

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-3-47-50>
УДК 635.755/.756:581.48

Бухаров А.Ф.¹, Харченко В.А.²,
Еремина Н.А.²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО)
E-mail: afb56@mail.ru

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр овощеводства" (ФГБНУ ФНЦО)
143072, Россия, Московская область, Одинцовский район,
п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д.14
E-mail: Kharchenkoviktor777@gmail.com

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Бухаров А.Ф., Харченко В.А., Еремина Н.А. Полиморфизм морфометрических параметров семян аниса обыкновенного и тмина обыкновенного. *Овощи России*. 2020;(3):47-50.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-3-47-50>

Поступила в редакцию: 28.04.2020

Принята к печати: 16.06.2020

Опубликована: 25.07.2020

Aleksandr F. Bukharov,
Viktor A. Kharchenko,
Nadezhda A. Eremina

¹All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – Branch of the FSBSI Federal Scientific Vegetable Center
500, Vereya, Ramensky district,
Moscow region, Russia
E-mail: afb56@mail.ru

²Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVС)
14, Selektsionnaya str., VNISSOK, Odintsovo district, Moscow region, Russia, 143072
E-mail: Kharchenkoviktor777@gmail.com

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

For citation: Bukharov A.F., Kharchenko V.A., Eremina N.A. Polymorphism of morphometric parameters of seeds common anise and cumin. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(3):47-50. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-3-47-50>

Received: 28.04.2020

Accepted for publication: 16.06.2020

Accepted: 25.07.2020

Полиморфизм морфометрических параметров семян аниса обыкновенного и тмина обыкновенного



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Изучена степень изменчивости линейных параметров морфологических элементов семян овощных культур аниса обыкновенного Витязь и тмина обыкновенного Пересвет селекции ФГБНУ ФНЦО (ВНИИССОК).

Материал и методы. Исследования выполнены во ВНИИО – филиале ФГБНУ ФНЦО. Измерение длины семени и эндосперма проводили с использованием штангенциркуля (ГОСТ 166-89). Длину зародыша определяли с использованием микроскопа Levenhuk 670T и видеоокуляра DCM 300 MD при увеличении Ч40, с помощью программы Scope Photo (Image Software V. 3.1.386). Анализировали длину каждого семени, эндосперма (на продольном разрезе) и зародыша (после выделения). Рассчитывали индексы $I_{E/C}$, $I_{Z/E}$, $I_{Z/C}$ как отношения длины семени, эндосперма и зародыша.

Результаты. Максимальная длина семени ($4,76 \pm 0,10$ мм), длина эндосперма ($4,08 \pm 0,08$) и длина зародыша ($1,40 \pm 0,02$ мм) отмечена у тмина. Средние значения коэффициента вариации (V), наоборот, у тмина были минимальными, изменяясь от 7,8% – для длины зародыша до 11,5% – для длины семени. Средние значения коэффициента вариации (V) у аниса изменялись в более широких пределах: от 9,3% – для длины зародыша до 14,7% – для длины семени. Максимальный уровень variability у обеих культур отмечен для размера семени. Согласно полученным данным семена тмина сорта Пересвет следует отнести к третьему классу, аниса сорта Витязь – к четвертому классу, имеющим более крупные относительно эндосперма зародыши. Тесная корреляционная связь отмечена у аниса ($r = 0,912$) и тмина ($r = 0,876$) только между длиной семени и длиной эндосперма. Значение коэффициента корреляции (r) между линейными размерами семени и зародыша составило 0,195 – у аниса и 0,229 – у тмина, а между длиной эндосперма и длиной зародыша соответственно – 0,237 и 0,214. Коэффициенты корреляции (r) между индексом $I_{Z/E}$ и линейными размерами семени, эндосперма и зародыша имели низкие отрицательные значения от -0,221 до -0,345.

Ключевые слова: анис, тмин, семя, эндосперм, зародыш, изменчивость, корреляция.

Polymorphism of morphometric parameters of seeds common anise and cumin

ABSTRACT

Relevance. The degree of variability of the linear parameters of the morphological elements of the seeds of the anise (variety Vityaz) and cumin (variety Peresvet).

