

УДК 633.34:631.528.631

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-359-5-73-77>

исследования/research

**Давлетов Ф.А.<sup>1</sup>,  
Гайнуллина К.П.<sup>1, 2</sup>**

<sup>1</sup> Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450059, г. Уфа, ул. Рихарда Зорге, 19  
E-mail: davletovfa@mail.ru

<sup>2</sup> Институт биохимии и генетики — обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450054, г. Уфа, проспект Октября, д. 71, лит. 1Е  
E-mail: karina28021985@yandex.ru

**Ключевые слова:** соя, исходный материал, мутагенез, рентгеновское излучение, урожайность

**Для цитирования:** Давлетов Ф.А., Гайнуллина К.П. Получение исходного материала для селекции сои методом физического мутагенеза. *Аграрная наука*. 2022; 359 (5): 73–77.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-359-5-73-77>

**Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи, несут равную ответственность за плагиат и представленные данные.**

**Авторы объявили, что нет никаких конфликтов интересов.**

**Firzinat A. Davletov<sup>1</sup>,  
Karina P. Gainullina<sup>1, 2</sup>**

<sup>1</sup> Bashkir Research Institute of Agriculture — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, 450059, Ufa, Rihard Zorge st., 19  
E-mail: davletovfa@mail.ru

<sup>2</sup> Institute of Biochemistry and Genetics — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, 450054, Ufa, prospekt Oktyabrya, 71/1E  
E-mail: karina28021985@yandex.ru

**Key words:** soybean, initial material, mutagenesis, X-ray radiation, yielding

**For citation:** Davletov F.A., Gainullina K.P. Obtaining the initial material for soybean breeding by physical mutagenesis. *Agrarian Science*. 2022; 359 (5): 73–77. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-359-5-73-77>

**The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism and presented data.**

**The authors declare no conflict of interest.**

# Получение исходного материала для селекции сои методом физического мутагенеза

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Селекция новых высокопродуктивных, адаптивных, технологичных сортов сои (*Glycine max* L.) играет важную роль в увеличении фонда продовольственного белка. При этом ключевая роль принадлежит исходному материалу. Однако основной проблемой современной селекции стало снижение генетического разнообразия исходного материала культурных растений, в том числе сои. Один из способов повышения генетического полиморфизма — применение индуцированного мутагенеза. Рентгеновское излучение является высокоэффективным физическим мутагеном, который с успехом применяется в мутационной селекции для повышения продуктивности культурных растений и приобретения ими новых признаков. В связи с этим целью нашей работы стало создание нового исходного материала для селекции сои с использованием ионизирующего излучения. Опыты проводились в 2018–2020 гг. Материалом для исследования послужили сорта сои СибНИИК 315, Миляуша, Черя 1, Самер 3, Эльдорадо, Золотистая.

**Методы.** Для индуцированного мутагенеза воздушно-сухие семена сортов Эльдорадо и Золотистая, выделенные в наших исследованиях высокой продуктивностью, подвергали воздействию рентгеновского излучения в дозах  $10^5$ ,  $10^7$ ,  $10^{10}$  рад. После облучения семена высевались в поле. Полевые оценки, фенологические наблюдения проводились по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.

**Результаты.** Сорт сои Эльдорадо проявил меньшую радиочувствительность. Из него было получено наибольшее количество мутантных форм при максимальной дозе облучения семян. Мутанты были сгруппированы в соответствии с продолжительностью их вегетационного периода и продуктивностью. Наибольшую ценность для селекции сои представляет группа высокопродуктивных скороспелых мутантных форм. Мутанты MR-20/19, MR-22/19, MR-24/19, MR-28/19, MR-29/19 по продуктивности на 9–10% превосходят исходный сорт Эльдорадо и могут быть непосредственно использованы для создания новых сортов. Мутантные формы из других выделенных нами групп также представляют интерес для селекции сои.

