

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-1-33-38>
УДК 635.492:631.531:57.087.1

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

¹ Всероссийский 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

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

***Автор для переписки:**

kharchenkoviktor777@gmail.com

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Все авторы участвовали в написании статьи, прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи.

Для цитирования: Бухаров А.Ф., Харченко В.А., Еремина Н.А. Специфика проявления морфометрических параметров семян в сортовых популяциях фенхеля овощного (*Foeniculum vulgare ssp. vulgare* (Miller) Thell.). Овощи России. 2022;(1):33-38. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-1-33-38>

Поступила в редакцию: 24.01.2022

Принята к печати: 09.02.2022

Опубликована: 25.02.2022

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

¹ All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center" p. 500, Vereya village, Ramensky district, Moscow region, 140153, Russia

² Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC) 14, Selektsionnaya str., VNISSOK, Odintsovo district, Moscow region, 143072, Russian Federation

***Correspondence Author:**

kharchenkoviktor777@gmail.com

Conflict of interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

Author contributions: All authors reviewed and agreed to the published version of the manuscript.

For citations: Bukharov A.F., Kharchenko V.A., Eremina N.A. The specifics of the manifestation of morphometric parameters of seeds in varietal populations of vegetable fennel (*Foeniculum vulgare ssp. vulgare* (Miller) Thell.). Vegetable crops of Russia. 2022;(1):33-38. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-1-33-38>

Received: 24.01.2022

Accepted for publication: 09.02.2022

Published: 25.02.2022

Специфика проявления морфометрических параметров семян в сортовых популяциях фенхеля овощного (*Foeniculum vulgare ssp. vulgare* (Miller) Thell.)

**Резюме**

Изучено семь образцов фенхеля овощного селекции ФГБНУ ФНЦО, у которых выявлены существенные различия по степени выраженности основных морфологических параметров (длина семени, эндосперма и зародыша). Анализировали последовательно длину каждого семени, эндосперма (на продольном разрезе) и зародыша (после выделения). Рассчитывали индексы $I_{э/с}$, $I_{з/с}$ как соответствующие отношения длины семени, эндосперма и зародыша.

Результаты. Группа образцов фенхеля овощного показала существенные различия по длине семени, эндосперма и зародыша и их соотношений. Сорт Удалец, использованный в качестве стандарта, имел длину семени $6,85 \pm 0,164$ мм, длину эндосперма $5,30 \pm 0,118$ мм и длину зародыша $2,35 \pm 0,093$ мм. Популяция №17 ФНЦО и сорт Корвет селекции ВНИИО и коллекционный образец вр. 161 местной популяции из Индии существенно (на 18,5 и 17,5%) превышали среднее значение стандарта по длине семени при 1% уровне значимости, а минимальное значение параметра ($5,65 \pm 0,109$) отмечено в популяции №10 ФНЦО. Минимальное значение длины эндосперма отмечено у образцов №10 ($4,16 \pm 0,094$) и №11 ($5,11 \pm 0,167$), что на 21,5 и 4,5% ниже стандарта. Наиболее крупным эндоспермом обладали семена сорта Корвет ($6,18 \pm 0,169$ мм) и образца №17 ФНЦО ($6,09 \pm 0,158$ мм), что на 16,6 и 14,9% превышает стандарт. Остальные образцы превышали стандарт по этому показателю, но в меньшей степени. Длина зародыша только у сорта Корвет ($2,38 \pm 0,097$ мм) была на уровне стандарта, и даже незначительно превышала его. У остальных образцов этот показатель существенно ниже стандарта. В зависимости от образца коэффициент вариации показателей изменялся для длины зародыша (17,7–32,8%), длины эндосперма (9,6–12,2 %) и длины семени (8,6–12,8%). Тесная связь отмечена только между длиной семени и длиной эндосперма, коэффициент корреляции изменялся от 0,595 (№ 11 ФНЦО) до 0,837 (Удалец St). Все значения коэффициента корреляции имели положительное значение. Согласно значению индекса $I_{э/з}$ ко второму классу (0,20–0,29) отнесены семена образцов №15 ФНЦО и вр. 161 Индия. Семена образцов №17, №10 и сорта Корвет, имеющие индекс от 0,30 до 0,39, отнесены к третьему классу. К четвертому классу отнесены семена сорта Удалец (St) и селекционного образца №11 ФНЦО.

