

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-62-66>
УДК 635.751:581.48:631.524

А.Ф. Бухаров¹, В.А. Харченко²,
Н.А. Еремина¹

¹Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО) 140153, Россия, Московская область, Раменский район, д. Верея, стр. 500

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО) 143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы в равной доле участвовали в написании статьи.

Для цитирования: Бухаров А.Ф., Харченко В.А., Еремина Н.А. Вариабельность морфологических параметров семян в популяциях кориандра. *Овощи России*. 2021;(2):62-66. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-62-66>

Поступила в редакцию: 17.02.2021
Принята к печати: 01.04.2021
Опубликована: 25.04.2021

Aleksandr F. Bukharov¹,
Victor A. Kharchenko²,
Nadezhda A. Eremina¹

¹All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center 500, Vereya, Ramensky district, Moscow region, Russia

²Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center" (FSBSI FSVC) 14, Selektionnaya str., Odintsovo district, Moscow region, Russia, 143072

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

Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article.

For citations: Bukharov A.F., Kharchenko V.A., Eremina N.A. Variability of morphological parameters of seeds in coriander populations. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(2):62-66. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-62-66>

Received: 17.02.2021
Accepted for publication: 01.04.2021
Accepted: 25.04.2021

Вариабельность морфологических параметров семян в популяциях кориандра



Резюме

Актуальность. У некоторых зонтичных культур соотношения параметров семени и прежде всего относительная длина зародыша могут оказывать существенное влияние на способность семян к прорастанию, особенно в экстремальных условиях, исследования в этом направлении представляют большой практический интерес.

Материал исследований. Изучено 10 образцов кориандра, у которых выявлены существенные различия по степени выраженности основных морфологических параметров, в том числе длине семени, эндосперма и зародыша.

Результаты. Гибрид 5/19 и сорт Стимул селекции ФНЦО существенно превышали среднее значение популяции по длине семени при 1%, а образец местной популяции из Азербайджана имел наименьший показатель при 5% уровне значимости. По длине эндосперма гибрид 5/19 (ФНЦО), сорт Стимул и образец местной популяции Египта превышали уровень показателя в среднем по опыту. По длине зародыша сорт Нектар, гибрид 5/19 (ФНЦО) и образцы из Египта и Азербайджана находились на уровне среднего значения по опыту. Наиболее крупным зародышем ($1,063 \pm 0,04$) отличался сорт Коммандер. Четыре образца существенно превышали, а гибрид 11/19 (ФНЦО) уступал среднему значению. В зависимости от сорта коэффициент вариации показателей изменялся для длины зародыша (13,9-19,1%), длины эндосперма (16,4-20,4 %) и длины семени (15,7-22,1%). Максимальное значение (0,377) индекса $I_{z/E}$, характеризующего отношение размер зародыша и эндосперма, отмечено у сорта Коммандер. Тесная корреляционная связь выявлена между длиной семени и длиной эндосперма, коэффициент корреляции изменялся от $r=0,640$ у сорта Стимул до $r=0,981$ у образца местной популяции Египта. Слабая или средняя корреляционная зависимость отмечена между длиной зародыша с одной стороны и длиной эндосперма (0,026-0,393) и семени (от -0,132 до 0,424) с другой. Для индекса $I_{z/S}$, характеризующего отношение размер эндосперма и семени, пределы (0,893-0,988) значения показателя оказались значительно выше, достигая максимума (0,988) у образца из Египта.

Ключевые слова: кориандр, сорта, семеноводство, морфометрические параметры семян, семя, эндосперм, зародыш

Variability of morphological parameters of seeds in coriander populations

Abstract

Relevance and methods. In some *Umbelliferae* crops, the ratio of the parameters of the seed (the relative length of the embryo) has a significant effect on the ability of seeds to germinate. We studied 10 coriander samples, which showed significant differences in the degree of severity of the main morphological parameters, including the length of the seed, endosperm and embryo.