# Obtaining the initial material for soybean breeding by physical mutagenesis

## ABSTRACT

**Relevance.** Breeding of new highly productive, adaptive, technological soybean (*Glycine max* L.) cultivars plays an important role in increasing the fund of food protein. In this case, the key role belongs to the initial material. However the main problem of modern breeding has become a decrease in the genetic diversity of initial material of cultivated plants, including soybean. One of the ways to increase genetic polymorphism is the usage of induced mutagenesis. X-ray radiation is a highly effective physical mutagen that is successfully used in mutation breeding to increase the productivity of cultivated plants and acquire new traits by them. In this regard, the purpose of our work was to create a new initial material for soybean selection using ionizing radiation. The experiments were carried out in 2018–2020. The study materials were soybean cultivars SibNIK 315, Milyausha, Chera 1, Samer 3, El'dorado, Zolotistaya.

**Methods.** For induced mutagenesis, the air-dry seeds of the cultivars El'dorado and Zolotistaya distinguished in our studies by high productivity were exposed to X-ray radiation in doses of  $10^5$ ,  $10^7$ ,  $10^{10}$  rad. After irradiation, the seeds were sown in the field. Field assessments, phenological observations were carried out according to the methodology of the State cultivar testing of agricultural crops.

**Results.** The El'dorado cultivar showed less radiosensitivity. The largest number of mutant forms was obtained from it at the maximum dose of irradiation of seeds. The mutants were grouped according to their growing season duration and productivity. The group of highly productive early ripening mutant forms is of the greatest value for soybean breeding. Mutants MR-20/19, MR-22/19, MR-24/19, MR-28/19, MR-29/19 are 9–10% more productive than the original El'dorado cultivar and can be directly used to create new cultivars. Mutant forms from other groups identified by us are also of interest for soybean breeding.

Поступила: 5 марта 2022  
Принята к публикации: 29 April 2022

Received: 5 March 2022  
Accepted: 29 April 2022

Соя — ценная зернобобовая культура мирового значения. Благодаря высокому содержанию белка (33–44%) и сбалансированному сочетанию питательных веществ в зерне, соя получила широкое применение как продовольственная, кормовая и промышленная культура [1]. Создание новых сортов сои является актуальной задачей современной селекции [2]. Одна из главных проблем, с которой сталкивается современная селекция, заключается в снижении генетического разнообразия исходного материала [3, 4].

Генетическая изменчивость играет основополагающую роль в селекции растений, размножающихся вегетативным и половым путем [5]. Источником генетического разнообразия могут быть как мутации, возникающие в естественных условиях, так и в результате искусственного мутагенеза с использованием физических, химических или биологических мутагенов. С помощью индуцированного мутагенеза к настоящему времени было создано более 3000 мутантных сортов культурных растений с улучшенными хозяйственно-ценными признаками [6–8]. В качестве физического мутагена в селекционной работе с успехом применяется ионизирующее излучение. Установлено, что воздействие рентгеновского излучения на генетический материал перспективных сортов позволяет расширить генотипическую и фенотипическую изменчивость и обеспечивает возможность создания генофонда перспективных селекционных форм с повышенной адаптационной способностью [9].

Несмотря на свои достоинства, в Республике Башкортостан соя не является традиционной зернобобовой культурой. Отсутствие большого интереса к возделыванию сои у сельхозтоваропроизводителей нашего региона объясняется отсутствием скороспелых, технологичных, хорошо приспособленных к местным почвенно-климатическим условиям сортов. В этих условиях существует необходимость выведения новых сортов сои интенсивного типа, отвечающих требованиям современного сельскохозяйственного производства.

В связи с этим целью данного исследования стало создание исходного материала для селекции сои. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить коллекционные сортообразцы сои и выделить ценные для селекции генотипы;
- создать новый исходный материал сои под воздействием рентгеновского излучения;
- провести отбор элитных растений в мутантных популяциях  $M_2$ ,  $M_3$ , оценить их в селекционном питомнике и выделить перспективные формы.

#### Методика

В период проведения опытов (2018–2020 гг.) все селекционные питомники сои располагались на полях научно-образовательного центра ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ». Почва на экспериментальных участках представлена выщелоченным черноземом. Мощность гумусового горизонта — 42–46 см, запасы влаги в метровом слое почвы — 400–480 мм. Содержание гумуса в пахотном слое в среднем 8,0–8,8%, общего азота — 0,5%, фосфора — 0,2%, калия — 1,7%. Кислотность почвенного раствора близка к нейтральной.

