

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

\*Автор для переписки: romanov\_valera@mail.ru

**Вклад автора:** В.С. Романов: концептуализация, методология, проведение исследования, написание рукописи и ее редактирование.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Романов В.С. Межвидовые гибриды лука как генетический источник увеличения биоресурсной коллекции. *Овощи России.* 2025;(2):30-35.  
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-30-35>

Поступила в редакцию: 03.06.2024

Принята к печати: 28.12.2024

Опубликована: 15.04.2025

Valeriy S. Romanov\*

Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC)  
14, Selectionnaya str., VNIISOK, Odintsovo district,  
Moscow region, Russia, 143072

\*Corresponding Author: romanov\_valera@mail.ru

**Author's Contribution:** Romanov V.S.: conceptualization, methodology, conducting the study, writing the manuscript and editing it.

**Conflict of interest.** The author declares that he has no conflict of interest.

**For citation:** Romanov V.S. Interspecific hybrids Allium as a genetic source of increasing the bioresource collection. *Vegetable crops of Russia.* 2025;(2):30-35. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-30-35>

Received: 03.06.2024

Accepted for publication: 28.12.2024

Published: 15.04.2025

# Межвидовые гибриды лука как генетический источник увеличения биоресурсной коллекции





## РЕЗЮМЕ

**Цель.** Получить и оценить по хозяйственно-полезным признакам и устойчивости к пероноспорозу селекционные формы межвидовых гибридов лука для пополнения биоресурсной коллекции рода *Allium* L.

**Материал и методы.** Исследования проводили на растениях потомств I<sub>1-5</sub> от BC<sub>1</sub> межвидовых гибридов лука комбинаций скрещивания F<sub>5</sub> (*A. cepa* × *A. vavilovii*) и F<sub>5</sub> (*A. cepa* × *A. fistulosum*). Морфологическую оценку проводили по признакам луковицы. Растения в полевых условиях выращивали по технологии возделывания культуры лука репчатого для данной почвенно-климатической зоны. Фитопатологическая оценка включала выявление характера устойчивости растений лука к пероноспорозу.

**Результаты.** В комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. fistulosum* и *A. cepa* × *A. vavilovii* растения сформировали луковицы массой 54,4-100,0 г. Максимальное значение по массе луковицы более 85,0 г у растений I<sub>5</sub>BC<sub>1</sub>(F<sub>5</sub>(*A. cepa* × *A. vavilovii*)). У растений лука в основном отмечалось расщепление на жёлтую и красную окраску луковицы. Среди комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. fistulosum* и *A. cepa* × *A. vavilovii* красная окраска луковицы составляла от 44,0 до 97,0%. У комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. fistulosum* преобладала широкозелёллиптическая форма луковицы (15-85%). В комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. vavilovii* растения I<sub>5</sub>BC<sub>1</sub>(F<sub>5</sub>(*A. cepa* × *A. vavilovii*)) сформировали 95,0% эллиптические луковицы, а 5,0% – круглые луковицы. У растений комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. fistulosum* количество устойчивых растений к ЛМР варьировало в инбредных поколениях от 42,0 до 49,0%. В комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. vavilovii* с увеличением инбредного поколения с I<sub>1</sub> до I<sub>5</sub> возрастало число устойчивых растений к пероноспорозу с 50,0 до 74,0%. В контроле отмечали 90,0% неустойчивых растений, а также их гибель.

**Заключение.** Анализ растений межвидовых гибридов лука из инбредных потомств I<sub>1-5</sub> комбинаций скрещивания видов *A. cepa* × *A. vavilovii* и *A. cepa* × *A. fistulosum* показал возможность увеличения биоресурсов лука, за счет полученных с помощью межвидовой гибридизации, насыщающих скрещиваний и инбридинга селекционных форм. Морфологическая оценка по качественным и количественным характеристикам полученных растений лука позволила выделить перспективные для селекции формы из потомства I<sub>5</sub>BC<sub>1</sub>(F<sub>5</sub>(*A. cepa* × *A. fistulosum*)) массой луковицы около 100,0 г эллиптической и широкозелёллиптической формы. На основании фитопатологической оценки выделены рекомбинантные формы лука как генетические источники в потомстве I<sub>5</sub>BC<sub>1</sub>(F<sub>5</sub>(*A. cepa* × *A. vavilovii*)) с 74,0% растений устойчивых к пероноспорозу.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** биоресурсная коллекция, межвидовая гибридизация, род *Allium* L., селекционный признак

# Interspecific hybrids Allium as a genetic source of increasing the bioresource collection

## ABSTRACT

**Purpose.** To obtain and evaluate breeding forms of interspecific allium hybrids based on economically useful characteristics and resistance to downy mildew to replenish the bioresource collection of the genus *Allium* L.