Materials and methods. 1) Plants: *Monarda fistulosa* L. (the breeding sample №5 U.P.), *Monarda citriodora* Cerv. ex Lag. (Simka variety), *Melissa officinalis* L. (Zhemchuzhina variety). 2) secondary metabolites: flavonoid glycoside linarozid and steroid glycoside moldstim.

Methods. The studies were carried out in VNIIO – a branch of the FSBSI Federal Scientific Vegetable Center. The measurement of the length of the seed and endosperm was carried out using a caliper (ГОСТ 166-89). The embryo length was determined using a Levenhuk 670T microscope and a DCM 300 MD video eyepiece at Ч40 magnification using Scope Photo (Image Software V. 3.1.386). The lengths of each seed, endosperm (longitudinal section) and embryo (after isolation) were sequentially analyzed. The indices $I_{E/C}$, $I_{Z/E}$, $I_{Z/C}$ were calculated as the corresponding ratios of the length of the seed, endosperm and embryo.

Results. The maximum length of the seed (4.76 ± 0.10 mm) and of the endosperm (4.08 ± 0.08 mm) and the length of the embryo (1.40 ± 0.02 mm) were noted in cumin seeds. The average values of the coefficient of variation (V), on the contrary, were minimal for cumin seeds, varying from 7.8% for the length of the embryo to 11.5% for the length of the seed. The average values of the coefficient of variation (V) for anise varied from 9.3% for the length of the embryo to 14.7% for the length of the seed. The maximum level of variability in both cultures was noted for seed size. Correlation analysis showed that a close relationship was observed in anise ($r=0.912$) and cumin seeds ($r=0.876$) only between the length of the seed and the length of the endosperm. The value of the correlation coefficient (r) between the linear sizes of the seed and the embryo was 0.195 for anise and 0.229 for cumin seeds, and between the length of the endosperm and the length of the embryo, 0.237 and 0.214, respectively. The correlation coefficient (r) between the index $I_{Z/E}$ and the linear sizes of the seed, endosperm and embryo had low negative values from -0.221 to -0.345.

Keywords: anise, cumin (caraway), seed, endosperm, germ, variability, correlation.

Введение

Для семян аниса и тмина, как и большинства представителей семейства Зонтичные (*Umbelliferae* Moris.), характерны высокая разнокачественность семян [1, 2] и наличие недоразвитого зародыша [3, 4, 5]. Такое строение семян представителей семейства Зонтичные определяет многие особенности их физиологии в процессе развития, хранения и прорастания [6, 7, 8]. При семеноводстве культивируемых зонтичных растений достаточно сложно получить семена с высокими посевными качествами [9, 10, 11, 12]. Для них характерна недостаточно высокая долговечность семян и быстрое снижение всхожести и энергии в процессе хранения и под влиянием предпосевной подготовки [13, 14, 15]. Семена зонтичных отличаются длительным периодом прорастания [16, 17, 7]. Это обусловлено необходимостью длительного доразвития зародыша внутри семени, прежде чем корешок и росток преодолеют покровы семени [19, 16, 20]. Семена с недоразвитым зародышем под влиянием внешних факторов (температура, аллелопатически активные вещества) склонны впадать в состояние покоя, что делает период прорастания еще более продолжительным [21, 22, 17, 23, 14].

В процессе размножения семена подвержены влиянию неблагоприятных внешних факторов, которые могут сильно снижать их качество [13, 24, 20]. На морфометрические параметры семян овощных зонтичных культур существенное влияние оказывают внутренние факторы, в том числе архитектоника семенного растения [25, 18, 26, 12, 27] и аллелопатически активные вещества, содержащиеся в околоплоднике [23, 28]. Анализ семян разных сортов моркови и укропа, в том числе в системе многофакторных опытов показал, что линейные размеры их морфологических элементов, по-видимому, наследственно обусловлены [30, 28]. Несомненно, что морфометрические параметры семян, как и другие признаки растений, генетически обусловлены [29, 30]. Знания морфометрических параметров семян овощных зонтичных культур представляют интерес для формирования представления об их качестве, в том числе при выращивании, уборке, сортировке, хранении, предпосевной обработке, прорастании [22, 8, 28, 29].

Поэтому целью настоящей работы было изучение морфометрических параметров семян аниса обыкновенного и тмина обыкновенного, информации о которых явно недостаточно.