Results. The indicators of the hybrid 5/19 and the variety Stimul significantly exceeded the average value of the population in the length of the seed at 1%, and the sample of the local population from Azerbaijan had the lowest indicator at the 5% level of significance. The endosperm length of the hybrid 5/19, the variety Stimul and the sample of the local population of Egypt exceeded the level of the indicator on average in the experiment. According to the length of the embryo, the Nectar variety, hybrid 5/19 and samples from Egypt and Azerbaijan were at the level of the average value for the experiment. The largest embryo (1.063 ± 0.04) was distinguished by the Commander variety. Four samples significantly exceeded, and the hybrid 11/19 were lower than the average value. Depending on the variety, the coefficient of variation of indicators varied for the length of the embryo (13.9-19.1%), the length of the endosperm (16.4-20.4%) and the length of the seed (15.7-22.1%). The maximum value (0.377) of the $I_{z/E}$ index, which characterizes the ratio of the size of the embryo and endosperm, was observed in the Commander variety. A close correlation was found between the length of the seed and the length of the endosperm, the correlation coefficient varied from $r=0.640$ in the Stimul variety to $r=0.981$ in a sample of the local population of Egypt. A weak or medium correlation was observed between the length of the embryo on the one hand and the length of the endosperm (0.026-0.393) and the seed (0.090 – 0.132) on the other. For the $I_{z/S}$ index, which characterizes the ratio of endosperm size to seed size, the limits (0.893-0.988) of variability were significantly lower. The maximum index (0.988) was found in a sample from Egypt.

Keywords: coriander, varieties, seed production, morphometric parameters of seeds, seed, endosperm, germ

Введение

Для большинства овощных культур представителей семейства зонтичные (*Umbelliferae* Moris.) характерно явление недоразвития зародыша [1, 2, 3, 4]. Такое строение семени определяет его низкую долговечность, замедленное прорастание и склонность впасть в состояние покоя [5, 6, 7, 8].

Морфологические параметры семян подвержены значительной вариабельности под влиянием внешних и внутренних факторов [9]. На линейные размеры морфологических элементов семян овощных зонтичных культур значительное влияние оказывают экологические, погодно-климатические, почвенные условия, обеспеченность элементами минерального питания, качество и своевременность выполнения агротехнических операций [10, 11].

Морфометрия разнокачественности семян овощных зонтичных культур в значительной степени обусловлена архитектурой семенных растений, местоположением генеративных органов в пределах растения, зонтика, зонтичка и даже соплодия [12, 13]. В большинстве работ влияние места формирования зонтика на посевные качества было изучено у моркови [14-16].

Явление гетероморфизма – наличие семян на одном растении, различающихся по размерам, массе, окраске, морфологии, анатомии, характеру прорастания и другим признакам, широко распространено у представителей семейства зонтичные (*Umbelliferae* Moris.) [17-19].

В пределах отдельных особей и популяции широко распространена изменчивость семян по комплексу признаков, в том числе и посевным качествам [20-22].

Параметры морфологических элементов плодов овощных зонтичных культур зависят от степени зрелости в момент уборки, а также воздействия физико-механических факторов в процессе выполнения технологических операций в процессе дозаривания, сушки, сортировки семян. Все это в комплексе вызывает позднее и неравномерное появление всходов, особенно в неблагоприятных погодных условиях. Морфологические параметры семян оказывают влияние на кинетику прорастания семян овощных зонтичных культур при различных температурных режимах [23,24]. Исследования показали, что различные сорта укропа могут существенно отличаться по длине морфологических элементов плодов [7]. Выявлено, что вклад генетических (наследственных) факторов в изменчивость линейных параметров семян моркови может достигать 48-91%, в то время как экологические факторы обеспечивают не более 39% вариабельности этих показателей [25].

Таким образом, морфологические параметры внутреннего строения семян с одной стороны являются эволюционно (наследственно) закрепленными признаками, а с другой – подвержены адаптивной изменчивости под влиянием среды обитания. Учитывая, что у некоторых зонтичных культур соотношения этих параметров и прежде всего относительная длина зародыша могут оказывать существенное влияние на способность семян к прораста-



Семеноводство кориандра, сорт Стимул

нию, особенно в экстремальных условиях, исследования в этом направлении представляют большой практический интерес.

Поэтому, целью настоящей работы было изучение семян 10 различных образцов кориандра по основным линейным параметрам морфологических элементов.