**Material and Methods.** The studies were carried out on plants of progeny I<sub>1-5</sub> from BC<sub>1</sub> interspecific allium hybrids of crossing combinations F<sub>5</sub> (*A. cepa* × *A. vavilovii*) and F<sub>5</sub> (*A. cepa* × *A. fistulosum*). Morphological assessment was carried out according to the signs of the bulb. Plants in the field were grown using the technology of onion cultivation for this soil and climatic zone. The phytopathological assessment included identifying the nature of onion plants resistance to downy mildew.

**Results.** In a combination of crossing species of *A. cepa* × *A. fistulosum* and *A. cepa* × *A. vavilovii*, the plants formed bulbs weighing 54,4-100,0 g. The maximum bulb weight is more than 85,0 g in plants, I<sub>5</sub>BC<sub>1</sub>(F<sub>5</sub>(*A. cepa* × *A. vavilovii*)). Onion plants mainly showed splitting into yellow and red bulbs. Among the crossing combinations species of *A. cepa* × *A. fistulosum* and *A. cepa* × *A. vavilovii*, the red coloration of the bulb ranged from 44,0 to 97,0%. In the combination species of *A. cepa* × *A. fistulosum*, the broadly elliptical bulb shape prevailed (15-85%). In a combination species crossing of *A. cepa* × *A. vavilovii*, plants I<sub>5</sub>BC<sub>1</sub>(F<sub>5</sub>(*A. cepa* × *A. vavilovii*)) 95,0% formed elliptical bulbs, and 5,0% formed round bulbs. In plants of the crossing combination species *A. cepa* × *A. fistulosum*, the number of plants resistant to downy mildew varied in inbred generations from 42,0 to 49,0%. In combination with the crossing species of *A. cepa* × *A. vavilovii*, with an increase in the inbred generation from I<sub>1</sub> to I<sub>5</sub>, the number of plants resistant to downy mildew increased from 50,0 to 74,0%. In the control, 90,0% of unstable plants were noted, as well as their death.

**Conclusion.** The analysis of plants of interspecific allium hybrids from inbred progeny of I<sub>1-5</sub> combinations of crosses species of *A. cepa* × *A. vavilovii* and *A. cepa* × *A. fistulosum* showed the possibility of increasing onion biological resources due to interspecific hybridization, saturating crosses and inbreeding of breeding forms. A morphological assessment of the qualitative and quantitative characteristics of the onion plants obtained made it possible to identify promising breeding forms from the progeny of I<sub>5</sub>BC<sub>1</sub>(F<sub>5</sub>(*A. cepa* × *A. fistulosum*)) the weight of the bulb is about 100,0 g of elliptical and broadly elliptical shape. Based on a phytopathological assessment, recombinant *Allium* forms as a genetic source were isolated in the progeny of I<sub>5</sub>BC<sub>1</sub>(F<sub>5</sub>(*A. cepa* × *A. vavilovii*)) with 74,0% of plants resistant to downy mildew.

**KEYWORDS:** bioresource collection, interspecific hybridization, genus *Allium* L., breeding trait

## Введение

Под *Allium* L. насчитывает свыше 800 видов. Широко возделываемыми культурными видами являются: лук репчатый (*Allium* *sera* L.), чеснок (яровой и озимый) (*Allium sativum* L.), лук-шалот (*Allium ascalonicum* L.), лук батун (*Allium fistulosum* L.), шнитт-лук (*Allium schoenoprasum* L.), лук алтайский (*Allium altaicum* Pall.) и лук-порей (*Allium porrum* L.) [1].

