

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-3-30-37>
УДК: 635.25/26:061

М.И. Иванова*, А.В. Поляков, А.И. Кашлева

Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО)
140153, Россия, Московская область, Раменский район, д. Верея, стр. 500

*Corresponding Author: ivanova_170@mail.ru

Вклад авторов: Поляков А.В.: концептуализация, методология, верификация данных, создание рукописи и её редактирование, формальный анализ. Иванова М.И.: руководство исследованием, концептуализация, методология, редактирование рукописи. Кашлева А.И.: концептуализация, верификация данных, редактирование рукописи, формальный анализ.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Иванова М.И., Поляков А.В., Кашлева А.И. Генетические ресурсы некоторых представителей рода *Allium* L. *Овощи России*. 2025;(3):30-37. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-3-30-37>

Поступила в редакцию: 18.04.2025

Принята к печати: 28.04.2025

Опубликована: 07.07.2025

Maria I. Ivanova*, Alexey V. Polyakov,
Anna I. Kashleva

All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center"
p. 500, Vereya village, Ramensky district, Moscow region, 140153, Russia

*Corresponding Author: ivanova_170@mail.ru

Authors' Contribution: Polyakov A.V.: conceptualization, methodology, data verification, manuscript preparation and editing, formal analysis. Ivanova M.I.: study management, conceptualization, methodology, manuscript editing. Kashleva A.I.: conceptualization, data verification, manuscript editing, formal analysis.

Conflict of interest. The authors declare that there are no conflicts of interest.

For citation: Ivanova M.I., Polyakov A.V., Kashleva A.I. Genetic resources of some representatives of the genus *Allium* L. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(3):30-37. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-3-30-37>

Received: 18.04.2025

Accepted for publication: 28.04.2025

Published: 07.07.2025

Генетические ресурсы некоторых представителей рода *Allium* L.



РЕЗЮМЕ

С древних времен виды рода *Allium* играли значительную роль в рационе человека, в традиционной медицине для лечения многих заболеваний и в официальной медицине в качестве сырья, а также лекарственных и профилактических средств. Фитохимические вещества, такие как сероорганические соединения, фенольные соединения, жирные кислоты и сапонины, связаны с антиоксидантными и противомикробными свойствами этих видов, среди многих других биологически активных веществ. Все части растения, включая луковичку, лист, псевдостебель, корень, цветок и семя, проявляют антиоксидантные свойства в анализах, проведенных в условиях *in vitro*. Характерные фитосоединения, которые способствуют противомикробной активности луковых культур, включают аллицин, аджонен, аллиловый спирт и некоторые диаллилсульфиды. Наночастицы, синтезированные с использованием видов *Allium*, также известны своими заметными противомикробными свойствами. Виды рода *Allium* являются продуктом с высокой пищевой ценностью, а благодаря вторичным метаболитам его также используют для защиты растений с помощью различных продуктов, созданных на основе его биологически активных компонентов. Представители рода *Allium* ценятся за их уникальный макроэлементный состав и используются в качестве популярных овощей и специй. В Российской Федерации существует значительное биологическое и морфологическое разнообразие культурных и диких видов лука. За последние несколько лет во ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО проведена обширная программа сбора и исследования представителей рода *Allium*. Установлена высокая морфологическая и биохимическая изменчивость изучаемых видов, что может быть использовано в селекционных программах и при выращивании сортов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Allium, генетические ресурсы, исследования, образцы, клоны, сорта

Genetic resources of some representatives of the genus *Allium* L.

ABSTRACT

Since ancient times, species of the genus *Allium* have played a significant role in the human diet, in traditional medicine for the treatment of many diseases and in official medicine as raw materials, as well as medicinal and prophylactic agents. Phytochemicals such as organosulfur compounds, phenolic compounds, fatty acids and saponins are associated with the antioxidant and antimicrobial properties of these species, among many other biologically active substances. All parts of the plant, including the bulb, leaf, pseudostem, root, flower and seed, exhibit antioxidant properties in *in vitro* assays. Characteristic phytochemicals that contribute to the antimicrobial activity of onion crops include allicin, ajoene, allyl alcohol and some diallyl sulfides. Nanoparticles synthesized using *Allium* species are also known for their notable antimicrobial properties. *Allium* species are a product with high nutritional value, and due to secondary metabolites, it is also used to protect plants with various products created on the basis of its biologically active components. *Allium* species are valued for their unique macroelement composition and are used as popular vegetables and spices. In the Russian Federation, there is significant biological and morphological diversity of cultivated and wild onion species. Over the past few years, an extensive program of collecting and studying *Allium* species has been carried out at VNIIO – a branch of the FSBSI Federal Scientific Vegetable Center. High morphological and biochemical variability of the studied species has been established, which can be used in breeding programs and when growing varieties.

KEYWORDS:

Allium, genetic resources, research, samples, clones, varieties.

Введение

Представители видов *Allium* считаются древнейшими культурными растениями, о чем свидетельствуют иллюстрации, которым более 5000 лет, найденные в Египте. В частности, на иллюстрациях показаны модели луковиц лука репчатого и чеснока, которые, как предполагается, являются первыми окультуренными видами этого рода [1,2]. Информация о том, что их использование в питании человека сохраняется и по сей день, свидетельствуют размеры территорий, на которых выращивают эти виды, а также количество научных работ, в которых эти растения описаны и исследованы.

Помимо орхидей, *Allium* L. (Amaryllidaceae J.St.-Hil.: Alliioideae Herb.) – один из крупнейших родов однодольных растений, насчитывающий в настоящее время более 1000 признанных видов [3-6], в основном распространенных по всему Северному полушарию [6]. Только один вид (*A. dregeanum*) был идентифицирован в южном полушарии (Южная Африка) [7]. Ключевые центры биоразнообразия расположены в засушливых и субаридных регионах Юго-Западной и Центральной Азии, занимая районы Средиземноморья, простирающиеся до запада Малой Азии. Другой значительно меньший центр находится в западной части Северной Америки [6-8]. Растения данного рода предпочтительно произрастают в засушливом климате и хорошо себя чувствуют на открытых, сухих и солнечных участках. Они редко встречаются в густой растительности и признаны слабыми конкурентами сорнякам. Только в горах Тянь-Шаня, отличающихся высоким уровнем эндемизма, в число 16 крупнейших родов включен род *Allium* с 56 тянь-шаньскими эндемиками [10].

Огромные морфологические, цитологические и генетические вариабельности отражены в сложной таксономической структуре рода, состоящего из 15 подродов и 72 секций [1,11]. По оценкам, около 650 видов имеют несколько названий-синонимов. За последние 10 лет было описано более 10 новых секций. Все последующие филогенетические исследования рода *Allium* подтвердили три эволюционные линии в роде, включая монофилетическое происхождение всех подродов в первой и второй эволюционных линиях [6,8,9,12,11-15]. Филогенетические отношения в третьей (самой молодой) линии менее ясны. Согласно последним исследованиям, многие подроды в третьей линии не являются монофилетическими. В основном это касается подродов *Allium*, *Sera* (Mill.) Radić, *Reticulobulbosa* (Kamelin) N. Friesen, *Rhizirideum* (G. Don ex Koch) Wendelbo и *Polyprason* Radić [6,8,12,13,16].