Погодные условия в годы проведения исследований были контрастными по влагообеспеченности: 2018 и 2019 гг. — засушливые, 2020 г. — влажный. Таким образом, широкий диапазон погодных условий позволил объективно оценить адаптивные возможности селекционного материала сои.

Для изучения образцов ежегодно закладывались коллекционный и селекционный питомники, а также питомник изучения мутантных форм. В коллекционном питомнике посев проводили селекционной сеялкой СН-10Ц с шириной междурядий 20 см. Глубина заделки семян — 5 см. Учетная площадь делянки — 10 м<sup>2</sup>. Стандартный сорт — СибНИИК 315.

Для индуцированного мутагенеза воздушно-сухие семена сортов Золотистая, Эльдorado по 1000 шт. подвергали воздействию рентгеновских лучей в следующих дозах: минимальная — 10<sup>5</sup> рад, средняя — 10<sup>7</sup> рад, максимальная — 10<sup>10</sup> рад. На второй день после облучения семена высевались в поле. Посев в питомнике изучения мутантных форм проводили вручную. Площадь питания растений — 30 × 10 см. Предшественник — озимые зерновые культуры.

В течение вегетации проводили полевые оценки, фенологические наблюдения по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [10]. Уборка селекционных опытов осуществлялась вручную в фазу полного созревания. Для сравнительного анализа мутантных форм и исходных сортов отбирали по 25 растений с делянки и оценивали их по следующим морфобиологическим и хозяйственно-ценным признакам: длина стебля, высота прикрепления нижнего боба, число бобов и семян на растении, масса 1000 семян, масса семян с растением. Статистическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову [11].

#### Результаты

Продолжительность вегетационного периода является важным биологическим признаком, слагающимся из следующих межфазных периодов: посев — всходы, всходы — цветение, цветение — созревание. Отечественными и зарубежными исследователями установлено, что продолжительность вегетационного периода сои зависит от обеспеченности растений влагой и теплом, а также реакции сортов на эти условия, которая определяется особенностями генотипа [12, 13].

В наших опытах большинство изученных сортов сои оказались среднеспелыми с продолжительностью периода «всходы — созревание» 96–99 сут. (таблица 1).

По нашим наблюдениям, созревание наступает быстрее у тех сортообразцов, которые раньше начинают цветение. Так, сорта Миляуша, Самер 3, СибНИИК 315 ежегодно зацветали и созревали раньше остальных. Продолжительность вегетационного периода у каждого сорта сильно изменялась по годам. В 2020 г. под влиянием погодных условий у изучаемых сортообразцов произошло увеличение периода вегетации до 107 сут. В относительно сухой и жаркий 2018 г. продолжительность вегетационного периода у сортов сои сократилась на 4–5 сут.

Сравнительное изучение сортообразцов сои в коллекционном питомнике в 2018–2020 гг. выявило среди них различия по элементам структуры урожая и продуктивности. Как видно из данных таблицы 1, число бобов на растении в зависимости от сорта варьировало от 22,1±1,7 до 28,3±2,3 шт., число семян с растения — от 35,2±2,6 до 61,6±4,9 шт., масса 1000 семян — от 133 до 142 г. В наших исследованиях масса семян с растения у сортов сои колебалась от 4,0±1,2 до 6,2±1,4 г. Наибольшей семенной продуктивностью выделились сорта Эльдorado, Золотистая, Миляуша — 6,2±1,4; 5,5±1,2; 5,3±1,4 г соответственно. Для этих сортов было характерно большое число продуктивных узлов на растении,

Таблица 1. Характеристика сортов сои по основным хозяйственно-ценным признакам (в среднем за 2018–2020 гг.),  $n = 25$ ,  $M \pm m$ Table 1. Characteristics of soybean cultivars by main economically valuable traits (on average for 2018–2020),  $n = 25$ ,  $M \pm m$ 