Лук репчатый (*Allium* *sera* L.) – одна из основных овощных культур, занимающая второе место по объему производства в мире [2]. За уникальный вкус и полезные свойства лук репчатый на протяжении тысячелетий использовался в кулинарии и как лекарственное растение. Окультуривание лука репчатого происходило из диких видов лука отбором генотипов с полезными признаками для потребителей и производителей [3]. В настоящее время лук репчатый возделывается в 140 странах мира [4].

Разнообразие сортов лука репчатого зависит от географического местоположения, агроклиматических условий, технологий выращивания и культуры потребления [5].

С изменением климата и экологических условий возрастают зависимости от биотических и абиотических факторов видового состава растений и в целом отрасли сельского хозяйства. Сбор, сохранение, пополнение и использование биоресурсов – это основные мероприятия для предотвращения потерь генофонда и важнейших хозяйственных признаков культуры лука. Управление биоресурсами позволяет получать новые знания о генетике видов необходимые при сохранении разнообразия растений для обеспечения продовольственной безопасности [6].

Биоресурсные коллекции охватывают широкий спектр сортов, гибридов и селекционных линий лука, коммерческих сортов, сортов народной селекции и диких сородичей со своими уникальными генетическими признаками [7].

Сорта и селекционные линии лука репчатого создаются селекционерами для повышения потенциальной урожайности, улучшения вкусовых качеств, сохранности, адаптивности к условиям окружающей среды, изменения характеристик луковиц (окраски, формы, содержания растворимых сухих веществ и т.д.). Создание, внедрение сортов и гибридов вносит значительный вклад в повышение производительности и прибыльности отрасли сельского хозяйства [8].

Селекционные линии, созданные из генетически разнообразных константных линий, служат основой для гибридов  $F_1$ . Они отбираются по конкретным признакам (например, по устойчивости к болезням, биохимическим показателям и т.д.) [9]. Скрещивание разных родительских линий позволяет селекционерам комбинировать ценные признаки родителей, в результате гибриды проявляют гетерозис, однородность, высокую урожайность и устойчивость к болезням, по сравнению с родительскими линиями [10]. Селекционные линии устойчивые к болезням снижают зависимость от химических обработок, а высокопродуктивные повышают потенциальную товарную урожайность лука [11].

Коммерческие сорта отличаются высокой востребованностью на рынке хозяйствственно-ценными признаками, высокой урожайностью, устойчивостью к патогенам, вре-

дителям и высокой семенной продуктивностью. Они создаются адаптивными к уникальным климатическим условиям, типам почв региона возделывания и технологиям выращивания.

Сорта народной селекции – это традиционные, генетически гетерогенные популяции, адаптированные к конкретным эколого-географическим условиям, сохраняемые в личных подсобных хозяйствах на протяжении многих поколений. Они устойчивы к вредителям, болезням, распространенным в их родных регионах, специфическому климату, типам почв, длине светового дня и агротехнике [12].

Отбор из дикорастущих популяций форм лука с центральными признаками для различных регионов привел к появлению широкого спектра сортов народной селекции со значительной генетической изменчивостью. А популяции, из которых проводился отбор селекционных форм, используются как дикие родичи в поддержании генетического разнообразия биоресурсов лука для селекционной работы и научных исследований [13, 14]. Это виды дикорастущего лука *A. asarense* Fritsch & Matin, *A. roylei* Stearn, *A. galanthum* Kar. & Kir., *A. oschaninii* O. Fedtsch., *A. turkestanicum* Regel, *A. pskemense* B. Fedtsch., *A. altaicum* Pall., *A. farctum* Wendelbo, *A. praemixtum* Vved., *A. rhabdotum* Stearn и *A. vavilovii* Pop. et Vved., используемые как доноры устойчивости к болезням, вредителям, засухе, экстремальным температурам и низкому плодородию почв [15]. Изучая биологию и адаптивные признаки диких родственников, селекционеры создают формы лука, лучше приспособленные к стрессовым условиям выращивания [16].

Гибридизация дикорастущих видов рода *Allium* L. с луком репчатым один из способов увеличения биоресурсов лука. Создание новых форм растений с уникальным генетическим материалом расширяет генотипическую и фенотипическую изменчивость, увеличивая отбор ценных в практическом отношении генотипов.