Более 50 видов *Allium* широко выращивают по всему миру или локально в качестве культурных растений. Кроме того, очень многие дикорастущие виды собирают местные жители в природе для использования в качестве овощей, в лекарственных целях или в качестве декоративных растений [17]. По данным FAOSTAT, крупнейшими производителями видов *Allium* были Китай (23 659 708 т лука репчатого и 20 712 087 т чеснока) и Индия (26 738 000 т лука репчатого и 2 907 000 т чеснока) [18].

Род *Allium* имеет важное экономическое значение, поскольку растения многих из его видов съедобны и ценятся за использование в качестве овощных культур, специй или лекарственных растений. Среди этих видов лук репчатый (*A. sera*) является наиболее употребляемым из-за его широкого использования в качестве основной приправы к разнообразным блюдам. Другие важные виды с точки зре-

ния питания и экономики включают *A. sativum*, *A. ampeloprasum*, *A. fistulosum*, *A. tuberosum* и *A. schoenoprasum*. Съедобные части этих видов являются богатыми источниками углеводов, включая фруктозу и глюкозу. Внешняя чешуя луковицы содержит значительное количество арабинозы и галактозы, некоторые незаменимые аминокислоты, такие как глутаминовая кислота и аргинин, являются важными резервуарами азота. Другие сложные биологически активные соединения включают сапонины, витамины (A, C, B₆ и B₉) и незаменимые элементы, такие как фосфор, калий, кальций, магний, цинк, марганец, натрий, железо, селен и медь [19,20]. Хорошо известно, что биологически активные вещества, такие как фенольные соединения, фитостеролы и жирные кислоты, являются неотъемлемой частью многих растений, и они привлекли большое внимание исследователей из-за их пользы для здоровья человека. Многие исследования показали фармакологические свойства видов *Allium*, включая антимикробную, противовоспалительную, противоопухолевую, противовирусную и антиоксидантную активность, которые связаны с упомянутыми фитохимическими соединениями [21-26].

Морфологические характеристики видов *Allium*

Растения этого рода характеризуются луковицами, заключенными в перепончатые, волокнистые или сетчатые оболочки, свободными или сросшимися в основании чашелистиками [11]. Луковицы лука обладают следующими морфологическими характеристиками: подземные части (настоящий стебель, структура луковицы, псевдостебель), лист, цветоножка, цветок, соцветие, плод и семя. Хотя виды *Allium* имеют много схожих характеристик, каждый вид также обладает своими уникальными морфологическими особенностями. Это — двулетние или многолетние растения с корневищами, луковицами или раздутыми корнями в качестве органов хранения питательных веществ. Луковица состоит из настоящего стебля, известного как прикорневая пластинка, свежих утолщенных листьев, сухих листьев, покрытых оболочкой, и почек, из которых развивается цветонос. Луковицы выглядят одиночными (настоящая луковица — лук репчатый или псевдолуковица — лук-порей) или собранными в группы (луковица содержит несколько плотно уложенных зубков, расположенных на прикорневой пластинке — чеснок). Некоторые виды образуют маленькие луковички, известные как дочерние луковицы, которые могут быть использованы в качестве материала для размножения, расположенные вокруг старых луковиц. Листья разной формы (трубчатые у лука репчатого / плоские у чеснока). Основная часть листьев образует псевдостебель. Соцветия зонтико-видные или головчатые, расположены на верхушке безлистного цветоноса. Молодые соцветия покрыты обертками. Цветки содержат шесть свободных или почти свободных листочков околоцветника, расположенных в двух мутовках; тычинок шесть, которые также расположены в двух мутовках, иногда соединенных базально; завязь трехгнездная, верхняя. Некоторые виды могут образовывать луковички вместо всех или части цветков в соцветиях, которые можно использовать в качестве материала для размножения. Плоды представляют собой капсулы; семена черные, ромбовидной или сфероидальной формы [1].

Сохранение генетических ресурсов видов *Allium*

Сохранение генетических ресурсов растений, как диких, так и культивируемых, является важной задачей для уче-

ных, поскольку оно представляет и обеспечивает устойчивость будущего производства продовольствия, продовольственной безопасности и экономической стабильности, особенно в условиях текущих изменений климата и роста населения.

Генетические ресурсы растений рассматриваются как ценный источник репродуктивного материала растений для производства продуктов питания, сельского хозяйства, селекции растений, научных исследований и других целей, связанных с пищевой цепочкой. В основном они сохраняются в банках семян или в виде полевых коллекций, но используются и другие методы. Растения, которые преимущественно размножаются клонально или вегетативно, либо не дают семян (чеснок), либо семена не приводят к настоящему типу (лук репчатый, лук-шалот). Сохранение их зародышевой плазмы необходимо, но трудоемко и в основном ограничивается полевыми коллекциями *ex situ* или методами *in vitro* и криоконсервации, доступными для некоторых видов [27]. Полевые генные банки международного, национального, регионального или местного значения в настоящее время хранят около 400 000 образцов, а большая часть клонального растительного материала хранится в полевых коллекциях *ex situ* [28].

Коллекции зародышевой плазмы являются источником разнообразия, важного для селекционных программ. Для вегетативно размножаемых видов, таких как чеснок, лук-шалот и другие виды *Allium*, характеристика коллекций зародышевой плазмы на основе их морфологии и фитохимического состава важна для идентификации и отбора клонов с превосходными агрономическими, биологическими и полезными для здоровья признаками [29,30]. Считается, что вариации между вегетативно размножаемыми культурами происходят за счет случайных мутаций и адаптации к различным местам производства [31]. Местный растительный материал может иметь особые свойства в результате адаптации к местным агроэкологическим условиям [32,33], а сохранение такого материала может увеличить биоразнообразие коллекций. Поэтому важно собирать, оценивать и сохранять такие уникальные образцы, чтобы не допустить их быстрой утраты [32].

Современное сельское хозяйство предпочитает монокультуры и использует лишь небольшую часть доступных видов и сортов. Многие локальные местные сорта были заменены более урожайными сортами за счет адаптивности к окружающей среде и разнообразия зародышевой плазмы. По оценкам, потеря местных сортов и экотипов составляет 75% от общего генетического разнообразия растений, а исчезновение разнообразия фермерских местных сортов достигает 90% [27].