Сорт	Продолжительность вегетационного периода, сут.	Длина стебля, см	Высота прикрепления нижнего боба, см	Число, шт.		Масса, г		Урожайность, г/м <sup>2</sup>
				бобов на растении	семян с растения	1000 семян	семян с растения	
СибНИИК 315 — стандарт	97	62,3±3,7	17,5±1,1	22,2±1,8	37,4±2,9	142	4,4±0,9	256
Миляуша	96	65,1±3,2	18,0±1,0	26,2±2,2	52,0±4,0	137	5,3±1,4	262
Чера 1	98	61,2±3,4	17,3±0,9	22,1±1,7	35,2±2,6	133	4,0±1,2	230
Самер 3	96	64,0±3,8	18,1±1,2	25,6±2,0	42,5±4,1	138	4,3±0,9	245
Эльдорадо	99	78,5±4,1	19,1±1,3	28,3±2,3	61,6±4,9	136	6,2±1,4	269
Золотистая	98	76,1±4,5	18,2±1,0	26,1±2,1	57,2±4,5	140	5,5±1,2	265

Таблица 2. Показатели всхожести семян и выживаемости растений сои сортов Золотистая и Эльдорадо после рентгеновского облучения

Table 2. Indicators of seed germination and survival of soybean plants of cultivars Zolotistaya and El'dorado after X-ray irradiation

Показатели	Сорт Золотистая			Сорт Эльдорадо		
	доза облучения			доза облучения		
	10 <sup>5</sup> рад	10 <sup>7</sup> рад	10 <sup>10</sup> рад	10 <sup>5</sup> рад	10 <sup>7</sup> рад	10 <sup>10</sup> рад
2018 г.						
Полевая всхожесть семян, %	94,2	87,7	59,1	93,5	89,3	66,2
Выживаемость растений, %	88,9	77,1	50,8	90,5	82,2	59,3
2019 г.						
Полевая всхожесть семян, %	95,2	89,9	53,3	95,2	91,0	64,7
Выживаемость растений, %	86,4	80,4	49,6	89,5	80,9	61,0

что свидетельствует о важности данного признака в формировании продуктивности. Количество продуктивных узлов зависит от генетических особенностей сортообразца и условий выращивания. По нашим данным, с увеличением продолжительности вегетационного периода число продуктивных узлов на растении возрастает. Также увеличивается число бобов и семян на растении и масса семян с растения.

Сорта сои Золотистая и Эльдорадо, показавшие наибольшую продуктивность в наших опытах, были выбраны в качестве объектов для индуцированного мутагенеза. После облучения семян этих сортов рентгеновскими лучами в  $M_1$  наблюдалось снижение их полевой всхожести, отставание растений в росте в начальные фазы развития, снижение их плодovitости и выживаемости к моменту уборки. В популяциях растений  $M_1$  обнаружено множество различных радиоморфозов.

В ходе наблюдений было установлено, что чувствительность разных сортов сои к различным дозам облучения неодинакова. В таблице 2 приведены результаты оценки полевой всхожести семян и выживаемости растений изученных сортообразцов к моменту уборки в процентах по отношению к контролю.

Как видно из данных таблицы 2, при всех вариантах облучения процент выживших к моменту уборки растений сорта Эльдорадо был выше, чем сорта Золотистая.

Многие мутантные растения сои  $M_1$  были стерильными полностью или частично, о чем можно судить по деформированности и выполненности бобов. Так, в 2018 г. частичная или полная стерильность после воздействия на семена рентгеновскими лучами в максимальной дозе

10<sup>10</sup> рад отмечалась у 35% растений сорта Золотистая и 27% — сорта Эльдорадо, в 2019 г. — у 31% растений сорта Золотистая и 24% — сорта Эльдорадо (таблица 3).

В результате изучения мутантных популяций сои  $M_2$  и  $M_3$  был выявлен широкий спектр изменчивости растений по ряду признаков. В ходе фенологических наблюдений и полевых визуальных оценок в фазе цветения и полного созревания мутантные растения  $M_2$ , не представляющие интереса для селекции, были выбракованы. Материал, полученный в результате индуцированного мутагенеза, в первую очередь подвергался анализу с точки зрения выделения мутантных форм, обладающих хозяйственно-ценными признаками, которые могут быть непосредственно использованы для создания новых сортов. Все мутанты были разделены на следующие группы:

- высокопродуктивные позднеспелые мутанты;
- высокопродуктивные скороспелые мутанты;
- низкопродуктивные позднеспелые мутанты;
- низкопродуктивные скороспелые мутанты.