Полученные на основе межвидовой гибридизации совместно с беккроссированием, инбридингом, кросс-бридингом, полиплоидиацией, скрещивания с промежуточным видом, новые уникальные формы растений в зависимости от их генетической природы имеют большой потенциал для создания сортов с благоприятными селекционно-ценными признаками [17, 18, 19].

Цель работы – получить и оценить по хозяйственно-полезным признакам и устойчивости к переноносорозу селекционные формы межвидовых гибридов лука для пополнения биоресурсной коллекции рода *Allium* L.

## Материал и методы

В исследованиях изучали растения из потомства  $I_{1-5}$  от  $BC_1$  межвидовых гибридов лука комбинаций скрещивания  $F_5$  (*A. sera*  $\times$  *A. vavilovii*) и  $F_5$  (*A. sera*  $\times$  *A. fistulosum*). Морфологическую оценку проводили по признакам луковицы: основная окраска сухих чешуй, масса, форма луковицы [20]. Оценивали 50 инбредных потомств по 40-50 растений в потомстве. В качестве контроля использовали растения сорта Одинцовец (*A. sera* L.). Селекционный материал брали из УНУ (универсальная научная установка) «Генетическая коллекция растительных ресурсов ВНИИССОК (Всероссийский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства овощных культур)».

Растения в полевых условиях выращивали по технологии возделывания культуры лука репчатого почвенно-климатической зоны Московской области [13]. Фитопатологическая оценка включала выявление характера устойчивости растений лука к пероноспорозу [21].

Статистическую обработку результатов проводили по Доспехову Б.А. [22] и с помощью пакета прикладных программ Microsoft Office Excel.

#### Результаты исследований и их обсуждение

Оценка межвидовых гибридов лука проводилась на выявление разнообразия растений по числу листьев, основным признакам луковицы (масса, форма, окраска луковицы) и устойчивости к пероноспорозу. В более ранних исследованиях проводилась оценка растений межвидовых гибридов внутри потомства, позволяя отбирать формы для повышения константности селекционно-ценных признаков [17].

У растений комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. fistulosum* в поколении I<sub>1</sub>-I<sub>5</sub> от BC<sub>1</sub> число листьев варьировало от 6,5 до 9,5 (табл. 1). При этом среднее число листьев изменялось волнообразно – высокие значения в I<sub>1</sub>, I<sub>3</sub>, I<sub>5</sub> и низкие – в I<sub>2</sub>, I<sub>4</sub>. В комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. vavilovii* высокое значение признака отмечалось в инбредном поколении I<sub>1</sub> (8,2 листа). С увеличением инбредного поколения с I<sub>2</sub> до I<sub>5</sub> растения были выровнены по данному

признаку (6,3-6,9 листьев в среднем на растении). В контроле (сорт Одинцовец) среднее число листьев составило 7,0 шт.

В комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. fistulosum* растения сформировали луковицы массой 54,4-100,0 г (табл. 1). Признак изменялся в зависимости от поколения инбридинга. Наиболее высокое значение по массе луковицы отмечали в поколении I<sub>3</sub> равное 100,0 г. У растений в комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. vavilovii* с увеличением инбредного поколения увеличивалась средняя масса луковицы. Она находилась в пределах 37,0-85,0 г. Максимальное значение по данному признаку наблюдали у растений I<sub>5</sub>BC<sub>1</sub>(F<sub>5</sub>(*A. cepa* × *A. vavilovii*)) с массой более 85,0 г. Растения контроля характеризовались массой луковицы до 100 г.

По диаметру луковицы отмечали следующую закономерность: у растений обеих комбинаций скрещивания видов – с увеличением инбредного поколения с I<sub>1</sub> до I<sub>5</sub> увеличивался также и диаметр луковицы с 2,4-3,8 см до 4,8-4,9 см.