Материал и методы

Объектом исследований служили семена овощных культур: аниса обыкновенного *Anisum vulgare* (L.) Gaerth. сорта Витязь и тмина обыкновенного *Carum carvi* L. сорта Пересвет селекции ФГБНУ ФНЦО (ВНИИССОК).

Сорт аниса обыкновенного Витязь – среднеспелый, от полных всходов до окончания цветения зонтиков первого порядка 115-120 суток. Период хозяйственной годности зелени составляет 20-25 суток (до наступления бутонизации). Урожайность зелени – 1,17-1,39 кг/м², урожайность семян – 0,4-0,6 т/га. Данный сорт аниса обыкновенного рекомендуется для овощного использования зелени (рис. 1а).

Сорт тмина обыкновенного Пересвет – среднеспелый. Период от всходов до уборки на зелень 40-45 суток, на специи – 65-70 суток. Урожайность зелени – 1,8 кг/м², урожайность семян – 0,35 т/га. В листьях сорта Пересвет содержится 17,6% сухого вещества и 29,9 мг% витамина С (данные ФГБНУ ФНЦО). Особенностью сорта Пересвет тмина обыкновенного является завязываемость семян в первый год вегетации в открытом грунте в условиях Московской области (рис. 1б).

Исследования выполнены во ВНИИО – филиале ФГБНУ ФНЦО. Измерение длины семени и эндосперма проводили с использованием штангенциркуля (ГОСТ 166-89).



Рис. 1. Анис обыкновенный (а) и тмин обыкновенный (б)

Длину зародыша определяли с использованием микроскопа Levenhuk 670T и видеоокуляра DCM 300 MD при увеличении $\times 40$, с помощью программы Scope Photo (Image Software V. 3.1.386). Для этого семена замачивали в 14% водном растворе гипохлорита натрия в течение 1 ч, затем промывали в проточной воде и выкладывали на смоченную дистиллированной водой фильтровальную бумагу, после чего скальпелем вычленили эндосперм и зародыш. Последовательно анализировали длину каждого семени, эндосперма (на продольном разрезе) и зародыша (после выделения). Повторность опыта четырехкратная, в каждой повторности не менее 30 семян. Рассчитывали индексы $I_{э/с}$, $I_{э/э}$, $I_{э/с}$ как соответствующие отношения длины семени, эндосперма и зародыша. Различия сравниваемых параметров считали статистически значимыми при $P \leq 0,05$.

Результаты исследований и обсуждение

Линейные размеры всех основных элементов семян, у аниса и тмина существенно отличались (табл. 1).

Таблица 1. Значения морфометрических параметров семян аниса и тмина
Table 1. Values of morphometric parameters of anise and cumin seeds

Культура	Параметр	$X_{cp} \pm SX_{cp}$, мм	V, %
Анис	длина семени	$3,36 \pm 0,09^{**}$	14,7
	длина эндосперма	$2,81 \pm 0,07^*$	13,7
	длина зародыша	$1,18 \pm 0,02^{**}$	9,3
Тмин	длина семени	$4,76 \pm 0,10^*$	11,5
	длина эндосперма	$4,08 \pm 0,08^*$	10,7
	длина зародыша	$1,40 \pm 0,02^{**}$	7,8

*различия существенны при 5% уровне значимости

**различия существенны при 1% уровне значимости

Максимальная длина семени ($4,76 \pm 0,10$ мм), длина эндосперма ($4,08 \pm 0,08$) и длина зародыша ($1,40 \pm 0,02$ мм) отмечены у тмина. Средние значения коэффициента вариации (V), наоборот, у тмина были минимальными, изменяясь от 7,8% – для длины зародыша до 11,5% – для длины семени. Средние значения коэффициента вариации (V) у аниса изменялись в более широких пределах: от 9,3% – для длины зародыша до 14,7% – для длины семени. Максимальный уровень вариативности у обеих культур отмечен для размера семени.

Значение индекса $I_{э/э}$, характеризующего длину зародыша относительно эндосперма, у аниса составило $0,42 \pm 0,02$, а индекса $I_{э/с}$ – $0,35 \pm 0,01$ (рис. 2).

