

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-30-43>
УДК: 635.25:631.527.8

М.М. Марчева*, **Т.М. Середин,**
И.М. Кайгородова, А.В. Солдатенко,
Е.В. Баранова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО) 143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, Селекционная, д. 14

Автор для переписки:
margo.marcheva@yandex.ru

Благодарности. Коллектив авторов выражает благодарность лаборатории репродуктивной биотехнологии за помощь в проведении исследований, старшему научному сотруднику Лабораторно-аналитического отдела Молчановой А.В. за выполнение биохимических анализов.

Вклад авторов: Марчева М.М.: изучение литературы, написание текста рукописи, редактирование рукописи. Кайгородова И.М.: написание текста рукописи, курирование данных, редактирование рукописи. Баранова Е.В.: предоставление материала, курирование данных. Середин Т.М., Солдатенко А.В.: научное руководство исследованиями, курирование данных, редактирование рукописи. Все авторы участвовали в написании статьи.

Конфликт интересов. Солдатенко А.В. является членом редакционной коллегии журнала «Овощи России» с 2017 года, но не имеет никакого отношения к решению опубликовать эту статью. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляют.

Для цитирования: Марчева М.М., Середин Т.М., Кайгородова И.М., Солдатенко А.В., Баранова Е.В. Приоритетные направления селекции лука репчатого (*Allium cepa* L.). *Овощи России*. 2024; (6):30-43.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-30-43>

Поступила в редакцию: 29.09.2024
Принята к печати: 31.10.2024
Опубликована: 29.11.2024

Margarita M. Marcheva*, **Timofey M. Seredin,**
Irina M. Kaigorodova, Alexey V. Soldatenko,
Elena V. Baranova

Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Vegetable Center» (FSBSI FSVC) 14, Selektionnaya str., VNIISOK, Odintsovo district, Moscow region, Russia, 143072

***Correspondence Author:**
margo.marcheva@yandex.ru

Acknowledgments. The team of authors expresses its gratitude to the laboratory of reproductive biotechnology for assistance in research, to the senior researcher of the Laboratory-analytical department Molchanova A.V. for performing biochemical analyses.

Authors' contribution: Marcheva M.M.: literature review, manuscript writing, manuscript editing. Kaigorodova I.M.: manuscript writing, data curation, manuscript re-editing. Baranova E.V.: provision of material, data curation. Seredin T.M., Soldatenko A.V.: scientific supervision of the research, data curation, manuscript editing. All authors participated in writing the article.

Conflict of interest. Soldatenko A.V. has been a member of the editorial board of the Journal "Vegetable crops of Russia" since 2017, but had nothing to do with the decision to publish this manuscript. The manuscript passed the journal's peer review procedure. The authors declare no other conflicts of interest.

For citation: Marcheva M.M., Seredin T.M., Kaigorodova I.M., Soldatenko A.V., Baranova E.V. Priority directions of onion breeding (*Allium cepa* L.). *Vegetable crops of Russia*. 2024; (6):30-43. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-30-43>

Received: 29.09.2024
Accepted for publication: 31.10.2024
Published: 29.11.2024

Приоритетные направления селекции лука репчатого (*Allium cepa* L.)



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Лук репчатый (*Allium cepa* L.) является ценной и востребованной овощной культурой, которая занимает одно из ведущих мест по посевным площадям и валовым сборам среди других овощных культур рода *Allium* L. Лук популярен в народной и доказательной медицине, широко используется для профилактики и лечения многих заболеваний благодаря богатому биохимическому составу и полезным свойствам. В рамках импортозамещения и достижения продовольственной безопасности страны, ученые ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО) ведут интенсивную работу по созданию сортов и гибридов нового поколения.

Материалы и методы. Подобраны различные ресурсы по теме, изучены публикации в научных и отраслевых журналах и базах данных, сделан обзор работ по селекции лука репчатого (урожайность, видовое разнообразие по форме и окраске, скороспелость, лежкость, биохимические параметры, товарная и семенная продуктивность, устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам), а также полезные свойства для человека и применение в медицине.

Результаты. Анализ работ показывает, что широкое распространение в Российской Федерации имеют такие сорта селекции ФГБНУ ФНЦО, как Мячковский 300, Черный принц, Альба, Атас, Ампэкс и другие. В последние годы создан среднеспелый гибрид лука репчатого F₁ Дракон с коричневыми сухими чешуями и максимальной урожайностью 391,0 ц/га, а также передан на Государственное сортоиспытание озимый сорт Новатор с коричневыми сухими чешуями. Ведется размножение востребованных сортов и гибридов как для производственного выращивания, так и для использования в приусадебных хозяйствах.

Заключение. Для конвейерного поступления продукции лука репчатого необходимо создавать сорта и гибриды разных групп спелости, а также проводить работу по улучшению товарной, семенной продуктивности и устойчивости к различным стрессам.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *Allium cepa* L., селекция, сорт, гибрид, биологические особенности.

Priority directions of onion breeding (*Allium cepa* L.)

ABSTRACT

Relevance. Onion (*Allium cepa* L.) is a valuable and demanded vegetable crop, which occupies one of the leading places in terms of sown areas and gross yields among other vegetable crops of the genus *Allium* L. Onion is popular in folk and evidence-based medicine, widely used for the prevention and treatment of many diseases due to its rich biochemical composition and useful properties. As part of import substitution and achieving food security of the country, scientists of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Vegetable Center» (FSBSI FSVC) are working intensively to create new generation varieties and hybrids.

Methodology. Various resources on the topic were selected, publications in scientific and industry journals and databases were studied, a review of works on onion selection (yield, species diversity in shape and color, maturity, shelf life, biochemical parameters, commercial and seed productivity, resistance to biotic and abiotic stresses), as well as useful properties for humans and use in medicine was made.

Results. The analysis of works shows that the wide distribution in the Russian Federation have such varieties of selection of FSBSI FSVC, such as Myachkovskij 300, Cherni prince, Al'ba, Atas, Ampeks and others. In recent years, created a medium-maturing hybrid onion onion F₁ Drakon with brown dry scales and a maximum yield of 391.0 c/ha, as well as transferred to the State variety trial winter variety Novator with brown dry scales. Propagation of demanded varieties and hybrids for both production cultivation and for use in household farms is underway. Conclusion. In order to conveyor onion production, it is necessary to create varieties and hybrids of different maturity groups, as well as to work on improving marketability, seed productivity and resistance to various stresses.

KEYWORDS:

Allium cepa L., selection, variety, hybrid, biological features.

Введение

Лук репчатый (*Allium cepa* L.) – по ботанической классификации принадлежит к семейству Луковые (*Alliaceae* L.) и роду лук (*Allium* L.). Лук репчатый занимает ведущее место среди всех луковых культур по распространению и хозяйственному значению. Родиной лука является Юго-Западная Азия [1]. В настоящее время лидерами по объемам производства среди стран мира являются Китай, Индия, Пакистан и др. [2]. В России основное производство лука размещено в трех округах: Южном, Приволжском и Центральном [3].

Лук репчатый имеет широкое распространение благодаря своему специфическому вкусу и особому аромату. Он используется в рационе человека как в свежем виде (зеленый лист, свежая луковица), так и в переработанном (маринованный, сушеный, консервированный). Эта культура обладает уникальными лечебными свойствами, благодаря высокому содержанию биохимических элементов и их фитонцидным свойствам [4, 5].

В Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации на 2023 год включено 208 сортов и 220 гибридов лука репчатого, из которых около 50% – иностранной селекции [6]. В этой связи, согласно утвержденной указом Президента Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, возникает необходимость создания конкурентоспособных отечественных сортов и гибридов, а также разработки и совершенствования технологий их выращивания на продовольственные и семеноводческие цели.

В рамках импортозамещения и достижения продовольственной безопасности страны существует необходимость создания новых коммерческих гибридов лука репчатого, которые сыграют большую роль в преодолении барьеров урожайности, что приведет к повышению производства товарного лука и решению данных задач [7].

Отечественными и зарубежными селекционерами отмечено, что актуальными хозяйственно-ценными признаками новых сортов и гибридов лука репчатого являются однородность луковиц по размеру, форме, цвету, с одинаковым сроком созревания, с высоким содержанием сухого вещества и длительным сроком хранения. А также луковицы, обладающие такими характеристиками, как однозачатковость, тонкая шейка, прочные наружные сухие чешуи, толстые сочные внутренние чешуи, устойчивость к заболеваниям, вредителям и преждевременному прорастанию [8, 9].

Каждая из этих характеристик наследуется генетически, но может быть изменена в зависимости от экологических условий и применяемых агротехнологических приемов как для производства товарной продукции, так и для маточных луковиц, используемых в семеноводстве лука репчатого [10].

Применение в медицине

Лук репчатый является лечебным и профилактическим средством для многих заболеваний. С древних времен он популярен как в народной, так и в доказательной медицине [11, 12]. Одним из наиболее значимых его свойств является фитонцидное действие,

используемое при профилактике и лечении сезонных простуд (гриппа и ОРВИ). В традиционной медицине лук используется для лечения диабета с целью снижения уровня глюкозы в крови [13]. Учеными доказано, что лук репчатый способствует укреплению костей [14], является профилактическим средством при сердечно-сосудистых заболеваниях, способствует снижению кровяного давления, оказывает положительное действие на желудочно-кишечный тракт [15] и нервную систему [16].

Помимо луковиц и зеленых листьев, в медицине популярным становится применение сухих чешуй (луковой шелухи) в лечебных и витаминных препаратах [17]. В сухих чешуях лука, независимо от их окраски, содержатся полифенольные антиоксиданты. Антоцианы присутствуют в основном в красном луке и составляют около 10% от общего содержания флавоноидов от сырой массы [18]. Наиболее распространенным флавоноидом в растительных объектах является кверцетин. Кверцетин и его производные гликозиды, проявляют широкий спектр биологической активности, что обуславливает перспективность разработки на их основе лекарственных препаратов [19]. Репчатый лук также ценится за содержание кверцетина, которого больше содержится, как правило, в красных сортах. Накопление этого вещества в сорте Черный принц селекции ФГБНУ ФНЦО составляет – 30,5 мг/г [10], что указывает на его высокую биохимическую ценность. Оценка общей антиоксидантной активности кверцетина фосфорномолибденовым методом выявила, что он в 3,5 раза превосходит по данному виду биологического действия куркумин [20].

Луковая шелуха также обладает противодиабетическим, противовоспалительным, противоопухолевым, противомикробным и ингибирующим ферменты действием, благодаря содержащимся в ней кемпферолом, феруловой и галловой кислоте [21, 22]. Порошок луковой шелухи используют как функциональный ингредиент из-за содержащихся в ней питательных элементов, а также добавляют в различные продукты для повышения срока годности [23].

Из семян лука репчатого выделяют масло для парфюмерной промышленности. Лук широко применим в гомеопатии: используются при ранениях, ожогах, простуде, аллергии, при печеночных и почечных коликах, причем лечебный эффект может быть значительным и достигается достаточно быстро [24].

Селекция на качество

Сорта лука репчатого отличаются по окраске сочных чешуй, сухих наружных чешуй, форме и химическому составу.

