и чеснока имеет такую давность, как история человечества и столь же обширна, как и сама цивилизация. Ссылки на эти растения в Библии и Коране отражают их важность для древней цивилизации как в виде специй для ароматизации пищи, так и в качестве лечебных трав [6].

Наиболее известным и широко применяемым в медицине видом рода *Allium* является чеснок, который до сих пор используется в народной медицине во всём мире для лечения различных заболеваний [7]. Он широко использовался на протяжении всей истории человеческой цивилизации, благодаря своим профилактическим и терапевтическим эффектам. Чеснок обладает достаточным иммуномодулирующим и противоопухолевым эффектом [8]. Его биологическая активность в отношении сердечно-сосудистых заболеваний показана в различных исследованиях [9-11].

Значение луков, как витаминосных растений, также было очень давно осознано человеком. Для всех луковых характерно наличие в тканях летучих серосодержащих масел, определяющих их характерный луковый или чесночный запах, имеющий сильное бактерицидное действие. Луковицы и листья при этом содержат целый ряд витаминов группы В и РР, каротин, аскорбиновую кислоту, фитонциды, микроэлементы, эфирные масла. Всё это определяет широкое использование лука в медицине. В зелёном луке содержатся также каротины, витамины В₁, В₂ и РР, но не в большом количестве. Шелуха лука богата витамином Р.

Экстракты луковиц и листьев многих видов луковых, благодаря наличию эфирных масел, фенольных соединений, пептидов и флавоноидов, обладают широким спектром антибактериальной активности. Выжимки из надземных и подземных частей ингибируют рост как грамположительных, так и грамотрицательных бактерий [12, 13]. Противомикробная активность представителей рода *Allium* напрямую взаимосвязана со многими факторами. К ним относятся методы экстракции, используемые растворители, концентрация экстрактов, природно-климатические или экологические условия произрастания и др. [14].

На современном этапе бактериальная резистентность является важнейшей проблемой во всём мире. Одним из способов борьбы с ростом устойчивости микроорганизмов к антибиотикам является проведение исследований, направленных на поиск источников новых, безопасных и эффективных противомикробных растений в качестве альтернативных средств замены существующих, недостаточно эффективных противомикробных препаратов [15].

За последнее десятилетие возрос интерес к исследованию природных материалов, как источников новых антибак-

Species of the genus *Allium* are annual, biennial, or perennial plants with bulbs, corms, or sometimes rhizomes. Onion species are very diverse in their ecological confinement and are found almost everywhere from the highlands to the sea coasts [3]. These plants are characterized by the broad ecological diversity. There may be two closely related species adapted to different ecological conditions. For example, *A. montanum* (mountain onion) is dry-loving, while species very close to it, such as *A. angulosum* L. (mouse garlic), is known as moisture-loving and grows on wet meadows rich in alluvial soil [3]. In various climatic regions of the world with specific ecological conditions, there are many endemic species of the genus *Allium*, which vary in phenotypic, phytochemical, and biological properties [4, 5].

Historical records show that the cultivation of leeks and garlic is as old as human history and as vast as civilization itself. References to these plants in the Bible and the Quran reflect their importance to ancient civilization both as spices for flavoring food and as medicinal herbs [6].

The most famous and widely used species of the genus *Allium* in medicine is garlic, which is still used in traditional medicine all over the world to treat various diseases [7]. It has been widely used throughout the history of human civilization for its preventive and therapeutic effects. Garlic has a sufficient immunomodulatory and antitumor activity [8]. Its biological activity against cardiovascular diseases has been shown in various studies [9-11].

The value of onions as vitamin-rich plants has also been recognized by people for a very long time. All onions are characterized by the presence of volatile sulfur-containing oils in the tissues, determining their characteristic onion or garlic smell, which has a strong bactericidal effect. Bulbs and leaves contain a number of vitamins B and PP, carotene, ascorbic acid, phytoncides, trace elements, essential oils which explains wide application of onions in medicine. Green onions also contain carotenes, vitamins В₁, В₂ and PP, but not in large quantities. The skins of onions are rich in vitamin P.

Extracts of bulbs and leaves of many types of onions, due to the presence of essential oils, phenolic compounds, peptides and flavonoids, have a wide range of antibacterial activity. Extracts of their above- and below-ground parts inhibit growth of both gram-positive and negative bacteria [12, 13]. The antimicrobial activity of species of the genus *Allium* is directly related to many factors, such as extraction methods, solvents used, concentration of extracts, climatic or ecological conditions of growth, etc [14].

Currently bacterial resistance is one of the most important problems worldwide. One of the ways of eradication of the antibiotic-resistant microorganisms is to conduct research on finding of new, safe, and effective antimicrobial plants as alternatives to the existing insufficiently effective antimicrobial medicines [15].

Over the past decade, natural materials as sources of new antibacterial agents are getting growing interest. Various extracts from traditional medicinal plants and some natural products have been recommended and tested as new antibacterial medications. However, as before, there is an urgent need to identify new active substances against multidrug-resistant pathogens which become etiological agents of suppurative inflammation [16, 17]. The scientific literature data and the results of ethnobotanical studies suggest that plants are a huge and unexplored resource for the pharmaceutical industry and a natural source of antimicrobial drugs [18].

териальных средств. Различные экстракты из традиционных лекарственных растений и некоторые натуральные продукты были рекомендованы и апробированы, как новые антибактериальные препараты. Однако, по-прежнему, существует острая необходимость в выявлении новых активных веществ против полирезистентных патогенов – этиологических агентов гнойно-воспалительных заболеваний [16, 17]. Данные научной литературы и результаты этноботанических исследований позволяют предполагать, что растения являются огромным и полностью не изученным ресурсом фармацевтической индустрии и являются естественным источником противомикробных препаратов [18].

В Таджикистане произрастает около 30 видов рода *Allium*. Из них более 14 разновидностей – *A. pamiricum* Wendelbo, *A. schugnanicum* Vved., *A. afghanicum* Wendelbo, *A. carolinianum* DC., *A. ramosum* L., *A. oschaninii* O. Fedtsch. и некоторые другие – встречаются в Горно-Бадахшанской автономной области (ГБАО). Многие из перечисленных луков являются эндемичными, и их биологическая активность, включая антимикробные свойства, до сих пор остаются неизученными [19].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сравнительная оценка противомикробной активности широко распространённых и эндемичных видов рода *Allium*, произрастающих в Таджикистане.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Растительный материал. В качестве объектов исследования использовали 15 видов луков, каждый из которых был собран в различных климатогеографических регионах Республики Таджикистан – Рамитском и Варзобском ущельях и ГБАО – на высоте от 1500 до 3000 метров над уровнем моря.

Приготовление растительного экстракта, бумажных дисков и питательного агара для определения антибактериальной активности. Рабочую концентрацию экстрактов и бумажные диски готовили согласно методике, разработанной сотрудниками лаборатории Раскина Ратгерского университета. Исследуемый образец в объёме 2 г взвешивали и нарезами на мелкие кусочки с помощью ножа. Образец помещали в сцинтилляционный флакон объёмом 20 мл. Перманентным маркером маркировали флакон образца. Используя чистый шприц, отмеряли и добавляли во флакон 5 мл 70% этанола. Материалы тщательно измельчали в течение 10 минут, используя беспроводной вращающийся прибор Dremel. Содержимое флакона отстаивали не менее 5 минут, затем продолжали этап фильтрации.

Бумажные диски (Whatman GmbH, Germany) готовили таким образом: диски выкладывали на металлическом листе, затем растительный экстракт закапывали на каждый диск в объёме 90 мкл, следя за равномерным распределением экстракта. Диски высушивали с помощью вентилятора или при комнатной температуре. После сушки подготовленные диски помещали в полиэтиленовые пакеты с надёжной маркировкой с идентификационным номером.

Антимикробную активность растительных экстрактов определяли с использованием четырёх видов патогенных стандартных микроорганизмов (тест штаммы): *Staphylococcus aureus* (ATCC 4929), *Escherichia coli* (ATCC 4928), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 4930) и *Klebsiella pneumoniae* (4927).

Приготовление суспензий (инокулюма) из использованных в работе бактерий. Используемые штаммы бактерий рассеивали по поверхности соответствующих питательных сред в чаш-

About 30 species of the genus *Allium* grow in Tajikistan. More than 14 varieties among them, such as *A. pamiricum* Wendelbo, *A. schugnanicum* Vved., *A. afghanicum* Wendelbo, *A. carolinianum* DC., *A. ramosum* L., *A. oschaninii* O. Fedtsch., and some others grow in the Gorno-Badakhshan Autonomous Region (GBAR). Many of the listed onions are endemic, and their biological activity, including antimicrobial properties, still remain unexplored [19].

OBJECTIVE

Comparative assessment of the antimicrobial activity of widespread and endemic species of the genus *Allium* growing in Tajikistan.

METHODS

Plant material. As an object of the study, 15 species of onions were used, each of which was collected in different climatic regions of the Republic of Tajikistan, such as Ramit and Varzob gorges, and GBAR at an altitude of 1500 to 3000 meters above sea level.

Preparation of plant extract, filter paper discs and nutrient agar for determination of antibacterial activity. The working concentration of extracts and paper disks were prepared according to the method developed by the staff of the Raskin Laboratory at Rutgers University. Two grams of the tested plant were weighed and cut into small pieces using a knife. The sample was placed in a 20 ml scintillation vial labeled with a permanent marker. Using a clean syringe, 5 ml of 70% ethanol was measured and added to the vial. The content of the vial was grinded for 10 minutes using a Dremel cordless rotary tool. The contents of the vial was sedimented for at least 5 minutes, then proceeded to filtration stage.

Paper disks (Whatman GmbH, Germany) were prepared as follows: the disks were placed on a metal sheet, then 90 μ L of the plant extract were instilled onto each disk, evenly spread over its surface. The discs were dried with a fan or at room temperature. After drying, the prepared discs were placed in polyethylene bags with reliable identification number labeling.

The antimicrobial activity of plant extracts was assessed using four types of standard pathogenic microorganisms (test strains): *S. aureus* (ATCC 4929), *E. coli* (ATCC 4928), *Ps. aeruginosa* (ATCC 4930), and *Kl. pneumoniae* (ATCC 4927).

Preparation of suspensions (inoculum) of test strain bacteria. The bacterial strains were spread over the face of a Petri dish with the corresponding nutrient medium: *S. aureus* on – staphyloagar (Mueller-Hinton Agar medium, Hi Media, India), *E. coli*, *Ps. aeruginosa* and *Kl. pneumoniae* – on the Endo's growth medium. Subsequently, to obtain a pure culture, one isolated colony of a certain type was inoculated on the slant medium. From 24 hour cultures of the studied strains, suspensions (inoculums) were prepared, with McFarland 10 turbidity adjusted, bringing the final concentration of microorganisms to 2×10^6 CFU/ml.

Evaluation of the antimicrobial activity of plant extracts by the disk diffusion method. For the study, 10 μ L of suspension of the test strain of microorganisms was inoculated in the center of a Petri dish with nutrient agar and spread over its surface by a sterile spatula. Discs impregnated with an extract of a tested plant species were placed on the surface of the inoculation at a distance of 2.5 cm from the center of the dish in a circle. Inocu-

ках Петри: *S. aureus* – на стафилоагар (среда Mueller-Hinton Agar, Hi Media, India), *E. coli*, *Ps. aeruginosa* и *Kl. pneumoniae* – на среде Эндо. В дальнейшем, для получения чистой культуры одну изолированную колонию определённого вида пересеивали на соответствующий скошенный агар. Из суточных культур исследуемых штаммов готовили суспензии (инокулюмы) с использованием мутности McFarland 10 ME, доводя конечную концентрацию микроорганизмов до 2×10^6 КОЕ/мл.

Изучение антимикробной активности экстрактов растений диско-диффузионным методом. Для проведения исследования по 10 мкл суспензий исследуемых штаммов микроорганизмов вносили в центр чашки Петри с питательным агаром и стерильным шпателем распределяли по её поверхности. Диски, пропитанные экстрактом определённого вида растений, накладывали на поверхность посева на расстоянии 2,5 см от центра чашки по кругу. Посевы инкубировали 24-48 ч в термостате при 37°C. После инкубации на фоне равномерного бактериального газона вокруг дисков с экстрактами, обладающими антибактериальной активностью, наблюдалась зона подавления роста колоний. Учёт результатов осуществляли по наличию или отсутствию роста вокруг Whatman диска, содержащего экстракт определённого вида растений. При отсутствии антибактериальной активности, вокруг бумажного диска наблюдался сплошной рост исследуемого штамма бактерий. В качестве положительного контроля использовали бумажный диск, пропитанный раствором антибиотика.

Статистическая обработка материала проведена с использованием пакета прикладных программ Statistica 10.0 (StatSoft Inc., USA). Нормальность распределения выборки определяли по критерию Шапиро-Уилка. Вычислялись среднее арифметическое значение (M) и его стандартная ошибка ($\pm m$). Сравнение нескольких независимых количественных групп проводилось по H-критерию Крускала-Уоллиса. Парное сравнение независимых величин проводилось по U-критерию Манна-Уитни. Множественное сравнение зависимых выборок проводили по критерию Фридмана. Различия считались статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Антибактериальная активность экстрактов, широко распространённых дикорастущих и эндемичных видов луковых к *S. aureus*. На первом этапе нашей работы была изучена противомикробная активность спиртовых экстрактов, полученных из различных частей распространённых дикорастущих и эндемичных видов рода *Allium*, произрастающих на территории Республики Таджикистан. Учитывая медицинскую и социальную значимость золотистого стафилококка, была исследована активность имеющихся экстрактов по отношению эталонного штамма данного вида микроорганизма.

На поверхности контрольной чашки с питательной средой (стафилоагар) после 24 часовой инкубации какого-либо роста не обнаруживалось, что свидетельствовало о стерильности питательной среды. Вокруг стерильного диска без антибиотика или какого-либо экстракта растений (отрицательный контроль), рост бактерий также не был выявлен. Одновременно был протестирован контроль воздействия 70% спирта на изучаемый микроорганизм, который не проявлял бактерицидности в отношении тестируемого штамма. Зона же ингибирования тестируемого штамма вокруг диска, содержащая амоксициллин/клавулановую кислоту (положительный контроль), составляла 20 мм (рис. 1). Аналогичные методы изучения контроля проводились относительно всех изучаемых микроорганизмов.

lations were incubated for 24-48 h in a thermostat at 37° C. After incubation, a zone of inhibition of the microbial growth around the discs with extracts exhibiting antibacterial efficacy was observed on the background of an even bacterial lawn. In the absence of antibacterial activity, an even growth of the test strain bacteria was observed around the filter paper disk. A paper disk impregnated with an antibiotic solution was used as a positive control.