В последние годы прилагаются усилия по идентификации и описанию местных сортов для сохранения генетической структуры от эрозии, а также для защиты местных агрономических производственных систем с помощью междисциплинарного сельскохозяйственного, биологического и химического подхода [34-36]. Многие местные сорта овощей хорошо адаптированы к климату, устойчивы и богаты полезными биологически активными соединениями, исторически используются и доступны фермерам и потребителям, а также являются полезным товаром для местного рынка органических продуктов питания. Окультуренные сорта, местные сорта, экотипы или представители дикой флоры вызывают все больший интерес

как с экономической, так и с точки зрения питания. Таким образом, оценка генетического разнообразия растений является основой сельскохозяйственных исследований, селекционных программ и улучшения сельскохозяйственных культур [37,38].

Российская Федерация является одной из богатейших стран с точки зрения биоразнообразия: в общей сложности насчитывается 2700 различных эндемичных видов и подвидов из 20 тыс. обнаруженных видов растений. По данным базы данных генетических ресурсов растений ВИР, на текущий момент в семенных генных банках и полевых коллекциях *ex situ* хранится более чем 320 тыс. образцов (более 2 тыс. видов) культурных и дикорастущих растений [39]. Как правило, в институциональных коллекциях имеется большее количество образцов; однако база данных обновляется только после детального морфологического описания образцов. 100-летняя российская всемирная коллекция генетических ресурсов овощных и бахчевых культур, хранящаяся в ВИР, включает более 52500 образцов зародышевой плазмы разного статуса из 98 стран, принадлежащих к 31 ботаническому семейству, 148 родам, 610 видам. Наиболее широко представлены семейства Тыквенные (26,4%), Пасленовые (20,4%), Крестоцветные (14,5%), Зонтичные (11,5%), Амарантовые (7,2%), Астровые (5,7%). Уникальность коллекции ВИР составляет 30-80%. Паспортная база данных включает все образцы коллекций [40].

Хорошо известно, что в Российской Федерации присутствует значительное биологическое и морфологическое разнообразие культурных и диких видов *Allium*. Во флоре России насчитывается около 200 видов рода *Allium* L., однако только 15 видов нашли широкое применение в практике сельского хозяйства и включены в селекционный процесс. К наиболее распространенным в культуре видам относятся луки репчатый и чеснок, порей, шалот, батун, шнитт, слизун, душистый [41]. В результате совместной работы ученых ФГБНУ ФНЦО и ВИР в период с 2010 по 2021 годы заложены коллекционные питомники луковых культур различного эколого-географического происхождения: 500 коллекционных образцов чеснока озимого, 350 – луков многолетних, 125 – порея, а также 110 сортообразцов шалота, 50 – чеснока ярового и 10 – лука причесочного (рокамполья), ставшие основой для проведения разноплановых научных исследований [42].

Во ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО в последние несколько лет были проведены тщательные исследования по характеристике зародышевой плазмы чеснока и представителей *Allium*. В настоящее время он состоит из 221 российских и зарубежных образцов чеснока озимого и 18 – чеснока ярового, 86 видов других представителей *Allium*. Созданы и включены в Государственный Реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории РФ, сорта чеснока озимого Гладиатор, Император, чеснока ярового сорт Гиппократ, лука алтынкольского сорт Золотой стандарт, лука Ошанина сорт Персей.

Чеснок

За период с 2014 по 2024 годы во ВНИИО – филиале ФГБНУ ФНЦО изучено 221 образец чеснока озимого и 18 образцов чеснока ярового преимущественно отечественного происхождения по комплексу хозяйственно ценных признаков (табл.1).

Таблица 1. Образцы чеснока, изученные в коллекции во ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО за период 2014-2024 годы
 Table 1. Garlic samples studied in the collection at VNIIO – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center of Garlic for the period 2014-2024

Форма чеснока Garlic shape	Происхождение Origin	Число образцов Number of samples
Чеснок озимый	Российская Федерация	138
	Китайская Народная Республика	18
	Белоруссия	12
	Казахстан	11
	Узбекистан	10
	Южная Корея	6
	Сербия	5
	Египет	4
	Азербайджан	4
	Турция	3
	Соединенные Штаты Америки	3
	Израиль	3
	Тайланд	3
	Италия	1
Чеснок яровой	Российская Федерация	17
	Испания	1

Большую часть этой коллекции составляют образцы, приобретенные у частников, представляющие собой местные формы и образцы, приобретенные в розничной сети, представляющие собой, в большинстве случаев, коммерческие сорта.

Отмечено, что, как правило, завезенные из других мест образцы уступают по урожайности сортам и клонам чеснока, выращиваемых в данных условиях в течение нескольких лет. В связи с этим для объективной оценки образцов необходимо проводить отборы лучших луковиц и изучать их в течение не менее двух лет. Однако существуют и исключения. Так, образец 19 ххх и сорт Любаша проявили высокую пластичность и были стабильно продуктивны, начиная с первого года исследования.

Отмечена повышенная зараженность образцов различными фитопатогенами, полученных из Китайской Народной Республики и южных регионов нашей страны. Выделено 3 образца чеснока озимого с повышенной устойчивостью к фитопатогенным грибам.

Все исследованные образцы, полученные из Китайской Народной Республики, Казахстана, Узбекистана, Южной Кореи, Сербии, Египта, Израиля, Соединенных Штатов Америки, Турции, Испании характеризовались острым вкусом. Все образцы, полученные из Таиланда, пять образцов из Российской Федерации и один образец из Белоруссии характеризовались полустрым вкусом.

Большинство образцов характеризовались пожелтением кончиков листьев в период вегетации. Лишь у 5 образцов это явление не проявилось. Среди них 3 образца имели российское происхождение, 1 – из Казахстана и 1 – из Азербайджана.

Для исследования способности чеснока накапливать германий в естественных условиях использовали 24 образца, выращенных в равнинных условиях Воронежской (1

образец), Московской (9 образцов), Тверской областях (9 образцов) и в горных условиях провинции Шаньдун, КНР (1 образец), Карачаево-Черкессии (2 образца), Горного Алтая (2 образца). Среди изученных было 19 образцов чеснока озимого и 5 образцов чеснока ярового. Результаты наших исследований показали, что содержание германия в луковицах большинства образцов чеснока, выращенных в различных эколого-географических условиях, было очень низким и составляло менее 4,2 мкг/кг. Различия по содержанию германия между образцами чеснока ярового и озимого не обнаружены. Только в одном из образцов, выращенном в Карачаево-Черкессии, содержание германия составляло 5,0 мкг/кг. При этом из литературных источников известно, что содержание германия в чесноке может составлять до 2780 мкг/кг [43].

Коллекции *in vitro* или культура тканей растений способствуют сохранению генетических ресурсов. Наибольшую ценность представляют эмбриокультура и культура апикальных меристем побегов, а при использовании форм чеснока стрелкующегося – культура воздушных луковичек, изолированных из соцветий в момент выхода из пазухи верхнего листа. Именно эти технологии, при соблюдении определенных правил, обеспечивают генетическую стабильность получаемых растений регенерантов, отсутствие инфекций и размножение исходного материала [27,44]. Дополнительные преимущества коллекций чеснока *in vitro* включают не только компактность хранения, меньшие требования к пространству, но и возможность размножения в любое время года, безопасность обмена материалом. Использование пониженных температур (0...+2°C), сред с пониженным содержанием питательных веществ и, особенно, сахарозы позволяют в течение 6-12 месяцев без пересадки поддерживать растительный материал [45].