Окраска

Окраска – сортовой признак, связанный со способностью листьев вырабатывать красящее вещество. В процессе вегетации основания наружных листьев высыхают и плотно облегают луковицу образовывая сухие чешуи. В зависимости от сорта они имеют окраску от белой до фиолетовой различных оттенков и интенсивности, однако наиболее распространенными являются желтоокрашенные луковицы, в которые входят оттенки от светло-желтого до коричневого. Сочные чешуи бывают белыми с желтым или зеленым оттен-

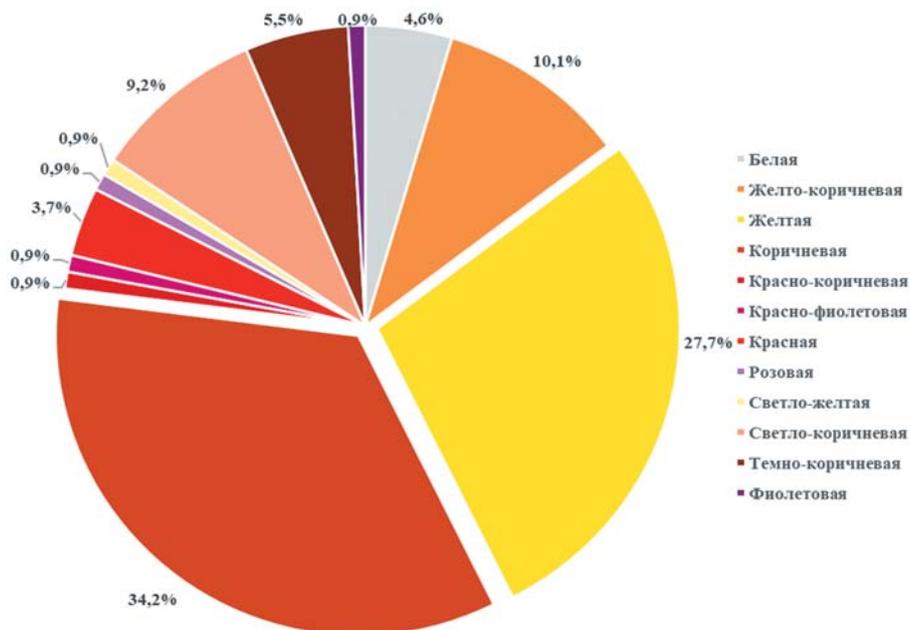


Рис. 1. Окраска сухих чешуй коллекционного питомника ФГБНУ ФНЦО
 Fig. 1. Coloring of dry scales of the collection nursery of FSBSI FSVC



Рис. 2. Разноокрашенные сорта селекции ФГБНУ ФНЦО: а. – Черный принц; б. – Альба
 Fig. 2. Variegated varieties of FSBSI FSVC selection: a. – Cherny prince; b.- Al'ba

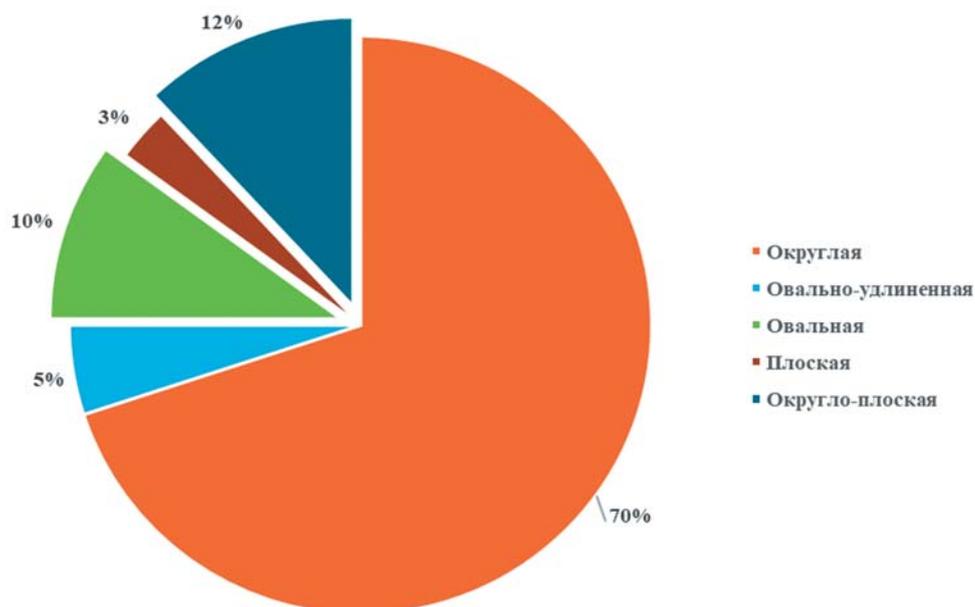


Рис. 3. Структура коллекционного и селекционного питомника по признаку форма луковицы
 Fig. 3. The structure of the collection and breeding nursery based on the shape of the bulb

ком, розовыми и фиолетовыми [25]. Коллекция сортообразцов лука репчатого лаборатории селекции и семеноводства луковых культур ФГБНУ ФНЦО по окраске сухих чешуй представлена в основном образцами с коричневой (34,2%) и желтой (27,7%) окраской. Также в коллекции имеются образцы с белой, розовой, красной и фиолетовой окраской (рис. 1).

В ФГБНУ ФНЦО создаются сорта и гибриды лука репчатого с разнообразной окраской сухих чешуй: белая, желтая, коричневая, красная, фиолетовая. Сорт лука репчатого Черный принц характеризуется темно-фиолетовой окраской сухих чешуй, а Альба – белой (рис. 2).

Форма

Форма луковицы также является сортовым признаком и может быть плоской, округло-плоской, округлой, овальной, удлинённой и эллиптической. Округлая форма является наиболее распространённой и востребованной как у производителей, так и у потребителей. В коллекционном питомнике доля сортов и образцов округлых луковиц составила 70% (рис. 3).

Овальная и округло-плоская форма составляли 10 и 12% соответственно, а плоская и овально-удлинённая – 3 и 5%. Овально-удлинённую форму имеет сорт Атас селекции ФГБНУ ФНЦО, а округло-плоскую сорт Альвина (рис. 4).



a.



b.

Рис. 4. Сорта лука репчатого с разной формой луковицы: а. Атас; б. Альвина

Fig. 4. Onion varieties with different bulb shape: a. – Atas; b. Alvina

Биохимический состав

По накоплению сухого вещества и составу сахаров характеризуют тип сорта по вкусовой оценке, так сорта лука делят на острые, полуострые и сладкие (салатные). При содержании сухого вещества ниже 9% и суммы сахаров не превышающей 6%, в котором около 2% приходится на долю сахарозы – тип лука считается салатным (сладким). А сорта, в луковицах которых содержание сухого вещества выше 15% и среди сахаров преобладают сложные формы, относятся к острым. Полуострые сорта занимают промежуточное положение по указанным признакам между острыми и сладкими [26].

Белки – высокомолекулярные азотистые органические соединения, являющиеся полимерами аминокислот. Содержание белка в луковице колеблется от 2 до

4%, в листьях – 1,3–1,9%, а в луковом порошке – 13,9%. В луке репчатом содержатся семь незаменимых аминокислот, среди которых значительная доля приходится на лизин, лейцин, изолейцин, треонин. Луковицы богаты глутаминовой кислотой, пролином, глицином, гистидином, аланином и тирозином [10].

Содержание углеводов в свежем луке репчатом составляет 2,4 – 3% от суточной нормы, а в зеленом луке – 1,9%. Углеводы участвуют в синтезе заменимых аминокислот и являются материалом для роста клеток и питанием для мозга. В организме они преобразуются в глюкозу, которая необходима для работы всего организма. Вареный лук содержит 3,3% углеводов, жареный – 2,5%, а луковый порошок – 25,5% [27, 28].

Лук репчатый богат содержанием различных жирорастворимых витаминов. К жирорастворимым относятся витамины группы Е и К. Они поддерживают усвоение питательных веществ, участвуют в обмене и синтезе новых веществ. Содержание витамина Е в свежем и вареном луке составляет 0,1%, в зеленом пере – 1,4%, в жареном – 4,7%, а в порошке – 1,8%. В зеленом луке витамин К превышает суточную норму на 30,3%. В жареном его содержание составляет 18%, в порошке – 3,4%, в свежем и вареном – 0,3–0,4%. Из водорастворимых витаминов в луке репчатом содержится витамин С, а также витамины группы В (В1, В2, В3 (РР), В4, В5, В6 и В9). Содержание витамина С в свежем луке состав-

ляет 5,3–8,2%, в листьях – 14,9%. В вареном луке – 5,8%, в жареном – 2,0%, а наибольшее содержание в луковом порошке – 26%. Из витаминов группы В луке преобладают В6 и В9. Их содержание в свежем луке составляет 9,2–10 и 4,8–5,8%; в зеленом пере – 6,8–7,5%; в вареном луке – 9,9–3,8%; в жареном – 15,9 – 0,5%; в луковом порошке – 55,2–16% [27, 29].

В свежем, вареном и жареном луке, зеленых листьях и порошке содержатся следующие микро- и макроэлементы: кальций, железо, магний, фосфор, калий, натрий, цинк, медь, марганец и селен. В большей степени по содержанию в свежем луке преобладают марганец, медь и фосфор, а в зеленом луке – марганец, кальций и железо.

Лук репчатый относится к диетическим продуктам. Калорийность свежего лука с белоокрашенными соч-

ными чешуями составляет 40 кКал/100 г, с красными – 32 кКал/100 г. Зеленый лук более низкокалорийный – 27 кКал/100 г [27].

В 2019-2022 годах в лабораторно-аналитическом отделе была произведена оценка биохимических параметров в группах сортообразцов, разделенных по признаку окраска сухих чешуй (табл. 1).

семеноводческие цели, пригодные для выращивания в конкретном регионе, обладающие высокой урожайностью и дружным созреванием [30].

Товарная продуктивность

Показатель средняя масса товарной луковицы характеризуется достаточно высокой наследственностью [31], поэтому добиться однородности по этому призна-

Таблица 1. Основные биохимические показатели разноокрашенных сортов лука репчатого, 2019-2022 годы.
Table 1. The main biochemical parameters of variously colored onion varieties, 2019-2022.

Образец	Сухое вещество, %	Аскорбиновая кислота, мг%	Моносахара, %	Сумма сахаров, %
Белоокрашенные				
Альба	16,54	8,80	1,63	12,85
Желтоокрашенные				
Атас	15,35	7,92	2,38	11,68
Мячковский	17,41	8,80	1,59	11,68
Красноокрашенные				
АФБАК	16,63	9,68	2,38	11,68
Красавец	16,56	8,80	2,34	10,28
НСР _{0,5}	0,73	0,62	0,41	0,91

Исследуемые образцы лука репчатого селекции ФГБНУ ФНЦО представлены полуострыми сортами, что подтверждается содержанием сухого вещества и суммы сахаров, так как в луках острого типа содержание сухого вещества и сахаров выше, чем в салатных. Содержание сухого вещества в сорте Мячковский составляет 17,41%, что превышает содержание в луковицах сравниваемых сортов на 5-11%. Сумма сахаров меньше всего у сорта Красавец – 10,28%, у двух желтоокрашенных сортов и АФБАК содержание одинаковое – 11,68%, у сорта Альба наибольшее содержание – 12,85%.