Statistical processing of the results was carried out using the Statistica 10.0 software package (StatSoft Inc., USA). The normality of data distribution was determined using the Shapiro-Wilk test. The mean value (M) and its standard error ($\pm m$) were calculated. Comparison of several independent quantitative groups was carried out using Kruskal-Wallis H-test. Comparison of differences between the paired groups of independent values was done using Mann-Whitney U-test. Multiple comparisons of the dependent groups of variables were performed using Friedman test. Differences were considered statistically significant at $p < 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

Antibacterial activity of extracts of widespread wild and endemic onion species against *S. aureus*. At the first stage of our work, the antimicrobial activity of alcoholic extracts obtained from various parts of common wild and endemic species of the genus *Allium*, growing in the territory of the Republic of Tajikistan, was studied. Taking into account the medical and social significance of *S. aureus*, the activity of the available extracts against the reference strain of this type of microorganism was investigated.

On the surface of the control plate with the nutrient medium (staphyloagar) after 24 hours of incubation, no growth was found, which indicated the sterility of the culture medium. Around the sterile disc without either antibiotic or any plant extract (negative control), bacterial growth was also not detected. At the same time, the effect of 70% alcohol on the studied microorganism was tested, and it did not show any bactericidal activity against the tested strain. The zone of inhibition of the tested strain around the disc, containing amoxicillin/clavulanic acid (positive control), was 20 mm (Fig. 1). The control studies against all tested microorganisms were carried out using the same procedure.

Extracts obtained from seeds, leaves and bulbs of all 15 species of the genus *Allium*, the family *Alliaceae*, of which 13 species belonged to widespread species, and 2 – to the endemic ones, showed a bactericidal effect of varying degrees against the reference strain of *S. aureus* (Table 1).

Extracts obtained from above- and below-ground parts of the same plant or from other species differed among themselves in the level of anti-staphylococcal activity. It was found that out of 13 widespread wild-growing species, the seeds extracts of *A. carolinianum* DC., *A. elatum* Regel, *A. suworowii* Regel, *A. hymenorhizum* Ledeb., had moderate anti-staphylococcal effect, i.e. the diameter of the zones of growth inhibition of the *S. aureus* reference strain around the discs impregnated by their extracts varied from 9.1 ± 0.23 mm to 10.8 ± 0.25 mm. However, for most species from this group of plants (9 species), the bactericidal effect against this microorganism was low, as evidenced by the diameter of zones of inhibition of *S. aureus* growth varying from 7.1 ± 0.1 mm to 7.3 ± 0.15 mm.

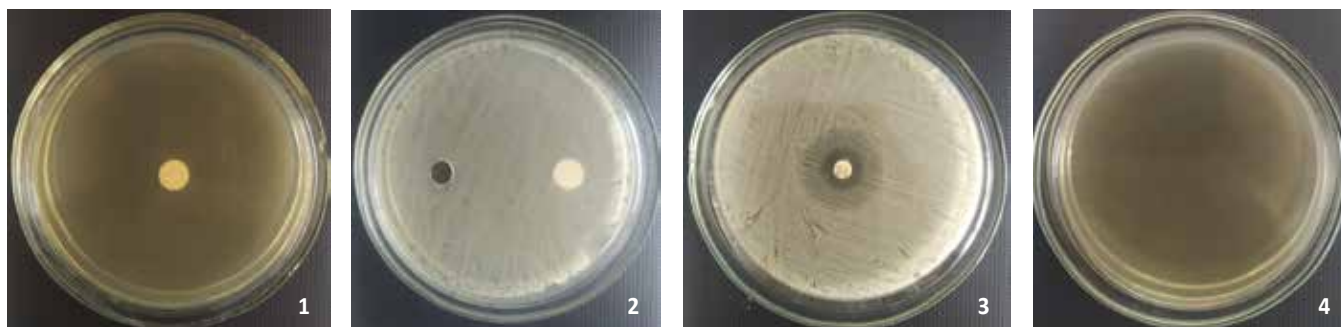


Рис. 1 Результаты тестовой проверки: 1 – контроль стерильности питательной среды; 2 – контроль стерильности используемых дисков; 3 – отсутствие противостафилококковой активности 70% спирта; 4 – контроль активности диска с антибиотиком амоксициллин/клавулановая кислота

Fig. 1 Results of the control tests: 1 – control of the sterility of the culture medium; 2 – control of the sterility of the discs used; 3 – lack of anti-staphylococcal activity of 70% alcohol; 4 – positive control of disk activity with the antibiotic amoxicillin/clavulanic acid

Бактерицидным действием разной степени проявления относительно эталонного штамма *S. aureus* обладали экстракты, полученные из семян, листьев и луковиц всех 15 видов рода *Allium*, семейства *Alliaceae*, из которых 13 видов относились к широко распространённым видам, а 2 из них являлись эндемичными (табл. 1).

Экстракты, полученные из над- и подземных органов как одного, так и разных видов, между собой отличались по уровню противостафилококковой активности. При изучении противостафилококкового эффекта семян установлено, что из 13 широко распространённых дикорастущих видов, экстракты, полученные из *A. carolinianum* DC., *A. elatum* Regel, *A. suworowii* Regel, *A. hymenorrhizum* Ledeb. продемонстрировали бактерицидность средней степени активности, т.е. диаметр зон подавления роста эталонного штамма золотистого стафилококка (*S. aureus*) вокруг дисков, пропитанных их экстрактами варьировал в пределах от $9,1 \pm 0,23$ мм до $10,8 \pm 0,25$ мм. Однако для большинства видов из этой группы растений (9 видов) бактерицидное действие в отношении данного микроорганизма было на низком уровне, о чём свидетельствуют зоны ингибирования культуры золотистого стафилококка – от $7,1 \pm 0,1$ мм до $7,3 \pm 0,15$ мм.

Обращает на себя внимание противостафилококковая активность экстрактов семян эндемичных видов – *A. schugnanicum* Vved. и *A. pamiricum* Wendelbo, которые между собой значительно отличались по бактерицидности в отношении эталонного штамма золотистого стафилококка. Так, экстракт, полученный из данного органа *A. pamiricum* Wendelbo обладал средней степенью активности – $11,3 \pm 0,21$ мм. В то же время, экстракт из семян *A. schugnanicum* Vved. показал значительно меньшую зону ингибирования – $7,6 \pm 0,16$ мм, проявляя слабую противостафилококковую активность ($p < 0,001$).

Анализ результатов изучения противостафилококковой активности экстрактов из листьев показал, что сравнительно большим бактерицидным действием характеризуется материал, полученный из данной части вида *A. elatum* Regel с диаметром зоны ингибирования роста на уровне $8,6 \pm 0,22$ мм. Для остальных исследуемых объектов (12 видов) этот показатель находился на уровне от $7,1 \pm 0,1$ до $7,6 \pm 0,15$ мм.

Интересные результаты получены при анализе противостафилококковой активности экстрактов из листьев эндемичных видов. Так, экстракт вида *A. schugnanicum* Vved. показал несколько большую способность подавлять рост эталонного штамма *S. aureus* ($9,7 \pm 0,15$ мм) по сравнению с *A. pamiricum* Wendelbo

The seeds extracts of the two endemic species, such as *A. schugnanicum* Vved., and *A. pamiricum* Wendelbo, significantly differed among themselves in bactericidal activity against the reference strain of *S. aureus*: for *A. pamiricum* Wendelbo zone of inhibition was $11,3 \pm 0,21$ mm, while for *A. schugnanicum* Vved. it was only $7,6 \pm 0,16$ mm, which indicates weak anti-staphylococcal activity ($p < 0,001$).

Our results on the anti-staphylococcal activity of leaf extracts showed that the *A. elatum* Regel exhibited inhibition zone at the level of $8,6 \pm 0,22$ mm which is relatively high, while for the other 12 species it was from $7,1 \pm 0,1$ to $7,6 \pm 0,15$ mm.

Interesting results were obtained when analyzing the anti-staphylococcal activity of leaf extracts of endemic species. Thus, an extract from *A. schugnanicum* Vved. showed a slightly higher ability to inhibit the growth of the *S. aureus* reference strain ($9,7 \pm 0,15$ mm) compared to *A. pamiricum* Wendelbo ($7,1 \pm 0,1$ mm), while the seeds extracts showed opposite results.

Extracts from bulbs of common representatives of the genus *Allium* were characterized by a relatively higher anti-staphylococcal effect than seeds and leaf extract. It should be noted that a rather high bactericidal activity was shown by the bulb extract of the *A. oschaninii* O. Fedtsch., which demonstrated a diameter of the growth inhibition zone being $19,1 \pm 0,46$ mm. Equally high bactericidal anti-staphylococcal activity was discovered in the bulbs of *A. altaicum* Pall. ($15,0 \pm 0,29$ mm) and *A. sativum* L. ($14,2 \pm 0,25$ mm) ($p > 0,05$) (Fig. 2).

Average degree of bactericidal activity of the bulb extracts was shown by the four widespread wild species, such as *A. elatum* Regel, *A. ramosum* L., *A. suworowii* Regel, and *A. hymenorrhizum* Ledeb., which ranged between $9,4 \pm 0,16$ and $11,0 \pm 0,26$ mm.

Among the available extracts, those obtained from the bulbs of *A. schoenoprasum* L., *A. obliquum* L., *A. longicuspis* Regel, *A. nutans* L., and *A. senescens* L. proved to be the least effective against *S. aureus* with a zone of inhibited growth around the disks impregnated with their extracts from $7,1 \pm 0,1$ to $7,7 \pm 0,21$ mm.

Studies have shown that bulb extracts of endemic species are characterized by moderate anti-staphylococcal activity. Thus, the zone of growth inhibition for the test strain in *A. schugnanicum* Vved. was $10,6 \pm 0,3$ mm, for *A. pamiricum* Wendelbo – $9,1 \pm 0,28$ mm, which is significantly smaller than the analogous indicators for *A. oschaninii* O. Fedtsch., *A. altaicum* Pall., and *A. sativum* L. ($p < 0,001$) and insignificantly larger than

Таблица 1 Антибактериальная активность разных видов рода *Allium* относительно референс-штамма *S. aureus*
Table 1 Antibacterial activity of different species of the genus *Allium* against the *S. aureus* reference strain