Материал и методы

Объектом исследований служили семена 10 образцов кориандра: селекции ФНЦО, НИИСХ Крыма, Нидерландов, а также 4 образца местных популяций (Кипра, Египта, Узбекистана, Азербайджана). Измерение длины семени и эндосперма проводили с использованием штангенциркуля (ГОСТ 166-89). Длину зародыша определяли с использованием микроскопа Levenhuk 670T (Levenhuk, США) и видеоокуляра DCM 300 MD (MicroscopeDigital, Китай) при увеличении 440, с помощью программы ScopePhoto (Image Software V. 3.1.386). Для этого семена замачивали в 14% водном растворе гипохлорита натрия в течение 1 ч. После чего семена промывали в проточной воде и выкладывали на смоченную дистиллированной водой фильтровальную бумагу. Анализировали последовательно длину каждого семени, эндосперма и зародыша (выделяли путем разрезания семени). Повторность опыта четырехкратная, в каждой повторности не менее 20 семян.

Результаты исследований и обсуждение

При изучении 10 образцов кориандра выявлены существенные различия по степени выраженности основных морфологических параметров, в том числе длине семени, эндосперма и зародыша (табл. 1). В зависимости от сорта коэффициент вариации показателей изменялся для длины зародыша (13,9-19,1%), длины эндосперма (16,4-20,4%) и длины семени (15,7-22,1%). Наибольшей вариабельностью (22,1%) по длине семени отличался сорт Нектар (НИИСХ Крыма), а минимальная изменчивость (15,7%) отмечена у сорта Юбилар селекции ФНЦО. Наибольшую вариабельность длины эндосперма

Таблица 1. Сортовая специфика основных линейных параметров семян кориандра
 Table 1. Varietal specifics of the main linear parameters of coriander seeds

Название и происхождение образца	Длина семени, мм		Длина эндосперма, мм		Длина зародыша, мм	
	ХСР ±SX _{ср}	V,%	ХСР ±SX _{ср}	V,%	ХСР ±SX _{ср}	V,%
Стимул, ФНЦО	3,67±0,12**	17,9	3,32±0,11*	17,7	0,976±0,03*	15,2
Юбиляр, ФНЦО	3,20±0,09	15,7	2,96±0,11	19,5	0,972±0,03*	15,4
11/19, ФНЦО	3,33±0,11	18,4	3,08±0,10	18,5	0,866±0,03*	16,3
5/19, ФНЦО	3,83±0,14**	19,4	3,54±0,13**	20,4	0,911±0,03	17,2
Коммандер, Голландия	3,11±0,09	16,5	2,82±0,10*	19,3	1,063±0,04**	18,4
Нектар, НИИСХ Крыма	3,30±0,13	22,1	2,95±0,11	19,8	0,996±0,04	19,1
Местный, Кипр	3,23±0,11	18,8	3,00±0,10	17,8	0,956±0,03*	17,7
Местный, Узбекистан	3,21±0,10	16,9	2,95±0,09	16,6	0,959±0,02*	13,9
Местный, Египет	3,35±0,11	17,4	3,31±0,10*	16,4	0,917±0,03	16,3
Местный, Азербайджан	2,92±0,10*	19,3	2,76±0,09**	17,1	0,913±0,02	14,5

* различия со средним существенны при 5% уровне значимости
 ** различия со средним существенны при 1% уровне значимости