Содержание аскорбиновой кислоты у сорта АФБАК превышает на 9-18% остальные сорта. Содержание моносахаров у сортов Атас и АФБАК составляет 2,38%, меньше всего у сорта Альба – 1,63%.

Селекция на продуктивность

Для обеспечения импортозамещения необходимо создавать сорта и гибриды на продовольственные и

ку можно путем многолетнего отбора или созданием гибридов выровненных по данному признаку [32, 33]. Использование гетерозисных гибридов позволяет повысить урожайность луковиц до 50% по сравнению с исходными сортами [34]. Самым эффективным методом создания таких гибридов является метод, основанный на использовании цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) [35, 36].

Также к увеличению массы луковиц приводит применение различных удобрений и подкормок [37, 38]. Особенно актуален поиск новых экологических решений для достижения высокого результата путем раскрытия потенциала генотипа. Так, исследования по применению глауконита (природного минерала, обладающего богатым химическим составом) [39] позволили разработать технологию производства картофеля с применением глауконитовых песков [40]. Глауконитовые пески приводили не только к повышению урожайности картофеля, но и одновременно оказывали положительное влияние на почву [41].



Рис. 5. Соцветие и семена лука репчатого
Fig. 5. Onion inflorescence and seeds

Исследования влияния глауконитовых песков на товарную продуктивность лука репчатого в 2021-2023 годах в ФГБНУ ФНЦО позволили выделить концентрации 150 и 300 г/м² увеличивающие массу луковицы на 7-10%.

Семенная продуктивность

Семеноводство в настоящее время является одной из самых импортозамещаемых отраслей сельского хозяйства, поэтому необходимо снизить импорт семян путем увеличения их производства [26]. Для достижения максимальной урожайности семян важным условием является срок посадки вызревших и типичных маточных луковиц [42-44], а также густота стояния и глубина посадки [45]. Помимо этого, определяющим аспектом является количество стрелок с растения и процент завязываемости семян [26] (рис. 5).

Ученые всего мира изучают увеличение семенной продуктивности за счет влияния минеральных удобрений [38, 46, 47] и выявлением генов, отвечающих за семенную продуктивность лука репчатого [48].

Условия Центрально-Нечерноземной зоны РФ позволяют вести семеноводство культуры с весенней посадкой маточников. Семенные растения формируют от двух до пяти стрелок высотой от 60 до 100 см. Урожайность семян при обычном возделывании составляет около 500 кг/га, а с использованием интенсивной технологии может достигать 1000 и более кг/га [49]. В условиях Северо-Кавказского региона семеноводство возможно с использованием подзимней посадки маточных луковиц, где урожайность кондиционных семян составляет 450-600 кг/га [45].

Селекция на устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам

Объем потерь, связанных с болезнями луковиц во время хранения, может достигать до 70% и более [50]. В связи с этим, актуальной задачей современной селекции является создание и возделывание сортов и гибридов лука репчатого с высокой устойчивостью к биотическим (болезни и вредители) и абиотическим (почвенное засоление, низкие температуры, засуха) стрессам [51].

Селекция на устойчивость к биотическим стрессам

Специалисты по защите растений болезни лука репчатого условно разделяют на болезни листьев, луковиц и болезни при хранении [52]. От фузариозной и корневой гнили донца потери урожая могут превышать 50% [53], а такие вредители как луковая муха, луковая журчалка, луковая моль, луковый (табачный) трипс и другие наносят существенный вред посевам культуры, который достигает 30-40% [54].

В настоящее время существуют различные пути регулирования фитосанитарной обстановки при выращивании лука репчатого. Меры борьбы с инфекцией включают в себя применение препаратов различной природы используемые в процессе вегетации и хранения. Производители в основном используют препараты химической природы, но в мире в систему агробиотехнологий все чаще внедряют новые высокоэффективные биопрепараты для борьбы с распространенными заболеваниями: черной плесенью [55], фузариозом [56], шейковой гнилью [57] и другими.

В последнее время в мире увеличивается спрос на экологически чистую овощную продукцию [58], поэтому переход предприятий на использование биопрепаратов способствует получению более экологически чистой продукции и сохранению окружающей среды [59].

Все же главная роль в борьбе с болезнями принадлежит поиску и выделению форм, а также созданию устойчивых межвидовых гибридов, имеющих частичную или полную устойчивость к различным заболеваниям. Ведущими селекционерами всего мира ведется работа по созданию сортов и гибридов, устойчивых к таким болезням, как ложная мучнистая роса (*Peronospora destructor*) [60], шейковая гниль (*Botrytis allii.*) [61], фузариоз (*Fusarium*) [62], желтая карликовость (OYDV – Onion yellow dwarf virus) [63], черная плесень (*Aspergillus niger*) и другие.

Потери товарной продукции и маточных луковиц, вызванные патогенной микофлорой в период длительного хранения требуют разработки стратегий до и



Рис. 6. Развитие болезней лука репчатого в период хранения
Fig. 6. Development of onion diseases during storage

после сбора урожая, чтобы смягчить воздействие этих патогенов и сохранить урожай в течение всего периода [64] (рис. 6).

Для упрощения селекционного процесса учеными используется маркерная селекция, которая позволяет выявить устойчивые генотипы к пероноспорозу [65], пурпурной пятнистости [66], ложной мучнистой росе [67] и другим заболеваниям лука репчатого.

Для межвидовой гибридизации используют близкородственные дикие виды луков, которые являются донорами генов устойчивости к распространенным заболеваниям. Уже много лет назад в дикорастущих видах рода *Allium* ученые обнаружили и выделили гены устойчивости к ложной мучнистой росе, частичной устойчивости к фитофторозу (*Botrytis squamosa*) [68] и базальной гнили *Fusarium* [69] у *Allium roylei* Stearn [70, 71]. Также донором ценных генов для *Allium* сера является *Allium fistulosum* (рис. 7) имеющий устойчивость к листовой гнили [72], розовой гнили корней [73], антракнозу [74], луковой мухе [75], головне и трипсам [76].



Рис. 7. *Allium fistulosum*
Fig. 7. *Allium fistulosum*

В 1983 году отечественными селекционерами созданы популяции от скрещивания лука репчатого с различными многолетними луками (*A. vavilovii* M. Pop et Vved., *A. fistulosum* L., *A. altaicum* Pall.), которые по морфологическим признакам занимают промежуточное положение между родительскими видами [77]. Эти популяции используются селекционерами ФГБНУ ФНЦО и в настоящее время для получения устойчивых генотипов лука [78].

Селекция на устойчивость к абиотическим стрессам

Ученые уделяют большое внимание решению проблем, связанных с неблагоприятным воздействием абиотических факторов [79], таким как солеустойчивость, засухоустойчивость, устойчивость к переувлажнению и полеганию. Для определения устойчивости сортов и гибридов овощных культур, в том числе и лука репчатого, проводятся экологические испытания в раз-

ных агроклиматических регионах, показывающие адаптивность по основным параметрам [80, 81].

Засоленные почвы негативно влияют на рост, развитие и урожайность лука репчатого [82]. Такие условия требуют поиска генотипов устойчивых к данным факторам [83, 84]. Установлено, что длительное выращивание в условиях засоленности позволяет адаптировать растения и повысить их устойчивость [85]. Помимо этого, в странах с засоленными почвами ведется селекция традиционными и новыми методами по поиску и отбору генотипов, характеризующихся относительной устойчивостью [86, 87].

В регионах с нестабильными климатическими условиями, где долгое время отсутствуют осадки или период длительной засухи сменяется на период с сильным переувлажнением, необходимо использовать адаптированные к этим условиям сорта и гибриды. В периоды засухи в Индии потери урожая лука репчатого могут достигать 30% [88], у растений нарушается водный баланс, вследствие чего замедляется рост и процесс фотосинтеза [89]. Так, селекционерами стран,



Рис. 8. Формирование вздутия стрелок
Fig. 8. Formation of arrow bloat

подверженных выпадению обильных осадков, ведется работа по поиску устойчивых генотипов лука репчатого, которые могут быть использованы для создания сортов и гибридов, имеющих относительную устойчивость к переувлажнению [90, 91], а также ведется непрерывный поиск засухоустойчивых генотипов, которые будут использованы в селекционной работе [92].

Семеноводческие посевы должны соответствовать условиям механизированной уборки, поэтому необходимо обеспечить устойчивость к полеганию маточных растений для получения максимальной урожайности семян. Устойчивость семенных растений лука к полеганию обеспечивается такой биологической особенностью, как вздутие стрелок (рис. 8).

Установлено, что генотипы, имеющие сильное вздутие стрелок, имеют большую устойчивость к полеганию, в отличие от генотипов со слабым вздутием [92, 93].

Селекция на скороспелость

Скороспелость является одним из важных хозяйственно-ценных признаков сортов и гибридов лука репчатого. Использование скороспелых сортов и гибридов позволяет получать раннюю продукцию лука репчатого [94]. Уровень скороспелости определяется фотопериодической реакцией [95]. Помимо этого, применение озимых форм также позволяет получать урожай ранней продукции.

По классификации ВНИИР им. Н.И. Вавилова выделены группы лука репчатого по срокам созревания: очень скороспелые (созревание раньше, 80 суток), скороспелые (81-90 суток), среднеспелые (91-120 суток), среднепоздние (121-140 суток), позднеспелые (более 140 суток) [96]. Скороспелые сорта и гибриды хранятся два-три месяца, в то время как позднеспелые шесть-семь месяцев [95].

Селекционерами ФГБНУ ФНЦО созданы сорта и гибриды лука репчатого разных групп спелости для конвейерного поступления продукции потребителям. К самым востребованным сортам относятся: Мячковский 300 – раннеспелый полуострый сорт, включен в Госсортиреестр в 1985 году, пользующийся большим спросом по сей день; F₁ Дракон – новый среднеспелый полуострый гибрид 2023 года; Ампэкс – позднеспелый сорт 2017 года. В 2022 году в лаборатории селекции и семеноводства луковых культур выделен образец для озимой культуры и передан в Госсортиркомиссию под названием Новатор (рис. 9).

Разработка технологии ускорения селекционного процесса лука репчатого на основе репродуктивной биотехнологии

Получение линий с удвоенными гаплоидами (DH) – это быстрый метод получения полностью гомозиготных инбредных линий для многих сельскохозяйственных культур, в том числе и для лука репчатого. Наиболее востребованными технологиями, используемыми для ускорения селекционного процесса у овощных культур, являются культура изолированных микроспор *in vitro* и культура неопыленных семяпочек *in vitro*. Однако, проведенные в 1996 году исследования по культуре пыльников лука не дали значительных результатов [97]. Культура семяпочек считается трудоемким и низкоэффективным методом для введения в культуру лука [98], но в настоящее время уже удалось создать DH-растения лука репчатого методом культуры семяпочек [99].