Ключевые слова: фенхель, сорта, семя, эндосперм, зародыш, морфометрия

The specifics of the manifestation of morphometric parameters of seeds in varietal populations of vegetable fennel (*Foeniculum vulgare ssp. vulgare* (Miller) Thell.)

Abstract

Seven accessions of vegetable fennel selection of the Federal Scientific Vegetable Center for Ecology were studied, in which significant differences were found in the degree of expression of the main morphological parameters (the length of the seed, endosperm and embryo). The length of each seed, endosperm (on a longitudinal section), and embryo (after isolation) were analyzed sequentially. The experiment was repeated four times, in each repetition at least 30 seeds. The indices $I_{э/с}$, $I_{з/с}$ were calculated as the corresponding ratios of the length of the seed, endosperm, and embryo.

Results. A group of vegetable fennel samples showed significant differences in the length of the seed, endosperm and embryo and their ratios. The variety Udalets used as a standard had a seed length of 6.85 ± 0.164 mm, an endosperm length of 5.30 ± 0.118 mm, and an embryo length of 2.35 ± 0.093 mm. Population No. 17 of the FSVC and variety Corvete of the VNIIO selection and collection sample vr. 161 local populations from India significantly (by 18.5 and 17.5%) exceeded the average value of the standard for seed length at a 1% significance level, and the minimum value of the parameter (5.65 ± 0.109) was noted in population No. 10 of the FSVC. The minimum endosperm length was noted in samples No. 10 (4.16 ± 0.094) and No. 11 (5.11 ± 0.167), which is 21.5 and 4.5% lower than the standard. The largest endosperm was possessed by the seeds of the Korvet variety (6.18 ± 0.169 mm) and sample No. 17 of the FSVC (6.09 ± 0.158 mm), which exceeds the standard by 16.6 and 14.9%. The remaining samples exceeded the standard in this indicator, but to a lesser extent. The length of the embryo only in the Corvete variety (2.38 ± 0.097 mm) was at the level of the standard, and even slightly exceeded it. For the rest of the specimens, this indicator varied from 1.44 ± 0.065 mm for No. 10 to 2.25 ± 0.165 mm for No. 10, which is significantly 4.2–38.7 below the standard. Depending on the sample, the coefficient of variation of indicators changed for the length of the embryo (17.7–32.8%), the length of the endosperm (9.6–12.2%) and the length of the seed (8.6–12.8%). A close relationship was noted only between the length of the seed and the length of the endosperm, the correlation coefficient varied from 0.595 (No. 11 FSVC) to 0.837 (Udalets St). All values of the correlation coefficient had a positive value. According to the value of the $I_{э/з}$ index, the seeds of accessions No. 15 of the FSVC and vr. 161 India. Seeds of accessions No. 17, No. 10 and varieties Corvete with an index from 0.30 to 0.39 are assigned to the third class. The fourth class includes seeds of the variety Udalets (St) and selection sample No. 11 of the FSVC.

Keywords: fennel, varieties, seed, endosperm, germ, morphometric parameters

Введение

Недоразвитие зародыша – типичное явление, широко распространенное среди представителей семейства зонтичные (*Umbelliferae Moris.*) [1-5]. Наличие недоразвитого зародыша определяет склонность семян к замедленному прорастанию и предрасположенность впасть в состояние покоя под влиянием высокой температуры, аллелопатического и других факторов [6-11]. Учитывая, что степень дифференциации зародыша в зрелых семенах может варьировать в широких пределах, бывает достаточно сложно вырастить семена с высокими посевными качествами [9,12-15]. Известна недолговечность и быстрое снижение посевных качеств, в процессе хранения и после предпосевной подготовки семян зонтичных культур [16,17,18].