Соцветия кориандра. Сорту Юбиляр

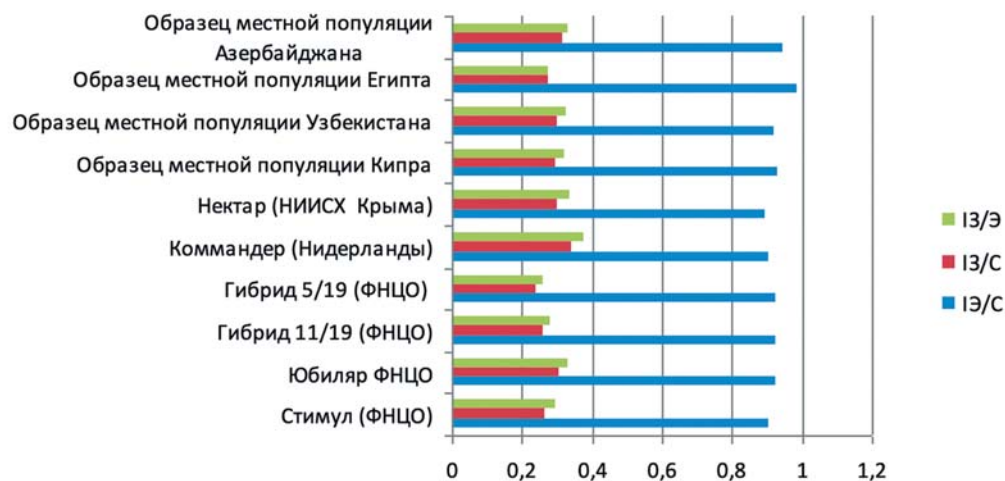


Рис. 1. Значение индексов I₃/Э, I₃/С и I_Э/С семян различных образцов кориандра
 Fig. 1. The value of the indices I_{G/E}, I_{G/S} I_{E/S} of seeds of various coriander samples

показал перспективный гибрид 11/19 селекции ФНЦО (20,4%), а образцы местных популяций Египта и Узбекистана минимальную – 16,4 и 16,6% соответственно. Гибрид 5/19 и сорт Стимул селекции ФНЦО существенно превышали среднее значение популяции по длине семени при 1%, а образец местной популяции из Азербайджана имел наименьший показатель при 5% уровне значимости.

По длине эндосперма гибрид 5/19 селекции ФНЦО превышал уровень показателя в среднем по

Таблица 2. Коэффициенты корреляции (r) основных параметров семян кориандра
 Table 2. Correlation coefficients (r) of the main parameters of coriander seeds

Название и происхождение образца	Семя - эндосперм	Семя - зародыш	Эндосперм - зародыш
Стимул, ФНЦО	0,640	0,141	0,026
Юбиляр, ФНЦО	0,925	0,343	0,367
Гибрид 11/19, ФНЦО	0,930	0,157	0,113
Гибрид 5/19, ФНЦО	0,973	0,373	0,279
Командор, Нидерланды	0,679	0,067	0,176
Нектар, НИИСХ Крыма	0,823	0,090	0,060
Местный, Кипр	0,955	-0,132	0,038
Местный, Узбекистан	0,945	-0,024	0,123
Местный, Египет	0,981	0,424	0,393
Местный, Азербайджан	0,949	0,394	0,383

опыту при 1%, а сорт Стимул и образец из Египта при 5% уровне значимости. Пять сортов находились на уровне среднего по опыту и два образца существенно уступали.

По длине зародыша сорт Нектар, гибрид 5/19 (ФНЦО) и образцы из Египта и Азербайджана находились на уровне среднего значения по опыту. Наиболее крупным зародышем ($1,063 \pm 0,04$) отличался сорт Коммандер. Четыре образца существенно превышали, а гибрид 11/19 (ФНЦО) уступал среднему значению.

Следует отметить сорт Стимул, который стабильно превышал средний уровень по всем трем показателям.

Максимальное значение индекса $I_{3/\text{Э}}$, характеризующего отношение размер зародыша и эндосперма, отмечено у сорта Коммандер (0,377), что в 1,3 раза больше, чем у гибрида 11/19 (ФНЦО), имеющего минимальное значение (0,281) этого показателя (рис. 1). Для индекса $I_{\text{э/с}}$, характеризующего отношение размер эндосперма и семени, пределы (0,893-0,988) изменчивости оказались значительно меньше. Максимальный индекс (0,988) отмечен у образца из Египта.

Тесная корреляционная связь выявлена между длиной семени и длиной эндосперма, коэффициент корреляции изменялся от $r=0,640$ у сорта Стимул до $r=0,981$ у образца местной популяции Египта (табл. 2).