Наиболее популярным и продуктивным методом является культура цветочных бутонов *in vitro*, но сложность этого метода заключается в образовании каллуса, снижающего регенерационную способность культивируемых бутонов, а также возможность появления диплоидных регенерантов из соматических клеток каллуса [100]. В ФГБНУ ФНЦО разработаны элементы технологии получения исходного материала для селекции лука репчатого на основе технологии культуры цветочных бутонов *in vitro* [101].



a



b



c



d

Рис. 9. Сорта и гибриды лука репчатого разных групп спелости:
a - Мячковский 300; b - F₁ Дракон; c - Ампэкс; d - Новатор
Fig. 9. Varieties and hybrids of onions of different maturity groups:
a - Myachkovskij 300; b - F₁ Drakon; c - Ampeks; d - Novator

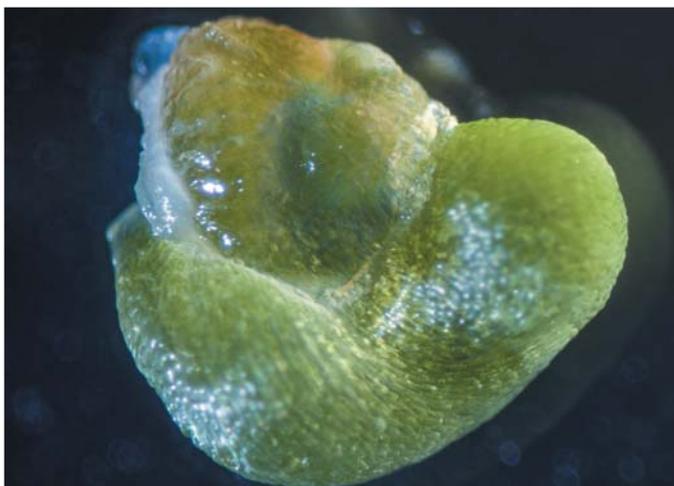


Рис. 10. Развитие неопыленной семяпочки лука репчатого
Fig. 10. Development of the unpollinated seedpod of onions



a



b

Рис. 11. Способы извлечения микроспор из бутона:
a - поперечное разрезание; b - выбивание микроспор
Fig. 11. Methods of extracting microspores from a bud:
a - cross-cutting; b - knocking out microspores

В настоящее время в ФГБНУ ФНЦО в лаборатории репродуктивной биотехнологии совместно с селекционерами по луковым культурам проводится разработка технологий культуры изолированных микроспор *in vitro* и культуры неопыленных семяпочек *in vitro* лука репчатого. На данном этапе работы удалось индуцировать первичное гиногенное развитие семяпочек (рис. 10) и подобрать оптимальный размер (3,7–4,8 мм) и тип бутонов для введения в культуру *in vitro*, а также определить оптимальный способ изоляции микроспор из бутонов лука, позволяющий получить чистую культуру микроспор с минимальным содержанием соматических тканей и фрагментов разрушенных клеток (рис. 11). Разработанные технологии позволяют избежать трудностей, связанных с образованием каллуса, и дадут возможность наиболее быстро получать чистый линейный материал для дальнейшей селекционной работы.

Заключение

В ФГБНУ ФНЦО ведутся исследования в области селекции и семеноводства лука репчатого уже более ста лет. В настоящее время, как и на протяжении всего периода селекционной работы с культурой, приоритетными направлениями являются: урожайность, скороспелость, лежкость, устойчивость к различным стрессам и пригодность к механизированной уборке. Работа по созданию новых перспективных сортов и гибридов ведется в сотрудничестве с лабораториями репродуктивной биотехнологии, молекулярно-иммунологических исследований и лабораторно-аналитическим центром ФГБНУ ФНЦО.

Широкое распространение в Российской Федерации имеют такие сорта нашего центра, как Мячковский 300, Черный принц, Альба, Атас, Ампэкс и другие. В последние годы создан новый среднеспелый гибрид лука репчатого F₁ Дракон с коричневыми сухими чешуями и максимальной урожайностью 391,0 ц/га, а также передан на Государственное сортоиспытание озимый сорт Новатор с коричневыми сухими чешуями. Ведется размножение востребованных сортов и гибридов как для производственного выращивания, так и для использования в приусадебных хозяйствах.

• Литература

1. Брезгин Н. Лекарственные растения центральной части России. Академкнига: Слог; 1933. 320 с.
2. Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций. <https://www.fao.org/> (Дата обращения 23.05.2024)
3. Борисов В.А., Дятликович А.И., Поляков А.В. Состояние и перспективы производства лука в различных регионах России. *Картофель и овощи*. 2006;(8):13-15. <https://elibrary.ru/hyizhx>
4. Буренин В.И., Шумилина В.В. Отдаленная гибридизация видов рода *Allium* L. *Овощи России*. 2016;(1):10-13. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-1-10-13>

5. Фёдоров Д.А. Разработка элементов интенсивной технологии выращивания российских F₁ гибридов лука репчатого в условиях Московской области. М., 2015. 26 с.
6. Реестр селекционных достижений. <https://gossortrf.ru/registry/> (Дата обращения 15.02.2024)
7. Singh H., Khar A. Perspectives of onion hybrid breeding in India: An overview. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2021;91(10):1426–1432. <https://doi.org/10.56093/ijas.v91i10.117404>
8. Mahajan V., Manjunathagowda D.C., Gupta A.J. Onion (*Allium cepa* L.): Breeding for quality traits and export. *Vegetable Science*. 2021;48(2):123-135. <https://doi.org/10.61180/vegsci.2021.v48.i2.01>

9. Ибрагимбеков М.Г. Создание исходного материала лука репчатого для селекции длиннодневных полуострых сортов и гибридов. М., 2015. 27 с. <https://elibrary.ru/zpvhdx>
10. Мастяев И.С., Агафонов А.А., Кривенков Л.В. Оценка образцов лука репчатого (*Allium cepa* L.) различного происхождения в условиях предгорной зоны Северного Кавказа и выделение исходного материала для селекции. *Овощи России*. 2021;(6):58-64. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-6-58-64> <https://elibrary.ru/fmqxre>
11. Sharifi-Rad J., Mnyer D., Tabanelli G., Stojanovic-Radic Z.Z., Sharifi-Rad M., Yousef Z., Vallone L., Setzer W.N., Iriti M. Plants of the genus *Allium* as antibacterial agents: From tradition to pharmacy. *Cell. Mol. Biol.* 2016;62(9):57-68. <https://doi.org/10.14715/cmb/2016.62.9.10>
12. Усманова М.Б., Имамова Ю.А. Лук репчатый – применение в медицине. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*. 2022;(2):914-917.
13. Akash M.S.H., Rehman K., Chen S. Spice plant *Allium cepa*: Dietary supplement for treatment of type 2 diabetes mellitus. *Nutrition*. 2014;30(10):1128–1137. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2014.02.011>
14. Horcajada-Molteni M.-N., Crespy V., Coxam V., Davicco M.-J., Remesy C., Barlet J.-P. Rutin Inhibits Ovariectomy-Induced Osteopenia in Rats. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2000;15(11):2251–2258. <https://doi.org/10.1359/jbmr.2000.15.11.2251>
15. Platel K., Srinivasan K. Studies on the influence of dietary spices on food transit time in experimental rats. *Nutrition Research*. 2001;21(9):1309-1314. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(01\)00331-1](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(01)00331-1)
16. Samad N., Saleem A. Administration of *Allium cepa* L. bulb attenuates stress-produced anxiety and depression and improves memory in male mice. *Metab. Brain Dis*. 2018;(33):271–281. <https://doi.org/10.1007/s11011-017-0159-1>
17. Аскарлов И.Р., Исаков Х., Джамолова Х.М. Полезные витамины в луке и луковой шелухе. *Экономика и социум*. 2022;12-1(103):397-403. <https://elibrary.ru/xsjhtw>
18. Gonzalez-de-Peredo A.V., Vazquez-Espinosa M., Espada-Bellido E., Carrera C., Ferreira-Gonzalez M., Barbero G.F., Palma M. Flavonol Composition and Antioxidant Activity of Onions (*Allium cepa* L.) Based on the Development of New Analytical Ultrasound-Assisted Extraction Methods. *Antioxidants*. 2021;(10):273. <https://doi.org/10.3390/antiox10020273>
19. Li Y., Yao J., Han C., et al. Quercetin, Inflammation and Immunity. *Nutrients*. 2016;8(3):167. <https://doi.org/10.3390/nu8030167>
20. Zhang M., Swartz S.G., Yin L., et al. Antioxidant Properties of Quercetin. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. 2011;701:283-298. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7756-4_38
21. Bedrnicek J., Kadlec J., Laknerova I., Mraz J., Samkova E., Petraskova E., Hasonova L., Vacha F., Kron V., Smetana P. Onion Peel Powder as an Antioxidant-Rich Material for Sausages Prepared from Mechanically Separated Fish Meat. *Antioxidants*. 2020;(9):974. <https://doi.org/10.3390/antiox9100974>
22. Milea S.A., Aprodu I., Enachi E., Barbu V., Rapeanu G., Bahrim G.E., Stanciu N. Whey Protein Isolate-Xylose Maillard-Based Conjugates with Tailored Microencapsulation Capacity of Flavonoids from Yellow Onions Skins. *Antioxidants*. 2021;(10):1708. <https://doi.org/10.3390/antiox10111708>
23. Piechowiak T., Grzelak-Blaszczyk K., Bonikowski R., Balawejder M. Optimization of extraction process of antioxidant compounds from yellow onion skin and their use in functional bread production. *LWT Food Sci. Technol.* 2020;(117):108614. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108614>
24. Гомеопат Лайф. <https://gomeopatlife.ru/allium-сера/> (дата обращения 21.05.2024)
25. Методические указания по апробации овощных и бахчевых культур. М., 2018. 224 с. <https://elibrary.ru/xuqtul>
26. Пивоваров В.Ф., Ершов И.И., Агафонов А.Ф. Луковые культуры. М., 2001. 500 с. <https://elibrary.ru/wqdcmj>
27. Фит Аудит. <https://fitaudit.ru/> (дата обращения 10.03.2024)
28. Benkeblia N. Antimicrobial activity of essential oil extracts of various onions (*Allium cepa*) and garlic (*Allium sativum*). *LWT*. 2004;37(2):263–268. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2003.09.001>
29. Suleria H.A.R., Butt M.S., Anjum F.M., Saeed F., Khalid N. Onion: nature protection against physiological threats. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2015;55(1):50–66. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.646364>
30. Коцарева Н.В., Березняк М.Е. Оценка хозяйственно ценных показателей маточников лука репчатого. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2023;(2):60-64. <https://elibrary.ru/qpfddw>
31. Kobabe G. Beziehungen zwischen standweite Zwiebelgewicht und Zwiebelform bei *Allium cepa* L. *Zoitschr: Pflanzenzücht*. 1986;60(2):102-112.
32. Жаркова С.В. Формирование параметров адаптивности и стабильности сортообразцов лука репчатого в зависимости от условий среды. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2018;(5(163)):71-75. <https://elibrary.ru/xugfat>
33. Логунова В.В., Кривенков Л.В., Гуркина Л.К., Гращенкова Н.Н. Селекция лука репчатого на гетерозис. *Известия ФНЦО*. 2019;(2):45-49. <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2019-2-45-49> <https://elibrary.ru/wzrqhj>
34. Агафонов А.Ф., Логунова В.В. Гетерозисная селекция лука репчатого. *Овощи России*. 2018;(5):25-28. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-5-25-28> <https://elibrary.ru/pjmnwd>
35. Логунов А.Н., Будылин М.В., Тико Е.А. Использование молекулярных маркеров в современной селекции лука репчатого (*Allium cepa* L.). *Селекция, семеноводство и сортовая агротехника овощных, бахчевых и цветочных культур*. 2016. С. 194-199. <https://elibrary.ru/zchkov>
36. Алижанова Р.Р., Монахос С.Г., Монахос Г.Ф. Молекулярные маркеры в селекции лука репчатого. *Картофель и овощи*. 2019;(2):32-35. <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.28.2.007> <https://elibrary.ru/yxznvr>
37. Марчева М.М., Середин Т.М., Баранова Е.В., Молчанова А.В., Жаркова С.В. Влияние применения глауконитовых песков на элементы продуктивности лука репчатого в условиях нечерноземной зоны РФ. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2023;8(226):12-18. <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2023-226-8-12-18> <https://elibrary.ru/ctktq>
38. Князьков А.Н., Надежкин С.М., Агафонов А.Ф. Оптимизация минерального питания в семеноводстве лука репчатого. *Плодородие*. 2014;(2(77)):16-18. <https://elibrary.ru/sduwmj>
39. Уточкин В.Г., Чумаченко И.Н., Сушеница Б.А. Основные аспекты и методологические особенности агрохимической оценки сырьевых источников питательных веществ. *Химия в сельском хозяйстве*. 1995;(6):3-9.
40. Кожемякин В.С., Васильев А.А. Технология производства картофеля с применением глауконитовых песков в условиях Уральского региона. Челябинск: ЮУНИИПОК. 2004. 45 с.
41. Васильев А.А. Глауконит – эффективное природное минеральное удобрение картофеля. *Аграрный вестник Урала*. 2009;(6):35-37. <https://elibrary.ru/kvzgdg>
42. Лукомец С.Г., Лазько В.Э. Цветение и плодоношение семенников лука озимого сорта Эллан в 2007 году. Сборник научных трудов по овощеводству и бахчеводству: к 110-летию со дня рождения Квасникова Б.В. 2009. С. 283-286.
43. Кадилов У.А., Арамов М.Х. Влияние сроков посадки маточных луковок на урожайность и посевные качества семян лука репчатого. *Овощи России*. 2021;(3):68-71. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-68-71> <https://elibrary.ru/upakzj>
44. Ashagrie T., Belew D., Nebiyu A. Influence of planting date and bulb size on yield and quality of onion (*Allium cepa* L.) seed production. *Cogent Food & Agriculture*. 2021;7(1):1908656. <https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1908656>
45. Мастяев И.С., Агафонов А.Ф., Кривенков Л.В., Подорогин В.А., Ушаков В.А. Влияния сроков, схемы, глубины посадки и размера маточных луковок на продуктивность семенных растений и качество семян лука репчатого в условиях Предгорной зоны Северного Кавказа. *Овощи России*. 2022;(1):55-62. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-1-55-62> <https://elibrary.ru/wihioj>
46. Лазько В.Э., Якимова О.В., Лукомец С.Г. Применение препарата Эпин-Экстра, Р на семенниках репчатого лука. *Рисоводство*. 2016;(3-4):78-82. <https://elibrary.ru/xwqold>
47. Tehulie N.S., Endeg S., Hunegnaw A., Kebede A. Review on the effect of nitrogen and phosphorus fertilizer rates on seed yield of onion (*Allium cepa* L.). *International Journal of Horticulture and Food Science*. 2021;3(1):13-16. <https://doi.org/10.33545/26631067.2021.v3.i1a.54>
48. Ara R., Deb A.C. Combining ability and gene action of four seed yield contributing characters in onion (*Allium cepa* L.). *IJCS*. 2021;9(1):01-07. <https://doi.org/10.22271/chemi.2021.v9.i1a.11189>
49. Кошеваров А.А., Надежкин С.М., Агафонов А.Ф. Семенная и овощ-