	<i>A. carol</i> (n=10)	<i>A. elatum</i> (n=10)	<i>A. ramos</i> (n=10)	<i>A. altaica</i> (n=10)	<i>A. oschan</i> (n=10)	<i>A. suwor</i> (n=10)	<i>A. shoen</i> (n=10)	<i>A. shugh</i> (n=10)	<i>A. pamir</i> (n=10)	<i>A. hymer</i> (n=10)	<i>A. obliq</i> (n=10)	<i>A. sativum</i> (n=10)	<i>A. longic</i> (n=10)	<i>A. nut</i> (n=10)	<i>A. senesc</i> (n=10)	<i>p</i> ₀	
Seeds	9.1±0.23	10.3±0.26	7.1±0.10	7.2±0.13	7.3±0.15	10.8±0.25	7.3±0.15	7.6±0.16	11.3±0.21	9.9±0.17	7.1±0.1	7.7±0.15	7.2±0.13	7.1±0.1	7.1±0.1	7.1±0.1	=0.000**
Сем.	$p_1 > 0.05$	$p_1 > 0.05$	$p_1 = 0.018$ $p_2 = 0.000$	$p_1 = 0.044$ $p_2 = 0.001$ $p_3 > 0.05$	$p_1 > 0.05$ $p_2 = 0.002$ $p_3 > 0.05$ $p_4 > 0.05$	$p_1 > 0.05$ $p_2 > 0.05$ $p_3 = 0.000$ $p_4 = 0.000$ $p_5 = 0.000$	$p_1 > 0.05$ $p_2 = 0.046$ $p_3 > 0.05$ $p_4 > 0.05$ $p_5 > 0.05$ $p_6 > 0.05$ $p_7 > 0.05$	$p_1 > 0.05$ $p_2 = 0.033$ $p_3 > 0.05$ $p_4 > 0.05$ $p_5 > 0.05$ $p_6 > 0.05$ $p_7 > 0.05$	$p_1 > 0.05$ $p_2 = 0.046$ $p_3 > 0.05$ $p_4 > 0.05$ $p_5 > 0.05$ $p_6 > 0.05$ $p_7 > 0.05$	$p_9 > 0.05$	$p_9 = 0.000$ $p_{10} = 0.004$	$p_9 = 0.047$ $p_{10} > 0.05$ $p_{11} > 0.05$	$p_9 = 0.000$ $p_{10} = 0.010$ $p_{11} > 0.05$ $p_{12} > 0.05$	$p_9 = 0.000$ $p_{10} = 0.004$ $p_{11} > 0.05$ $p_{12} > 0.05$ $p_{13} > 0.05$ $p_{14} > 0.05$	$p_9 = 0.000$ $p_{10} = 0.004$ $p_{11} > 0.05$ $p_{12} > 0.05$ $p_{13} > 0.05$ $p_{14} > 0.05$	$p_9 = 0.000$ $p_{10} = 0.004$ $p_{11} > 0.05$ $p_{12} > 0.05$ $p_{13} > 0.05$ $p_{14} > 0.05$	df=14; H=86.74
Leaves Лист	7.4±0.22	8.6±0.22	7.1±0.1	7.1±0.1	7.1±0.1	7.1±0.11	7.1±0.1	9.7±0.15	7.1±0.1	7.1±0.1	7.1±0.1	7.2±0.13	7.1±0.1	7.1±0.1	7.1±0.1	7.1±0.1	=0.000
	$p_1 > 0.05$	$p_1 > 0.05$	$p_1 > 0.05$ $p_2 = 0.046$	$p_1 > 0.05$ $p_2 = 0.046$ $p_3 > 0.05$	$p_1 > 0.05$ $p_2 > 0.05$ $p_3 > 0.05$ $p_4 > 0.05$	$p_1 > 0.05$ $p_2 > 0.05$ $p_3 > 0.05$ $p_4 > 0.05$ $p_5 > 0.05$	$p_1 > 0.05$ $p_2 = 0.046$ $p_3 > 0.05$ $p_4 > 0.05$ $p_5 > 0.05$ $p_6 > 0.05$ $p_7 > 0.05$	$p_1 > 0.05$ $p_2 > 0.05$ $p_3 = 0.004$ $p_4 = 0.004$ $p_5 = 0.015$ $p_6 = 0.007$ $p_7 = 0.004$	$p_1 > 0.05$ $p_2 = 0.046$ $p_3 > 0.05$ $p_4 > 0.05$ $p_5 > 0.05$ $p_6 > 0.05$ $p_7 > 0.05$ $p_8 = 0.004$	$p_1 > 0.05$ $p_2 = 0.046$ $p_3 > 0.05$ $p_4 > 0.05$ $p_5 > 0.05$ $p_6 > 0.05$ $p_7 > 0.05$ $p_8 = 0.004$ $p_9 > 0.05$	$p_1 > 0.05$ $p_2 = 0.046$ $p_3 > 0.05$ $p_4 > 0.05$ $p_5 > 0.05$ $p_6 > 0.05$ $p_7 > 0.05$ $p_8 = 0.015$ $p_9 > 0.05$ $p_{10} > 0.05$ $p_{11} > 0.05$	$p_1 > 0.05$ $p_2 = 0.046$ $p_3 > 0.05$ $p_4 > 0.05$ $p_5 = 0.000$ $p_6 = 0.011$ $p_7 = 0.000$ $p_8 = 0.030$ $p_9 > 0.05$ $p_{10} = 0.004$ $p_{11} = 0.000$	$p_1 > 0.05$ $p_2 = 0.046$ $p_3 > 0.05$ $p_4 > 0.05$ $p_5 > 0.05$ $p_6 > 0.05$ $p_7 > 0.05$ $p_8 = 0.004$ $p_9 > 0.05$ $p_{10} > 0.05$ $p_{11} > 0.05$ $p_{12} > 0.05$ $p_{13} > 0.05$ $p_{14} > 0.05$	$p_1 > 0.05$ $p_2 = 0.046$ $p_3 > 0.05$ $p_4 > 0.05$ $p_5 > 0.05$ $p_6 > 0.05$ $p_7 > 0.05$ $p_8 = 0.004$ $p_9 > 0.05$ $p_{10} > 0.05$ $p_{11} > 0.05$ $p_{12} > 0.05$ $p_{13} > 0.05$ $p_{14} > 0.05$	$p_1 > 0.05$ $p_2 = 0.046$ $p_3 > 0.05$ $p_4 > 0.05$ $p_5 > 0.05$ $p_6 > 0.05$ $p_7 > 0.05$ $p_8 = 0.004$ $p_9 > 0.05$ $p_{10} > 0.05$ $p_{11} > 0.05$ $p_{12} > 0.05$ $p_{13} > 0.05$ $p_{14} > 0.05$	df=14; H=86.48	
Bulbs Лук.	8.2±0.2	9.8±0.2	9.4±0.16	15.0±0.29	19.1±0.46	10.7±0.3	7.7±0.21	10.6±0.3	9.1±0.28	11.0±0.26	7.1±0.1	14.2±0.25	7.2±0.13	7.3±0.15	7.3±0.13	7.3±0.13	=0.000
	$p_1 > 0.05$	$p_1 > 0.05$	$p_1 > 0.05$ $p_2 > 0.05$	$p_1 = 0.003$ $p_2 > 0.05$ $p_3 > 0.05$	$p_1 = 0.000$ $p_2 > 0.05$ $p_3 = 0.044$ $p_4 > 0.05$	$p_1 > 0.05$ $p_2 > 0.05$ $p_3 > 0.05$ $p_4 > 0.05$ $p_5 > 0.05$	$p_1 > 0.05$ $p_2 > 0.05$ $p_3 > 0.05$ $p_4 = 0.004$ $p_5 = 0.015$ $p_6 > 0.05$	$p_1 > 0.05$ $p_2 > 0.05$ $p_3 > 0.05$ $p_4 > 0.05$ $p_5 > 0.05$ $p_6 > 0.05$ $p_7 > 0.05$	$p_1 > 0.05$ $p_2 > 0.05$ $p_3 > 0.05$ $p_4 > 0.05$ $p_5 = 0.013$ $p_6 > 0.05$ $p_7 > 0.05$ $p_8 > 0.05$	$p_1 > 0.05$ $p_2 > 0.05$ $p_3 > 0.05$ $p_4 > 0.05$ $p_5 > 0.05$ $p_6 > 0.05$ $p_7 > 0.05$ $p_8 > 0.05$	$p_1 > 0.05$ $p_2 > 0.05$ $p_3 > 0.05$ $p_4 = 0.000$ $p_5 = 0.000$ $p_6 = 0.006$ $p_7 > 0.05$ $p_8 = 0.009$ $p_9 > 0.05$ $p_{10} = 0.002$	$p_1 > 0.05$ $p_2 > 0.05$ $p_3 > 0.05$ $p_4 > 0.05$ $p_5 = 0.000$ $p_6 > 0.05$ $p_7 = 0.000$ $p_8 > 0.05$ $p_9 > 0.05$ $p_{10} = 0.004$ $p_{11} = 0.000$	$p_1 > 0.05$ $p_2 > 0.05$ $p_3 > 0.05$ $p_4 = 0.000$ $p_5 = 0.000$ $p_6 = 0.011$ $p_7 = 0.000$ $p_8 = 0.017$ $p_9 > 0.05$ $p_{10} = 0.004$ $p_{11} > 0.05$ $p_{12} = 0.000$ $p_{13} > 0.05$ $p_{14} > 0.05$	$p_1 > 0.05$ $p_2 > 0.05$ $p_3 > 0.05$ $p_4 = 0.000$ $p_5 = 0.000$ $p_6 = 0.021$ $p_7 > 0.05$ $p_8 = 0.017$ $p_9 > 0.05$ $p_{10} = 0.008$ $p_{11} > 0.05$ $p_{12} = 0.000$ $p_{13} > 0.05$ $p_{14} > 0.05$	$p_1 > 0.05$ $p_2 > 0.05$ $p_3 > 0.05$ $p_4 = 0.000$ $p_5 = 0.000$ $p_6 = 0.011$ $p_7 = 0.000$ $p_8 = 0.017$ $p_9 > 0.05$ $p_{10} = 0.004$ $p_{11} > 0.05$ $p_{12} = 0.000$ $p_{13} > 0.05$ $p_{14} > 0.05$	df=14; H=137.2	
<i>p</i>	=0.002	=0.001	=0.000	=0.000	=0.000	=0.000	=0.036	=0.000	=0.000	=0.000	>0.05	=0.000	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05
	$\chi^2 = 12.5$	$\chi^2 = 14.8$	$\chi^2 = 18.75$	$\chi^2 = 18.24$	$\chi^2 = 18.24$	$\chi^2 = 15.68$	$\chi^2 = 6.64$	$\chi^2 = 17.9$	$\chi^2 = 20.0$	$\chi^2 = 19.16$	$\chi^2 = 0$	$\chi^2 = 18.57$	$\chi^2 = 0.5$	$\chi^2 = 2.0$	$\chi^2 = 0.67$	$\chi^2 = 0.67$	$\chi^2 = 0.67$

Примечания: *p* – статистическая значимость различий показателей между элементами каждого растения (семена, листья и луковица) по критерию Фрийдмана; *p*₀ – статистическая значимость различий показателей между предыдущей ячейкой проводились сравнения
Notes: *p* – statistical significance of the differences in indicators between the parts of the plant (seeds, leaves and bulb) according to Friedman's criterion; *p*₀ – statistical significance of differences in indicators between all plants according to the Kruskal-Wallis H-test; *p*₁-*p*₁₄ – statistical significance of differences in indicators, carried out in pairs according to the Mann-Whitney U-test; values from 1 to 14 indicate with which preceding cell the comparisons were made

(7,1±0,1 мм), тогда как экстракты из семян показали противоположные результаты.

Экстракты из луковок широко распространённых представителей рода *Allium* характеризовались сравнительно повышенным противостафилококковым эффектом, чем экстракты из семян и листьев. Необходимо отметить достаточно высокую бактерицидность экстракта, полученного из лукавицы вида *A. oschaninii* O. Fedtsch. с диаметром зоны подавления роста 19,1±0,46 мм. Также бактерицидным действием примерно одинаково высокой степени противостафилококковой активности обладали экстракты, извлечённые из луковок *A. altaicum* Pall. – 15,0±0,29 мм и *A. sativum* L – 14,2±0,25 мм ($p>0,05$) (рис. 2).

Зона ингибирования роста вокруг дисков с экстрактами лукавицы четырёх широко распространённых дикорастущих видов – *A. elatum* Regel, *A. ramosum* L., *A. suworowii* Regel и *A. hymenorhisum* Ledeb. находилась на уровне от 9,4±0,16 до 11,0±0,26 мм, т.е. соответствовала средней степени бактерицидности.

Среди имеющихся экстрактов наименее эффективными в отношении эталонного штамма золотистого стафилококка были материалы, полученные из луковок *A. schoenoprasum* L., *A. obliquum* L., *A. longicuspis* Regel, *A. nutans* L. и *A. senescens* L. с зоной задержки роста вокруг дисков, пропитанных их экстрактами от 7,1±0,1 до 7,7±0,21 мм.

Исследования показали, что для экстрактов из луковок эндемичных видов характерна умеренная противостафилококковая активность. Так, зона ингибирования роста тестового штамма для *A. schugnanicum* Vved. составляла 10,6±0,3 мм, для *A. pamiricum* Wendelbo – 9,1±0,28 мм, что значительно меньше, чем аналогичные показатели у *A. oschaninii* O. Fedtsch., *A. altaicum* Pall. и *A. sativum* L. ($p<0,001$) и несколько больше, но статистически не значимы ($p>0,05$), чем показатели других широко распространённых дикорастущих видов рода *Allium*.

Таким образом, впервые проведено исследование противостафилококковой активности над- и подземных органов различных широко распространённых дикорастущих и эндемичных видов рода *Allium*, произрастающих в Таджикистане. Выявлено, что наиболее высоким противостафилококковым действием обладают экстракты, полученные из луковок *A. oschaninii* O. Fedtsch., *A. altaicum* Pall. и *A. sativum* L. Экстракты, извлечённые из луковок эндемичных видов – *A. schugnanicum* Vved. и *A. pamiricum* Wendelbo – показывают противостафилококковый эффект средней степени активности. В то же время, семена и листья как широко распространённых, так и эндемичных видов в основном обладают противостафилококковым эффектом низкой степени активности.

Антибактериальная активность экстрактов, полученных из различных частей широко распространённых и эндемичных видов луковых к *Ps. aeruginosa*. На протяжении нескольких десятилетий *Ps. aeruginosa* относится к числу основных возбудителей внутрибольничных инфекций и занимает одно из лидирующих мест в этиологической структуре гнойно-воспалительных заболеваний. Ускоренная частота распространения антибиотикостойчивых вариантов этого патогена обуславливает поиск новых противомикробных препаратов природного происхождения, так как синтетические антибиотики не лишены различных побочных действий.

Исходя из этого, нами было изучено бактерицидное воздействие извлечений из различных органов исследуемых объектов в отношении эталонного штамма данного микроорганизма.

Результаты исследований показали, что из 15 видов луковых, включённых в работу, только 13 экстрактов (11 широко распространённых дикорастущих и 2 эндемичных видов) проявляют



Рис. 2 Антибактериальная активность экстрактов лукавицы *A. oschaninii* O. Fedtsch. (левый верхний край) относительно *S. aureus*

Fig. 2 Antibacterial activity of *A. oschaninii* bulb extracts O. Fedtsch. (upper left margin) against *S. aureus*

the indicators of other widespread wild species of the genus *Allium* ($p>0.05$).

Thus, for the first time, a study was carried out on the anti-staphylococcal activity of above- and below-ground parts of various widespread wild and endemic species of the genus *Allium* growing in Tajikistan. It was established that the bulb extracts of *A. oschaninii* O. Fedtsch., *A. altaicum* Pall., and *A. sativum* L. had the highest anti-staphylococcal effect. Bulb extracts of endemic species *A. schugnanicum* Vved. and *A. pamiricum* Wendelbo showed moderate anti-staphylococcal efficacy. At the same time, seeds and leaves of both widespread and endemic species mainly demonstrated low anti-staphylococcal effect.

Antibacterial activity of extracts obtained from various parts of widespread and endemic onion species against *Ps. aeruginosa*. For several decades, *Ps. aeruginosa* remains one of the main causative agents of nosocomial infections and occupies one of the leading places in the etiological structure of suppurative inflammatory diseases. Increased frequency of spread of antibiotic-resistant variants of this pathogen prompts a search for new antimicrobial drugs of natural origin, since synthetic antibiotics are associated with various side effects.

Our research results showed that out of 15 onion species included in the work, only 13 extracts (11 widespread wild and 2 endemic species) exhibited varying degrees of activity against the *Ps. aeruginosa* reference strain (Table 2).

When comparing the results of bactericidal activity of extracts of widespread species of onions, it was revealed that the most effective were the seeds extracts of the *A. elatum* Regel (10.0±0.21 mm), *A. oschaninii* O. Fedtsch. (9.67±0.17 mm), *A. carolinianum* DC. (9.4±0.22 mm), and *A. sativum* L. (9.7±0.15 mm), which had approximately equal antimicrobial activity ($p>0.05$), which can be equated to the moderate degree of bactericidal activity. Seeds extracts of endemic species of the genus *Allium* demonstrated similar antimicrobial activity against the reference strain.

различную степень активности в отношении эталонного штамма *Ps. aeruginosa* (табл. 2).

При сопоставлении результатов бактерицидной активности экстрактов широко распространённых видов изучаемого растения выявлено, что наиболее эффективным является выжимка из семян *A. elatum* Regel (10,0±0,21 мм), *A. oschaninii* O. Fedtsch. (9,67±0,17 мм), *A. carolinianum* DC. (9,4±0,22 мм) и *A. sativum* L. (9,7±0,15 мм), которые обладали примерно одинаковой антимикробной активностью ($p > 0,05$), что можно приравнять к средней степени бактерицидности. Аналогичную антимикробную активность в отношении данного эталонного штамма продемонстрировали экстракты семян эндемичных видов рода *Allium*.

Так, диаметр зоны ингибирования роста вокруг диска с экстрактом из семян *A. schugnanicum* Vved. составил 11,0±0,21 мм (рис. 3), а для *A. pamiricum* Wendelbo зона ингибирования находилась в пределах 9,3±0,2 мм, что соответствовало уровню бактерицидности экстрактов из семян *A. elatum* Regel, *A. oschaninii* O. Fedtsch., *A. carolinianum* DC. и *A. sativum* L. ($p > 0,05$). Однако данные показатели статистически значимо выше, чем антибактериальная активность семян остальных широко распространённых дикорастущих видов – *A. hymenorrhizum* Ledeb., *A. altaicum* Pall., *A. suworowii* L. и *A. senescens* L., у которых диаметр зон задержки роста не превышал 7,2±0,13 мм (размах статистической значимости «р» – от 0,05 до 0,000).

При сравнении противомикробной активности экстрактов из листьев исследуемых растений установлено, что в отношении *Ps. aeruginosa* среднюю степень противомикробной активности демонстрируют только экстракты, полученные из двух широко распространённых дикорастущих видов – *A. oschaninii* O. Fedtsch. и *A. carolinianum* DC., у которых зона ингибирования составляла 9,22±0,22 и 9,4±0,22 мм соответственно. Несколько большая, но статистически незначимая ($p > 0,05$) степень бактерицидности (11,1±0,23 мм) выявлена у эндемичного вида *A. schugnanicum* Vved. В то же время, экстракт из данного органа другого эндемичного вида – *A. pamiricum* Wendelbo проявлял значительно низкую антимикробную активность (7,1±0,1 мм) по сравнению с бактерицидностью вышеперечисленных видов (размах статистической значимости «р» – от 0,008 до 0,000).