Морфологические параметры семян овощных зонтичных культур подвержены значительной вариабельности под влиянием внешних факторов, в том числе экологических, погоднo-климатических, почвенных условий, обеспеченности элементами минерального питания, своевременности и качества выполнения агротехнических операций [12-14,19,20].

Наличие в пределах одного растения семян, резко отличающихся по массе и линейным размерам, морфологии внешнего и внутреннего строения широко распространено у культивируемых и дикорастущих видов семейства зонтичные (*Umbelliferae Moris.*) [21-25]. Неоднородность семян овощных сельдерейных культур в значительной степени может быть следствием особенностей строения семенников, положения цветков и плодов в пределах растения и соцветия [16,17,18, 20, 26-28].

Морфологические параметры органов плодов зонтичных культур изменяются от степени зрелости, сроков и способов уборки, а также воздействия машин и оборудования в процессе уборки, сушки, сортировки семян. Морфологические параметры и, прежде всего, абсолютные и относительные размеры зародыша существенно влияют на динамику прорастания семян овощных зонтичных культур, особенно при экстремальных температурах [29-31]. Сочетание всех этих и других факторов в комплексе может приводить к существенному запаздыванию всходов и снижению их дружности, особенно в неблагоприятных почвенных и климатических условиях.

Еще более широкие пределы изменчивости семян по комплексу признаков, в том числе морфометрии, посевным качествам и характеру прорастания отмечены в пределах сортовых популяций [32-35]. Выявлено, что линейные размеры морфологические элементов плодов у различных сортов могут существенно отличаться [8]. Показано что вклад сотового фактора в вариабельность этих показателей может превышать 48 %, в то время как внешние причины обеспечивают до 39 % изменчивости [36].

Учитывая, что внутренние морфологические параметры семян (прежде всего зародыша) зонтичных культур, будучи эволюционно закрепленными признаками, могут оказывать существенное влияние на посевные качества, исследования в этом направлении представляют большой практический интерес.

Поэтому, целью настоящей работы было изучение различных образцов фенхеля овощного по длине основных внутренних морфологических элементов семян.

Материал и методы

Объектом исследований служили семена районированных сортов и селекционных образцов фенхеля овощного, созданных в ФНЦО.

Длину семени и эндосперма измеряли с помощью штангенциркуля (ГОСТ 166-89). Длину зародыша определяли на микроскопе Levenhuk 670T и видеоокуляра DCM 300 MD (Microscope Digital, Китай) при увеличении $\times 40$ с использованием программы Scope Photo (Image Software V. 3.1.386).

Семена предварительно замачивали в 14% водном растворе гипохлорита натрия в течение 1 часа, затем промывали в проточной воде и выкладывали на влажную фильтровальную бумагу. У каждого семени последовательно измеряли его длину, длину эндосперма (на продольном разрезе) и длину зародыша (после выделения). Повторность опыта четырехкратная, в каждой повторности не менее 30 семян.

Индексы $I_{\text{з/с}}$, $I_{\text{з/з}}$, $I_{\text{з/с}}$ рассчитывали, как соответствующие отношения длины семени, эндосперма и зародыша.

В качестве стандарта использован сорт Удалец. Различия между значениями параметров изученных образцов считали статистически значимыми при $P \leq 0,05$.