- ная продуктивность лука репчатого при оптимизации минерального питания. *Овощи России*. 2011;(2):21-25. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2011-2-21-25>
<https://elibrary.ru/oybzcw>
50. Нуришанова И.Б. РГС как перспективный метод хранения плод-овощной продукции. *Научные основы развития АПК*. 2022. С. 42-47. <https://elibrary.ru/rkrfmed>
51. Любченко А.В. Исходный материал для селекции лука на адаптив-ность и качество продукции в условиях предгорной зоны Республики Адыгея. Санкт-Петербург, 2015. 21 с. <https://elibrary.ru/wlhnin>
52. Gunaratna L.N.R., Deshappriya N., Rajapaksha R.G.S.A.S., Jayaratne D.L. *Allium cepa* L. (Onion) Storage Diseases and Effect of *Trichoderma asperellum* and *Trichoderma virens* Pre-harvest Treatments on Postharvest Quality. *Tropical Agricultural Research*. 2023;34(3):161-169. <https://doi.org/10.4038/tar.v34i3.8542>
53. Ansari N.A., Chamran S.C. Onion cultivation and production in Iran. Middle Eastern and Russian. *J. of Plant Science and Biotechnology*. 2019;1(2):23-38.
54. Сидляревич В.И., Шинкоренко Е.Г. Система защиты лука и чесно-ка от вредителей, болезней и сорняков. *Ахова раслін*. 2000;(4):11–12.
55. Abo-Elyousr K.A.M., Imran M., Sallam N.M.A. et al. Sustainable biocon-trol of purple blotch disease in *Allium cepa* L. by biocontrol yeasts, *Pichia kluyveri* and *Filobasidium wieringae*. *Egypt J Biol Pest Control*. 2024;34(1):1-10. <https://doi.org/10.1186/s41938-024-00776-6>
56. Shin J.-H., Lee H.-K., Back C.-G., Kang S.-h., Han J.-w., Lee S.-C., Han Y.-K. Identification of *Fusarium* Basal Rot Pathogens of Onion and Evaluation of Fungicides against the Pathogens. *Mycobiology*. 2023;51(4):264-272. <https://doi.org/10.1080/12298093.2023.2243759>
57. Коробейникова О.В., Строт Т.А. Влияние стимуляторов роста растений на урожайность, пораженность шейковой гнилью и качество лука репчатого. *Вестник Ижевской государственной сельскохозяй-ственной академии*. 2022;(3(71)):20-28. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_20-28
<https://elibrary.ru/yvbxii>
58. Шогенов Ю.М., Шибзухов З.С., Эльмесов С.С.-Б., Виндугов Т.С. Продолжительность межфазных периодов и ростовые процессы в зависимости от приемов возделывания в условиях Кабардино-Балкарии. Научно-практические пути повышения экологической устой-чивости и социально-экономическое обеспечение сельскохозяйственного производства. 2017. С. 344–346. <https://elibrary.ru/rztkhw1>
59. Маринченко Т.Е., Королькова А.П. Отечественные биопрепараты для экологически чистого растениеводства. Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса. 2021. С. 314-318. <https://elibrary.ru/oabqxa>
60. Van der Heyden H., Dutilleul P., Charron J.B., Bilodeau G.J., Carisse, O. Factors influencing the occurrence of onion downy mildew (*Peronospora destructor*) epidemics: Trends from 31 years of observation-al data. *Agronomy*, 2020;10(5):738. <https://doi.org/10.3390/agrono-my10050738>
61. Lee H.M., Park J.S., Kim S.J., Kim S.G., Park Y.D. Using Transcriptome Analysis to Explore Gray Mold Resistance-Related Genes in Onion (*Allium cepa* L.). *Genes*. 2022;13(3):542. <https://doi.org/10.3390/genes13030542>
62. Caligiore-Gei P.F., Ciotti M.L., Valdez J.G., Galmarini, C.R. Breeding onion for resistance to *Fusarium* basal rot: comparison of field selection and artificial inoculation. *Tropical plant pathology*. 2020;(45):493-498. <https://doi.org/10.1007/s40858-020-00351-y>
63. Corrado C.L., Micali G., Mauceri A., Bertin S., Sunseri F., Abenavoli M.R., Tiberini A. Study on Italian Onion Cultivars/Ecotypes towards Onion Yellow Dwarf Virus (OYDV) Infection. *Horticulturae*. 2024;10(1):73. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10010073>
64. Onaebi N.C., Ugwuja N.F., Okoro C.A., Amujiri N.A., Ivoke U.M. Mycoflora associated with post-harvest rot of onion (*Allium cepa*) and gar-lic (*Allium sativum*) bulbs. *Research on Crops*. 2020;21(2):380-389. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2020.064>
65. Эйдлин Я.Т., Монахос Г.Ф., Монахос С.Г. Маркер-опосредованный отбор при создании устойчивых к пероноспорозу линий закрепителей стерильности лука репчатого (*A. cepa* L.). *Овощи России*. 2021;(3):34-39. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-34-39>
<https://elibrary.ru/iqnfie>
66. Sahoo J., Mahanty B., Mishra R., Joshi, R.K. Development of SNP markers linked to purple blotch resistance for marker-assisted selection in onion (*Allium cepa* L.) breeding. *3 Biotech*. 2023;13(5):137. <https://doi.org/10.1007/s13205-023-03562-7>
67. Khrustaleva L., Mardini M., Kudryavtseva N., Alizhanova R., Romanov D., Sokolov P., Monakhos G. The power of genomic in situ hybridization (GISH) in interspecific breeding of bulb onion (*Allium cepa* L.) resistant to downy mildew (*Peronospora destructor* [Berk.] Casp.). *Plants*. 2019;8(2):36. <https://doi.org/10.3390/plants8020036>
68. De Vries J.N., Wietsma W.A., Jongerius M.C. Linkage of downy mildew resistance genes Pd1 and Pd2 from *Allium roylei* Stearn in progeny of its interspecific hybrid with onion (*A. cepa*). *Euphytica*. 1992;(64):131–137. <https://doi.org/10.1007/BF00023546>
69. Galvan G.A., Wietsma W., Putrasemedja S. et al. Screening for resist-ance to anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) in *Allium cepa* and its wild relatives. *Euphytica*. 1997;(95):173–178. <https://doi.org/10.1023/A:1002914225154>
70. Kohli B., Gohil R.N. Need to conserve *Allium roylei* Stearn: a potential gene reservoir. *Genet Resour Crop Evol*. 2009;(56):891–893. <https://doi.org/10.1007/s10722-009-9482-7>
71. Van der Meer Q.P., de Vries J.N. An interspecific cross between *Allium roylei* Stearn and *Allium cepa* L., and its backcross to *A. cepa*. *Euphytica*. 1990;(47):29–31. <https://doi.org/10.1007/BF00040359>
72. Currah L., Maude R.B. Laboratory tests for leaf resistance to *Botrytis squamosa* in onions. *Annals of Applied Biology*. 1984;(105):277–283. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1984.tb03051.x>
73. Netzer D., Rabinowitch H.D., Weintal C. Greenhouse technique to evalu-ate pink root disease caused by *Pyrenochaeta terrestris*. *Euphytica*. 1985;(34):385–391.
74. Galvan G.A., Wietsma W.A., Putrasemedja S., Permadi A.H., Kik C. Screening for resistance to anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) in *Allium cepa* and its wild relatives. *Euphytica*. 1997;(95):173–178. <https://doi.org/10.1023/A:1002914225154>
75. De Ponti O.M.B., Inggamer H. Resistance to the onion fly in *Allium cepa* and *Allium fistulosum*. Proc 3rd Eucarpia *Allium* Symp. PUDOC Wageningen, the Netherlands. 1984. P. 21–23.
76. Emsweller S.L., Jones H.A. An interspecific hybrid in *Allium*. *Hilgardia*. 1935;(9):265–273.
77. Титова И.В., Тимин Н.И., Юрьева Н.А. Межвидовая гибридизация луков с целью получения форм, устойчивых к ложной мучнистой росе. *Доклады ВАСХНИЛ*. 1983;(8):190.
78. Романов В.С., Романова О.В., Логунова В.В., Тареева М.М. Ускоренное получение одного поколения лука за год технологией культуры цветочных бутонов *in vitro*. *Биосфера*. 2022;(4(14)):375-379. <https://doi.org/10.24855/biosfera.v14i4.696>
<https://elibrary.ru/xpnjux>
79. Добруцкая Е.Г., Антошкин А.А., Агафонов А.Ф., Дубова М.В. Оценка разнообразия селекционного материала лука репчатого ВНИ-ИССОК по адаптивности, показателям продуктивности и качеству про-дукции. *Гавриш*. 2008;(4):33-37.
80. Давлетбаева О.Р., Ибрагимбеков М. Г., Ховрин А.Н., Рубцов А.А. Экологическое испытание образцов репчатого лука отечественной и зарубежной селекции в однолетней культуре в условиях Московской области. *Картофель и овощи*. 2020;(10):37-40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.70.29.007>
<https://elibrary.ru/nebuqt>
81. Солдатенко А.В., Борисов В.А. Экологическое овощеводство. М., Изд-во ФГБНУ ФНЦО. 2022. 504 с. ISBN 978-5-901695-88-3. <https://eli-brary.ru/hbrgmw>
82. Hanci F., Cebeci E. Comparison of salinity and drought stress effects on some morphological and physiological parameters in onion (*Allium cepa* L.) during early growth phase. *Bull. J. Agric. Sci*. 2015;21(6):1204-1210.
83. Regessa M., Gemechis A., Chala E. Growth, physiology and yield of onion (*Allium cepa* L.) under salt stress. *Greener J. Agricultural Sci*. 2022;12(2):154-167.
84. Lastiri-Hernandez M.A., Alvarez-Bernal D., Conde Barajas E., Miranda J.G.G. Biosaline agriculture: an agronomic proposal for onion (*Allium cepa* L.) production. *International Journal of Phytoremediation*. 2021;23(12):1301–1309. <https://doi.org/10.1080/15226514.2021.1895716>
85. Mangal J.L., Lal S., Hooda, P.S. Salt tolerance of the onion seed crop. *Journal of Horticultural Science*. 1989;64(4):475–477. <https://doi.org/10.1080/14620316.1989.11515980>
86. Slabu C., Jitareanu C.D., Marta A.E., Bologa Covasa M. The behavior of some onion (*Allium cepa* L.) local landraces under salt stress. 2015;58(1):67-72.
87. Plabon M.D. *In vitro* regeneration of onion (*Allium cepa* L.) under salt stress condition. Dissertation Master of Science in biotechnology. Department of Biotechnology. 2017.
88. Potopova V, Stepanek P, Farda A, Turkott L, Zahradnicek P, Soukup J. Drought stress impact on vegetable crop yields in the Elbe River Lowland between 1961 and 2014. *Cuadernos De Investigacion Geografica*. 2016;42(1):127–43. <https://doi.org/10.18172/cig.2924>