Низкая антибактериальная эффективность (зона ингибирования не более 7,4±0,16 мм) также была обнаружена у экстрактов из листьев 7 остальных широко распространённых видов: *A. elatum* Regel., *A. altaicum* Pall., *A. suworowii* Regel, *A. schoenoprasum* L., *A. hymenorrhizum* Ledeb., *A. senescens* L. и *A. sativum* L.

Интересные результаты были получены при интерпретации данных об антибактериальной эффективности луковок различных видов рода *Allium* в отношении эталонного штамма *Ps. aeruginosa*. К данному патогену средний уровень воздействия проявляли экстракты луковок 4 представителей широко распространённых видов – *A. sativum* L., *A. oschaninii* O. Fedtsch., *A. elatum* Regel., *A. carolinianum* DC. и обоих видов эндемичных растений – *A. schugnanicum* Vved., *A. pamiricum* Wendelbo. Зона ингибирования роста тестового штамма *Ps. aeruginosa* вокруг дисков с экстрактами луковок этих видов варьировала в диапазоне от 10,00±0,21 до 11,2±0,25 мм ($p > 0,05$), т.е. в пределах средней степени противомикробной активности, за исключением бактерицидного эффекта *A. schugnanicum* Vved., у которого диаметр зоны ингибирования был несколько больше – 14,5±0,17 мм ($p < 0,001$).

Экстракты, полученные из луковок 5 видов – *A. altaicum* Pall., *A. suworowii* L., *A. schoenoprasum* L., *A. hymenorrhizum* Ledeb. и *A. senescens* L., – не проявляли выраженную эффективность в от-

Thus, the diameter of the growth inhibition zone around the disc with *A. schugnanicum* Vved. seeds extract was 11.0±0.21 mm (Fig. 3), for *A. pamiricum* Wendelbo – 9.3±0.2mm, which was comparable with the level of bactericidal activity of *A. elatum* Regel, *A. oschaninii* O. Fedtsch., *A. carolinianum* DC., and *A. sativum* L. seeds extracts ($p > 0.05$). However, these indicators were significantly higher than the antibacterial activity of seeds of other widespread wild-growing species, such as *A. hymenorrhizum* Ledeb., *A. altaicum* Pall., *A. suworowii* L., and *A. senescens* L., the diameter of growth inhibition zones of which did not exceed 7.2±0.13 mm (for all compared pairs, statistical significance was found from 0.000 to 0.05).

When comparing the antimicrobial activity of the leaf extracts of the studied plants, it was found that only extracts obtained from the two widespread wild-growing species, such as *A. oschaninii* O. Fedtsch. and *A. carolinianum* DC., demonstrated moderate degree of antimicrobial activity against *Ps. aeruginosa*, which constituted 9.22±0.22 and 9.4±0.22 mm respectively. A somewhat higher, but insignificantly different ($p > 0.05$) degree of bactericidal activity was found in the endemic species *A. schugnanicum* Vved. (11.1±0.23 mm). At the same time, leaf extract of another endemic species, such as *A. pamiricum* Wendelbo, exhibited significantly lower antimicrobial activity (7.1±0.1 mm) compared to the aforesaid species (for all compared pairs, statistical significance was found from 0.000 to 0.008).

Low antibacterial efficacy (inhibition zone not more than 7.4±0.16 mm) was also found in the leaf extracts of 7 other widespread species, such as *A. elatum* Regel, *A. altaicum* Pall., *A. suworowii* Regel, *A. schoenoprasum* L., *A. hymenorrhizum* Ledeb., *A. senescens* L. and *A. sativum* L.

Interesting results were obtained when interpreting data on the antibacterial efficacy of bulbs of various species of the genus



Рис. 3 Антибактериальная активность экстрактов луковки *A. schugnanicum* Vved. относительно *Ps. aeruginosa*

Fig. 3 Antibacterial activity of *A. schugnanicum* Vved bulb extracts against *Ps. aeruginosa*

Таблица 2 Антибактериальная активность разных видов рода *Allium* относительно референс-штамма *Ps. aeruginosa*
Table 2 Antibacterial activity of different species of the genus *Allium* against the *Ps. aeruginosa* reference strain

	<i>A. carol</i> (n=10)	<i>A. elatum</i> (n=10)	<i>A. altaica</i> (n=10)	<i>A. oschan</i> (n=10)	<i>A. suwor</i> (n=10)	<i>A. shoen</i> (n=10)	<i>A. shugn</i> (n=10)	<i>A. pamir</i> (n=10)	<i>A. hymer</i> (n=10)	<i>A. senesc</i> (n=10)	<i>A. sativum</i> (n=10)	p ₀
Seeds Сем.	9.4±0.22	10.0±0.21 p ₁ >0.05	7.1±0.1 p ₁ >0.05 p ₂ =0.002	9.67±0.17 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ =0.023	7.2±0.13 p ₁ >0.05 p ₂ =0.005 p ₃ >0.05 p ₄ =0.046	7.1±0.1 p ₁ >0.05 p ₂ =0.002 p ₃ >0.05 p ₄ =0.023 p ₅ >0.05	11.1±0.21 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ =0.000 p ₄ >0.05 p ₅ =0.000 p ₆ =0.000	9.3±0.26 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ >0.05 p ₄ >0.05 p ₅ >0.05 p ₆ >0.05 p ₇ >0.05	7.0±0.00 p ₁ =0.031 p ₂ =0.001 p ₃ >0.05 p ₄ =0.011 p ₅ >0.05 p ₆ >0.05 p ₇ =0.000 p ₈ =0.042	7.2±0.13 p ₁ >0.05 p ₂ =0.005 p ₃ >0.05 p ₄ =0.046 p ₅ >0.05 p ₆ >0.05 p ₇ =0.000 p ₈ >0.05 p ₉ >0.05	9.7±0.15 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ =0.013 p ₄ >0.05 p ₅ =0.027 p ₆ =0.013 p ₇ >0.05 p ₈ >0.05 p ₉ =0.006 p ₁₀ =0.027	=0.000 H=94.71
Leaves Лист	9.4±0.22	7.7±0.21 p ₁ >0.05	7.1±0.1 p ₁ =0.007 p ₂ >0.05	9.22±0.22 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ =0.018	7.1±0.1 p ₁ =0.007 p ₂ >0.05 p ₃ >0.05 p ₄ =0.018	7.2±0.13 p ₁ =0.022 p ₂ >0.05 p ₃ >0.05 p ₄ >0.05 p ₅ >0.05	11.1±0.23 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ =0.000 p ₄ >0.05 p ₅ =0.000 p ₆ =0.000	7.1±0.1 p ₁ =0.007 p ₂ >0.05 p ₃ >0.05 p ₄ =0.018 p ₅ >0.05 p ₆ >0.05 p ₇ =0.000	7.1±0.1 p ₁ =0.007 p ₂ >0.05 p ₃ >0.05 p ₄ =0.018 p ₅ >0.05 p ₆ >0.05 p ₇ =0.000 p ₈ >0.05	7.4±0.16 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ >0.05 p ₄ >0.05 p ₅ >0.05 p ₆ >0.05 p ₇ =0.005 p ₈ >0.05 p ₉ >0.05	7.1±0.1 p ₁ =0.007 p ₂ >0.05 p ₃ >0.05 p ₄ =0.018 p ₅ >0.05 p ₆ >0.05 p ₇ =0.000 p ₈ >0.05 p ₉ >0.05 p ₁₀ >0.05	=0.000 H=83.38
Bulb Лук.	10.0±0.21	10.0±0.21 p ₁ >0.05	7.5±0.22 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05	10.0±0.24 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ >0.05	8.4±0.22 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ >0.05 p ₄ >0.05	8.2±0.2 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ >0.05 p ₄ >0.05 p ₅ >0.05	14.5±0.17 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ =0.000 p ₄ >0.05 p ₅ =0.000 p ₆ =0.000	11.2±0.25 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ =0.000 p ₄ >0.05 p ₅ =0.000 p ₆ =0.000 p ₇ >0.05	7.0±0.00 p ₁ =0.013 p ₂ =0.013 p ₃ >0.05 p ₄ =0.019 p ₅ >0.05 p ₆ >0.05 p ₇ =0.000 p ₈ =0.000	7.6±0.22 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ >0.05 p ₄ >0.05 p ₅ >0.05 p ₆ =0.024 p ₇ =0.000 p ₈ >0.05 p ₉ >0.05 p ₁₀ >0.05	11.0±0.21 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ =0.013 p ₄ >0.05 p ₅ >0.05 p ₆ =0.024 p ₇ =0.000 p ₈ >0.05 p ₉ =0.000 p ₁₀ =0.001	=0.000 H=94.8
p	>0.05 χ ² =4.73	=0.000 χ ² =17.20	>0.05 χ ² =4.62	=0.018 χ ² =8.0	=0.000 χ ² =15.44	=0.000 χ ² =15.44	=0.000 χ ² =16.67	=0.000 χ ² =19.54	>0.05 χ ² =2.0	>0.05 χ ² =2.0	=0.000 χ ² =20.0	

Примечания: p – статистическая значимость различий показателей между элементами каждого растения (семена, листья и луковица) по критерию Фридмана; p₀ – статистическая значимость различий показателей между всеми растениями по Н-критерию Крускала-Уоллиса; p₁-p₁₀ – статистическая значимость различий показателей, проведённая попарно по U-критерию Манна-Уитни; значения от 1 до 10 указывают, со значением какой предыдущей ячейки проводились сравнения
Notes: p – statistical significance of the differences in indicators between the parts of each plant (seeds, leaves and bulb) according to Friedman's criterion; p₀ – statistical significance of differences in indicators between all plants according to the Kruskal-Wallis H-test; p₁-p₁₀ – statistical significance of differences in indicators, assessed in pairs according to the Mann-Whitney U-test; values from 1 to 10 indicate with the value of which preceding cell the comparisons were made

ношении данного референсного штамма, зона подавления роста которых не превышала $8,4 \pm 0,22$ мм.

Таким образом, впервые проведено исследование противомикробной активности широко распространённых дикорастущих и эндемичных видов рода *Allium* в отношении *Ps. aeruginosae*, произрастающих в Таджикистане. Полученные результаты позволяют заключить, что наибольшей эффективностью характеризуются экстракты из луковок исследуемых видов рода *Allium*. При этом, одинаковой эффективностью и сравнительно высокой бактерицидностью характеризуется экстракт, полученный из всех органов (семена, листья и луковича) эндемичного вида *A. schugnicum* Vved.

Антибактериальная активность экстрактов, полученных из различных частей широко распространённых и эндемичных видов луковых к *Kl. pneumoniae*. В последнее десятилетие наиболее актуальным возбудителем внутрибольничных инфекций в большинстве стационаров являются различные варианты *Klebsiella spp.*, для которых характерно выраженное разнообразие механизмов резистентности к противомикробным препаратам, а также ускоренное распространение полирезистентных штаммов. В этой связи, очень важным представляется поиск естественных источников соединений, обладающих противомикробным эффектом в отношении данного патогенного агента.

Нашими исследованиями установлено, что из 15 включённых в работу представителей рода *Allium*, только спиртовые экстракты 11 растений демонстрировали различную степень противомикробной активности в отношении эталонного штамма клебсиеллы. Однако, в отличие от эталонного штамма синегнойной палочки, данный микроорганизм не проявлял чувствительность к экстрактам *A. schoenoprasum* L., но проявлял чувствительность к экстрактам, извлечённым из под- и надземных частей *A. ramosum* L., что не наблюдалось у синегнойной палочки.

Данные, приведённые в табл. 3, показывают, что антибактериальная активность спиртовых экстрактов, полученных из семян и луковок одного из широко распространённых видов – *A. sativum* L., а также из одного из эндемичных видов – *A. schugnicum* Vved. (рис. 4) против эталонного штамма *Kl. pneumoniae*, была значительно более эффективной, чем у экстрактов, полученных из этих же частей остальных 9 видов. Диаметр зоны ингибирования вокруг дисков с экстрактами из семян как *A. sativum* L., так и *A. schugnicum* Vved. составлял по $13,4 \pm 0,37$ мм. Примерно такой же эффект давали экстракты из их луковок – по $14,3 \pm 0,26$ мм ($p > 0,05$).

Бактерицидное действие средней степени активности на эталонный штамм *Kl. pneumoniae* оказали экстракты *A. oschaninii* O. Fedtsch. Экстракт луковича обладал значительно более высокой антимикробной активностью, чем экстракты из других органов данного растения. Диаметр зоны ингибирования роста вокруг диска, содержащего экстракт луковича, составлял $13,4 \pm 0,22$ мм, семян – $13,4 \pm 0,22$ мм и листьев – $9,1 \pm 0,31$ мм.

Слабо выраженным антимикробным эффектом в отношении данного эталонного штамма обладали экстракты из семян и листьев всех исследуемых растений. Зона подавления роста вокруг дисков с экстрактами из семян большинства растений не превышала $8,3 \pm 0,15$ мм, за исключением *A. ramosum* L. – $9,1 \pm 0,31$ мм, что было статистически незначимо по сравнению с аналогичными показателями других видов ($p > 0,05$).

Сравнительно высокой степенью активности против *Kl. pneumoniae* характеризовались экстракты из луковок. При одинаковом антибактериальном эффекте экстракты из *A. sativum* L. и *A. schugnicum* Vved. демонстрировали высокую противомикроб-

Allium against the *Ps. aeruginosa* reference strain. Bulb extracts from four representatives of widespread species, such as *A. sativum* L., *A. oschaninii* O. Fedtsch., *A. elatum* Regel, and *A. carolinianum* DC.; and two endemic plants, such as *A. schugnicum* Vved. and *A. pamiricum* Wendelbo showed moderate activity against this pathogen ranging between $10,00 \pm 0,21$ and $11,2 \pm 0,25$ mm ($p > 0,05$), with the exception of *A. schugnicum* Vved. with slightly larger growth inhibition zone of $14,5 \pm 0,17$ mm ($p < 0,001$)

Bulb extracts obtained from five species, such as *A. altai-cum* Pall., *A. suworowii* L., *A. schoenoprasum* L., *A. hymenorrhizum* Ledeb., and *A. senescens* L. did not show significant efficacy against the reference strain, with the growth inhibition zone not exceeding $8,4 \pm 0,22$ mm.

Thus, for the first time, a study was performed on the antimicrobial activity against *Ps. aeruginosae* of the widespread wild and endemic species of the genus *Allium* growing in Tajikistan. The results obtained allow us to conclude that bulb extracts of the studied species of the genus *Allium* are characterized by the highest efficacy, while the endemic species *A. schugnicum* Vved. showed equally effective bactericidal action of the extracts of all the parts of this plant (seeds, leaves and bulbs).