Растения в инбредных потомствах лука в основном расщеплялись по окраске сухих чешуй луковицы на: жёлтую и красную (табл. 1, рис. 1). Среди растений комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. fistulosum* преобладала красная окраска луковицы (44,0-93,0%). А растения с жёлтой окраской луковицы варьировали в инбредных поколениях от 7,0 до 56,0%. В комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. vavilovii* преобла-

Таблица 1. Разнообразие растений межвидовых гибридов по селекционным признакам  
Table 1. Diversity of plants of interspecific *Allium* hybrids by breeding traits

Комбинация скрещивания	Число листьев, шт.	Масса луковицы, г	Диаметр луковицы, см	Окраска сухих чешуй, %	
	X <sub>cp</sub> ±S <sub>Xcp</sub>	X <sub>cp</sub> ±S <sub>Xcp</sub>	X <sub>cp</sub> ±S <sub>Xcp</sub>	жёлтая	красная
I <sub>1</sub> BC <sub>1</sub> (F <sub>5</sub> ( <i>A. cepa</i> × <i>A. fistulosum</i> ))	8,8±0,3	79,0±3,4	3,8±0,1	49,0	51,0
I <sub>2</sub> BC <sub>1</sub> (F <sub>5</sub> ( <i>A. cepa</i> × <i>A. fistulosum</i> ))	6,5±0,2	54,4±2,4	4,6±0,1	7,0	93,0
I <sub>3</sub> BC <sub>1</sub> (F <sub>5</sub> ( <i>A. cepa</i> × <i>A. fistulosum</i> ))	9,5±0,4	100,0±3,6	4,7±0,1	56,0	44,0
I <sub>4</sub> BC <sub>1</sub> (F <sub>5</sub> ( <i>A. cepa</i> × <i>A. fistulosum</i> ))	6,7±0,2	68,0±3,2	4,8±0,2	27,0	73,0
I <sub>5</sub> BC <sub>1</sub> (F <sub>5</sub> ( <i>A. cepa</i> × <i>A. fistulosum</i> ))	7,8±0,1	84,4±2,9	4,8±0,1	24,0	76,0
I <sub>1</sub> BC <sub>1</sub> (F <sub>5</sub> ( <i>A. cepa</i> × <i>A. vavilovii</i> ))	8,2±0,3	37,0±1,4	2,4±0,1	57,0	43,0
I <sub>2</sub> BC <sub>1</sub> (F <sub>5</sub> ( <i>A. cepa</i> × <i>A. vavilovii</i> ))	6,3±0,2	53,3±2,3	3,1±0,1	3,0	97,0
I <sub>3</sub> BC <sub>1</sub> (F <sub>5</sub> ( <i>A. cepa</i> × <i>A. vavilovii</i> ))	6,9±0,2	64,0±3,1	4,8±0,1	100,0	0
I <sub>4</sub> BC <sub>1</sub> (F <sub>5</sub> ( <i>A. cepa</i> × <i>A. vavilovii</i> ))	6,6±0,2	78,0±3,3	4,9±0,2	38,0	62,0
I <sub>5</sub> BC <sub>1</sub> (F <sub>5</sub> ( <i>A. cepa</i> × <i>A. vavilovii</i> ))	6,5±0,1	85,0±3,0	4,9±0,1	13,0	87,0
Одинцовец ( <i>A. cepa</i> L.) контроль	7,0±0,2	100,0±2,5	5,0±0,1	100	0
HCP <sub>05</sub>	0,47	23,0	0,21		



Рис. 1. Разнообразие луковичных инбредных потомств межвидовых гибридов лука:

а), б) – *A. cepa* × *A. vavilovii* и в), г) – *A. cepa* × *A. fistulosum*

Fig. 1. Diversity of bulbous inbred progeny of interspecific hybrids:  
a), b) – *A. cepa* × *A. vavilovii* and c), d) – *A. cepa* × *A. fistulosum*

дала также красная окраска луковицы (62,0-97,0%). Но у инбредного потомства  $I_3$  все растения имели жёлтую окраску луковицы. По окраске луковицы у данных селекционных форм четкой закономерности определить не удалось. Растения, с

которых получены инбредные потомства, вероятней всего, оказались гетерозиготны, а учетная выборка не позволила охарактеризовать данный признак. В контроле все растения сформировали луковицы жёлтой окраски.