Луки многолетние

Эволюционировав в различных экологических нишах, дикие родственники лука репчатого часто демонстрируют адаптацию к конкретным условиям окружающей среды: устойчивость к болезням и толерантность к стрессорам окружающей среды, свойства, которые могут отсутствовать у культивируемых сортов [46]. Эти признаки могут быть включены в программы селекции для повышения адаптивности и устойчивости культивируемого лука репчатого [47]. Например, некоторые дикие виды лука, такие как *A. asarense*, *A. roylei*, *A. galantum*, *A. oschaninii*, *A. turkestanicum*, *A. pskemense*, *A. altaicum*, *A. farctum*, *A. praemixtum*, *A. rhabdotum*, *A. vavilovii* демонстрируют устойчивость к суровым условиям, таким как засуха, экстремальные температуры или плохая почва [48]. Филогенетические исследования показали, что *A. vavilovii* является наиболее близким диким родственником лука репчатого [49,50]. Изучая скрещиваемость и интегрируя адаптивные признаки этих диких родственников, селекционеры могут создавать сорта лука репчатого, лучше приспособленные к стрессовым условиям выращивания [51]. Наличие генетического разнообразия у диких родственников способствует расширению генофонда, доступного для программ селекции лука репчатого [52]. Введение генов этих диких родственников может улучшить такие характеристики, как устойчивость к болезням, питательные качества и вкус [53]. Эти генетические ресурсы могут способствовать выведению улучшенных сортов лука репчатого, отвечающих конкретным потребностям потребителей и рынка, а также решению возникающих проблем в выращивании лука репчатого.

Полевые генные банки представляют собой важный метод сохранения видов *Allium*, которые формируют тугорослые семена или размножаются вегетативным путем. Семена этих категорий видов обычно не подлежат сохранению; скорее, они сохраняются как живые растения в полевых генных банках. Этот метод предполагает выращивание и содержание живых растений на выбранных территориях [54]. Полевые генные банки могут содержать широкий спектр образцов, включая диких родственников и местные сорта, сохраняя зародышевую плазму в естественных условиях выращивания. Это позволяет сохранять, характеризовать и оценивать интересные признаки в конкретных условиях окружающей среды. Такие коллекции требуют постоянного управления и мониторинга для обеспечения выживания и целостности растений. Например, Генный банк Института генетики растений и исследований сельскохозяйственных растений им. Лейбница (IPK) в Гатерслебене, Германия, который хранит одну из крупнейших в мире зародышевой плазмы *Allium*, имеет более 2000 образцов, которые постоянно хранятся в их полевом генном банке [44]. Также в полевом генбанке региональных станций находятся вегетативно размножаемые виды *Allium*, в том числе те, которые отнесены к редким, исчезающим и находящимся под угрозой исчезновения [55]. Хотя сохранение генетических ресурсов в условиях полевого генного банка требует адекватных мер безопасности и устойчивости, этот метод полезен с точки зрения характеристики и оценки, которые можно легко провести на укоренившихся растениях.

Сохранение, каталогизация и использование зародышевой плазмы *Allium* — это совместная работа ряда учреждений, организаций и частных лиц по всему миру [56]. Независимо от того, осуществляются ли эти усилия национальными или международными хранилищами, основная цель остается той же: сохранить и использовать присущее *Allium* генетическое разнообразие для текущих и будущих исследований, селекции и выращивания [57]. Национальные хранилища обычно сосредоточены

на сохранении генетических ресурсов, обнаруженных в их странах. Они часто содержат большое разнообразие образцов *Allium*, уникальных для своих регионов, тем самым сохраняя генетическое разнообразие сортов внутри страны [58]. Эти хранилища служат важнейшим ресурсом для отечественных селекционных и исследовательских программ. Международные репозитории сыграли важную роль в содействии обмену и совместному использованию разнообразных генетических ресурсов между странами [59]. Под управлением международных, региональных и национальных сельскохозяйственных учреждений, таких как центры CGIAR (Консультативная группа по международным сельскохозяйственным исследованиям), разнообразные образцы *Allium* были получены из разных географических регионов [59].

С целью детальной оценки собранных образцов на морфологическом и биохимическом уровнях используются различные инструменты. Эти мероприятия могут иметь решающее значение для систематизации, характеристики и дальнейших исследований образцов из коллекции, что в конечном итоге приведет к созданию сортов с улучшенными агрономическими показателями. Поскольку сохранение генетического разнообразия местных экотипов и традиционных сортов становится все более важным в глобальном масштабе, коллекция *Allium* в Институте постоянно расширяется.

Все многообразие дикорастущих видов луков остается невостребованным современной медициной, что, по-видимому, обусловлено слабой изученностью их химического состава. В условиях Московской области в группе исследованных луковых культур содержание сухих веществ варьировало от 8,6 (*A. leucocephalum*) до 19,3 (*A. narcissiflorum*), в среднем – 23,6±2,9%; нитратов – от 110 (*A. ramosum*) до 256 (*A. tuberosum*), в среднем – 175,3±37,5 мг/кг сырой массы; моносахаров – от 2,6 (*A. oschaninii*, *A. altynolicum*, *A. ledebourianum*) до 4,2 (*A. ascalonicum*, *A. ramosum*, *A. cyrilli*), в среднем – 3,3±0,6 % сырой массы; аскорбиновой кислоты – от 119,2 (*A. pskemense*) до 133,5 (*A. suworowii*), в среднем – 126,0±4,1 мг% сырой массы; хлорофилла от 138 (*A. pskemense*) до 289 (*A. gultschense*, *A. ascalonicum*) мг/100 г сухой массы, в среднем – 219,1±46,8 мг%; каротина – от 14,5 (*A. pskemense*) до 33,1 (*A. barszczewskii*), в среднем – 24,2±4,9 мг/кг сырой массы; гидроксикоричных кислот – от 169,8 ×10⁻³ (*A. oliganthum*) до 185,0×10⁻³ (*A. sewerzowii*), в среднем – 174,4±3,9 ×10⁻³% сухой массы; флавоноидов – от 289,8×10⁻³ (*A. oliganthum*) до 311,3×10⁻³ (*A. sewerzowii*), в среднем – 296,0±5,0×10⁻³% сухой массы (табл. 2) [60].