Слабая или средняя корреляционная зависимость отмечена между длиной зародыша и длиной эндосперма (0,026-0,393). Аналогичная тенденция отмечена для размеров зародыша и семени, максимальное значение коэффициента корреляции отмечено у образцов из Египта (0,424), Азербайджана (0,394) и сорта Юбиляр (0,343), а у образцов из Кипра и Узбекистана оно было отрицательным.

Заключение

У образцов кориандра выявлены существенные различия по степени проявления основных морфометрических параметров семян, в том числе длине семени, эндосперма и зародыша. Показано отсутствие высокой корреляционной зависимости между длиной зародыша с одной стороны и длиной эндосперма и длиной семени с другой. Все это в комплексе свидетельствует о возможности рассматривать их в качестве селекционно-значимых признаков. Наибольший интерес представляет сорт Стимул, который стабильно превышал средний уровень по всем трем показателям. Максимальное значение индекса $I_{3/\text{Э}}$, характеризующего отношение размер зародыша и эндосперма отмечено у сорта Коммандер.



Листья кориандра, сорт Юбиляр

Об авторах:

Александр Федорович Бухаров – доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, <https://orcid.org/0000-0003-1910-5390>, afb56@mail.ru

Виктор Александрович Харченко – кандидат с.-х. наук, зав. лаб. селекции и семеноводства зеленых, пряно-вкусовых и цветочных культур, <https://orcid.org/0000-0003-2775-9140>, kharchenkoviktor777@gmail.com

Надежда Александровна Еремина – младший научный сотрудник

About the authors:

Aleksandr F. Bukharov – Doc. Sci. (Agriculture), Chief Researcher of the Department of Breeding and Seed Production, <https://orcid.org/0000-0003-1910-5390>, afb56@mail.ru

Victor A. Kharchenko – Cand. Sci. (Agriculture), Head of Laboratory of Selection And Seed Production Of Green, Spice-Flavoring and Flower Crops, <https://orcid.org/0000-0003-2775-9140>, kharchenkoviktor777@gmail.com