Результаты исследований и обсуждение

Фенхель овощной (итальянский, сладкий) (*Foeniculum vulgare ssp. vulgare (Miller) Thell.*) типичный представитель семейства Сельдерейные (Apiaceae). Растение многолетнее, но в культуре возделывают как однолетнее или двулетнее. Стебель прямостоячий, полый, округлый или слабоборбистый, сильноразветвленный. Листья многократно перисто-рассеченные на длинные нитевидные дольки. Мелкие цветки желтоватого цвета собраны в сложный зонтик, состоящий из 11-27 простых зонтиков, несущих 10-25 цветков. Растение перекрестноопыляемое. Плод – двусемянка. По внешнему виду фенхель похож на укроп, а по вкусу и аромату напоминает анис. Фенхель богат аскорбиновой кислотой, каротином, эфирными маслами. В пищу употребляет все части растения: прежде всего «кочанчики» (утолщения, образованные основаниями черешков листьев), листья, стебли, корни, плоды. Плоды фенхеля содержат от 3,5 до 6 % эфирного масла, преимущественно состоящего из анетолы. Эфирное масло широко используется в фармацевтической, пищевой и мыловаренной промышленности. Кроме того фенхель прекрасный медонос [37-39].

В Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО) создано два сорта фенхеля овощного [40].

Сорт Удалец – высокоурожайный, среднеспелый сорт. От всходов до образования «кочанчиков» 75-80 суток. Растения мощные, высотой 50-60 см, хорошо облиственные. Листья крупные, ароматные. «Кочанчики» массой 115-120 г. На зелень листья убирают до начала цветения. Зелень и «кочанчики» используется в свежем и переработанном виде в кулинарии. Плоды широко применяются в народной медицине. Посев семян непосредственно в открытый грунт в мае. Чтобы ускорить появление всходов, семена перед посевом замачивают на сутки в воде, периодически ее меняя. Затем их слегка подсушивают до сыпучего состояния и высевают рядовым способом на глубину 1,5-2 см, с шагом между рядками 30 см. Светолюбив, теплолюбив, хороший урожай формирует на плодородных почвах и высоком агрофоне [41].

Сорт Корвет – включен в Государственный реестр по Российской Федерации в 2005 году для садово-огородных участков, приусадебных и мелких фермерских хозяйств. Рекомендуется для использования зелени в свежем и сушеном виде в качестве пряно-вкусовой добавки к супам, мясным блюдам и овощам. «Кочанчики» и корни отваривают или употребляют в сыром виде как салат. Период от полных всходов до начала технической спелости (образование «кочанчика») 115-127 суток. Растение высотой 50-60 см, ветвистое. Розетка листьев полуприподнятая. Лист среднего размера, трижды-четыреждыперисто-рассеченный, темно-зеленый, «кочанчики» беловатого цвета, эллиптической формы, плотный, массой 250-380 г. Урожайность зелени 1,2 кг/м², «кочанчиков» 1,3-2,7 кг/м². Сорт овощного фенхеля Корвет рекомендуется выращивать рассадным способом. Посев осуществлять в последней декаде марта в горшочки или кассеты. Оптимальная густота стояния 5-7 растений на 1 м² при схеме посадки 70 х (25-30) см. Назначение сорта – потребление в свежем, переработанном, консервированном виде, в качестве приправы [42].

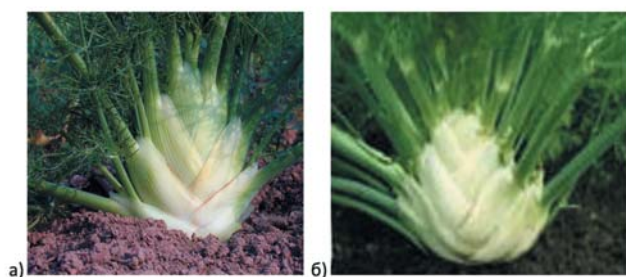


Рис. 1. Фенхель овощной сорт Удалец (а), сорт Корвет (б)
Fig. 1. Fennel vegetable variety Udalets (a), variety Korvet (b)