Оценивали биохимические показатели съедобных цветков 5 видов *Allium* L. из 3 подродов и 5 секций из биокolleкции ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО. В группе исследованных луковых культур содержание сухих веществ варьировало от 11,67 (*A. suaveolens*) до 13,22 (*A. cernuum*), в среднем – 12,23±0,60 %; суммы каротиноидов – от 21,03 (*A. globosum*) до 27,01 (*A. rotundum*), в среднем – 24,21±2,76 мг%; флавоноидов – от 0,29 (*A. globosum* и *A. suaveolens*) до 0,33 (*A. rotundum* и *A. carinatum*), в среднем – 0,31±0,02 %. Съедобные цветки *Allium* хорошо воспринимаются потребителями, что может облегчить их использование для приготовления функциональных пищевых продуктов и может способствовать экономическому развитию страны за счет определения новой ниши на рынке [61].

Исследованных представителей рода *Allium* L. можно рассматривать как потенциальные источники биологически активных соединений. Будущие исследования должны быть сосредоточены на биоактивных свойствах конкретных соединений, содержащихся в съедобных цветах, а также на их биодоступности после домашних кулинарных процессов.

Таблица 2. Биохимические показатели представителей рода *Allium L.* пищевого направления из биокolleкции ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО (2016–2017 годы) [60]
 Table 2. Biochemical parameters of representatives of the genus *Allium L.* of food origin from the biocollection of VNIIO – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center of Oncology (2016–2017) [60]

Вид	Сухое вещество, %	Нитраты, мг/кг сырой массы	Моносахара, % (сырая масса)	Аскорбиновая кислота, мг/100 г (сырая масса)	Хлорофилл, мг/100 г (сырая масса)	Каротин, мг/кг (сырая масса)	Гидроксикоричные кислоты, 10 ⁻³ % (сырая масса)	Флавоноиды, 10 ⁻³ % (сырая масса)
<i>A. ascalonicum L.</i>	15,3	194	4,2	129,1	289	30,1	170,0	290,4
<i>A. barsczewskii Lipsky</i>	11,9	245	4,1	129,7	236	33,1	173,6	294,2
<i>A. leucocephalum Turcz. ex Vved.</i>	8,6	234	3,5	129,5	212	19,2	177,7	300,8
<i>A. lineare L.</i>	9,01	190	2,9	127,5	212	29,5	177,3	298,7
<i>A. suaveolens Jacq.</i>	18,9	167	3,9	127,5	267	32,7	176,9	301,7
<i>A. hymenorrhizum Ledeb.</i>	14,4	220	3,1	127,9	235	28,3	178,8	300,4
<i>A. obliquum L.</i>	15,7	117	3,8	128,4	198	23,4	180,9	306,2
<i>A. altaicum Pall.</i>	11,6	111	3,8	122,6	139	19,9	172,5	293,6
<i>A. fistulosum L.</i>	17,3	111	2,8	127,9	197	24,4	172,4	293,2
<i>A. galanthum Kar. & Kir.</i>	12,8	215	3,4	124,8	283	29,1	172,3	294,1
<i>A. oschaninii O. Fedtsch.</i>	13,9	178	2,6	122,9	146	16,8	172,6	302,5
<i>A. pskemense B. Fedtsch.</i>	11,7	170	2,7	119,2	138	14,5	172,2	292,9
<i>A. altynolicum N. Friesen</i>	17,9	169	2,6	128,8	252	23,7	174,0	295,2
<i>A. ledebourianum Schult. & chult.</i>	9,3	237	2,6	121,1	233	21,2	170,6	293,8
<i>A. oliganthum Kar. & Kir.</i>	11,9	187	2,7	122,4	218	19,6	169,8	289,8
<i>A. schoenoprasum L.</i>	13,6	200	2,8	123,6	204	18,4	173,0	294,6
<i>A. ramosum L.</i>	14,5	110	4,2	119,4	157	18,6	180,1	304,5
<i>A. tuberosum Rottler ex Spreng</i>	12,4	256	2,9	133,4	254	31,7	176,7	294,2
<i>A. narcissiflorum Vill.</i>	19,3	139	2,9	128,7	167	19,4	171,8	292,9
<i>A. chyatophorum Bureau & Franch</i>	17,8	227	3,2	125,5	250	26,5	171,4	291,2
<i>A. gultschense O. Fedtsch.</i>	10,1	158	2,9	130,4	289	19,4	172,2	293,8
<i>A. sewerzowii Regel</i>	14,1	170	3,9	122,8	213	23,8	185,0	311,3
<i>A. aflatunense B. Fedtsch.</i>	12,9	187	3,1	130,8	287	24,2	181,6	298,5
<i>A. libani Boiss.</i>	8,6	145	2,7	119,4	159	20,1	170,8	291,2
<i>A. cyrilli Ten.</i>	10,9	189	4,2	127,9	147	24,5	172,8	294,1
<i>A. altissimum Regel</i>	12,6	162	2,8	126,5	248	27,6	174,9	296,9
<i>A. komarowii Lipsky</i>	12,9	175	2,9	129,8	256	25,8	171,4	291,2
<i>A. suworowii Regel</i>	13,7	151	3,8	133,5	261	28,9	181,3	298,6
<i>A. chamaemoly L.</i>	12,8	146	3,8	123,7	258	22,4	173,3	294,6
<i>A. angulosum L.</i>	12,0	158	3,7	122,4	187	23,1	172,2	293,5
<i>A. montanum F.W. Schmidt</i>	11,8	156	3,9	125,6	198	29,0	172,4	293,5
<i>A. nutans L.</i>	13,9	163	3,7	128,7	195	25,3	173,2	294,9
<i>A. senescens L.</i>	14,0	167	3,0	120,0	200	26,9	171,5	292,1
<i>A. victorialis L.</i>	18,6	154	3,8	131,8	254	27,4	179,9	304,0
Среднее (M)	13,6	175,3	3,3	126,0	219,1	24,2	174,4	296,0
Стандартное отклонение (σ)	2,9	37,5	0,6	4,1	46,8	4,9	3,9	5,0

Заклучение

Обширная работа, проводимая с целью характеристики коллекции ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО интродуцированных видов и локальных местных сортов *Allium*, способствует глобальному видению сохранения генетических ресурсов растений, что предполагает тщательное исследование морфологической, генетической и биохимической изменчивости образцов.

Эти выводы подчеркивают ценность коллекции *Allium*, ее качество, разнообразие и потенциал для использования в сельском хозяйстве, пищевой и фармацевтической промышленности. Благодаря нашим недавним исследованиям *Allium* мы обнаружили новые неизученные различия в биохимических и морфологических параметрах исследованных местных сортов, что дало новый набор информации, полезной для будущих программ селекции или коммерческого производства.