Таблица 2. Характеристика растений межвидовых гибридов лука по форме луковицы, (I), %  
Table 2. Characteristics of plants of interspecific Allium hybrids by bulb shape, I, %

Комбинация скрещивания	Форма луковицы (I)*		
	эллиптическая (<0,7)	широкоэллиптическая (0,8-0,9)	круглая (1,0)
$I_1BC_1(F_5(A. cepa \times A. fistulosum))$	85,0	15,0	0
$I_2BC_1(F_5(A. cepa \times A. fistulosum))$	15,0	85,0	0
$I_3BC_1(F_5(A. cepa \times A. fistulosum))$	53,0	48,0	0
$I_4BC_1(F_5(A. cepa \times A. fistulosum))$	0	45,0	55,0
$I_5BC_1(F_5(A. cepa \times A. fistulosum))$	57,0	43,0	0
$I_1BC_1(F_5(A. cepa \times A. vavilovii))$	85,0	15,0	0
$I_2BC_1(F_5(A. cepa \times A. vavilovii))$	90,0	10,0	0
$I_3BC_1(F_5(A. cepa \times A. vavilovii))$	95,0	0	5,0
$I_4BC_1(F_5(A. cepa \times A. vavilovii))$	80,0	20,0	0
$I_5BC_1(F_5(A. cepa \times A. vavilovii))$	5,0	95,0	0
Одноковец ( <i>A. cepa</i> L.) контроль	0	30,0	70,0

\*I – индекс формы луковицы.

Таблица 3. Растения межвидовых гибридов лука устойчивые к ложной мучнистой росе (*Peronospora destructor* (Berk.) Casp.), %  
 Table 3. Plants of interspecific hybrids of *Allium* resistant by downy mildew (*Peronospora destructor* (Berk.) Casp.), %

Комбинация скрещивания	Поражение пероноспорозом	
	устойчивые	неустойчивые
I <sub>1</sub> BC <sub>1</sub> (F <sub>5</sub> ( <i>A. сера</i> × <i>A. vavilovii</i> ))	50,0	50,0
I <sub>2</sub> BC <sub>1</sub> (F <sub>5</sub> ( <i>A. сера</i> × <i>A. vavilovii</i> ))	56,0	34,0
I <sub>3</sub> BC <sub>1</sub> (F <sub>5</sub> ( <i>A. сера</i> × <i>A. vavilovii</i> ))	60,0	40,0
I <sub>4</sub> BC <sub>1</sub> (F <sub>5</sub> ( <i>A. сера</i> × <i>A. vavilovii</i> ))	66,0	34,0
I <sub>5</sub> BC <sub>1</sub> (F <sub>5</sub> ( <i>A. сера</i> × <i>A. vavilovii</i> ))	74,0	26,0
I <sub>1</sub> BC <sub>1</sub> (F <sub>5</sub> ( <i>A. сера</i> × <i>A. fistulosum</i> ))	49,0	51,0
I <sub>2</sub> BC <sub>1</sub> (F <sub>5</sub> ( <i>A. сера</i> × <i>A. fistulosum</i> ))	45,0	55,0
I <sub>3</sub> BC <sub>1</sub> (F <sub>5</sub> ( <i>A. сера</i> × <i>A. fistulosum</i> ))	47,0	53,0
I <sub>4</sub> BC <sub>1</sub> (F <sub>5</sub> ( <i>A. сера</i> × <i>A. fistulosum</i> ))	42,0	58,0
I <sub>5</sub> BC <sub>1</sub> (F <sub>5</sub> ( <i>A. сера</i> × <i>A. fistulosum</i> ))	43,0	57,0
Однцовец ( <i>A. сера</i> L.) контроль	10,0	90,0

Селекционные формы межвидовых гибридов лука имели эллиптическую ( $I=0,6-0,7$ ), широкоэллиптическую ( $I=0,8-0,9$ ) и круглую ( $I=1,0$ ) форму луковицы (табл. 2).

У комбинации скрещивания видов *A. сера* × *A. fistulosum* преобладала широкоэллиптическая форма луковицы (15-85%). В потомстве I<sub>4</sub>BC<sub>1</sub>(F<sub>5</sub>(*A. сера* × *A. fistulosum*)) у растений сформировались широкоэллиптические (45,0%) и круглые (55,0%) луковицы. В комбинации скрещивания видов *A. сера* × *A. vavilovii* преобладала эллиптическая и широкоэллиптическая форма луковицы с частотой встречаемости от 5,0 до 95,0%. Исключение составляют растения I<sub>3</sub>BC<sub>1</sub>(F<sub>5</sub>(*A. сера* × *A. vavilovii*)), у которых 95,0% эллиптические луковицы, а 5,0% – круглые луковицы. Растения контроля образовали луковицы круглой и широкоэллиптической формы с частотой встречаемости 70,0% и 30,0%.