89. Sairam R.K., Saxena D.C. Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. *J. Agron. Crop Sci.* 2000;184:55–61. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2000.00358.x>
90. Pasley H.R., Huber I., Castellano M.J., Archontoulis S.V. Modeling flood-induced stress in soybeans. *Front. Plant Sci.* 2020;11(62) <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00062>
91. Gedam P.A., Shirsat D.V., Arunachalam T., Ghosh S., Gawande S.J., Mahajan V., Gupta A.J. Singh M. Screening of Onion (*Allium cepa* L.) Genotypes for Waterlogging Tolerance. *Front. Plant Sci.* 2022;12:117-123. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.727262>
92. Gedam P.A., Thangasamy A., Shirsat D.V. Screening of Onion (*Allium cepa* L.) Genotypes for Drought Tolerance Using Physiological and Yield Based Indices Through Multivariate Analysis. *Front. Plant Sci.* 2021;12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.600371>
93. Тимин Н.И., Пышная О.Н., Агафонов А.Ф., Мамедов М.И., Титова И.В., Кан Л.Ю., Енгальчева И.А. Межвидовая гибридизация овощных растений (*Allium* L. – лук, *Daucus* L. – морковь, *Capsicum* L. – перец). М.: Изд-во ВНИИССОК. 2013. 188 с. ISBN: 978-5-901695-59-3. <https://elibrary.ru/vrqrht>
94. Salter P.J., James J.M. The performance of Japanese and European cultivars of onion from autumn sowing for early production. *Nat. Inst. Agr. Bot.* 1977;13(13):367-369.
95. Благородова, Е.Н., Кондратенко Е.А. Сорт, как определяющий элемент в технологии производства лука репчатого. *Теория и практика современной аграрной науки.* 2021. С. 29-32. <https://elibrary.ru/cgfkzd>
96. Классификатор рода *Allium cepa* L., 1977. 25 с.
97. Keller E.R.J., Korzun L. Haploidy in onion (*Allium cepa* L.) and other *Allium* species. In: Jain, S.M., Sopory, S.K., Veilleux, R.E. (eds) *In Vitro Haploid Production in Higher Plants. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture.* 1996;25. https://doi.org/10.1007/978-94-017-1858-5_4
98. Keller J. Culture of Unpollinated Ovules, Ovaries and Flower Buds in Some Species of The Genus *Allium* and Haploid Induction Via Gynogenesis in Onion (*Allium cepa* L.). *Euphytica.* 1990;47:241–247. <https://doi.org/10.1007/BF00024247>
99. Чередниченко Е.А. Подбор и создание исходного материала лука репчатого (*Allium cepa* L.) для южного региона РФ. М., 2022. 26 с.
100. Bohanec B. Doubled-haploid onions. *Allium crop science: Recent advances.* CABI, Wallingford, UK. 2002;(7):145–157.
101. Романов В.С. Биоразнообразие межвидовых гибридов рода *Allium* L. *Овощи России.* 2022;(5):43-49. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-5-43-49> <https://elibrary.ru/kncage>

• References

1. Brezgin N. Medicinal plants of the central part of Russia. *Akademkniga: Slog;* 1933. 320 p. (in Russ.)
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/> (accessed 23.05.2024) (in Russ.)
3. Borisov V.A., Dyatlikovtch A.I., Polyakov A.V. Modern condition and perspectives of onion production in different regions of Russia. *Potato and Vegetables.* 2006;(8):13-15. (In Russ.) <https://elibrary.ru/hyizhx>
4. Burenin V.I., Shumilina V.V. Distant hybridization of plants of *Allium* L. *Vegetable crops of Russia.* 2016;(1):10-13. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-1-10-13> <https://elibrary.ru/vmjwbt>
5. Fedorov D.A. Development of elements of intensive technology for growing Russian F₁ onion hybrids in the conditions of the Moscow region. М., 2015. 26 p. (in Russ.)
6. Register of breeding achievements. <https://gossortrf.ru/registry/> (accessed 15.02.2024) (in Russ.)
7. Singh H., Khar A. Perspectives of onion hybrid breeding in India: An overview. *Indian Journal of Agricultural Sciences.* 2021;91(10):1426–1432. <https://doi.org/10.56093/ijas.v91i10.117404>
8. Mahajan V., Manjunathagowda D.C., Gupta A.J. et al. Onion (*Allium cepa* L.): Breeding for quality traits and export. *Vegetable Science.* 2021;48(2):123-135. <https://doi.org/10.61180/vegsci.2021.v48.i2.01>
9. Ibragimbekov M.G. Creation of the source material of onions for breeding long-day peninsular varieties and hybrids. М., 2015. 27 p. <https://elibrary.ru/zpvhdx> (in Russ.)
10. Mastyaev I.S., Agafonov A.F., Krivenkov L.V. Evaluation of onion samples (*Allium cepa* L.) of various origins in the foothill zone of the North Caucasus and creation of source material fo. *Vegetable crops of Russia.* 2021;(6):58-64. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-6-58-64> <https://elibrary.ru/fmqxre>
11. Sharifi-Rad J., Mnayer D., Tabanelli G., Stojanovic-Radic Z.Z., Sharifi-Rad M., Yousaf Z., Vallone L., Setzer W.N., Iriti M. Plants of the genus *Allium* as antibacterial agents: From tradition to pharmacy. *Cell. Mol. Biol.* 2016;62(9):57-68. <https://doi.org/10.14715/cmb/2016.62.9.10>
12. Usmanova M.B., Imamova Y.A. Onion – application in medicine. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences.* 2022;(2):914-917. (In Russ.)
13. Akash M.S.H., Rehman K., Chen S. Spice plant *Allium cepa*: Dietary supplement for treatment of type 2 diabetes mellitus. *Nutrition.* 2014;30(10):1128–1137. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2014.02.011>
14. Horcajada-Molteni M.-N., Crespy V., Coxam V., Davicco M.-J., Remyes C., Barlet J.-P. Rutin Inhibits Ovariectomy-Induced Osteopenia in Rats. *Journal of Bone and Mineral Research.* 2000;15(11):2251–2258. <https://doi.org/10.1359/jbmr.2000.15.11.2251>
15. Platel K., Srinivasan K. Studies on the influence of dietary spices on food transit time in experimental rats. *Nutrition Research.* 2001;21(9):1309-1314. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(01\)00331-1](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(01)00331-1)
16. Samad N., Saleem A. Administration of *Allium cepa* L. bulb attenuates stress-produced anxiety and depression and improves memory in male mice. *Metab. Brain Dis.* 2018;(33):271–281. <https://doi.org/10.1007/s11011-017-0159-1>
17. Askarov I.R., Isakov Kh., Dzhamolova Kh.M. Useful vitamins in onion and onion shell. *Economy and society.* 2022;12-1(103):397-403. (In Russ.) <https://elibrary.ru/xsjhtw>
18. Gonzalez-de-Peredo A.V., Vazquez-Espinosa M., Espada-Bellido E., Carrera C., Ferreira-Gonzalez M., Barbero G.F., Palma M. Flavonol Composition and Antioxidant Activity of Onions (*Allium cepa* L.) Based on the Development of New Analytical Ultrasound-Assisted Extraction Methods. *Antioxidants.* 2021;(10):273. <https://doi.org/10.3390/antiox10020273>
19. Li Y., Yao J., Han C., et al. Quercetin, Inflammation and Immunity. *Nutrients.* 2016;8(3):167. <https://doi.org/10.3390/nu8030167>
20. Zhang M., Swartz S.G., Yin L., et al. Antioxidant Properties of Quercetin. *Advances in Experimental Medicine and Biology.* 2011;701:283-298. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7756-4_38
21. Bedrnicek J., Kadlec J., Laknerova I., Mraz J., Samkova E., Petraskova E., Hasonova L. Vacha F., Kron V., Smetana P. Onion Peel Powder as an Antioxidant-Rich Material for Sausages Prepared from Mechanically Separated Fish Meat. *Antioxidants.* 2020;(9):974. <https://doi.org/10.3390/antiox9100974>
22. Milea S.A., Aprodu I., Enachi E., Barbu V., Rapeanu G., Bahrim G.E., Stanciuc N. Whey Protein Isolate-Xylose Maillard-Based Conjugates with Tailored Microencapsulation Capacity of Flavonoids from Yellow Onions Skins. *Antioxidants.* 2021;(10):1708. <https://doi.org/10.3390/antiox10111708>
23. Piechowiak T., Grzelak-Blasczyk K., Bonikowski R., Balawejder M. Optimization of extraction process of antioxidant compounds from yellow onion skin and their use in functional bread production. *LWT Food Sci. Technol.* 2020;(117):108614. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108614>
24. Gomeopat Life <https://gomeopatlife.ru/allium-cepa/> (accessed 21.05.2024) (in Russ.)
25. Methodological guidelines for approbation of vegetable and melon crops. М., 2018. 224 p. (in Russ.) <https://elibrary.ru/xyqtul>
26. Pivovarov V.F., Ershov I.I., Agafonov A.F. Onion crops. М., 2001. 500 p. (in Russ.) <https://elibrary.ru/wqdcmj>
27. FitAudit. <https://fitaudit.ru/> (accessed 10.03.2024) (in Russ.)
28. Benkeblia N. Antimicrobial activity of essential oil extracts of various onions (*Allium cepa*) and garlic (*Allium sativum*). *LWT.* 2004;37(2):263–268. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2003.09.001>
29. Suleria H.A.R., Butt M.S., Anjum F.M., Saeed F., Khalid N. Onion: nature protection against physiological threats. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 2015;55(1):50–66. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.646364>
30. Kotsareva N.V., Bereznyak M.E. Evaluation of economically valuable indicators of onion parent plants. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy.* 2023;(2):60-64. (In Russ.) <https://elibrary.ru/qpfdow>
31. Kobabe G. Beziehungen zwischen standweite Zwiebelgewicht und Zwiebelform bei *Allium cepa* L. *Zoitschr. Pflanzenzücht.* 1986;60(2):102-112.
32. Zharkova S.V. Formation of adaptability and stability parameters of