Сохранение и глобальное распространение зародышевой плазмы сельскохозяйственных культур имеют важное значение для обеспечения устойчивости сельского хозяйства и будущей продовольственной безопасности. Генетические ресурсы лука, включая местные сорта, дикие родственники и культурные сорта, обладают ценными свойствами для улучшения сельскохозяйственных культур и диверсификации рынка. Сохранение и использование генетического разнообразия лука может повысить устойчи-

вость систем производства лука, улучшить урожайность и решить возникающие проблемы, такие как изменение климата, вредители и болезни. Для достижения этой цели необходимо провести целевые миссии по сбору с целью расширения и диверсификации коллекций зародышевой плазмы лука. Особое внимание следует уделять районам с высоким разнообразием лука, включая регионы с уникальными экотипами, местными сортами и дикими родственниками. Сотрудничество с местными или коренными общинами и исследовательскими институтами может усилить усилия по сбору урожая и обеспечить включение ценных генетических ресурсов лука. Кроме того, решающее значение имеет создание и укрепление природоохранных сетей и сотрудничества на региональном, национальном и международном уровнях. Обмен опытом и лучшими практиками управления зародышевой плазмой между генными банками, исследовательскими институтами и местными сообществами может оптимизировать усилия по сохранению зародышевой плазмы. Совместные проекты, платформы для обмена данными и инициативы по наращиванию потенциала повысят эффективность и воздействие сохранения зародышевой плазмы лука. В контексте управления генным банком зародышевой плазмы лука обеспечение точной и полной документации имеет важное значение, поскольку оно служит предпосылкой для эффективного сохранения и использования.

• **Литература**

1. Block E. *Allium* botany and cultivation, ancient and modern. In *Garlic and Other Alliums: The Lore and The Science*; RSC Publishing Cambridge: Cambridge London, UK, 2010; pp. 1–32.
2. Teshika J.D., Zakariyyah A.M., Zaynab T., Zengin G., Rengasamy K.R.R., Pandian S.K., Fawzi M.M. Traditional and modern uses of onion bulb (*Allium cepa* L.): A systematic review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2019;59:S39–S70. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1499074>.
3. Chase M.W., Christenhusz, M.J.M., Fay M.F., Byng J.W., Judd W.S., Soltis D.E. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Bot. J. Linnean Soc.* 2016;181:1–20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>.
4. Govaerts R., Kington S., Friesen N., Fritsch R., Snijman D. A., Marcucci R. World checklist of Amaryllidaceae. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. 2021. Available at: <http://apps.keew.org/wcsp/>
5. Pandey A., Rai K., Malav P., Subramani R. *Allium negianum* (Amaryllidaceae): A new species under subg. Rhizirideum from Uttarakhand Himalaya, India. *PhytoKeys*. 2021;183:77–93. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.183.65433>
6. Friesen N. Chapter 1. Genus *Allium*: Evolution, classification, and domestication / in Rabinowitch, H.D., Brian, t. (Eds.) *Edible Alliums: Modern biology, production and uses* (Wallingford, UK: CABI Org.). 2022.
7. Fritsch R.M., Friesen N. Evolution, domestication and taxonomy. In *Allium Crop Science: Recent Advances*; Rabinowitch, H.D., Currah, L., Eds.; CABI Publishing: Wallingford, UK, 2002; pp. 5–27.
8. Li Q.Q., Zhou S.D., He X.-J., Yu Y., Zhang Y.C., Wei X.Q. Phylogeny and biogeography of *Allium* (Amaryllidaceae: Alliaceae) based on nuclear ribosomal internal transcribed spacer and chloroplast rps16 sequences, focusing on the inclusion of species endemic to China. *Ann. Bot.* 2010;106(5):709–733. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq177>
9. Wheeler E.J., Mashayekhi S., McNeal D.W., Columbus J.T., Pires J.C. Molecular systematics of *Allium* subgenus Amerallium (Amaryllidaceae) in north America. *Am. J. Bot.* 2013;100:701–711. <https://doi.org/10.3732/ajb.1200641>
10. Gemejyeva N., Tokenova A., Friesen N. Review of the current state and prospects of studying Kazakh species of the genus *Allium* L. *Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии*. 2021;20:97–101. <https://doi.org/10.14258/pbssm.2021020>.
11. Friesen N., Fritsch R.M., Blattner F.R. Phylogeny and new infrageneric classification of *Allium* L. (Alliaceae) based on nuclear ribosomal DNA ITS sequences. *Aliso*. 2006;22(1):372–395. <https://doi.org/10.3732/ajb.1200641>
12. Hauenschild F., Favre A., Schnitler J., Michalak I., Freiberg M., Mueller-Riehl A.N. Spatio-temporal evolution of *Allium* L. in the Qinghai–Tibet–Plateau region: Immigration and in situ radiation. *Plant Divers.* 2017;39:167–179. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2017.05.010>
13. Xie D.F., Yu H.X., Price M., Xie C., Deng Y.Q., Chen J.P. et al. Phylogeny of Chinese *Allium* species in section *Daghistanica* and adaptive evolution of *Allium* (Amaryllidaceae, Alliioideae) species revealed by the chloroplast complete genome. *Front. Plant Sci.* 2019;10:e460. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00460>
14. Xie D.F., Tan J.B., Yu Y., Gui L.J., Su D.M., Zhou S.D. Insights into phylogeny, age and evolution of *Allium* (Amaryllidaceae) based on the whole plastome sequences. *Ann. Bot.* 2020;125:1039–1055. <https://doi.org/10.1093/aob/mcaa024>

15. Costa L., Jimenez H., Carvalho R., Carvalho-Sobrinho J., Escobar I., Souza G. Divide to conquer: Evolutionary history of Alliioideae tribes (Amaryllidaceae) is linked to distinct trends of karyotype evolution. *Front. Plant Sci.* 2020;11:320. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00320>
16. Friesen N., Smirnov S., Herden T., Oyuntsetseg B., Shmakov A., Hurka H. *Allium* species of section *Rhizomatosa*, early members of the Central Asian steppe vegetation. *Flora* 2020;263:151536. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2019.151536>
17. Fritsch R.M., Abbasi M. A taxonomic review of *Allium* subg. *Melanocrommyum* in Iran. Halberstädter Druckhaus GmbH Gatersleben. Germany, 2013. 240 p.
18. FAOSTAT - Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (2021). Available from: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
19. Fredotović Ž., Puizina J. Edible *Allium* species: Chemical composition, biological activity and health effects. *Ital. J. Food Sci.* 2019;31:19–39.
20. Vuković S., Moravčević D., Gvozdanić-Varga J., Dojčinović, B., Vujošević A., Pećinar I., Kilibarda S., Kostić A.Ž. Elemental profile, general phytochemical composition and bioaccumulation abilities of selected *Allium* species biofortified with selenium under open field conditions. *Plants*. 2023;12:349. <https://doi.org/10.3390/plants12020349>
21. Benkeblia N. Antimicrobial activity of essential oil extracts of various onions (*Allium cepa*) and garlic (*Allium sativum*). *Food Sci. Technol.* 2004;37:263–268. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2003.09.001>
22. Charles D.J. *Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources*; Springer: New York, NY, USA, 2013; pp. 225–230.
23. Kucekova Z., Mlcek J., Humpolicek P., Rop O., Valasek P., Saha P. Phenolic compounds from *Allium schoenoprasum*, *Tragopogon pratensis* and *Rumex acetosa* and their antiproliferative effects. *Molecules*. 2011;16:9207–9217. <https://doi.org/10.3390/molecules16119207>
24. Parvu A.E., Parvu M., Vlase L., Miclea P., Mot A.C., Silaghi-Dumitrescu R. Anti-inflammatory effects of *Allium schoenoprasum* L. leaves. *J. Physiol. Pharmacol.* 2014;65:309–315.
25. Denaro M., Smeriglio A., Barrea D., De Francesco C., Occhiuto C., Milano G., Trombetta D. Antiviral Activity of Plants and Their Isolated Bioactive Compounds: An update. *Phytother. Res.* 2020;34:742–768. <https://doi.org/10.1002/ptr.6575>
26. Rocchetti G., Zhang L., Bocchi S., Giuberti G., Ak G., Elbasan F., Yıldıztagay E., Ceylan R., Picot-Allain M.C.N., Mahomoodally M.F., Lucini L., Zengin G. The functional potential of nine *Allium* species related to their untargeted phytochemical characterization, antioxidant capacity and enzyme inhibitory ability. *Food Chem.* 2022;368:130782. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130782>
27. Panis B., Nagel M., Van den Houwe I. Challenges and prospects for the conservation of crop genetic resources in field genebanks, *in vitro* collections and/or in liquid nitrogen. *Plants*. 2020;9(12): 1634. <https://doi.org/10.3390/plants9121634>
28. Hawkes J.G., Maxted N., Ford-Lloyd B.V. Evolution of plants under domestication. *The ex situ* conservation of plant genetic resources. First edition: 2000:19–31. Available from: <https://www.springer.com/gp/book/9780792364429>
29. Bhusal R., Islam S., Khar A., Singh S., Jain N., Tomar B. S. Diversity analysis and trait association study for antioxidants and quality traits in landraces, farmers' varieties and commercial varieties of Indian short day garlic (*Allium sativum* L.). *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2019;66:1843–1859.