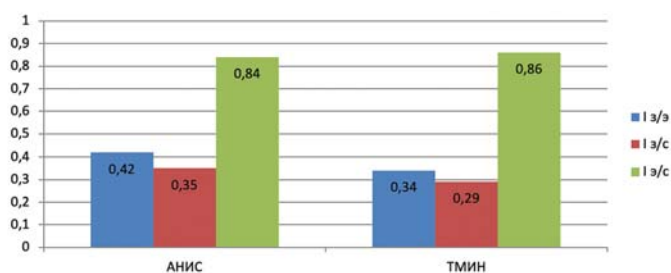


Рис. 2. Значение индексов $I_{э/э}$, $I_{э/с}$ и $I_{э/с}$ семян аниса и тмина
Fig. 2. $I_{э/э}$, $I_{э/с}$ and $I_{э/с}$ indices of anise and caraway seeds

Таблица 2. Коэффициенты корреляции (r) морфологических параметров семян аниса и тмина
Table 2. Correlation coefficients (r) of morphological parameters of anise and cumin seeds

Элемент	Эндосперм	Зародыш	$I_{э/э}$
Анис			
Семя	0,876 ($p = 3,1 \times 10^{-3}$)	0,195 ($p = 4,3 \times 10^{-3}$)	-0,221 ($p = 1,2 \times 10^{-4}$)
Эндосперм	-	0,237 ($p = 0,9 \times 10^{-5}$)	-0,345 ($p = 1,7 \times 10^{-4}$)
Зародыш	-	-	-0,313 ($p = 3,4 \times 10^{-4}$)
Тмин			
Семя	0,912 ($p = 4,1 \times 10^{-3}$)	0,229 ($p = 5,4 \times 10^{-5}$)	-0,238 ($p = 1,9 \times 10^{-5}$)
Эндосперм	-	0,214 ($p = 3,1 \times 10^{-4}$)	-0,329 ($p = 4,2 \times 10^{-4}$)
Зародыш	-	-	-0,303 ($p = 1,7 \times 10^{-5}$)

У тмина значение индекса $I_{э/э}$ характеризующего длину зародыша относительно эндосперма, составило $0,34 \pm 0,01$, а индекса $I_{э/с}$ – $0,29 \pm 0,01$, несмотря на то, что абсолютные значения линейных параметров были значительно выше, чем у аниса. Индекс $I_{э/с}$, определяющий отношение длины эндосперма к длине семени (плоду), для обеих культур изменялся в незначительных пределах: от 0,84 до 0,86.

Корреляционный анализ показал, что тесная связь отмечена у аниса ($r = 0,912$) и тмина ($r = 0,876$) только между длиной семени и длиной эндосперма (табл. 2). Значение коэффициента корреляции между линейными размерами семени и зародыша составляло 0,195 у аниса и 0,229 у тмина, а между длиной эндосперма и длиной зародыша соответственно 0,237 и 0,214. Коэффициенты корреляции между индексом $I_{э/э}$ и линейными размерами семени, эндосперма и зародыша имели низкие отрицательные значения от -0,221 до -0,345.

Высокие значения коэффициентов корреляции между эндоспермом и семенем вполне объяснимы при условии хорошей выполненности семян. Низкие значения коэффициентов корреляции между другими изученными параметрами свидетельствует об относительной независимости их формирования.

Заключение

Ранее для анализа относительной величины зародыша была разработана градация этого показателя, согласно которой выделяют 6 классов семян по соотношению длины зародыша и эндосперма [31]. К первому классу относят семена, имеющие $I_{э/э} < 0,19$ и зародыш в стадии сердечка. Ко второму классу относят семена с индексом $I_{э/э}$ от 0,20 до 0,29, у которых семядоли и корешок равной длины. Семена третьего класса имеют индекс $I_{э/э}$ в пределах 0,30-0,39. Для семян четвертого класса индекс $I_{э/э}$ изменяется в пределах 0,40-0,59, а для семян пятого – от 0,60 до 0,79. Если отношение длины зародыша к длине эндосперма $> 0,80$, то семена относят шестому классу. Согласно полученным данным, семена тмина сорта Пересвет следует отнести к третьему классу, семена аниса сорта Витязь – к четвертому классу, имеющим более крупные относительно эндосперма зародыши. Следовательно, семена тмина, имея более крупный зародыш в физическом выражении, явно уступают семенам аниса по относительному размеру.