Antibacterial activity of extracts obtained from various parts of widespread and endemic onion species against *Kl. pneumoniae*. In the last decade, different variants of *Klebsiella spp.* proved to be the most crucial causative agent of nosocomial infections in most hospitals; they are characterized by a wide range of mechanisms of resistance to antimicrobial drugs, as well as accelerated spread of multidrug-resistant strains. In this regard, it is very important to search for natural sources of compounds possessing an antimicrobial effect against this pathogenic agent.

Our research has demonstrated that out of 15 representatives of the genus *Allium* included in the work, only extracts of 11 plants showed varying degrees of antimicrobial activity against the reference strain of *Kl. pneumoniae*. However, unlike the reference strain of *Ps. aeruginosa*, this microorganism did not show sensitivity to the extracts of *A. schoenoprasum* L., though it was sensitive to the extracts from the above- and below-ground parts of *A. ramosum* L., which was not observed in *Ps. aeruginosa*.

The data presented in Table 3 show that the antibacterial activity of alcohol extracts obtained from seeds and bulbs of one of the widespread species – *A. sativum* L., as well as from one of the endemic species – *A. schugnicum* Vved. (Fig. 4) against the *Kl. pneumoniae* reference strain was significantly higher than of the extracts obtained from the same parts of the remaining nine species. Diameter of the zone of inhibition around discs with seeds extracts of both *A. sativum* L. and *A. schugnicum* Vved. was $13,4 \pm 0,37$ mm each. Bulb extracts demonstrated comparable activity of $14,3 \pm 0,26$ mm each ($p > 0,05$).

A. oschaninii O. Fedtsch. extracts showed moderate bactericidal action on the *Kl. pneumoniae* reference strain with the bulb extract demonstrating significantly higher antimicrobial activity than extracts from other parts of this plant. The diameter of the growth inhibition zone around the disc containing the bulb extract was $13,4 \pm 0,22$ mm, seeds extract – $13,4 \pm 0,22$ mm, and leaves extract – $9,1 \pm 0,31$ mm.

Seeds and leaf extracts from all the studied plants had a weakly expressed antimicrobial effect against this reference strain. The zone of growth inhibition around the discs with seeds

Таблица 3 Антибактериальная активность разных видов рода *Allium* относительно референс-штамма *Kl. pneumoniae*
Table 3 Antibacterial activity of different species of the genus *Allium* against the *Kl. pneumoniae* reference strain

	<i>A. carol</i> (n=10)	<i>A. elatum</i> (n=10)	<i>A. ramosum</i> (n=10)	<i>A. altaic</i> (n=10)	<i>A. oschan</i> (n=10)	<i>A. suwor</i> (n=10)	<i>A. pamir</i> (n=10)	<i>A. hymer</i> (n=10)	<i>A. senesc</i> (n=10)	<i>A. sativum</i> (n=10)	<i>P</i> ₀
Seeds	8.0±0.21	8.3±0.15 p ₁ >0.05	9.1±0.31 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05	7.2±0.13 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ =0.045	10.2±0.44 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ >0.05 p ₄ =0.004	7.2±0.13 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ =0.045 p ₄ >0.05 p ₅ =0.004	7.3±0.15 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ >0.05 p ₄ >0.05 p ₅ =0.011 p ₆ >0.05	7.1±0.1 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ =0.017 p ₄ >0.05 p ₅ =0.001 p ₆ >0.05 p ₇ >0.05	7.2±0.13 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ =0.045 p ₄ >0.05 p ₅ =0.004 p ₆ >0.05 p ₇ >0.05 p ₈ >0.05	13.4±0.37 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ >0.05 p ₄ =0.000 p ₅ >0.05 p ₆ =0.000 p ₇ >0.05 p ₈ =0.000 p ₉ =0.000	=0.000 H=77.4
Leaves Лист	7.1±0.1	9.2±0.29 p ₁ =0.006	7.2±0.13 p ₁ >0.05 p ₂ =0.023	7.1±0.1 p ₁ >0.05 p ₂ =0.006 p ₃ >0.05	9.1±0.31 p ₁ =0.009 p ₂ >0.05 p ₃ =0.031 p ₄ =0.004	7.2±0.13 p ₁ >0.05 p ₂ =0.023 p ₃ >0.05 p ₄ >0.05 p ₅ =0.031	7.1±0.1 p ₁ >0.05 p ₂ =0.006 p ₃ >0.05 p ₄ >0.05 p ₅ =0.009 p ₆ >0.05 p ₇ >0.05 p ₈ >0.05	7.0±0.00 p ₁ >0.05 p ₂ =0.002 p ₃ >0.05 p ₄ >0.05 p ₅ =0.002 p ₆ >0.05 p ₇ >0.05	7.1±0.1 p ₁ >0.05 p ₂ =0.006 p ₃ >0.05 p ₄ >0.05 p ₅ =0.009 p ₆ >0.05 p ₇ >0.05 p ₈ >0.05	7.2±0.13 p ₁ >0.05 p ₂ =0.023 p ₃ >0.05 p ₄ >0.05 p ₅ =0.031 p ₆ >0.05 p ₇ >0.05 p ₈ >0.05 p ₉ >0.05	=0.000 H=67.96
Bulb Лука.	9.0±0.26	10.0±0.26 p ₁ >0.05	9.6±0.22 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05	13.0±0.54 p ₁ =0.017 p ₂ >0.05 p ₃ >0.05	13.4±0.22 p ₁ =0.009 p ₂ >0.05 p ₃ >0.05 p ₄ >0.05	7.6±0.16 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ >0.05 p ₄ =0.000 p ₅ =0.000	9.8±0.2 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ >0.05 p ₄ >0.05 p ₅ >0.05 p ₆ >0.05	9.6±0.16 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05 p ₃ >0.05 p ₄ >0.05 p ₅ >0.05 p ₆ >0.05 p ₇ >0.05	7.2±0.13 p ₁ >0.05 p ₂ =0.036 p ₃ >0.05 p ₄ =0.000 p ₅ =0.000 p ₆ >0.05 p ₇ >0.05 p ₈ >0.05	14.3±0.26 p ₁ =0.001 p ₂ >0.05 p ₃ =0.027 p ₄ >0.05 p ₅ >0.05 p ₆ =0.000 p ₇ >0.05 p ₈ =0.022 p ₉ =0.000	=0.000 H=85.43
<i>p</i>	=0.000 χ ² =16.54	=0.003 χ ² =11.81	=0.000 χ ² =16.65	=0.000 χ ² =19.42	=0.000 χ ² =16.63	>0.05 χ ² =3.55	=0.000 χ ² =17.88	=0.000 χ ² =19.42	>0.05 χ ² =0.40	=0.000 χ ² =16.70	

Примечания: p – статистическая значимость различий показателей между элементами каждого растения (семена, листья и луковица) по критерию Фридмана;
p₀ – статистическая значимость различий показателей между всеми растениями по H-критерию Крускала-Уоллиса; p₁-p₉ – статистическая значимость различий показателей, проведённая попарно по U-критерию Манна-Уитни; значения от 1 до 9 указывают, со значением какой предыдущей ячейки проводились сравнения
Notes: p – statistical significance of the differences in indicators between the parts of each plant (seeds, leaves and bulb) according to Friedman's criterion; p₀ – statistical significance of differences in indicators between all plants according to the Kruskal-Wallis H-test; p₁-p₉ – statistical significance of differences in indicators, assessed in pairs according to the Mann-Whitney U-test; values from 1 to 9 indicate with the value of which preceding cell the comparisons were made

Рис. 4 Антибактериальная активность экстракта луковичцы *A. schugnanicum* Vved. относительно *Kl. pneumoniae*

Fig. 4 Antibacterial activity of *A. schugnanicum* Vved. bulb extract against *Kl. pneumoniae*



ную активность по сравнению с экстрактами из *A. carolinianum* DC., *A. ramosum* L., *A. suworowii* Regel., *A. hymenorrhizum* Ledeb. и *A. senescens* L. (размах статистической значимости «р» – от 0,03 до 0,000).

Здесь обращает на себя внимание различный противомикробный эффект двух эндемичных видов. Экстракты из всех органов *A. schugnanicum* Vved. проявляли более выраженную эффективность, чем экстракты из семян и луковичцы другого эндемичного вида – *A. pamiricum* Wendelbo.

Таким образом, впервые проведено исследование противомикробной активности широко распространённых дикорастущих и эндемичных видов рода *Allium* в отношении *Kl. pneumoniae*. Полученные нами результаты позволяют резюмировать, что не все использованные в работе виды рода *Allium* обладают антибактериальным эффектом относительно эталонного штамма *Kl. pneumoniae*. Данный патоген, проявляет наибольшую чувствительность к экстрактам из луковиц, чем к экстрактам других органов исследуемых объектов. Сравнительно высоким антибактериальным эффектом против эталонного штамма *Kl. pneumoniae* характеризуются *A. sativum* L. и *A. schugnanicum* Vved.

Антибактериальная активность экстрактов, полученных из различных частей широко распространённых и эндемичных видов луковых к *E. coli*. Кишечная палочка (*E. coli*), как нормальная микрофлора организма, и некоторые её серотипы, как патогенные варианты, играет важную роль в физиологическом состоянии человека и при патологии. Исходя из этого, нами было изучено возможное воздействие экстрактов исследуемых видов рода *Allium* на эталонный штамм данного микроорганизма.

В ходе исследования установлено, что из 15 видов луковых, включённых в работу, только экстракты, полученные из 7 растений, проявляют различную степень активности в отношении стандартного штамма *E. coli*. При этом, экстракты, полученные из различных органов эндемичных видов, не обладают противомикробным эффектом против данного эталонного штамма (табл. 4).

Примечательно, что только экстракты из всех органов вида *A. oschaninii* O. Fedtsch. проявляли бактерицидный эффект против данного испытуемого штамма (рис. 5). При этом зона ингибирования вокруг дисков, пропитанных экстрактами семян и луковиц, была примерно одинаковой – $14,3 \pm 0,45$ и $14,7 \pm 0,15$ мм соответственно ($p > 0,05$).

Несколько низкая активность была выявлена у экстракта, полученного из листьев – $10,9 \pm 0,28$ мм. В то же время, данные показатели статистически значимо превосходили противомикробную активность остальных растений, показанных в вышеприведённой таблице (размах статистической значимости «р» – от 0,03 до 0,000).

Таким образом, впервые проведено исследование противомикробной активности широко распространённых дикорастущих и эндемичных видов рода *Allium* в отношении *E. coli*. Установлено,

extracts of most plants did not exceed 8.3 ± 0.15 mm, with the exception of *A. ramosum* L. (9.1 ± 0.31 mm), which was insignificantly different from other species ($p > 0.05$).

A relatively high activity against *Kl. pneumoniae* was demonstrated by the bulb extracts. Extracts from *A. sativum* L. and *A. schugnanicum* Vved. demonstrated equally high antimicrobial activity compared to extracts from *A. carolinianum* DC., *A. ramosum* L., *A. suworowii* Regel., *A. hymenorrhizum* Ledeb., and *A. senescens* L. (for all compared pairs, statistical significance was found from 0.000 to 0.03).

Different antimicrobial effect of the two endemic species stands out. Extracts from all parts of *A. schugnanicum* Vved. showed more pronounced effect than the seeds and bulb extracts of another endemic species – *A. pamiricum* Wendelbo.

Thus, for the first time, the study of the antimicrobial activity of widespread wild and endemic species of the genus *Allium* against *Kl. pneumoniae* was undertaken. Our results allow us to summarize that not all species of the genus *Allium* used in this work have an antibacterial effect against the *Kl. pneumoniae* reference strain. This pathogen shows the highest sensitivity to the bulb extracts compared to the other parts of the plant. *A. sativum* L. and *A. schugnanicum* Vved. showed a relatively high antibacterial effect against the reference *Kl. pneumoniae* strain.

Antibacterial activity of extracts obtained from various parts of widespread and endemic species of onions against *E. coli*. *E. coli* as a normal microflora of the body, and some of its serotypes as pathogenic variants play an important role in the physiological condition of a person and in pathology. Based on this statement, we studied the possible effect of extracts of the studied species of the genus *Allium* against the reference strain of this microorganism.

In the course of the study, it was found that out of 15 onion species included in the work, extracts obtained from only 7 plants exhibited varying degrees of activity against the standard strain of *E. coli*. At the same time, extracts obtained from various parts of endemic species did not have an antimicrobial effect against this reference strain (Table 4).

It can be highlighted that only extracts from all parts of the species *A. oschaninii* O. Fedtsch. possessed a bactericidal effect against this test strain (Fig. 5). At the same time, the zone of inhibition around the discs impregnated with seeds and bulb extracts was almost similar constituting 14.3 ± 0.45 and 14.7 ± 0.15 mm respectively ($p > 0.05$).

Quite low activity of 10.9 ± 0.28 mm was found in the leaf extract. At the same time, these indicators significantly exceeded the antimicrobial activity of other plants shown in the aforesaid table (for all compared pairs, statistical significance was found from 0.000 to 0.03).