- bulb onion candidate varieties depending on the environmental conditions. *Bulletin of Altai state agricultural university*. 2018;(5(163)):71-75. (In Russ.) <https://elibrary.ru/xugfat>
33. Logunova V.V., Krivenkov L.V., Gurkina L.K., Grashchenkova N.N. Selection of onions for heterosis. *News of FSVU*. 2019;(2):45-49. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2019-2-45-49> <https://elibrary.ru/wzrqhj>
34. Agafonov A.F., Logunova V.V. Heterosis breeding of onion. *Vegetable crops of Russia*. 2018;(5):25-28. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-5-25-28> <https://elibrary.ru/pjmnwd>
35. Logunov A.N., Budylin M.V., Tico E.A. Use of molecular markers in modern breeding onions (*Allium cepa* L.). *Breeding, seed growing and cultivar technology of vegetable, watermelon and flower crops*. 2016. P.194-199. (In Russ.) <https://elibrary.ru/zchokv>
36. Alizhanova R.R., Monakhos S.G., Monakhos G.F. Molecular markers in onion breeding. *Potato and Vegetables*. 2019;(2):32-35. (In Russ.) <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.28.2.007> <https://elibrary.ru/yxznvr>
37. Marcheva M.M., Seredin T.M., Baranova E.V., Molchanova A.V., Zharkova S.V. Influence of using glauconite sands on the elements of bulb onion productivity under the conditions of the Non-chernozem zone of the Russian Federation. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2023;8(226):12-18. (In Russ.) <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2023-226-8-12-18> <https://elibrary.ru/lctktq>
38. Knyaz'kov A.N., Nadezhkin S.M., Agafonov A.F. Optimization of mineral nutrition in onion seed production. *Plodorodie*. 2014;(2(77)):16-18. <https://elibrary.ru/sduwmj> (In Russ.)
39. Utochkin V. G., Chumachenko I. N., Sushenitsa B. A. Main aspects and methodological features of agrochemical assessment of raw sources of nutrients. *Chemistry in agriculture*. 1995;(6):3-9. (In Russ.)
40. Kozhemyakin V.S., Vasiliev A.A. Potato production technology using glauconite sands in the conditions of the Ural region. Chelyabinsk: YUUNIPOK. 2004. 45 p. (In Russ.)
41. Vasil'ev A.A. Glaukonit - effective natural mineral fertilizer of the potato. *Agrarian bulletin of the Urals*. 2009;(6):35-37. (In Russ.) <https://elibrary.ru/kvzgdg>
42. Lukomets S.G., Lazko V.E. Flowering and fruiting of onion testes of winter variety Ellan in 2007. Collection of scientific papers on vegetable growing and melon growing: to the 110th anniversary of the birth of Kvasnikov B.V. 2009. P. 283-286. (In Russ.)
43. Kadirov U.A., Aramov M.Kh. Influence of mother onion planting time on the yield and sowing its qualities onion seeds. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(3):68-71. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-68-71> <https://elibrary.ru/upakzj>
44. Ashagrie T., Belew D., Nebiyu A. Influence of planting date and bulb size on yield and quality of onion (*Allium cepa* L.) seed production. *Cogent Food & Agriculture*. 2021;7(1):1908656. <https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1908656>
45. Mastyaev I.S., Agafonov A.F., Krivenkov L.V., Podorogin V.A., Ushakov V.A. The effects of timing, scheme, planting depth and size of the uterine bulbs on the productivity of seed plants and seed quality onions in the conditions of the Foothill zone of the North Caucasus. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(1):55-62. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-1-55-62> <https://elibrary.ru/wihioj>
46. Lazko V.E., Yakimova O.V., Lukomets S.G. Use of preparation Epin-Extra, R on seed plants of onion. *Rice growing*. 2016;(3-4):78-82. (In Russ.) <https://elibrary.ru/xwqold>
47. Tehulie N.S., Endeg S., Hunegnaw A., Kebede A. Review on the effect of nitrogen and phosphorus fertilizer rates on seed yield of onion (*Allium cepa* L.). *International Journal of Horticulture and Food Science*. 2021;3(1):13-16. <https://doi.org/10.33545/26631067.2021.v3.i1a.54>
48. Ara R., Deb A.C. Combining ability and gene action of four seed yield contributing characters in onion (*Allium cepa* L.). *IJCS*. 2021;9(1):01-07. <https://doi.org/10.22271/chemi.2021.v9.i1a.11189>
49. Koshevarov A.A., Nadezhkin S.M., Agafonov A.F. Seed and vegetative productivity of bulb onion under optimization of mineral nutrition. *Vegetable crops of Russia*. 2011;(2):21-25. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2011-2-21-25> <https://elibrary.ru/oybzcx>
50. Nurishanova I.B. RGS as a promising method of storing fruit and vegetable products. *Scientific foundations of the development of agriculture*. 2022. P.42-47. (In Russ.) <https://elibrary.ru/rkfmfd>
51. Lyubchenko A.V. Source material for onion breeding for adaptability and product quality in the conditions of the foothill zone of the Republic of Adygea. St. Petersburg, 2015. 21 p. (In Russ.) <https://elibrary.ru/wlhnin>
52. Gunaratna L.N.R., Deshapriya N., Rajapaksha R.G.S.A.S., Jayaratne D.L. *Allium cepa* L. (Onion) Storage Diseases and Effect of *Trichoderma asperellum* and *Trichoderma virens* Pre-harvest Treatments on Postharvest Quality. *Tropical Agricultural Research*. 2023;34(3):161-169. <https://doi.org/10.4038/tar.v34i3.8542>
53. Ansari N.A., Chamran S.C. Onion cultivation and production in Iran. Middle Eastern and Russian. *J. of Plant Science and Biotechnology*. 2019;1(2):23-38.
54. Sidlyarevich, V.I., Shinkarenko E.G. Onion and garlic protection system from pests, diseases and weeds. *Ahova raslin*. 2000;(4):11-12. (In Russ.)
55. Abo-Elyousr K.A.M., Imran M., Sallam N.M.A. et al. Sustainable biocontrol of purple blotch disease in *Allium cepa* L. by biocontrol yeasts, *Pichia kluyveri* and *Filobasidium wieringae*. *Egypt J Biol Pest Control*. 2024;34(1):1-10. <https://doi.org/10.1186/s41938-024-00776-6>
56. Shin J.-H., Lee H.-K., Back C.-G., Kang S.-h., Han J.-w., Lee S.-C., Han Y.-K. Identification of *Fusarium* Basal Rot Pathogens of Onion and Evaluation of Fungicides against the Pathogens. *Mycobiology*. 2023;51(4):264-272. <https://doi.org/10.1080/12298093.2023.2243759>
57. Korobejnikova O.V., Strot T.A. The effect of plant growth stimulants on yield, neck rot infestation and quality of onion. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2022;(3(71)):20-28. (In Russ.) https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_20-28 <https://elibrary.ru/yvbxii>
58. Shogenov Yu.M., Shizbukhov Z.S., Elmesov S.S.-B., Vindugov T.S. Duration of interphase periods and growth processes depending on cultivation techniques in Kabardino-Balkaria. Scientific and practical ways to improve environmental sustainability and socio-economic support of agricultural production. 2017. P. 344-346. (In Russ.) <https://elibrary.ru/ztkhwl>
59. Marichenko T.E., Korolkova A.P. Domestic biological products for environmentally friendly crop production. Scientific support for the sustainable development of the agro-industrial complex. 2021. P.314-318. (In Russ.) <https://elibrary.ru/oabqxa>
60. Van der Heyden H., Dutilleul P., Charron J.B., Bilodeau G.J., Carisse, O. Factors influencing the occurrence of onion downy mildew (*Peronospora destructor*) epidemics: Trends from 31 years of observational data. *Agronomy*, 2020;10(5):738. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050738>
61. Lee H.M., Park J.S., Kim S.J., Kim S.G., Park Y.D. Using Transcriptome Analysis to Explore Gray Mold Resistance-Related Genes in Onion (*Allium cepa* L.). *Genes*. 2022;13(3):542. <https://doi.org/10.3390/genes13030542>
62. Caligiore-Gei P.F., Ciotti M.L., Valdez J.G., Galmarini, C.R. Breeding onion for resistance to *Fusarium* basal rot: comparison of field selection and artificial inoculation. *Tropical plant pathology*. 2020;(45):493-498. <https://doi.org/10.1007/s40858-020-00351-y>
63. Corrado C.L., Micali G., Mauceri A., Bertin S., Sunseri F., Abenavoli M.R., Tiberini A. Study on Italian Onion Cultivars/Ecotypes towards Onion Yellow Dwarf Virus (OYDV) Infection. *Horticulturae*. 2024;10(1):73. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10010073>
64. Onaebi N.C., Ugwuja N.F., Okoro C.A., Amujiri N.A., Ivoke U.M. Mycoflora associated with post-harvest rot of onion (*Allium cepa*) and garlic (*Allium sativum*) bulbs. *Research on Crops*. 2020;21(2):380-389. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2020.064>
65. Eidlin Ya.T., Monakhos G.F., Monakhos S.G. Marker-assisted breeding of onion (*A. cepa* L.) maintainer line resistant to Downy mildew. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(3):34-39. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-34-39> <https://elibrary.ru/iqnfie>
66. Sahoo J., Mahanty B., Mishra R., Joshi, R.K. Development of SNP markers linked to purple blotch resistance for marker-assisted selection in onion (*Allium cepa* L.) breeding. *3 Biotech*. 2023;13(5):137. <https://doi.org/10.1007/s13205-023-03562-7>
67. Khrustaleva L., Mardini M., Kudryavtseva N., Alizhanova R., Romanov D., Sokolov P., Monakhos G. The power of genomic in situ hybridization (GISH) in interspecific breeding of bulb onion (*Allium cepa* L.) resistant to downy mildew (*Peronospora destructor* [Berk.] Casp.). *Plants*. 2019;8(2):36. <https://doi.org/10.3390/plants8020036>
68. De Vries J.N., Wietsma W.A., Jongerius M.C. Linkage of downy mildew resistance genes Pd1 and Pd2 from *Allium roylei* Stearn in progeny of its interspecific hybrid with onion (*A. cepa*). *Euphytica*. 1992;(64):131-137. <https://doi.org/10.1007/BF00023546>
69. Galvan G.A., Wietsma W., Putrasemedja S. et al. Screening for resistance to anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) in *Allium cepa* and its wild relatives. *Euphytica*. 1997;(95):173-178. <https://doi.org/10.1023/A:1002914225154>