Об авторах:

Бухаров Александр Федорович – доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник группы семеноведения центра селекции и семеноводства, <https://orcid.org/0000-0003-1910-5390>

Харченко Виктор Александрович – кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией селекции и семеноводства зеленных, пряно-вкусовых и цветочных культур, <https://orcid.org/0000-0003-2775-9140>

Еремина Надежда Александровна – 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>

Viktor 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>

Nadezhda A. Eremina – Junior Researcher

● Литература

1. Tkachenko N.M., Tkachenko F.A. Семена овощных и бахчевых культур. М.: Колос, 1977. 192 с.
2. 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. *Acta Horticulturae*. 2015;(7):112. (doi.org/10.1093/aobpla/plv112).
3. Грушвицкий И.В. Роль недоразвития зародыша в эволюции цветковых растений. М.-Л.: Издательство АН СССР. 1961. 47 с.
4. Bianco V.V., Damato G., Defilippis R. Umbel position on the mother plant: "seed" yield and quality of seven cultivars of Florence fennel. *Acta Horticulturae*. 1994. 362: 51–58 (doi.org/10.17660/actahortic.1994.362.5).
5. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Мусаев Ф.Б. Мягколучевая рентгеноскопия - эффективный метод выявления "пустосемянности" овощных зонтичных культур Пермский аграрный вестник. 2015;1(9):6-11.
6. Tongshun W., Hongling W., Lei W., Baoping S. Germination of heteromorphic seeds of *Atriplex auchen* and its hormonal explanation. *Vegetes - An International Journal of Plant Research*. 2014;(27):103-107. (doi:10.5958/j.2229-4473.27.1.017)
7. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Кинетика прорастания семян. Система методов и параметров (учебно-методическое пособие). Москва, 2016. 64 с.
8. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Иванова М.И., Бухарова А.Р., Разин О.А. Морфометрия зародыша, как элемент системы тестирования качества семян укропа. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018;(72):63-66.
9. Фомин Б.Д., Лунева Г.И. Дозы и соотношения минеральных удобрений под морковь при выращивании на маточники и семена. Технология производства семян овощных культур. М.: ВНИИО, 1982. С.87-90.
10. Лудиллов В.А. Семеноводство овощных и бахчевых культур. М.: Глобус, 2000. 256 с.
11. Макрушин Н.М., Макрушина Е.М., Шабанов Р.Ю., Есоян Е.А., Черемуха Б.М. Семеноводство (методология, теория, практика). Симферополь: ИТ «Ариал», 2012. 556 с.
12. Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф., Бухарова А.Р. Анализ параметров качества семян укропа разной степени зрелости. Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2012;(2):5-7.
13. Vandeloek F., Janssens S.B., Probert R.J. Relative embryo length as an adaptation to habitat and life cycle in Apiaceae. *New Phytologist*. 2012;(195):479-487. (doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04172.x).
14. 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.
15. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н. Аллелопатическая активность у семян овощных сельдерейных культур. Сельскохозяйственная биология. 2014;49(1):86-90.
16. Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. Специфика прорастания семян овощных зонтичных культур при различных температурных режимах. Овощи России. 2012а;3(16): 38-46.
17. Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. Биология формирования и прорастания семян укропа. Овощи России. 2012б;1(14):54-59.
18. Panayotov N. Heterogeneity of carrot seeds depending on their position on the mother plant. *Folia Horticulturae*. 2010;(22):25-30 (doi.org/10.2478/fhort-2013-0147).
19. Еременко Л.Л. Морфологические особенности овощных растений в связи с семенной продуктивностью. Новосибирск: Издательство Наука. 1975. 469 с.
20. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Иванова М.И. Морфометрия разнокачественности семян овощных зонтичных культур в процессе формирования и прорастания. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014;7(117):26-32.
21. Николаева М.Г. Физиология глубокого покоя семян. Л.: Наука. 1967. 207 с.
22. Corbinaeu 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 (doi.org/10.1017/s096025850002749).
23. Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. Аллелопатия овощных зонтичных (Umbelliferae): торможение прорастания и индукция состояния покоя семян. Saarbrücken, Germany, 2012b. 129 с.
24. Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф., Багров Р.А. Повреждение овощных зонтичных культур щитником полосатым (*Graphosoma lineatum* L.) как фактор снижения продуктивности и качества семян. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014;10(120):19-25.
25. Gray D., Steckel J.R.A. Parsnip (*Pastinaca sativa*) seed production: effects of seed crop plant density, seed position on the mother plant, harvest date and method, and seed grading on embryo and seed size and seedling performance. *Annals of Applied Biology*. 1985. 107: 559-570 (doi.org/10.1111/j.1744-7348.1985.tb03172.x).
26. Holubowicz R, Morozowska M. Effect of umbel position on dill (*Anethum graveolens* L.) plants growing in field stands on selected seed stalk features. *Folia Horticulturae*. 2011;(23):157-163. (doi.org/10.2478/v10245-011-0024-3)
27. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н. Морфология разнокачественности семян овощных зонтичных культур, обусловленная местом формирования на материнском растении. Овощи России. 2012;2(15):44-47.
28. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Морфометрия в системе тестирования качества семян. М: Издательство ФГБНУ ФНЦО, 2020. 80 с.
29. Мусаев Ф.Б., Прияткин Н.С., Архипов М.В., Щукина П.А., Бухаров А.Ф., Иванова М.И. Цифровая морфометрия разнокачественности семян овощных культур Картофель и овощи. 2018;(6):35-37.
30. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Кашнова Е.В., Касаева Г.В., Иванова М.И., Разин О.А. Экологическая и сортовая изменчивость морфометрических параметров семян укропа. Картофель и овощи. 2019;(3):38-40.
31. Necajeva J., Ilevinsh G. Seed dormancy and germination of an endangered coastal plant *Eryngium maritimum* (Apiaceae). *Estonian Journal of Ecology*. 2013;(62):150-161. (doi.org/10.3176/eeco.2013.2.06).