Table 4 Antibacterial activity of different species of the genus *Allium* against the *E. coli* reference strain

	<i>A. ramosum</i> (n=10)	<i>A. altaic</i> (n=10)	<i>A. oschan</i> (n=10)	<i>A. shoen</i> (n=10)	<i>A. hymer</i> (n=10)	<i>A. obliq</i> (n=10)	<i>A. sativum</i> (n=10)	p_0
Seeds Сем.	7.4±0.16	7.1±0.1 $p_1>0.05$	14.3±0.45 $p_1>0.05$ $p_2=0.002$	7.1±0.1 $p_1>0.05$ $p_2>0.05$ $p_3=0.002$	7.1±0.1 $p_1>0.05$ $p_2>0.05$ $p_3=0.002$ $p_4>0.05$	7.0±0.00 $p_1>0.05$ $p_2>0.05$ $p_3=0.000$ $p_4>0.05$ $p_5>0.05$	7.1±0.1 $p_1>0.05$ $p_2>0.05$ $p_3=0.002$ $p_4>0.05$ $p_5>0.05$ $p_6>0.05$	=0.000 df=6; H=46.53
Leaves Лист	7.2±0.13	7.1±0.1 $p_1>0.05$	10.9±0.28 $p_1=0.011$ $p_2=0.003$	7.1±0.1 $p_1>0.05$ $p_2>0.05$ $p_3=0.003$	7.10±0.1 $p_1>0.05$ $p_2>0.05$ $p_3=0.003$ $p_4>0.05$	7.0±0.00 $p_1>0.05$ $p_2>0.05$ $p_3=0.001$ $p_4>0.05$ $p_5>0.05$	7.0±0.00 $p_1>0.05$ $p_2>0.05$ $p_3=0.001$ $p_4>0.05$ $p_5>0.05$ $p_6>0.05$	=0.000 df=6; H=50.49
Bulb Лук.	7.9±0.23	10.7±0.26 $p_1>0.05$	14.7±0.15 $p_1=0.010$ $p_2>0.05$	7.3±0.15 $p_1>0.05$ $p_2=0.004$ $p_3=0.000$	7.5±0.17 $p_1>0.05$ $p_2=0.031$ $p_3=0.000$ $p_4>0.05$	7.2±0.13 $p_1>0.05$ $p_2=0.001$ $p_3=0.000$ $p_4>0.05$ $p_5>0.05$	7.5±0.17 $p_1>0.05$ $p_2=0.031$ $p_3=0.000$ $p_4>0.05$ $p_5>0.05$ $p_6>0.05$	=0.000 df=6; H=50.74
p	>0.05 $\chi^2=5.43$	=0.000 $\chi^2=18.75$	=0.000 $\chi^2=16.0$	>0.05 $\chi^2=2.0$	=0.041 $\chi^2=6.4$	>0.05 $\chi^2=4.0$	=0.015 $\chi^2=8.4$	

Примечания: p – статистическая значимость различий показателей между элементами каждого растения (семена, листья и луковица) по критерию Фридмана; p_0 – статистическая значимость различий показателей между всеми растениями по H-критерию Крускала-Уоллиса; p_1 - p_6 – статистическая значимость различий показателей, проведенная попарно по U-критерию Манна-Уитни; значения от 1 до 6 указывают, со значением какой предыдущей ячейки проводились сравнения

Notes: p – statistical significance of the differences in indicators between the parts of each plant (seeds, leaves and bulb) according to Friedman's criterion; p_0 – statistical significance of differences in indicators between all plants according to the Kruskal-Wallis H-test; p_1 - p_6 – statistical significance of differences in indicators, carried out in pairs according to the Mann-Whitney U-test; values from 1 to 6 indicate with the value of which preceding cell the comparisons were made

что из числа включённых в исследование 15 видов рода *Allium*, только экстракты 7 растений проявляют антибактериальную активность против эталонного штамма *E. coli*. Экстракты, полученные из над- и подземных частей большинства видов, обладают минимальным противомикробным эффектом. Высоким ингибирующим эффектом характеризуются экстракты, полученные из всех органов *A. oschaninii* O. Fedtsch.

Давно известно, что луковые растения обладают множеством лечебных эффектов, таких как снижение уровня холестерина в крови, антиоксидантная активность, противовоспалительные и противораковые свойства [20]. Они эффективны при простуде, болезнях сердца, диабете, остеопорозе, кашле и многих других заболеваниях [21, 22]. Луковые растения являются наилучшими природными источниками соединений, обладающих сильным антибактериальным, фунгицидным, антигельминтным и противовирусным эффектами [23-25]. Кроме того, многие из них являются важным источником питательных микроэлементов – минералов и витаминов [26, 27].

На сегодня, наиболее хорошо и всесторонне изучена противомикробная активность чеснока, лука репчатого и других культивируемых видов рода *Allium*, что обусловлено наличием серосодержащих соединений [28, 29]. Показано, что антибиотическая активность 1 мг аллицина, который представляет собой (+)-s-метил-L-цистеинсульфоксид, приравнивается к 15 МЕ пенициллина [30].

В то же время, до сих пор нет полноценной информации о фитохимической и биологической активности дикорастущих лу-

Thus, the study of the antimicrobial activity of widespread wild and endemic species of the genus *Allium* against *E. coli* was carried out for the first time. It was established that out of 15 species of the genus *Allium* included in the study, extracts of only 7 plants exhibited antibacterial activity against the reference strain of *E. coli*. Extracts obtained from above- and below-ground parts of most species had a minimal antimicrobial effect. Extracts obtained from all parts of *A. oschaninii* O. Fedtsch. were characterized by a high inhibitory effect.



Рис. 5 Антибактериальная активность экстракта луковицы *A. oschaninii* O. Fedtsch. относительно *E. coli*

Fig. 5 Antibacterial activity of *A. oschaninii* O. Fedtsch. bulb extract against *E. coli*

ков, произрастающих в Республике Таджикистан. В частности, нет никакой информации о некоторых эндемичных видах этой группы растений.

В этой связи, перед нами была поставлена цель изучить антибактериальный эффект экстрактов некоторых широко распространённых дикорастущих и эндемичных видов, произрастающих в различных природно-климатических регионах нашей страны. Особый интерес для нас представляли эндемичные растения *A. pamiricum* Wendelbo и *A. schugnanicum* Vved., так как в научной литературе данные, посвященные их возможной противомикробной активности, отсутствуют.

По данным научной литературы экстракты, полученные из разных органов луковых растений, могут демонстрировать различную противомикробную активность [31-34]. Полученные нами результаты во многих случаях совпадают с таковыми данными. Так, изучение противомикробной активности спиртовых экстрактов показало, что выжимки, полученные из семян, листьев и луковиц всех включённых в исследование растений (13 широко распространённых и 2 эндемичных видов рода *Allium*) демонстрируют противостафилококковый эффект различной степени активности.

Сравнительная оценка противостафилококкового эффекта семян исследуемых растений показала, что только экстракты из семян четырёх видов (*A. carolinianum* DC., *A. elatum* Regel, *A. suworowii* Regel, *A. hymenorrhizum* Ledeb.) демонстрируют противостафилококковый эффект средней степени активности. Экстракты большинства широко распространённых видов проявляли низкий уровень активности. Не одинаковым противостафилококковым эффектом характеризовались и экстракты семян эндемичных видов. В частности, экстракт из *A. pamiricum* Wendelbo проявлял противомикробную активность среднего уровня, тогда как у экстракта из семян *A. schugnanicum* Vved. данный показатель был очень низкий.

По мнению некоторых исследователей, противомикробная активность экстрактов из листьев луковых растений выражена слабее по сравнению с материалами из семян и значительно ниже, чем у экстрактов, полученных из луковиц [35]. В нашем случае, из числа широко распространённых видов только листья *A. elatum* Regel показали несколько заметный противостафилококковый эффект. Однако зона ингибирования не превышала 8,6 мм.

Обращает на себя внимание способность экстрактов листьев эндемичных видов подавлять рост штамма золотистого стафилококка. Если экстракт вида *A. schugnanicum* Vved. показал несколько большую активность, то для *A. pamiricum* Wendelbo этот показатель находился на самом низком уровне – 7,1 мм, что, по-видимому, объясняется низким содержанием аллицина в этой части данных растений [36].

Количество луковиц рода *Allium*, которые демонстрировали высокий противостафилококковый эффект, было значительно больше, и их экстракты показали сравнительно высокую активность, чем экстракты из семян и листьев. Привлекает на себя внимание бактерицидность экстракта луковицы вида *A. oschaninii* O. Fedtsch., что в некоторых случаях в 2,5 раза превосходило аналогичные показатели других видов рода *Allium*. Высокие показатели противостафилококковой активности проявляли луковицы *A. altaicum* Pall. и *A. sativum* L. Здесь наши данные совпадают с результатами других исследователей [37], которые также сообщают об эффективности этих растений против штаммов *S. aureus* различного происхождения.

Антибиотики, которые можно использовать для лечения инфекций, вызванных *Ps. aeruginosa*, не всегда показывают до-

It has long been known that onions have numerous medicinal effects, such as decrease of blood cholesterol levels, antioxidant activity, anti-inflammatory and anti-cancer properties [20]. They are effective for colds, heart disease, diabetes, osteoporosis, cough, and many other diseases [21, 22]. Onions are the best natural sources of compounds with strong antibacterial, fungicidal, anthelmintic and antiviral effects [23-25]. In addition, many of them are an important source of micronutrients: minerals and vitamins [26, 27].

To date, the best and most comprehensively studied is antimicrobial activity of garlic, onion and other cultivated species of the genus *Allium*, which is due to the presence of sulfur-containing compounds [28, 29]. It has been shown that the antibiotic activity of 1 mg of allicin, which is an S-methyl-L-cysteine sulfoxide, is equal to 15 IU of penicillin [30].

At the same time, there is still no complete information on the phytochemical and biological activity of wild onions growing in the Republic of Tajikistan. In particular, there is no information about some of the endemic species of this plant group.

In this regard, our goal was to study the antibacterial effect of extracts of some widespread wild and endemic species growing in various natural and climatic regions of the country. The endemic plants *A. pamiricum* Wendelbo and *A. schugnanicum* Vved. were of particular interest to us, since there are no data on their possible antimicrobial activity in the scientific literature.

According to the scientific literature, extracts obtained from different parts of onions may have different antimicrobial activity [31-34]. Our results in many cases coincide with these data. Thus, the study of the antimicrobial activity of alcohol extracts showed that refuse of seeds, leaves and bulbs of all plants included in the study (13 widespread and 2 endemic species of the genus *Allium*) exhibited an anti-staphylococcal effect of varying degrees.

A comparative assessment of the anti-staphylococcal effect of the seeds of the studied plants showed that only extracts from the seeds of four species (*A. carolinianum* DC., *A. elatum* Regel, *A. suworowii* Regel, *A. hymenorrhizum* Ledeb.) demonstrate an anti-staphylococcal effect of moderate activity. Extracts from most of the widespread species showed low levels of activity. Seeds of various endemic species were also characterized by different anti-staphylococcal effect. In particular, the extract from *A. pamiricum* Wendelbo exhibited moderate antimicrobial activity, while the effect of seeds extract of *A. schugnanicum* Vved. was very low.

According to some researchers, the antimicrobial activity of leaf extracts of onions is less pronounced in comparison with seeds extracts and is significantly lower than the bulb extracts [35]. In our case, among the widespread species, only the leaves of *A. elatum* Regel showed a somewhat noticeable anti-staphylococcal effect. However, the zone of inhibition did not exceed 8.6 mm.

Noteworthy is the ability of leaf extracts of endemic plants to suppress the growth of *S. aureus* strain. The extract of *A. schugnanicum* Vved. showed a slightly higher activity than of *A. pamiricum* Wendelbo which demonstrated the lowest level activity (7.1 mm), which, apparently, may be explained by the low content of allicin in this part of the plants [36].

The number of bulbs of the genus *Allium*, which showed a strong anti-staphylococcal effect, was significantly higher, and their extracts showed a relatively higher activity than the seeds

статочный терапевтический эффект [37, 39], что требует от исследователей расширить поиск природных источников препаратов против данного патогена.

Проведённые нами исследования показали, что не все включённые в работу растения проявляют противомикробную активность в отношении эталонного штамма *Ps. aureginosa*. Этим свойством обладали экстракты 11 широко распространённых дикорастущих луков и 2 эндемичных вида рода *Allium*. При сравнении эффективности семян растений выявлено, что экстракты, полученные из *A. elatum* Regel, *A. oschaninii* O. Fedtsch., *A. carolinianum* DC. и *A. sativum* L., обладают средней степенью бактерицидности против синегнойной палочки. Также невысоким ингибирующим свойством характеризовались семена эндемичных видов – *A. schugnanicum* Vved. и *A. pamiricum* Wendelbo.

По уровню чувствительности к экстрактам из листьев эталонный штамм синегнойной палочки выраженно отличался от золотистого стафилококка. Если для последнего диаметр зоны ингибирования не превышал 8,6 мм, то у штаммов синегнойной палочки данный показатель был выше 9,2 мм, причём для эндемичного вида *A. schugnanicum* Vved. находился на уровне 11,1 мм.

Следует отметить, что экстракты, полученные из луковичек исследуемых растений, показали относительно высокую активность против тестируемого микроорганизма по сравнению с экстрактами из их семян и листьев. Об их сравнительной активности можно судить по диаметру зон подавления роста данного патогена (до 11,2 мм) экстрактами луковичек *A. sativum* L., *A. oschaninii* O. Fedtsch., *A. elatum* Regel, *A. carolinianum* DC. Полученные в результате проведённых исследований данные показали, что экстракт луковички *A. schugnanicum* Vved. обладает наибольшей противомикробной активностью (14,5 мм) в отношении синегнойной палочки, чем экстракт из луковички другого эндемичного вида – *A. pamiricum* Wendelbo и всех остальных исследуемых видов рода – 14,5±0,17 мм.

Неоднозначные результаты получены при оценке антибактериальной активности *A. sativum* L. в отношении данного тест штамма. Здесь наши результаты совпадают с данными Karupiah P, Rajaram S (2012), которые сообщают о высокой эффективности *A. sativum* L. против данного микроорганизма [40]. Однако они отмечают, что уровень бактерицидности экстракта из чеснока взаимосвязан с концентрацией различных химических компонентов в экстракте, внесённом в лунку к питательной среде с тестовым штаммом. По данным других исследователей противомикробная активность *A. sativum* L., как против данного микроорганизма, так в отношении других патогенов, зависит от способа и качества получения экстракта [41].

Кишечная палочка, как представитель нормальной микрофлоры кишечника, играет важную роль в физиологическом состоянии организма человека. Она играет пусковую роль в механизме формирования иммунитета и специфических защитных реакций в постнатальном развитии, участвует в синтезе различных витаминов, необходимых для полноценного функционирования макроорганизма [42, 43]. Как известно, качественное и количественное изменение нормальной микрофлоры организма, приводит к дисбактериозу, что сопровождается нарушением физиологических процессов в организме человека [44]. Одним из факторов возникновения данной патологии в организме человека является антибиотикотерапия. К сожалению, многие антибактериальные препараты при их использовании с целью

and leaf extracts. Attention is drawn to the bactericidal activity of the bulb extract of the *A. oschaninii* O. Fedtsch., which in some cases exceeded the analogous indicators of other species of the genus *Allium* by 2.5 times. Bulbs of *A. altaicum* Pall. and *A. sativum* L. showed high anti-staphylococcal activity. Here, our data coincide with the results of other researchers [37], who also report on the effectiveness of these plants against *S. aureus* strains of various origins.

Antibiotics that can be used to treat *Ps. aeruginosa* infection do not always show a sufficient therapeutic effect [38, 39], which requires to expand the search for natural sources of drugs against this pathogen.

Our studies have shown that not all plants involved in the work exhibit antimicrobial activity against the *Ps. aureginosa* reference strain. This feature was demonstrated by extracts of 11 widespread wild-growing onions and 2 endemic species of the genus *Allium*. When comparing the efficiency of plant seeds, it was revealed that the extracts obtained from *A. elatum* Regel, *A. oschaninii* O. Fedtsch., *A. carolinianum* DC., and *A. sativum* L., have a moderate degree of bactericidal action against *Ps. aeruginosa*. The seeds of endemic species *A. schugnanicum* Vved. and *A. pamiricum* Wendelbo were also characterized by a low inhibitory activity.