В ранних исследованиях фитопатологическую оценку растений межвидовых гибридов лука проводили по пятибалльной шкале внутри потомства, отбирая устойчивые формы [17]. В данной работе для более жесткого отбора инбредные потомства поделили на устойчивые (0 баллов) и неустойчивые (1,0-4,0 баллов).

Фитопатологическая оценка межвидовых гибридов лука показала, что в зависимости от поколения инбридинга растения обладали различной устойчивостью к пероноспорозу (табл. 3). У растений комбинации скрещивания видов *A. сера* × *A. fistulosum* количество устойчивых растений к ЛМР варьировало в инбредных поколениях от 42,0 до 49,0%.

Фактически растения данной комбинации скрещивания видов разделились поровну: устойчивые и неустойчивые.

В комбинации скрещивания видов *A. сера* × *A. vavilovii* с увеличением инбредного поколения с I<sub>1</sub> до I<sub>5</sub> возрастало число устойчивых растений к пероноспорозу с 50,0 до 74,0%. Остальные растения данной комбинации скрещивания оказались неустойчивыми к болезни. В контроле отмечали 90,0% неустойчивых растений, а также наблюдалась их гибель.

### Заключение

Анализ растений межвидовых гибридов лука из инбредных потомств I<sub>1-5</sub> комбинаций скрещивания видов *A. сера* × *A. vavilovii* и *A. сера* × *A. fistulosum* показал возможность увеличения биоресурсов лука, за счет полученных с помощью межвидовой гибридизации, насыщающих скрещиваний и инбридинга селекционных форм.

Морфологическая оценка по качественным и количественным признакам у полученных растений лука позволила выделить перспективные формы для селекции из потомств I<sub>3</sub>BC<sub>1</sub>(F<sub>5</sub>(*A. сера* × *A. fistulosum*)) массой луковицы около 100,0 г эллиптической и широкоэллиптической формы. На основании фитопатологической оценки выделены рекомбинантные формы лука как генетические источники в потомстве I<sub>5</sub>BC<sub>1</sub>(F<sub>5</sub>(*A. сера* × *A. vavilovii*)) с 74,0% растений, устойчивых к пероноспорозу.