Группа образцов фенхеля овощного показала существенные различия по длине семени, эндосперма и зародыша и их соотношений. Сорт Удалец, использованный в качестве стандарта, имел длину семени 6,85±0,164 мм, длину эндосперма 5,30±0,118 мм и длину зародыша 2,35±0,093 мм. Два селекционных образца (№11 и №10) в той или иной степени уступали ему по длине семени на 9,1 и 17,5% соответственно. Коллекционный образец К вр 161 из Индии и селекционная популяция №15 ФНЦО превышали стандарт по этому показателю на 1,2-8,5%. Максимальная длина семени отмечена у сорта Корвет (8,12±0,232 мм) и образца №17 ФНЦО (8,05±0,209 мм), что на 18,5 и 17,5% превышает стандарт (табл. 1)

Почти синхронно изменялась длина эндосперма у изученных образцов. Минимальное значение этого показателя отмечено у образцов №10 (4,16±0,094) и №11 (5,11±0,167), что на 21,5 и 4,5% ниже стандарта. Наиболее крупным зародышем обладали семена сорта Корвет (6,18±0,169 мм) и образца №17 ФНЦО (6,09±0,158 мм), что на 16,6 и 14,9% превышает стандарт. Остальные образцы превышали стандарт по этому показателю, но в меньшей степени.

Практический интерес представляет значение длины зародыша, поскольку его недоразвитие в значительной степени определяет динамику прорастания семян, и в конечном счете, их посевные качества [18]. В процессе прорастания зародыш зонтичных культур, длительное время (в зависимости от температурных условий) растет и развивается внутри семени прежде, чем выдвинется за пределы семенной оболочки [14]. Длина зародыша только у сорта Корвет (2,38±0,097 мм) была на уровне стандарта, и даже незначительно превышала его. У остальных образцов этот показатель изменялся от 1,44±0,065 мм у №10 до 2,25±0,165 мм у №10, что существенно на 4,2-38,7 ниже стандарта.

Средние значения коэффициента вариации (*V*) для линейных размеров семени изменялись от 8,63% (№10 ФНЦО) до 12,8% (Корвет ВНИИО), а для эндосперма от 7,72% (№11 ФНЦО) до 12,2% (Корвет ВНИИО). Средние значения коэффициента вариации (*V*) длины зародыша изменялись в более широких пределах от 17,7% (Удалец ФНЦО St) до 32,8% (№11 ФНЦО).

Значение индекса $I_{3/2}$, который характеризует длину зародыша относительно эндосперма, изменялось от 0,275 (вр. 161 Индия) до 0,442 (Удалец (St)). (табл. 2). Значение индекса $I_{3/С}$, определяющего отношение длины зародыша к длине семени, находилось в пределах от 0,218 (вр. 161 Индия) до 0,361 (№11 ФНЦО). Индекс $I_{Э/С}$, характеризующий отношение длины эндосперма к длине семени (плоду), изменялся в незначительных пределах от 0,736 (№10 ФНЦО) до 0,820 (№11 ФНЦО).

Согласно ранее разработанной методике [43] и позднее сделанных к ней дополнений [35,44] предложена градация семян по индексу $I_{3/2}$ характеризует относительную длину зародыша. Ко второму классу следует относить семена, имеющие $I_{3/2}$ от 0,10 до 0,19. К третьему классу относят семена с индексом $I_{3/2}$ от 0,20 до 0,29. Семена четвертого класса имеют индекс $I_{3/2}$ в пределах 0,30-0,39. Для семян пятого класса индекс $I_{3/2}$ изменяется в пределах 0,40-0,49, а для семян шестого класса – от 0,50 до

Таблица 1. Сортоспецифика основных линейных параметров семян
Table 1. Varietal specifics of the main linear parameters of seeds