The *Ps. aeruginosa* reference strain markedly differed from *S. aureus* in terms of sensitivity to leaf extracts. If for the latter the diameter of the zone of inhibition did not exceed 8.6 mm, for *Ps. aeruginosa* strains this indicator was higher than 9.2 mm, and for the endemic species *A. schugnanicum* Vved. it was at the level of 11.1 mm.

It should be noted that the extracts obtained from the bulbs of the studied plants showed a relatively high activity against the tested microorganisms in comparison with the extracts from their seeds and leaves. Their comparative activity can be assessed by the diameter of zones of growth inhibition of this pathogen (up to 11.2 mm) by the bulb extracts of *A. sativum* L., *A. oschaninii* O. Fedtsch., *A. elatum* Regel, and *A. carolinianum* DC. The data obtained as a result of the conducted research showed that the bulb extract of *A. schugnanicum* Vved. possessed higher antimicrobial activity (14.5 mm) against *Ps. aeruginosa* than the bulb extract of another endemic species, such as *A. pamiricum* Wendelbo, and all other studied species of this genus (14.5±0.17 mm).

Ambiguous results were obtained when assessing the antibacterial activity of *A. sativum* L. against this test strain. Here, our results coincide with the data of Karupiah P and Rajaram S (2012), which noticed the high efficiency of *A. sativum* L. against this microorganism [40]. However, they state that the level of bactericidal activity of garlic extract correlates with the concentration of various chemical components in the extract added to the well in the nutrient medium with the test strain. According to other researchers, the antimicrobial activity of *A. sativum* L., both against this microorganism and against other pathogens, depends on the method of production and quality of the extract [41].

E. coli, as a representative of the normal intestinal microflora, plays an important role in the physiological condition of the human body. It acts as a trigger for the mechanisms of immunity formation and specific defense reactions during postnatal development, and participates in the synthesis of various vitamins necessary for the full-fledged functioning of the macroorganism [42, 43]. It is known that qualitative and quantitative changes in the

терапии патологии инфекционной природы действуют не только на этиологические агенты, но проявляют повышенный бактерицидный эффект против кишечной палочки [45, 46].

В этой связи, исследователям необходимо разработать антибактериальные препараты, обладающие минимальным бактерицидным воздействием на нормальную микрофлору организма, включая кишечную палочку.

Результаты нашего исследования показали, что из числа включённых в работу видов рода *Allium* только экстракты, полученные из 7 растений, демонстрируют противомикробный эффект против данного эталонного штамма. При этом, высокой степенью бактерицидности обладали только экстракты из семян и луковицы *A. oschaninii* O. Fedtsch. Экстракты из других 6 видов демонстрировали минимальный антибактериальный эффект. Экстракты же двух эндемичных видов не действовали на рост тестируемого штамма на поверхности питательной среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, впервые проведено исследование антибактериальной активности 13 широко распространённых дикорастущих и 2 эндемичных видов рода *Allium*, произрастающих в Таджикистане. Результаты исследования позволяют заключить, что экстракты исследованных растений обладают разной степенью противомикробного действия в отношении 4 эталонных штаммов социально и клинически значимых микроорганизмов: *S. aureus*, *Ps. aeruginosa*, *Kl. pneumoniae* и *E. coli*. При этом многие виды луковых, включая 2 эндемичных вида, проявляют минимальное противомикробное действие на одного из представителей нормальной микрофлоры кишечника человека – кишечную палочку, что позволяет рекомендовать их в качестве природных источников антибактериальных препаратов.

normal microflora lead to dysbiosis, which is accompanied by a impairment of physiological processes in the human body [44]. One of the factors in the development of this pathological condition in the human body is antibiotic therapy. Unfortunately, many antibacterial drugs, when used for the treatment of infectious diseases, affect not only etiological agents, but exhibit an exceeding bactericidal effect against *E. coli* [45, 46].

In this regard, researchers need to develop antibacterial drugs that have a minimal bactericidal effect on the normal microflora of the body, including *E. coli*.

The results of our study showed that among the species of the genus *Allium* included in the work, only the extracts obtained from seven plants demonstrated an antimicrobial effect against this reference strain. At the same time, only seeds and bulb extracts of *A. oschaninii* O. Fedtsch. exhibited a high degree of bactericidal action. Extracts from the other six species showed minimal antibacterial effect. The extracts of the two endemic species did not affect the growth of the tested strain on the surface of the nutrient medium.

CONCLUSION

Thus, the study of the antibacterial activity of 13 widespread wild and 2 endemic species of the genus *Allium* growing in Tajikistan was carried out for the first time. The results of the study allow us to conclude that the extracts of the studied plants have varying degrees of antimicrobial activity against 4 reference strains of socially and clinically significant microorganisms, such as *S. aureus*, *Ps. aeruginosa*, *Kl. pneumoniae* and *E. coli*. At the same time, many onion species, including 2 endemic species, exhibit a minimal antimicrobial effect against one of the representatives of the normal human intestinal microflora – *E. coli*, which makes it possible to recommend them as natural sources of antibacterial drugs.

ЛИТЕРАТУРА

1. Christenhusz MJM. Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2009;161(2):105-21.
2. Isabel D-P. Biosynthesis of alkaloids in Amaryllidaceae plants: A review. *Phytochemistry Reviews Volume*. 2020;20(2):409-31.
3. Ashagrie T, Belew D, Alamerew S. Getachew Y. Effects of planting time and mother bulb size on onion *Allium cepa* L. seed yield and quality at Kobo Woreda. *Northern Ethiopia Int J Agric Res*.2014;9(5):231-41.
4. Тухватуллина ЛА. Декоративные показатели и агротехника видов рода *Allium* L. при интродукции. *Научные ведомости БелГУ*. 2013;7:28-35.
5. Солдатенко АВ, Бухарова АР, Бухаров АФ, Иванова МИ. Комплекс признаков лука Ошанина (*Allium oschaninii* O. Fedtsch.) для испытания на отличимость, однородность и стабильность. *Овощи России*. 2018;3:36-9.
6. Shari-Rad J, Mnayer D, Tabanelli G, Stojanović-Radić Z, Shari-Rad M, Yousaf Z. Plants of the genus *Allium* as antibacterial agents: From tradition to pharmacy. *Mol Biol*. 2016;62(9):57-68.
7. Tigu AB, Moldovan CS, Toma VA, Farcas AD, Catalin MA, Jurj A et al. Phytochemical analysis and in vitro effects of *Allium fistulosum* L. and *Allium sativum* L. extracts on human normal and tumor cell lines: A comparative study Adrian Bogdan. *Molecules*. 2021;26:2-19.
8. Fallah-Rostami F, Tabari MA, Esfandiari B, Aghajanzadeh H., Behzadi MY. Immunomodulatory activity of aged garlic extract against implanted

REFERENCES

1. Christenhusz MJM. Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2009;161(2):105-21.
2. Isabel D-P. Biosynthesis of alkaloids in Amaryllidaceae plants: A review. *Phytochemistry Reviews Volume*. 2020;20(2):409-31.
3. Ashagrie T, Belew D, Alamerew S. Getachew Y. Effects of planting time and mother bulb size on onion *Allium cepa* L. seed yield and quality at Kobo Woreda. *Northern Ethiopia Int J Agric Res*.2014;9(5):231-41.
4. Tuhvatullina L.A. Dekorativnye pokazateli i agrotehnika roda *Allium* L. pri in-troduktsii [Decorative indicators and agricultural techniques of the genus *Allium* L. during introduction]. *Nauchnye vedomosti BelGU*. 2013;7:28-35.
5. Soldatenko AV, Bukharova AR, Bukharov AF, Ivanova MI. Kompleks priznakov luka Oshanin (*Allium oschaninii* O. Fedtsch.) dlya ispytaniya na otlichimost', odnorodnost' i stabil'nost' [Complex of features of the Oshanin onion (*Allium oschaninii* O. Fedtsch.) for testing for distinctness, uniformity and stability]. *Ovoshchi Rossii*. 2018;3:36-9.
6. Shari-Rad J, Mnayer D, Tabanelli G, Stojanović-Radić Z, Shari-Rad M, Yousaf Z. Plants of the genus *Allium* as antibacterial agents: From tradition to pharmacy. *Mol Biol*. 2016;62(9):57-68.
7. Tigu AB, Moldovan CS, Toma VA, Farcas AD, Catalin MA, Jurj A et al. Phytochemical analysis and in vitro effects of *Allium fistulosum* L. and *Allium sativum* L. extracts on human normal and tumor cell lines: A comparative study Adrian Bogdan. *Molecules*. 2021;26:2-19.
8. Fallah-Rostami F, Tabari MA, Esfandiari B, Aghajanzadeh H., Behzadi MY. Immunomodulatory activity of aged garlic extract against implanted fibrosarcoma

- fibrosarcoma tumor in mice. *North American Journal of Medicine & Science*. 2013;5(3):207-12.
9. Varshney R, Matthew JB. Garlic and heart disease. *The Journal of Nutrition*. 2016;146(2):416-21.
 10. Hafiz ARS, Butt MS, Khalid N, Sultan S, Raza A, Abbas MA. Garlic (*Allium sativum*): Diet based therapy of 21st century – a review. *Asian Pacific Journal of Tropical Diseases*. 2015;5(4):271-8.
 11. Riyanti E, Maskoen AM, Oewen R, Pratidina NB, Harun A, Ramadhany YF. Antibacterial activity of *Allium sativum* against *Streptococcus mutans* ATCC 25175 in Indonesia. *Sys Rev Pharm*. 2020;11(4):313-8.
 12. Mnayer D, Fabiano-Tixier A-S, Petitcolas E, Hamieh T, Nehme N, Ferrant C, et al. Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of six essentials oils from the Alliaceae family. *Molecules*. 2014;19(12):20034-53.
 13. Satorov S, Mirzoeva F, Kurbonbekova Sh, Satorov Sh, Vakhidova M, Dushenkov V. Antibacterial, antifungal, antioxidant activity and polyphenol content of aerial parts and bulb of *Allium schugnanicum*. *Avicenna bulletin*. 2020;22(1):98-105. Available from: <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2020-22-1-98-105>
 14. Pankaj S, Balqees al-Tammi, Najat Al-N, Rahma Al-Mamari. Effect of temperature on antibiotic properties of garlic (*Allium sativum* L.) and ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). *African Journal of Biotechnology*. 2012;11:16192-5.
 15. Subramani R, Narayanasamy M, Klaus-D, Feussner. Plant-derived antimicrobials to fight against multi-drug-resistant human pathogens. *3 Biotech*. 2017;7:3-15.
 16. Мирзоева ФД, Авербах ММ, Стержанова НВ, Саторов СС, Никоненко БВ. Влияние экстракта лука ошанина (горный Таджикистан) на течение туберкулезной инфекции в эксперименте у инбредных мышей. *Вестник ЦНИИТ*. 2021;1(14):21-7.
 17. Alam MM, Islam M, Wahab A, Billah M. Antimicrobial resistance crisis and combatng approaches. *Journal of Medicine*. 2019;20(1):38-45.
 18. Саторов С, Мирзоева ФД, Саторов ШС, Вахидова М, Душенков В. Сравнительная характеристика антибактериальной активности некоторых растений, произрастающих в центральной части Республики Таджикистан. *Вестник Авиценны*. 2019;21(4):644-51. Available from: <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2019-21-4-644-651>
 19. Наврузшоев Д. Редкие и исчезающие виды флоры Горно-Бадахшанской автономной области Республики Таджикистан. Душанбе, РТ: Торус; 2013. 288 с.
 20. Fredotovic Z, Puzina JT. Edible *Allium* species: Chemical composition, biological activity and health effect. *Ital J Food Sci*. 2019;31(1):19-39.
 21. Abdelkareem A, Ahmeda BC, Mohammed E, Adam E. Alternative therapies of significance in the treatment of diabetes mellitus: Review article. *International Journal of Innovative Studies in Medical Sciences*. 2019;3(6):20-5.
 22. Hashemi SA, Ghorbanoghli S, Manouchehri AA, Hatkehlouei MB. Pharmacological effect of *Allium sativum* on coagulation, blood pressure, diabetic nephropathy, neurological disorders, spermatogenesis, antibacterial effects. *AIMS Agriculture and Food*. 2019;4(2):386-98.
 23. Lengbiye EM, Mbadiko CM, Falanga CM, Matondo A, Inkoto CL, Ngoyi EM, et al. Antiviral activity, phytochemistry and toxicology of some medically interesting *Allium* species: A mini review. *International Journal of Pathogen Research*. 2020;5(4):64-77.
 24. Mahmoudabadi AZ, Nasery M G. Antifungal activity of shallot, *Allium ascalonicum* Linn. (Liliaceae), in vitro. *J Med Plants Res*. 2009;3(5):450-3.
 25. Sonja K, Mansour S, Markus SB, Michael W. Anti-parasitic activities of *Allium sativum* and *Allium cepa* against *Trypanosoma b. brucei* and *Leishmania tarentolae*. *Medicines*. 2018;5:2-13.
 26. Fredotovic Z, Puzina Z. Edible *Allium* species: Chemical composition, biological activity and health effects. *Ital J Food Sci*. 2019;31(10):19-39.
 27. Harazem R, Abdel Rahman S, Ali El-K. Evaluation of antiviral activity of *Allium cepa* and *Allium sativum* extracts against Newcastle disease virus. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*. 2019;61(1):108-18.
 28. Radovanović B, Mladenović J, Radovanović A, Pavlović R, Nikolic V. Phenolic composition, antioxidant, antimicrobial and cytotoxic activities of *Allium porrum* L. (Serbia) extracts. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2015;3(9):564-9.
 29. Reiter J, Hübbbers AM, Albrecht F, Leichert LIO, Slusarenko AJ. Allicin, a natural antimicrobial defence substance from garlic, inhibits DNA gyrase activity in bacteria. *Int J Med Microbiol*. 2020;310(1):1-13.
 - tumor in mice. *North American Journal of Medicine & Science*. 2013;5(3):207-12.
 9. Varshney R, Matthew JB. Garlic and heart disease. *The Journal of Nutrition*. 2016;146(2):416-21.
 10. Hafiz ARS, Butt MS, Khalid N, Sultan S, Raza A, Abbas MA. Garlic (*Allium sativum*): Diet based therapy of 21st century – a review. *Asian Pacific Journal of Tropical Diseases*. 2015;5(4):271-8.
 11. Riyanti E, Maskoen AM, Oewen R, Pratidina NB, Harun A, Ramadhany YF. Antibacterial activity of *Allium sativum* against *Streptococcus mutans* ATCC 25175 in Indonesia. *Sys Rev Pharm*. 2020;11(4):313-8.
 12. Mnayer D, Fabiano-Tixier A-S, Petitcolas E, Hamieh T, Nehme N, Ferrant C, et al. Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of six essentials oils from the Alliaceae family. *Molecules*. 2014;19(12):20034-53.
 13. Satorov S, Mirzoeva F, Kurbonbekova Sh, Satorov Sh, Vakhidova M, Dushenkov V. Antibacterial, antifungal, antioxidant activity and polyphenol content of aerial parts and bulb of *Allium schugnanicum*. *Avicenna bulletin*. 2020;22(1):98-105. Available from: <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2020-22-1-98-105>
 14. Pankaj S, Balqees al-Tammi, Najat Al-N, Rahma Al-Mamari. Effect of temperature on antibiotic properties of garlic (*Allium sativum* L.) and ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). *African Journal of Biotechnology*. 2012;11:16192-5.
 15. Subramani R, Narayanasamy M, Klaus-D, Feussner. Plant-derived antimicrobials to fight against multi-drug-resistant human pathogens. *3 Biotech*. 2017;7:3-15.
 16. Mirzoeva FD, Averbakh MM, Sterzhanova NV, Satorov SS, Nikonenko BV. Vliyaniye ekstrakta luka oshanina (gornyy Tadjhikistan) na techenie tuberkulyoznoy infektsii v eksperimente u inbrednykh myshey [Influence of onion extract of oshanin (mountainous Tajikistan) on the course of tuberculosis infection in an experiment in inbred mice]. *Vestnik TSNiIT*. 2021;1(14):21-7.
 17. Alam MM, Islam M, Wahab A, Billah M. Antimicrobial resistance crisis and combatng approaches. *Journal of Medicine*. 2019;20(1):38-45.
 18. Satorov S, Mirzoeva FD, Satorov ShS, Vakhidova M, Dushenkov V. Sravnitel'naya kharakteristika antibakterial'noy aktivnosti nekotorykh rasteniy proizrastayushchikh v tsestral'noy chasti Respubliki Tadjhikistan [Comparative characteristics of the antibacterial activity of some plants growing in the central part of the Republic of Tajikistan]. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2019;21(4):644-51. Available from: <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2019-21-4-644-651>
 19. Navruzshoev D. Redkie i ischezayushchie vidy flory i fauny Gorno-Badakhshanskoj avtonomnoy oblasti Respubliki Tadjhikistan [Rare and endangered species of flora and fauna of the Gorno-Badakhshan Autonomous Region of the Republic of Tajikistan]. Dushanbe, RT: Torus; 2013. 288 p.
 20. Fredotovic Z, Puzina JT. Edible *Allium* species: Chemical composition, biological activity and health effect. *Ital J Food Sci*. 2019;31(1):19-39.
 21. Abdelkareem A, Ahmeda BC, Mohammed E, Adam E. Alternative therapies of significance in the treatment of diabetes mellitus: Review article. *International Journal of Innovative Studies in Medical Sciences*. 2019;3(6):20-5.
 22. Hashemi SA, Ghorbanoghli S, Manouchehri AA, Hatkehlouei MB. Pharmacological effect of *Allium sativum* on coagulation, blood pressure, diabetic nephropathy, neurological disorders, spermatogenesis, antibacterial effects. *AIMS Agriculture and Food*. 2019;4(2):386-98.
 23. Lengbiye EM, Mbadiko CM, Falanga CM, Matondo A, Inkoto CL, Ngoyi EM, et al. Antiviral activity, phytochemistry and toxicology of some medically interesting *Allium* species: A mini review. *International Journal of Pathogen Research*. 2020;5(4):64-77.
 24. Mahmoudabadi AZ, Nasery M G. Antifungal activity of shallot, *Allium ascalonicum* Linn. (Liliaceae), in vitro. *J Med Plants Res*. 2009;3(5):450-3.
 25. Sonja K, Mansour S, Markus SB, Michael W. Anti-parasitic activities of *Allium sativum* and *Allium cepa* against *Trypanosoma b. brucei* and *Leishmania tarentolae*. *Medicines*. 2018;5:2-13.
 26. Fredotovic Z, Puzina Z. Edible *Allium* species: Chemical composition, biological activity and health effects. *Ital J Food Sci*. 2019;31(10):19-39.
 27. Harazem R, Abdel Rahman S, Ali El-K. Evaluation of antiviral activity of *Allium cepa* and *Allium sativum* extracts against Newcastle disease virus. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*. 2019;61(1):108-18.
 28. Radovanović B, Mladenović J, Radovanović A, Pavlović R, Nikolic V. Phenolic composition, antioxidant, antimicrobial and cytotoxic activities of *Allium porrum* L. (Serbia) extracts. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2015;3(9):564-9.
 29. Reiter J, Hübbbers AM, Albrecht F, Leichert LIO, Slusarenko AJ. Allicin, a natural antimicrobial defence substance from garlic, inhibits DNA gyrase activity in bacteria. *Int J Med Microbiol*. 2020;310(1):1-13.