- <https://doi.org/10.1007/s10722-019-00811-8>
30. Barboza K., Salinas M. C., Acuña C. V., Bannoud F., Beretta V., García-Lampasona S., Burba J. L., Galmarini C. R., Cavagnaro P. F. Assessment of genetic diversity and population structure in a garlic (*Allium sativum* L.) germplasm collection varying in bulb content of pyruvate, phenolics, and solids. *Scientia Horticulturae*. 2020;261:108900. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108900>
31. Hirata S., Abdelrahman M., Yamauchi N., Shigyo M. Characteristics of chemical components in genetic resources of garlic *Allium sativum* collected from all over the world. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2015;63(1):35–45. <https://doi.org/10.1007/s10722-015-0233-7>
32. Kamenetsky R. Garlic: Botany and Horticulture. In *Horticultural Reviews*, Jules J. (ed.), 2007. 123–172.
33. Shaaf S., Sharma R., Kilian B., Walther A., Özkan, H., Karami E., Mohammadi B. Genetic structure and eco-geographical adaptation of garlic landraces (*Allium sativum* L.) in Iran. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2014;61(8):1565–1580. <https://doi.org/10.1007/s10722-014-0131-4>
34. Jump A.S., Marchant R., Peñuelas J. Environmental change and the option value of genetic diversity. *Trends in Plant Science*. 2009;14(1):51–58. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2008.10.002>
35. Siracusa L., Avola G., Patané C., Riggi E., Ruberto G. Re-evaluation of traditional Mediterranean foods. The local landraces of “Cipolla di Giarratana” (*Allium cepa* L.) and long-storage tomato (*Lycopersicon esculentum* L.): quality traits and polyphenol content. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2013;93(14):3512–3519. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6199>
36. Ferioli F., D’Antuono L.F. Evaluation of phenolics and cysteine sulfoxides in local onion and shallot germplasm from Italy and Ukraine. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2016;63(4): 601–614. <https://doi.org/10.1007/s10722-015-0270-2>
37. Fowler C., Hodgkin T. Plant genetic resources for food and agriculture: Assessing global availability. *Annual Review of Environment and Resources*. 2004;29(1):143–179. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.29.062403.102203>
38. Govindaraj M., Vetriventhan M., Srinivasan M. Importance of genetic diversity assessment in crop plants and its recent advances: An overview of its analytical perspectives. *Genetics Research International*. 2015:431487. <https://doi.org/10.1155/2015/431487>
39. Хлесткина Е.К. Генетические ресурсы России: от коллекций к биоресурсным центрам. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2022;183(1):9–30. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-1-9-30>
40. Artemyeva A.M. VIR worldwide collection of vegetable and cucurbit crops: formation, status and modern research activities. *Acta Horticulturae*. 2024;1391:283–290. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2024.1391.39>
41. Тухватуллина Л.А., Абрамова Л.М. Коллекция рода *Allium* L. Южно-Уральского ботанического сада-института. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2022;183(4):192–207. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-4-192-207>
42. Середин Т.М., Шумилиа В.В., Иванова М.И., Романов В.С., Агафонов А.Ф. Селекционная работа с видами рода *Allium* L. в условиях Нечерноземной зоны России: новые сорта. *Промышленная ботаника*. 2022;22(2):34–39. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7394466> <https://elibrary.ru/duzkwt>
43. Поляков А.В., Алексеева Т.В. Способность чеснока (*Allium sativum* L.) накапливать германий в естественных и экспериментальных условиях. *Химия растительного сырья*. 2023;(1):279–286. <https://doi.org/10.14258/jcpm.20230110958> <https://elibrary.ru/ftmdki>
44. Espinosa-Leal, C.A.; Puente-Garza, C.A.; García-Lara, S. *In vitro* plant tissue culture: Means for production of biological active compounds. *Planta*. 2018;(248):1–18. <https://doi.org/10.1007/s00425-018-2910-1>
45. Поляков А.В., Чикризова О.Ф., Лебедева Н.Н. Длительное хранение трансплантов флокса метельчатого (*Phlox paniculata* L.) *in vitro*. Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными природными ресурсами и создания функциональных продуктов. IV Российской научно-практической конф. М.: РАЕН, 2007. С. 79.
46. Havey M.J. Onion breeding. *Plant Breed. Rev.* 2018;(42):39–85. <https://doi.org/10.1002/9781119521358.ch2>
47. Chuda A., Klosowska K., Adamus A. Morphological, cytological and embryological characterization of F₁ *A. cepa* × *A. roylei* hybrids. *Acta Biol.Crac. Ser. Bot.* 2015;(57):98–105. <https://doi.org/10.1515/abscb-2015-0025>
48. Villano C., Esposito S., Carucci F., Iorizzo M., Frusciantè L., Carputo D., Aversano R. High-throughput genotyping in onion reveals structure of genetic diversity and informative SNPs useful for molecular breeding. *Mol. Breed.* 2019;(39):5. <https://doi.org/10.1007/s11032-018-0912-0>
49. van Raamsdonk L.W.D., Ensink W., van Heusden A.W., Vrieling-van Ginkel M., Kik C. Biodiversity assessment based on cpDNA and crossability analysis in selected species of *Allium* subgenus Rhizirideum. *Theor. Appl. Genet.* 2003;(107):1048–1058. <https://doi.org/10.1007/s00122-003-1335-8>
50. Araki N., Masuzaki S.-I., Tsukazaki H., Wako T., Tashiro Y., Yamauchi N., Shigyo M. Development of microsatellite markers in cultivated and wild species of sections *Cepa* and *Phylodolon* in *Allium*. *Euphytica*. 2009;173:321–328. <https://doi.org/10.1007/s10681-009-0087-1>
51. Budylin M., Kan L.Y., Romanov V., Khurstaleva L. GISH study of advanced generation of the interspecific hybrids between *Allium cepa* L. and *Allium fistulosum* L. with relative resistance to downy mildew. *Russ. J. Genet.* 2014;50:387–394. <https://doi.org/10.1134/S1022795414040036>
52. Pandey A., Malav P.K., Semwal D., Chander S., Gowthami R., Rai K. Repository of *Allium* Genetic Resources at ICAR-NBPGR: Prospects and Challenges for Collection and Conservation. *Indian J. Plant Genet. Resour.* 2022;35:185–190. <https://doi.org/10.5958/0976-1926.2022.00066.3>
53. Scholten O.E., van Kaauwen M.P., Shahin A., Hendrickx P.M., Keizer L., Burger K., van Heusden A.W., van der Linden C.G., Vosman B. SNP-markers in *Allium* species to facilitate introgression breeding in onion. *BMC Plant Biol.* 2016;16:187. <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0879-0>
54. Engels J.M.M., Thormann I. Main Challenges and Actions Needed to Improve Conservation and Sustainable Use of Our Crop Wild Relatives. *Plants*. 2020;9:968. <https://doi.org/10.3390/plants9080968>
55. Semwal D.P., Pandey A., Ahlawat S.P. Genetic resources of genus *Allium* in India: Collection status, distribution and diversity mapping using GIS tools. *Indian J. Plant Genet. Resour.* 2021;34:206–215. <https://doi.org/10.5958/0976-1926.2021.00019.X>
56. Keller E.R.J., Zanke C.D., Blattner F.R., Kik C., Stavěliková H., Zámečník J., Esnault F., Kotlířská T., Solberg S., Miccolis V. EURALLIVEG: Establishment of a European core collection by cryopreservation and virus elimination in garlic. *Acta Hort.* 2012;969:319–327. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.969.41>
57. Anđelković V., Cvejić S., Jocić S., Kondić-Špika A., Marjanović Jeromela A., Mikić S., Prodanović S., Radanović A., Savić Ivanov M., Trkulja D. Use of plant genetic resources in crop improvement—Example of Serbia. *Genet. Resour. Crop Evol.* 2020;67:1935–1948. <https://doi.org/10.1007/s10722-020-01029-9>
58. Lyngkhai F., Saini N., Gaikwad A.B., Thirunavukkarasu N., Verma P., Silver C., Yadav S., Khar A. Genetic diversity and population structure in onion (*Allium cepa* L.) accessions based on morphological and molecular approaches. *Physiol. Mol. Biol. Plants*. 2021;27:2517–2532. <https://doi.org/10.1007/s12298-021-01101-3>
59. Galluzzi G., Halewood M., Noriega I.L., Vernooy R. Twenty-five years of international exchanges of plant genetic resources facilitated by the CGIAR genebanks: A case study on global interdependence. *Biodivers. Conserv.* 2016;25:1421–1446. <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1109-7>
60. Иванова М.И., Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р., Кашлева А.И., Середин Т.М., Разин О.А. Биохимический состав листьев видов *Allium* L. в условиях Московской области. *Достижения науки и техники АПК*. 2019;33(5):47–50. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10511> <https://elibrary.ru/zndocx>
61. Корнев А.В., Иванова М.И., Кашлева А.И. Биохимический состав съедобных цветков *Allium* L. в условиях Московской области. *Рисоводство*. 2024;23-3(64):24–28. <https://doi.org/10.33775/1684-2464-2024-64-3-24-28> <https://elibrary.ru/qjccjp>