● References

1. Tkachenko N.M., Tkachenko F.A. Seeds of vegetable and melon crops. M.: Kolos, 1977. 192 p. (In Russ.)
2. 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. *Acta Horticulturae*. 2015;(7):112. (doi.org/10.1093/aobpla/plv112).
3. Grushvitsky I.V. the Role of germ underdevelopment in the evolution of flowering plants. Moscow: Publishing house of the USSR Academy of Sciences, 1961. 47 p. (In Russ.)
4. Bianco V.V., Damato G., Defilippis R. Umbel position on the mother plant: "seed" yield and quality of seven cultivars of Florence fennel. *Acta Horticulturae*. 1994;(362):51-58. (doi.org/10.17660/actahortic.1994.362.5).
5. Bukharov A.F., Baleev D.N., Mусаev F.B. Soft beam fluoroscopy is an effective method for detecting the "seedlessness" of vegetable umbrella crops. *Perm Agrarian Bulletin*. 2015;1(9):6-11. (In Russ.)
6. Tongshun W., Hongling W., Lei W., Baoping S. Germination of heteromorphic seeds of *Atriplex auchen* and its hormonal explanation. *Vegetes - An International Journal of Plant Research*. 2014;(27):103-107. (doi:10.5958/j.2229-4473.27.1.017)
7. Bukharov A.F., Baleev D.N., Bukharova A. R. kinetics of seed germination. System of methods and parameters (training manual). Moscow, 2016. 64 p. (In Russ.)
8. Bukharov A.F., Baleev D.N., Ivanova M.I., Bukharova A.R., Razin O.A. Morphometry as an element of the dill seed quality testing system. *Proceedings of the Kuban state agrarian University*. 2018;(72):63-66. (In Russ.)
9. Fomin B.D., Luneva G.I. Doses and ratios of mineral fertilizers for carrots when growing on Queen cells and seeds. *Technology of production of vegetable seeds*. Moscow: VNIPO, 1982. P.87-90. (In Russ.)
10. Ludilov V.A. Seed production of vegetable and melon crops. Moscow: Globus, 2000. 256 p. (In Russ.)
11. Makrushin N.M., Makrushina E.M., Shabanov R.Yu., Yesayan E.A., Cheremukha B.M. Seed production (methodology, theory, practice). Simferopol: it "Ariall", 2012. 556 p. (In Russ.)
12. Baleev D.N., Bukharov A.F., Bukharova A.R. Analysis of quality parameters of dill seeds of different degrees of maturity. *Bulletin of the Bashkir state agrarian University*. 2012;(2):5-7. (In Russ.)
13. Vandeloek F., Janssens S.B., Probert R.J. Relative embryo length as an adaptation to habitat and life cycle in Apiaceae. *New Phytologist*. 2012;(195):479-487. (doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04172.x).
14. Baleev D.N., Bukharov A.F. Longevity of vegetable umbrella crops seeds and their germination physiology. *Bulletin of the Altai state agrarian University*. 2013;11(109):022-025. (In Russ.)
15. Bukharov A.F., Baleev D.N. Allelopathic activity in vegetable celery seeds. *Agricultural biology*. 2014;49(1):86-90. (In Russ.)
16. Baleev D.N., Bukharov A.F. Specifics of germination of seeds of vegetable umbrella crops under different temperature conditions. *Vegetable crops of Russia*. 2012;(3):38-46. (In Russ.)