70. Kohli B., Gohil R.N. Need to conserve *Allium roylei* Stearn: a potential gene reservoir. *Genet Resour Crop Evol.* 2009;(56):891–893. <https://doi.org/10.1007/s10722-009-9482-7>
71. Van der Meer Q.P., de Vries J.N. An interspecific cross between *Allium roylei* Stearn and *Allium cepa* L., and its backcross to *A. cepa*. *Euphytica*. 1990;(47):29–31. <https://doi.org/10.1007/BF00040359>
72. Currah L., Maude R.B. Laboratory tests for leaf resistance to *Botrytis squamosa* in onions. *Annals of Applied Biology*. 1984;(105):277–283. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1984.tb03051.x>
73. Netzer D., Rabinowitch H.D., Weintal C. Greenhouse technique to evaluate pink root disease caused by *Pyrenochaeta terrestris*. *Euphytica*. 1985;(34):385–391.
74. Galvan G.A., Wietsma W.A., Putrasemedja S., Permadi A.H., Kik C. Screening for resistance to anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) in *Allium cepa* and its wild relatives. *Euphytica*. 1997;(95):173–178. <https://doi.org/10.1023/A:1002914225154>
75. De Ponti O.M.B., Inggamer H. Resistance to the onion fly in *Allium cepa* and *Allium fistulosum*. Proc 3rd Eucarpia *Allium* Symp. PUDOC Wageningen, the Netherlands. 1984. P. 21–23.
76. Emsweller S.L., Jones H.A. An interspecific hybrid in *Allium*. *Hilgardia*. 1935;(9):265–273.
77. Titova I.V., Timin N.I., Yurieva N.A. Interspecific hybridization of bows in order to obtain forms resistant to false powdery mildew. Dokl. VASHNIL. 1983;(8):190. (In Russ.)
78. Romanov V.S., Romanova O.V., Logunova V.V., Tareeva M.M. Accelerated production of one generation of alliums per year by the technology of flower bud culture *in vitro*. *Biosfera*. 2022;(4(14)):375–379. (In Russ.) <https://doi.org/10.24855/biosfera.v14i4.696> <https://elibrary.ru/xpnjux>
79. Dobrutskaia E.G., Agafonov A.F., Antoshkin A.A., Dubova M.V. The variability of genefund of *Allium cepa* L. (VNISSOK selection) in adaptivity and stability of yield and quality production. *GAVRISH*. 2008;(4):33–37. (In Russ.)
80. Davletbaeva O.R., Ibragimbekov M.G., Khovrin A.N., Rubtsov A.A. Ecological testing of samples of onion of domestic and foreign selection in annual culture in the conditions of the Moscow region. *Potato and Vegetables*. 2020;(10):37–40. (In Russ.) <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.70.29.007> <https://elibrary.ru/nebuqt>
81. Soldatenko A.V., Borisov V.A. Ecological vegetable growing. M. 2022. 504 p. ISBN 978-5-901695-88-3. <https://elibrary.ru/hbrgmw> (In Russ.)
82. Hanci F., Cebeci E. Comparison of salinity and drought stress effects on some morphological and physiological parameters in onion (*Allium cepa* L.) during early growth phase. *Bull. J. Agric. Sci.* 2015;21(6):1204–1210.
83. Regessa M., Gemechis A., Chala E. Growth, physiology and yield of onion (*Allium cepa* L.) under salt stress. *Greener J. Agricultural Sci.* 2022;12(2):154–167.
84. Lastiri-Hernandez M.A., Alvarez-Bernal D., Conde Barajas E., Miranda J.G.G. Biosaline agriculture: an agronomic proposal for onion (*Allium cepa* L.) production. *International Journal of Phytoremediation*. 2021;23(12):1301–1309. <https://doi.org/10.1080/15226514.2021.1895716>
85. Mangal J.L., Lal S., Hooda, P.S. Salt tolerance of the onion seed crop. *Journal of Horticultural Science*. 1989;64(4):475–477. <https://doi.org/10.1080/14620316.1989.11515980>
86. Slabu C., Jitareanu C.D., Marta A.E., Bologa Covasa M. The behavior of some onion (*Allium cepa* L.) local landraces under salt stress. 2015;58(1):67–72.
87. Plabon M.D. *In vitro* regeneration of onion (*Allium cepa* L.) under salt stress condition. Dissertation Master of Science in biotechnology. Department of Biotechnology. 2017.
88. Potopova V., Stepanek P., Farda A., Turkott L., Zahradnicek P., Soukup J. Drought stress impact on vegetable crop yields in the Elbe River Lowland between 1961 and 2014. *Cuadernos De Investigacion Geografica*. 2016;42(1):127–43. <https://doi.org/10.18172/cig.2924>
89. Sairam R.K., Saxena D.C. Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. *J. Agron. Crop Sci.* 2000;184:55–61. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2000.00358.x>
90. Pasley H.R., Huber I., Castellano M.J., Archontoulis S.V. Modeling flood-induced stress in soybeans. *Front. Plant Sci.* 2020;11(62) <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00062>
91. Gedam P.A., Shirsat D.V., Arunachalam T., Ghosh S., Gawande S.J., Mahajan V., Gupta A.J. Singh M. Screening of Onion (*Allium cepa* L.) Genotypes for Waterlogging Tolerance. *Front. Plant Sci.* 2022;12:117–123. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.727262>
92. Gedam P.A., Thangasamy A., Shirsat D.V. at all. Screening of Onion (*Allium cepa* L.) Genotypes for Drought Tolerance Using Physiological and Yield Based Indices Through Multivariate Analysis. *Front. Plant Sci.* 2021;12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.600371>
93. Timin N.I., Pyshnaya O.N., Agafonov A.F., Mammadov M.I., Titova I.V., Kan L.Yu., Engalycheva I.A. Interspecific hybridization of vegetable plants (*Allium* L. – onion, *Daucus* L. – carrot, *Capsicum* L. – pepper). Moscow: Publishing House VNISSOK. 2013. 188 p. ISBN: 978-5-901695-59-3. (In Russ.) <https://elibrary.ru/vrqhyt>
94. Salter P.J., James J.M. The performance of Japanese and European cultivars of onion from autumn sowing for early production. *Nat. Inst. Agr. Bot.* 1977;13(13):367–369.
95. Blagorodova, E.N., Kondratenko, E.A. Variety as a determining element in onion production technology. *Theory and practice of modern agrarian science*. 2021. P. 29–32. (In Russ.) <https://elibrary.ru/cgfzkd>
96. Classifier of the genus *Allium cepa* L., 1977. 25 p. (In Russ.)
97. Keller E.R.J., Korzun L. Haploidy in onion (*Allium cepa* L.) and other *Allium* species. In: Jain, S.M., Sopory, S.K., Veilleux, R.E. (eds) *In Vitro Haploid Production in Higher Plants. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture*. 1996;25. https://doi.org/10.1007/978-94-017-1858-5_4
98. Keller J. Culture of Unpollinated Ovules, Ovaries and Flower Buds in Some Species of The Genus *Allium* and Haploid Induction Via Gynogenesis in Onion (*Allium cepa* L.). *Euphytica*. 1990;47:241–247. <https://doi.org/10.1007/BF00024247>
99. Cherednichenko E.A. Selection and creation of the source material of onion (*Allium cepa* L.) for the southern region of the Russian Federation. M., 2022. 26 p. (In Russ.)
100. Bohanec B. Doubled-haploid onions. *Allium* crop science: Recent advances. *CABI, Wallingford, UK*. 2002;(7):145–157.
101. Romanov V.S. Biodiversity of interspecific hybrids of the genus *Allium* L. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(5):43–49. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-5-43-49> <https://elibrary.ru/kncage>

Об авторах:

Маргарита Михайловна Марчева – младший научный сотрудник лаборатории физиологических основ семеноведения овощных культур, SPIN-код: 1141-8090, <https://orcid.org/0000-0003-1674-6651>, автор для переписки, margo.marчева@yandex.ru

Тимофей Михайлович Середин – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства луковых культур, SPIN-код: 3330-9922, <https://orcid.org/0000-0002-9999-023X>, timofey-seredin@rambler.ru

Ирина Михайловна Кайгородова – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологических основ семеноведения овощных культур, SPIN-код: 5250-2641, <https://orcid.org/0000-0002-5048-8417>, kaigorodova-i@mail.ru

Алексей Васильевич Солдатенко – доктор с.-х. наук, академик РАН, главный научный сотрудник, SPIN-код: 7900-4819, <https://orcid.org/0000-0002-9492-6845>

Елена Викторовна Баранова – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства луковых культур, SPIN-код: 1306-9966, <https://orcid.org/0000-0002-6189-3661>, elena-shevcovabaranova@mail.ru

About the Authors:

Margarita M. Marcheva – Junior Researcher of the Laboratory of Physiological Basis of Seed Science of Vegetable Crops, SPIN-code: 1141-8090, <https://orcid.org/0000-0003-1674-6651>, Corresponding Author, margo.marчева@yandex.ru

Timofey M. Seredin – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of the Laboratory of Breeding and Seed Production of Onion Crops, SPIN-code: 3330-9922, <https://orcid.org/0000-0002-9999-023X>, timofey-seredin@rambler.ru

Irina M. Kaigorodova – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of the Laboratory of Physiological Basis of Seed Science of Vegetable Crops, SPIN-code: 5250-2641, <https://orcid.org/0000-0002-5048-8417>, kaigorodova-i@mail.ru

Alexey V. Soldatenko – Dr. (Agriculture), academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, SPIN-code: 7900-4819, <https://orcid.org/0000-0002-9492-6845>

Elena V. Baranova – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of the Laboratory of Breeding and Seed Production of Onion Crops, SPIN-code: 1306-9966, <https://orcid.org/0000-0002-6189-3661>, elena-shevcovabaranova@mail.ru