## • Литература /References

- Huo Y., Gao L., Liu B., Yang Y., Kong S., Sun Y., Yang Y., Wu X. Complete chloroplast genome sequences of four *Allium* species: Comparative and phylogenetic analyses. *Sci. Rep.* 2019;9:12250. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48708-x>
- Kiani Z., Mashayekhi K., Golubkina N., Mousavizadeh S.J., Nezhad K.Z., Caruso G. Agronomic, physiological, genetic and phytochemical characteristics of onion varieties influenced by daylength requirements. *Agriculture*. 2023;13:697. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030697>
- Havey M.J. Onion breeding. *Plant Breed. Rev.* 2018;42:39-85. <https://doi.org/10.1002/9781119521358.ch2>
- Benke A.P., Mahajan V., Manjunathagowda D.C., Mokat D.N. Interspecific hybridization in *Allium* crops: Status and prospectus. *Genet. Resour. Crop Evol.* 2022;69:1-9. <https://doi.org/10.1007/s10722-021-01283-5>
- Cramer C.S., Mandal S., Sharma S., Nourbakhsh S.S., Goldman I., Guzman I. Recent advances in onion genetic improvement. *Agronomy*. 2021;11:482. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030482>
- Priyanka V., Kumar R., Dhaliwal I., Kaushik P. Germplasm conservation: Instrumental in agricultural biodiversity - A review. *Sustainability*. 2021;13:6743. <https://doi.org/10.3390/su13126743>
- Khosa J.S., McCallum J., Dhatt A.S., Macknight R.C. Enhancing onion breeding using molecular tools. *Plant Breed.* 2015;135:9-20. <https://doi.org/10.1111/pbr.12330>
- Manjunathagowda D.C., Muthukumar P., Gopal J., Prakash M., Bommesh J.C., Nagesh G.C., Megharaj K.C., Manjesh G.N., Anjanappa M. Male sterility in onion (*Allium cepa* L.): Origin: Origin, evolutionary status, and their prospectus. *Genet. Resour. Crop Evol.* 2021;68:421-439. <https://doi.org/10.1007/s10722-020-01077-1>
- Scholten O.E., van Heusden A.W., Khrustaleva L.I., Burger-Meijer K., Mank R.A., Antonise R.G.C., Harrewijn J.L., Van Haecke W., Oost,E.H., Peters R.J., et al. The long and winding road leading to the successful introgression of downy mildew resistance into onion. *Euphytica*. 2007;256:345-353. <https://doi.org/10.1007/s10681-007-9383-9>
- Chuda A. Hybridization and molecular characterization of *F*<sub>1</sub> *Allium cepa* x *Allium roylei* plants. *Acta Biol. Crac. Ser. Bot.* 2012;54:25-31. <https://doi.org/10.2478/v10182-012-0016-9>
- Wohleb C.H., Waters T.D. Yield, quality, and storage characteristics of onion cultivars in the Columbia basin of Washington in 2012-14. *HortTechnology*. 2016;26:230-243. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.26.2.230>
- Пивоваров В.Ф., Ершов И.И., Агафонов А.Ф. Луковые культуры. М. ВНИИССОК. 2001. 500 с. <https://elibrary.ru/wqdcmj> [Pivovarov V.F., Ershov I.I., Agafonov A.F. Onion crops. M. VNIIS-
- SOK. 2001. 500 p. (In Russ.) <https://elibrary.ru/wqdcmj>]
- Manjunathagowda D.C. Genetic enhancement of onion germplasm through population improvement. *Plant Physiol. Rep.* 2022;27:73-80. <https://doi.org/10.1007/s40502-022-00646-z>
- Rivera A., Mallor C., Garcés-Claver A., García-Ulloa A., Pomar, F., Silvar C. Assessing the genetic diversity in onion (*Allium cepa* L.) landraces from northwest Spain and comparison with the European variability. *N.Z.J. Crop Hortic. Sci.* 2016;44:103-120. <https://doi.org/10.1080/01140671.2016.1150308>
- Villano C., Esposito S., Carucci F., Iorizzo M., Frusciante 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>
- 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>
- Романов В.С., Романова О.В., Тареева М.М. Луковичные формы межвидовых гибридов лука, их создание и оценка. *Овощи России*. 2019;(1):42-45. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-1-42-45> <https://elibrary.ru/fmnubc> [Romanov V.S., Romanova O.V., Tareeva M.M. The bulbous forms of interspecific hybrids of allium, their creation and evaluation. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(1):42-45. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-1-42-45> <https://elibrary.ru/fmnubc>]
- Khrustaleva L.I., Kik C. Introgression of *Allium fistulosum* into *A. cepa* mediated by *A. roylei*. *Theor. Appl. Genet.* 2000;100:17-26. <https://doi.org/10.1007/s001220050003>
- 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. [Titova I.V., Timin N.I., Yuryeva N.A. Interspecific hybridization of onions to obtain forms resistant to downy mildew. *Reports of VASKhNIL*. 1983;(8):190. (In Russ.)]
- Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность лук репчатый (*Allium cepa* L.) и лук шалот (*Allium ascalonicum* L.). RTG/46/2, UPOV, 2000. С. 528-547. [Methodology for testing the distinctiveness, homogeneity and stability of onions (*Allium cepa* L.) and shallots (*Allium ascalonicum* L.). RTG/46/2, UPOV, 2000. Pp. 528-547. (In Russ.)]
- Методические указания по селекции луковых культур. М., ВНИИССОК, 1997. 125 с. [Methodical instructions for the selection of onion crops. Moscow, VNIISOK, 1997. 125 p. (In Russ.)]
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с. [Dospekhov B.A. Methodology of field experiment. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)]

## Об авторе:

Валерий Станиславович Романов – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-3287-1914>, SPIN-код: 1239-2730, автор для переписки, romanov\_valera@mail.ru

## About the Author:

Valeriy S. Romanov – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Scientist, <https://orcid.org/0000-0002-3287-1914>, SPIN-code: 1239-2730, Corresponding Author, romanov\_valera@mail.ru