17. Baleev D.N., Bukharov A.F. Biology of formation and germination of dill seeds. *Vegetables crops of Russia*. 2012;(1):54-59. (In Russ.)
18. Panayotov N. Heterogeneity of carrot seeds depending on their position on the mother plant. *Folia Horticulturae*. 2010;(22):25-30. (doi.org/10.2478/fhort-2013-0147).
19. Eremenko L.L. Morphological features of vegetable plants in connection with seed productivity. *Novosibirsk: Nauka Publishing House*. 1975. 469 p. (In Russ.)
20. Bukharov A.F., Baleev D.N., Ivanova M.I. Morphometry of different quality of seeds of vegetable umbrella crops in the process of formation and germination. *Bulletin of the Altai state agrarian University*. 2014;7(117):26-32. (In Russ.)
21. Nikolaeva M.G. Physiology of deep rest of seeds. L.: Nauka. 1967. 207 p. (In Russ.)
22. Corbinaeu 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. (doi.org/10.1017/s096025850002749).
23. Baleev D.N., Bukharov A.F. Allelopathy of vegetable Umbelliferae: inhibition of germination and induction of seed dormancy. Saarbrücken, Germany, 2012b. 129 p. (In Russ.)
24. Baleev D.N., Bukharov A.F., Bagrov R.A. Damage to vegetable umbrella crops by the striped shield (*Graphosoma lineatum* L.) as a factor of reducing productivity and quality of seeds. *Bulletin of the Altai state agrarian University*. 2014;10(120):19-25. (In Russ.)
25. Gray D., Steckel J.R.A. Parsnip (*Pastinaca sativa*) seed production: effects of seed crop plant density, seed position on the mother plant, harvest date and method, and seed grading on embryo and seed size and seedling performance. *Annals of Applied Biology*. 1985;(107):559-570. (doi.org/10.1111/j.1744-7348.1985.tb03172.x).
26. Holubowicz R, Morozowska M. Effect of umbel position on dill (*Anethum graveolens* L.) plants growing in field stands on selected seed stalk features. *Folia Horticulturae*. 2011;(23):157-163. (doi.org/10.2478/v10245-011-0024-3)
27. Bukharov A.F., Baleev D.N. Morphology of different quality of seeds of vegetable umbrella crops, due to the place of formation on the mother plant. *Vegetable crops of Russia*. 2012;(2):44-47. (In Russ.)
28. Bukharov A.F., Baleev D.N., Bukharova A.R. Morphometry in the system of testing the quality of seeds. M., 2020. 80 p. (In Russ.)
29. Mусаev F.B., Pleitkin N.S., Arkhipov M.V., Schukina P.A., Bukharov A.F., Ivanova M.I. Digital morphometry of different quality vegetable seeds. *Potatoes and vegetables*. 2018;(6):35-37. (In Russ.)
30. Bukharov A.F., Baleev D.N., Kashnova E.V., Kasaeva G.V., Ivanova M.I., Razin O.A. Ecological and varietal variability of morphometric parameters of dill seeds. *Potatoes and vegetables*. 2019;(3):38-40. (In Russ.)
31. Necajeva J., Ilevinsh G. Seed dormancy and germination of an endangered coastal plant *Eryngium maritimum* (Apiaceae). *Estonian Journal of Ecology*. 2013;(62):150-161. (doi.org/10.3176/eeco.2013.2.06).