Данные по основным хозяйственно-ценным признакам мутантов сорта сои Эльдорадо, показавших лучшие результаты в сравнении с мутантами сорта Золотистая по выживаемости растений, приведены в таблице 4.

Как видно из таблицы 4, растения высокопродуктивных позднеспелых мутантов имели большую высоту стебля, большее число фертильных узлов и бобов по сравнению с исходным сортом Эльдорадо, а также превосходили его по продуктивности. К этой группе относятся выделенные нами мутанты МР-10/19, МР-12/19, МР-15/19. Они могут быть использованы в качестве

Таблица 3. Количество частично или полностью стерильных растений сои в  $M_1$  после рентгеновского облучения семян сортов Золотистая и Эльдорадо

Table 3. The number of partially or completely sterile soybean plants in  $M_1$  after X-ray irradiation of seeds of cultivars Zolotistaya and El'dorado

Растения	Сорт Золотистая			Сорт Эльдорадо		
	доза облучения			доза облучения		
	10 <sup>5</sup> рад	10 <sup>7</sup> рад	10 <sup>10</sup> рад	10 <sup>5</sup> рад	10 <sup>7</sup> рад	10 <sup>10</sup> рад
2018 г.						
Стерильные, %	—	4,0	14,0	—	2,2	9,5
Частично стерильные, %	3,5	8,2	21,0	5,2	6,5	17,5
2019 г.						
Стерильные, %	—	2,0	8,4	—	1,2	5,2
Частично стерильные, %	7,2	8,2	22,6	3,5	8,8	18,8

Таблица 4. Показатели хозяйственно-ценных признаков у индуцированных мутантов и исходного сорта Эльдорадо (2020 г.), n = 25, M±m

Table 4. Indicators of economically valuable traits in induced mutants and the original cultivar El'dorado (2020), n = 25, M±m

Признаки	Исходный сорт Эльдорадо	Мутанты $M_3$			
		высокопродуктивные позднеспелые	высокопродуктивные скороспелые	низкопродуктивные позднеспелые	низкопродуктивные скороспелые
Продолжительность вегетационного периода, сут.	98	105	95	107	93
Высота стебля, см	72,4±5,0	85,5±5,3	70,2±4,0	90,6±5,9	68,0±3,8
Высота прикрепления нижних бобов, см	17,1±0,5	18,3±0,7	17,2±0,4	18,3±0,9	17,1±0,7
Число бобов на растении, шт.	23,2±2,0	29,3±2,3	25,1±1,7	17,2±1,6	18,3±1,5
Число семян с растения, шт.	49,5±3,5	60,6±4,2	53,5±3,5	34,0±2,0	36,2±1,8
Масса 1000 семян, г	130,5±3,5	129,2±4,0	140,6±3,8	110,4±3,2	112,3±3,5
Масса семян с растения, г	4,5±1,5	5,2±1,7	4,9±1,9	2,9±0,9	3,1±1,0

исходного материала для гибридизации в дальнейшей селекционной работе.

Высокопродуктивные скороспелые мутанты характеризуются сокращенным вегетационным периодом (на 3–4 сут. короче, чем у исходного сорта). За счет большого числа бобов на растении и крупных семян по продуктивности они находятся на уровне сорта Эльдорадо или превосходят его на 9–10%. К этой группе относятся мутанты МР-20/19, МР-22/19, МР-24/19, МР-28/19, МР-29/19. Часть мутантов данной группы после целенаправленной жесткой выбраковки могут непосредственно проходить дальнейшее испытание в качестве родоначальников новых сортов.

Группа низкопродуктивных скороспелых мутантов имеет сокращенную на 5–7 сут. продолжительность вегетационного периода по сравнению с исходным сортом Эльдорадо и уступает ему по продуктивности на 10–20%. Мутантные растения данной группы характеризуются невысоким стеблем, низкой вегетативной массой, мелкими семенами. К ним относятся мутанты МР-30/19, МР-34/19, МР-38/19, которые могут быть использованы в селекции в качестве доноров скороспелости.