30. Szychowski KA, Binduga UE, Rybczynska-Tkaczyk K, Leja ML, Gminski J. Cytotoxic effects of two extracts from garlic (*Allium sativum* L.) cultivars on the human squamous carcinoma cell line SCC-15. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2018;25(8):1703-12.
31. Yadav M, Bohra R, Gupta N. In vitro determination of antibacterial effect of garlic (*Allium sativum*) on *Staphylococcus aureus* and *E. coli*. *Int J Curr Microbiol App Sci*. 2019;8(9):498-506.
32. Кароматов ИД, Давлатова МС. Лекарственные растения с противогельминтной и противозоонозной активностью. *Биология и интегративная медицина*. 2018;11:116-30.
33. Кароматов ИД, Ражабова НБ. Чеснок как лечебное средство древней и современной медицины. *Биология и интегративная медицина*. 2019;3:174-203.
34. Кароматов ИД, Турсунова МА. Лук репчатый – применение в древней и современной народной медицине. *Биология и интегративная медицина*. 2020;1:54-60.
35. Ginovyan M, Petrosyan M, Trchounian A. Antimicrobial activity of some plant materials used in Armenian traditional medicine. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 2017;17:3-9.
36. Changhiz A., Alireza M, Ali R, Mehrdad P, Behbood J. Antibacterial activity of methanolic extract and essence of Sagebrush (*Artemisia vulgaris*) against pathogenic bacteria. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*. 2014;3(2):121-5.
37. Enejiyon SO, Abdulrahman Al-HA, Adedeji AS, Ramatu A. Oyedum MU. Antibacterial activities of the extracts of *Allium sativum* (Garlic) and *Allium cepa* (Onion) against selected pathogenic bacteria. *Tanzania Journal of Science*. 2020;46(3):914-22.
38. Kanu A, Ihekumere I, Kalu JE. Anti-dermatophytic activity of garlic (*Allium sativum*) extracts on some Dermatophytic fungi. *International Letters of Natural Sciences*. 2014;24(19):34-40.
39. Parham S, Kharazi AZ, Bakhsheshi-Rad HR, Nur H, Ismail AF, Sharif S, et al. A clinical approach to managing *Pseudomonas aeruginosa* infections. *British Journal of Hospital Medicine*. 2016;77(4):50-4.
40. Karuppiyah P, Rajaram S. Antibacterial effect of *Allium sativum* cloves and Zingiber officinale rhizomes against multiple-drug resistant clinical pathogens. *Asian Pac J Trop Biomed*. 2012;2(8):597-601.
41. Yadav S, Trivedi NA, Bhatt JD. Antimicrobial activity of fresh garlic juice: An in vitro study. *Ayurveda*. 2015;36(2):203-7.
42. Marco ML. Defining how microorganisms benefit human health. *Microbial Biotechnology*. 2021;14(1):35-40.
43. Jandhyala SM, Talukdar R, Subramanyam C, Vuyyuru H, Sasikala M, Nageshwar Reddy D. Role of the normal gut microbiota. *World J Gastroenterol*. 2015;21(29):8787-803.
44. Mohajeri HM, Brummer RJM, Rastall RA, Weersma RK, Harmsen HJM, Faas M. The role of the microbiome for human health: From basic science to clinical applications Manfred Eggersdorfer. *European Journal of Nutrition*. 2018;57(1):1-14.
45. Langdon A, Crook N, Dantas G. The effects of antibiotics on the microbiome throughout development and alternative approaches for therapeutic modulation. *Genome Medicine*. 2016;8:2-16.
46. Belal SF. Relevance of bacterial normal flora in antimicrobial resistance and incidence of pathogenic infections and how to overcome this resistance. *Academic Journal of Microbiology & Immunology*. 2020;1(1):1-3.
30. Szychowski KA, Binduga UE, Rybczynska-Tkaczyk K, Leja ML, Gminski J. Cytotoxic effects of two extracts from garlic (*Allium sativum* L.) cultivars on the human squamous carcinoma cell line SCC-15. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2018;25(8):1703-12.
31. Yadav M, Bohra R, Gupta N. In vitro determination of antibacterial effect of garlic (*Allium sativum*) on *Staphylococcus aureus* and *E. coli*. *Int J Curr Microbiol App Sci*. 2019;8(9):498-506.
32. Karomatov ID, Davlatova MS. Lekarstvennye rasteniya s protivogel'mintnoy i protivozoonoznoy aktivnost'yu [Herbs with anthelmintic and antiechinococcosis activity]. *Biologiya i integrativnaya meditsina*. 2018;11:116-30.
33. Karomatov ID, Razhabova NB. Chesnok kak lechebnoe sredstvo drevney i sovremennoy meditsiny [Garlic as remedy of ancient and modern medicine]. *Biologiya i integrativnaya meditsina*. 2019;3:174-203.
34. Karomatov ID, Tursunova MA. Luk repchatyy – primeneniye v drevney i sovremennoy narodnoy meditsine [Bulb onions – application in ancient and modern folk medicine]. *Biologiya i integrativnaya meditsina*. 2020;1:54-60.
35. Ginovyan M, Petrosyan M, Trchounian A. Antimicrobial activity of some plant materials used in Armenian traditional medicine. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 2017;17:3-9.
36. Changhiz A., Alireza M, Ali R, Mehrdad P, Behbood J. Antibacterial activity of methanolic extract and essence of Sagebrush (*Artemisia vulgaris*) against pathogenic bacteria. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*. 2014;3(2):121-5.
37. Enejiyon SO, Abdulrahman Al-HA, Adedeji AS, Ramatu A. Oyedum MU. Antibacterial activities of the extracts of *Allium sativum* (Garlic) and *Allium cepa* (Onion) against selected pathogenic bacteria. *Tanzania Journal of Science*. 2020;46(3):914-22.
38. Kanu A, Ihekumere I, Kalu JE. Anti-dermatophytic activity of garlic (*Allium sativum*) extracts on some Dermatophytic fungi. *International Letters of Natural Sciences*. 2014;24(19):34-40.
39. Parham S, Kharazi AZ, Bakhsheshi-Rad HR, Nur H, Ismail AF, Sharif S, et al. A clinical approach to managing *Pseudomonas aeruginosa* infections. *British Journal of Hospital Medicine*. 2016;77(4):50-4.
40. Karuppiyah P, Rajaram S. Antibacterial effect of *Allium sativum* cloves and Zingiber officinale rhizomes against multiple-drug resistant clinical pathogens. *Asian Pac J Trop Biomed*. 2012;2(8):597-601.
41. Yadav S, Trivedi NA, Bhatt JD. Antimicrobial activity of fresh garlic juice: An in vitro study. *Ayurveda*. 2015;36(2):203-7.
42. Marco ML. Defining how microorganisms benefit human health. *Microbial Biotechnology*. 2021;14(1):35-40.
43. Jandhyala SM, Talukdar R, Subramanyam C, Vuyyuru H, Sasikala M, Nageshwar Reddy D. Role of the normal gut microbiota. *World J Gastroenterol*. 2015;21(29):8787-803.
44. Mohajeri HM, Brummer RJM, Rastall RA, Weersma RK, Harmsen HJM, Faas M. The role of the microbiome for human health: From basic science to clinical applications Manfred Eggersdorfer. *European Journal of Nutrition*. 2018;57(1):1-14.
45. Langdon A, Crook N, Dantas G. The effects of antibiotics on the microbiome throughout development and alternative approaches for therapeutic modulation. *Genome Medicine*. 2016;8:2-16.
46. Belal SF. Relevance of bacterial normal flora in antimicrobial resistance and incidence of pathogenic infections and how to overcome this resistance. *Academic Journal of Microbiology & Immunology*. 2020;1(1):1-3.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Саторов Саидбег, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой микробиологии, иммунологии и вирусологии, Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибни Сино
 Researcher ID: S-9073-2016
 Scopus ID: 10419425154
 ORCID ID: 0000-0003-1101-1840
 SPIN-код: 2523-8682
 Author ID: 78634
 E-mail: sattorion@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Satorov Saidbeg, Doctor of Medical Sciences, Full Professor, Head of the Department of Microbiology, Immunology and Virology, Avicenna Tajik State Medical University
 Researcher ID: S-9073-2016
 Scopus ID: 10419425154
 ORCID ID: 0000-0003-1101-1840
 SPIN: 2523-8682
 Author ID: 78634
 E-mail: sattorion@mail.ru

Мирзоева Фазила Давлаталиевна, ассистент кафедры микробиологии, иммунологии и вирусологии, Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибни Сино
ORCID ID: 0000-0003-0187-0334
E-mail: fazila.mirzoeva88@mail.ru

Информация об источнике поддержки в виде грантов, оборудования, лекарственных препаратов

Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования авторы не получали

Конфликт интересов: отсутствует

✉ **АДРЕС ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:**

Саторов Саидбег

доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой микробиологии, иммунологии и вирусологии, Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибни Сино

734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 139

Тел.: +992 (987) 842424

E-mail: satorion@mail.ru

ВКЛАД АВТОРОВ

Разработка концепции и дизайна исследования: СС

Сбор материала: МФД

Статистическая обработка данных: МФД

Анализ полученных данных: СС

Подготовка текста: СС, МФД

Редактирование: СС

Общая ответственность: СС

Поступила 24.04.21

Принята в печать 25.06.21

Mirzoeva Fazila Davlataliyeva, Assistant, Department of Microbiology, Immunology and Virology, Avicenna Tajik State Medical University
ORCID ID: 0000-0003-0187-0334
E-mail: fazila.mirzoeva88@mail.ru

Information about support in the form of grants, equipment, medications

The authors did not receive financial support from companies manufacturing medications and medical equipment

Conflicts of interest: The authors have no conflicts of interest

✉ **ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:**

Satorov Saidbeg

Doctor of Medical Sciences, Full Professor, Head of the Department of Microbiology, Immunology and Virology, Avicenna Tajik State Medical University

734003, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Ave., 139

Tel.: +992 (987) 842424

E-mail: satorion@mail.ru

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conception and design: SS

Data collection: MFD

Statistical analysis: MFD

Analysis and interpretation: SS

Writing the article: SS, MFD

Critical revision of the article: SS

Overall responsibility: SS

Submitted 24.04.21

Accepted 25.06.21