Nadezhda A. Eremina – Junior Researcher

• Литература

1. Грушвицкий И.В. Роль недоразвития зародыша в эволюции цветковых растений. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1961. 47 с.
2. Еременко Л.Л. Морфологические особенности овощных растений в связи с семенной продуктивностью. *Новосибирск: Наука*, 1975. 469 с.
3. Грушвицкий И.В., Агнаева Е.Я., Кузина Е.Ф. О разнокачественности зрелых семян моркови по величине зародыша. *Ботанический журнал*. 1963;48(10):1484-1489.
4. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н. Морфология разнокачественности семян овощных зонтичных культур, обусловленная местом формирования на материнском растении. *Овощи России*. 2012;(2):44-47.
5. Harper J.L. Population biology of plants. London, UK: Academic Press. 1977. 240 p.
6. Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. Биология формирования и прорастания семян укропа. *Овощи России*. 2012;(1):54-59.
7. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Иванова М.И. Морфометрия разнокачественности семян овощных зонтичных культур в процессе формирования и прорастания. *Вестник Алтайского ГАУ*. 2014;7(117):26-32.
8. Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. Долговечность семян овощных зонтичных культур и физиология их прорастания. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2013;11(109):022-025.
9. Строна И.Г. Общее семеноведение полевых культур. М.: Колос, 1966. 464 с.
10. Benec Arnold R.L., Fenner M., Edwards P.J. Changes in germinability, ABA content and ABA embryonic sensitivity in developing seeds of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. In: *duced by water stress during grain filling*. *New Phytologist*. 1991;118(2):339-347.
11. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Иванова М.И., Бухаров А.Р., Деревенских О.А. Морфометрические параметры семян коммерческих партий различных сортов укропа. *Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки»*. 2019;(2):145-149.
12. Pereira R.S., Nascimento W.M., Vieira J.V. Carrot seed germination and vigor in response to temperature and umbel orders. *Scientia Agricola*. 2008;65(2):145-150.
13. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н. Морфометрия семян петрушки и сельдерея. *Картофель и овощи*. 2014;(5):34-36.
14. Szafiroska A.I. The correlation between mother plant architecture, seed quality and field emergence of carrot. *Acta Horticulturae*. 1994;(354):93-98. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1994.354.10>
15. Corbineau F., Picard M.A., Bonnet A., Come D. Effects of production factors on germination responses of carrot seeds to temperature and oxygen. *Seed Science Research*. 1995;(5):129-135. <https://doi.org/10.1017/s0960258500002749>
16. Panayotov N. Heterogeneity of carrot seeds depending on their position on the mother plant. *Folia Horticulturae*. 2010;(22):25-30. <https://doi.org/10.2478/fhort-2013-0147>
17. Sun H.Z., Lu J.J., Tan D.Y., Baskin J.M., Baskin C.C. Dormancy and germination characteristics of the trimorphic achenes of *Garhadiolus papposus* (Asteraceae), an annual ephemeral from the Junggar Desert, China. *South African Journal of Botany*. 2009;(75):537-545. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2009.05.001>
18. Yao S., Lan H., Zhang F. Variation of seed heteromorphism in *Chenopodium album* and the effect of salinity stress on the descendants. *Annals of Botany*. 2010;(105):1015-1025. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq060>
19. Cao J., Lv X.Y., Chen L., Xing J.J., Lan H.Y. Effects of salinity on the growth, physiology and relevant gene expression of an annual halophyte grown from heteromorphic seeds. *AoB Plants*. 2015;(7):plv112. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plv112>
20. Mälken T., Jorritsma-Wienk L.D., Hoek P.H., Kroon W.H. Only seed size matters for germination in different populations of the dimorphic *Tragopogon pratensis* subsp. *pratensis* (Asteraceae). *American Journal of Botany*. 2005;(92):432-437. <https://doi.org/10.3732/ajb.92.3.432>
21. Baskin J.M., Lu J.J., Baskin C.C., Tan D.Y. The necessity for testing germination of fresh seeds in studies on diaspore heteromorphism as a life-history strategy. *Seed Science Research*. 2013;(23):83-88. <https://doi.org/10.1017/s096025851300010x>
22. Tongshun W., Hongling W., Lei W., Baoping S. Germination of heteromorphic seeds of *Atriplex aucheri* and its hormonal explanation. *Vegetos - An International Journal of Plant Research*. 2014;(27):103-107. <https://doi.org/10.5958/j.2229-4473.27.1.017>
23. Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. Специфика прорастания семян овощных зонтичных культур при различных температурных режимах. *Овощи России*. 2012;(3):38-46.
24. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Кинетика прорастания семян. Система методов и параметров (учебно-методическое пособие). Москва, 2016.
25. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Кашнова Е.В., Касаева Г.В., Иванова М.И., Разин О.А. Экологическая и сортовая изменчивость морфологических параметров семян моркови. *Картофель и овощи*. 2019;(3):37-40.