Низкопродуктивные позднеспелые мутанты обладают высоким стеблем, большим числом продуктивных узлов, мелкими семенами. Их созревание наступает на 7–9 сут. позднее по сравнению с исходным сортом Эльдорадо. В качестве исходного материала для создания зерновых сортов сои данная группа мутантов интереса

не представляет, однако может быть использована в селекции кормовых сортов.

### Выводы

В результате воздействия рентгеновских лучей на семена сортов сои Золотистая и Эльдорадо в дозах 10<sup>5</sup>, 10<sup>7</sup>, 10<sup>10</sup> рад установлены различия в их чувствительности к мутагенному фактору. Менее радиочувствительным оказался сорт сои Эльдорадо. Наибольшее количество мутантов данного сорта было получено при максимальной дозе облучения семян. При изучении растений  $M_2$  и  $M_3$  выявлен широкий спектр мутаций, что позволило отобрать мутантные формы с ценными признаками и свойствами, не встречающимися у сортообразцов коллекции. Они представляют большой практический интерес как исходный материал для селекции сои. Высокопродуктивные скороспелые мутанты МР-20/19, МР-22/19, МР-24/19, МР-28/19 не уступают исходному сорту по урожайности, имеют относительно короткий вегетационный период и могут быть непосредственно использованы для выведения новых промышленных сортов сои.

*\*Сведения об источнике финансирования: работа выполнена в рамках госзадания № 122030200143-8 при поддержке гранта Минобрнауки РФ № 075-15-2021-549 от 31 мая 2021 г. и проекта № 22-14-20049 «Поиск ДНК-маркеров для селекции гороха на высокое содержание протеина в семенах и разработка тест-системы для идентификации высокобелковых генотипов».*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Давлетов Ф.А., Ахмадуллина И.И., Гайнуллина К.П. Результаты изучения сортов сои в условиях Республики Башкортостан. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021;2(88): 49–55. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-88-2-49-55.
2. Давлетов Ф.А., Дмитриев А.М., Гайнуллина К.П., Ахмадуллина И.И. Результаты изучения коллекции сои для селекционных целей. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2020;1(81): 49–53.
3. Lee M. Genome projects and gene pools: new germplasm for plant breeding? *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1998;95: 2001–2004. DOI: 10.1073/pnas.95.5.2001.
4. Дзюбенко Н.И. Вавиловская стратегия пополнения, сохранения и рационального использования генетических ресурсов культурных растений и их диких родичей. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2012;169: 4–40.
5. Jain S.M. In vitro mutagenesis for improving datepalm (*Phoenix dactylifera* L.). *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2012;24(5): 386–399.
6. Broertjes C., Harten A.M. Applied mutation breeding for vegetatively propagated crops. *Plant Growth Regulation*. 1991;10: 182–183. DOI: 10.1007/BF00024972.
7. Kharkwal M.C., Shu Q.Y. The role of induced mutations in world food security. In: Shu Q.Y. (ed.). *Induced plant mutations in the genomics era*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2009. p. 33–38.
8. Jain S.M., Suprasanna P. Induced mutations for enhancing nutrition and food production. *Gene Conserve*. 2011;40: 201–215.
9. Suprasanna P., Mirajkar S.J., Bhagwat S.G. Induced mutations and crop improvement. In: Bahadur B., Rajam M.V., Leela S., Krishnamurthy K.V. (eds). *Plant biology and biotechnology. Vol. I. Plant diversity, organization, function and improvement*. New Delhi: Springer India. 2015. p. 593–617. DOI 10.1007/978-81-322-2286-6.
10. Федин М.А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур при Министерстве сельского хозяйства СССР. 1985. 269 с.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат. 1985. 356 с.
12. Озякова Е.Н., Поползухина Н.А. Урожайность и качество зерна сои в зависимости от действия абиотических факторов и генотипических особенностей. *Омский научный вестник*. 2014;2(134): 213–217.
13. Zhang S.R., Wang H., Wang Z., Ren Y., Niu L., Liu J., Liu B. Photoperiodism dynamics during the domestication and improvement of soybean. *Science China Life Sciences*. 2017;60(12): 1416–1427. DOI: 10.1007/s11427-016-9154-x.