References

39. Khlestkina E.K. Genetic resources in Russia: from collections to bioresource centers. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2022;183(1):9–30. (In Russ.) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-1-9-30>
41. Tuhvatullina L.A., Abramova L.M. The collection of *Allium* L. at the South-Ural Botanical Garden-Institute. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2022;183(4):192–207. (In Russ.) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-4-192-207>
42. Seredin T.M., Shumilina V.V., Ivanova M.I., Romanov V.S., Agafonov A.F. Breeding work with species of the genus *Allium* L. in the conditions of the Non-Chernozem zone of Russia: new varieties. *Industrial Botany*. 2022;22(2):34–39. (In Russ.) <https://doi.org/10.5281/zenodo.7394466> <https://elibrary.ru/duzkwt>
43. Polyakov A.V., Alekseeva T.V. Ability of garlic (*Allium sativum* L.) to accumulate germanium under natural and experimental conditions. *Khimija rastitel'nogo syr'ya*. 2023;(1):279–286. (In Russ.) <https://doi.org/10.14258/jcpm.20230110958> <https://elibrary.ru/ftmdki>
45. Polyakov A.V., Chikrizova O.F., Lebedeva N.N. Long-term storage of *Phlox paniculata* L. transplants *in vitro*. Actual problems of innovations with unconventional natural resources and creation of functional products. IV Russian scientific and practical conf. M.: RANS, 2007. P. 79. (In Russ.)
60. Ivanova M.I., Bukharov A.F., Baleev D.N., Bukharova A.R., Kashleva A.I., Seredin T.M., Razin O.A. Biochemical composition of leaves of *Allium* L. species in the conditions of the Moscow region. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2019;33(5):47–50. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10511> <https://elibrary.ru/zndocx>
61. Kornev A.V., Ivanova M.I., Kashleva A.I. Biochemical composition of edible flowers of *Allium* L. in the conditions of the Moscow region. *Rice growing*. 2024;23-3(64):24–28. (In Russ.) <https://doi.org/10.33775/1684-2464-2024-64-3-24-28> <https://elibrary.ru/qjccjp>

Об авторах:

Алексей Васильевич Поляков – доктор биол. наук, профессор, гл. научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-5413-0770>, SPIN-код: 8248-1588
Мария Ивановна Иванова – доктор с.-х. наук, проф. РАН, гл. научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-7326-2157>, SPIN-код: 1961-9188
Анна Ивановна Кашлева – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, SPIN-код: 7042-1191

About the Authors:

Alexey V. Polyakov – Dr. Sci. (Biology), Professor, Chief Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-5413-0770>, SPIN-code: 8248-1588
Maria I. Ivanova – Dr. Sci. (Agriculture), Professor of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-7326-2157>, SPIN-code: 1961-9188
Anna I. Kashleva – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, SPIN-code: 7042-1191