• References

1. Grushvitsky I.V. The role of embryo underdevelopment in the evolution of flowering plants Moscow, RAS. 1961. 47 p. (In Russ.)
2. Eremenko L.L. Morphological peculiarities of vegetable crops and their seeds production value. *Novosibirsk, Nauka*. 1975. 469 p. (In Russ.)
3. Grushvitsky I.V., Agnaeva E.J., Kuzina E.F. Evaluation of mature carrot seeds quality using embryo size. *Botanic Journal*. 1963;48(10):1484-1489. (In Russ.)
4. Bukharov A.F., Baleev D.N. Morphology of different quality of vegetable umbrella crops seeds, due to the place of formation on the mother plant. *Vegetable crops of Russia*. 2012;(2):44-47. (In Russ.)
5. Harper J.L. Population biology of plants. London, UK: Academic Press. 1977. 240 p. (In Russ.)
6. Baleev D.N., Bukharov A.F. Biology of formation and germination of dill seeds. *Vegetable crops of Russia*. 2012;(1):54-59. (In Russ.)
7. Bukharov A.F., Baleev D.N., Ivanova M.I. Morphometry of vegetable umbrella crops seeds with different quality affected by the place of formation on the mother plant. *Vestnik Altay State Agrarian University*. 2014;7(117):26-32. (In Russ.)
8. Baleev D.N., Bukharov A.F. Seeds of umbrella vegetable crops longevity and physiology of their germination. *Vestnik Altay State Agrarian University*. 2013;11(109):022-025. (In Russ.)
9. Strona I.G. General seeds science of field crops. Moscow. Kolos. 1966. 464 p. (In Russ.)
10. Benec Arnold R.L., Fenner M., Edwards P.J. Changes in germinability, ABA content and ABA embryonic sensitivity in developing seeds of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. In: *duced by water stress during grain filling*. *New Phytologist*. 1991;118(2):339-347.
11. Bukharov A.F., Baleev D.N., Ivanova M.I., Bukharova A.R., Derevenskikh O.A. Morphometric parameters of seeds of commercial dill lots. *Vestnik of the Mari State University. «Agricultural science. Economic science»*. 2019;(2):145-149. (In Russ.)
12. Pereira R.S., Nascimento W.M., Vieira J.V. Carrot seed germination and vigor in response to temperature and umbel orders. *Scientia Agricola*. 2008;65(2):145-150.
13. Bukharov A.F., Baleev D.N. Morphometry of parsley and celery seeds. *Potatoes and vegetables*. 2014;(5):34-36. (In Russ.)
14. Szafiroska A.I. The correlation between mother plant architecture, seed quality and field emergence of carrot. *Acta Horticulturae*. 1994;(354):93-98. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1994.354.10>
15. Corbineau F., Picard M.A., Bonnet A., Come D. Effects of production factors on germination responses of carrot seeds to temperature and oxygen. *Seed Science Research*. 1995;(5):129-135. <https://doi.org/10.1017/s0960258500002749>
16. Panayotov N. Heterogeneity of carrot seeds depending on their position on the mother plant. *Folia Horticulturae*. 2010;(22):25-30. <https://doi.org/10.2478/fhort-2013-0147>
17. Sun H.Z., Lu J.J., Tan D.Y., Baskin J.M., Baskin C.C. Dormancy and germination characteristics of the trimorphic achenes of *Garhadiolus papposus* (Asteraceae), an annual ephemeral from the Junggar Desert, China. *South African Journal of Botany*. 2009;(75):537-545. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2009.05.001>
18. Yao S., Lan H., Zhang F. Variation of seed heteromorphism in *Chenopodium album* and the effect of salinity stress on the descendants. *Annals of Botany*. 2010;(105):1015-1025. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq060>
19. Cao J., Lv X.Y., Chen L., Xing J.J., Lan H.Y. Effects of salinity on the growth, physiology and relevant gene expression of an annual halophyte grown from heteromorphic seeds. *AoB Plants*. 2015;(7):plv112. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plv112>
20. Mälken T., Jorritsma-Wienk L.D., Hoek P.H., Kroon W.H. Only seed size matters for germination in different populations of the dimorphic *Tragopogon pratensis* subsp. *pratensis* (Asteraceae). *American Journal of Botany*. 2005;(92):432-437. <https://doi.org/10.3732/ajb.92.3.432>
21. Baskin J.M., Lu J.J., Baskin C.C., Tan D.Y. The necessity for testing germination of fresh seeds in studies on diaspore heteromorphism as a life-history strategy. *Seed Science Research*. 2013;(23):83-88. <https://doi.org/10.1017/s096025851300010x>
22. Tongshun W., Hongling W., Lei W., Baoping S. Germination of heteromorphic seeds of *Atriplex aucheri* and its hormonal explanation. *Vegetos - An International Journal of Plant Research*. 2014;(27):103-107. <https://doi.org/10.5958/j.2229-4473.27.1.017>
23. Baleev D.N., Bukharov A.F. Peculiarities of Seeds of umbrella vegetable crops germination at different temperature. *Vegetable crops of Russia*. 2012;(3):38-46. (In Russ.)
24. Bukharov A.F., Baleev D.N., Bukharova A.R. Kinetics if seeds germination. System of methods and parameters. Moscow, 2016. (In Russ.)
25. Bukharov A.F., Baleev D.N., Kashnova E.V., Kasaeva G.V., Ivanova M.I., Razin O.A. Ecological and varietal variability of carrot seeds morphological parameters. *Potatoes and vegetables*. 2019;(3):37-40. (In Russ.)