## ОБ АВТОРАХ:

**Давлетов Фирзинат Агьямович**, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции и семеноводства зернобобовых культур Башкирского научно-исследовательского института сельского хозяйства — обособленного структурного подразделения Уфимского Федерального исследовательского центра Российской академии наук  
ORCID ID: 0000-0002-7421-869X

**Гайнуллина Карина Петровна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории геномики растений Института биохимии и генетики — обособленного структурного подразделения Уфимского Федерального исследовательского центра Российской академии наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур Башкирского научно-исследовательского института сельского хозяйства — обособленного структурного подразделения Уфимского Федерального исследовательского центра Российской академии наук  
ORCID ID: 0000-0001-6246-1214

## REFERENCES

1. Davletov F.A., Akhmadullina I.I., Gainullina K.P. The results of studying soybean cultivars in the conditions of the Republic of Bashkortostan. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021;2(88): 49–55. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-88-2-49-55 (In Russ.).
2. Davletov F.A., Dmitriev A.M., Gainullina K.P., Akhmadullina I.I. The results of studying soybean collection for breeding purposes. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020;1(81): 49–53. (In Russ.).
3. Lee M. Genome projects and gene pools: new germplasm for plant breeding? *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1998;95: 2001–2004. DOI: 10.1073/pnas.95.5.2001.
4. Dzyubenko N.I. Vavilov strategy of collecting, maintaining and rational utilization of plant genetic resources of cultivated plants and their wild relatives. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2012;169: 4–40. (In Russ.).
5. Jain S.M. In vitro mutagenesis for improving datepalm (*Phoenix dactylifera* L.). *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2012;24(5): 386–399.
6. Broertjes C., Harten A.M. Applied mutation breeding for vegetatively propagated crops. *Plant Growth Regulation*. 1991;10: 182–183. DOI: 10.1007/BF00024972.
7. Kharkwal M.C., Shu Q.Y. The role of induced mutations in world food security. In: Shu Q.Y. (ed.). *Induced plant mutations in the genomics era*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2009. p. 33–38.
8. Jain S.M., Suprasanna P. Induced mutations for enhancing nutrition and food production. *Gene Conserve*. 2011;40: 201–215.
9. Suprasanna P., Mirajkar S.J., Bhagwat S.G. Induced mutations and crop improvement. In: Bahadur B., Rajam M.V., Leela S., Krishnamurthy K.V. (eds). *Plant biology and biotechnology. Vol. I. Plant diversity, organization, function and improvement*. New Delhi: Springer India. 2015. p. 593–617. DOI 10.1007/978-81-322-2286-6.
10. Fedin M.A. Methodology for state cultivar testing of agricultural crops. Moscow: State commission for cultivar testing of agricultural crops under the USSR Ministry of agriculture. 1985. 269 p. (In Russ.).
11. Dospikhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Agropromizdat. 1985. 356 p. (In Russ.).
12. Ozyakova E.N., Popolzhukhina N.A. Yield and seed quality of soybean depending on the actions of abiotic factors and genotypic characteristics. *Omskiy nauchnyy vestnik*. 2014;2(134): 213–217. (In Russ.).
13. Zhang S.R., Wang H., Wang Z., Ren Y., Niu L., Liu J., Liu B. Photoperiodism dynamics during the domestication and improvement of soybean. *Science China Life Sciences*. 2017;60(12): 1416–1427. DOI: 10.1007/s11427-016-9154-x.

## ABOUT THE AUTHORS:

**Davletov Firzinat Aglyamovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Chief of the Laboratory of Selection and Seed-growing of Pulse Crops of the Bashkir Scientific Research Institute of Agriculture — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences  
ORCID ID: 0000-0002-7421-869X

**Gainullina Karina Petrovna**, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Plant Genomics of the Institute of Biochemistry and Genetics — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Selection and Seed-growing of Pulse Crops of the Bashkir Scientific Research Institute of Agriculture — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences  
ORCID ID: 0000-0001-6246-1214