Название и происхождение образца	Длина семени, мм		Длина эндосперма, мм		Длина зародыша, мм	
	ХСР ±SXср	V, %	ХСР ±SXср	V, %	ХСР ±SXср	V, %
1 № 17 ФНЦО	8,05±0,209	11,6	6,09±0,158	11,6	1,96±0,131	29,8
2 № 15 ФНЦО	6,93±0,166	10,7	5,68±0,120	9,44	1,58±0,101	28,7
3 № 11 ФНЦО	6,23±0,167	12,0	5,11±0,167	7,72	2,25±0,165	32,8
4 Удалец ФНЦО (St)	6,85±0,164	10,7	5,30±0,118	9,97	2,35±0,093	17,7
5 № 10 ФНЦО	5,65±0,109	8,63	4,16±0,094	10,1	1,44±0,065	20,3
6 вр. 161 Индия	7,43±0,198	11,9	5,89±0,126	9,6	1,62±0,089	24,6
7 Корвет ВНИИО	8,12±0,232	12,8	6,18±0,169	12,2	2,38±0,097	18,2

*различия существенны при 5% уровне значимости

**различия существенны при 1% уровне значимости

0,59. Если отношение длины зародыша к длине эндосперма от 0,60 до 0,69, то семена относят к седьмому классу и т.д.

Это позволило разделить изученные сорта на три группы по значению индекса $I_{3/3}$. К третьему классу (0,20-0,29) отнесены семена образцов №15 ФНЦО и вр. 161 Индия. Семена образцов №17, №10 и сорта Корвет, имеющие индекс от 0,30 до 0,39, отнесены к четвертому классу. К пятому классу отнесены семена сорта Удалец (St) и селекционного образца № 11 ФНЦО, индекс $I_{3/3}$ которых превышает уровень 0,40. Самый крупный зародыш в физическом выражении ($2,38 \pm 0.097$) имеет сорт Корвет, однако он явно уступает стандарту по относительному размеру ($I_{3/3}=0,385$) на 12,9%.

Таблица 2. Значение индексов $I_{3/3}$, $I_{3/с}$, $I_{3/э}$ семян различных образцов фенхеля

Table 2. The specifics of the manifestation of morphometric parameters of seeds in varietal populations of vegetable fennel

Название и происхождение образца	$I_{3/с}$	$I_{3/э}$	$I_{3/3}$
1 № 17 ФНЦО	0,756	0,244	0,332
2 № 15 ФНЦО	0,819	0,228	0,279
3 № 11 ФНЦО	0,820	0,361	0,441
4 Удалец (St)	0,774	0,343	0,442
5 № 10 ФНЦО	0,736	0,254	0,346
6 вр. 161 Индия	0,793	0,218	0,275
7 Корвет ВНИИО	0,761	0,293	0,385

Корреляционный анализ показал, что тесная связь отмечена только между длиной семени и длиной эндосперма (табл. 3). Коэффициент корреляции (r) между этими показателями изменялся от 0,595 (№11 ФНЦО) до 0,837 (Удалец St). Значение коэффициента корреляции между линейными размерами семени и зародыша находилось в пределах от 0,148 у образца №17 ФНЦО, до 0,520 у образца №15 ФНЦО. Коэффициент корреляции между длиной эндосперма и длиной зародыша изменялся соответственно от 0,052 (№10 ФНЦО) до 0,480 (№17 ФНЦО). Следует отметить, что все значения коэффициента корреляции имели положительное значение. У хорошо выполненных семян высокие значения коэффициентов корреляции между эндоспермом и семенем вполне закономерны. Низкие значения коэффициентов корреляции между этими параметрами и длиной зародыша свидетельствует об относительной независимости его развития.

Для практического семеноводства важны причины, вызывающие различную степень проявления линейных размеров внутренних элементов семени. Выделяют несколько основных факторов, вызывающих разнокачественность семян, в том числе: матрикальные, связанные с различием местонахождения семени на материнском растении и обеспеченности его питанием [28], экологические, которые проявляются в результате взаимодействия растения и семени с условиями внешней среды [45]. В

Таблица 3. Коэффициенты корреляции (r) основных параметров семян

Table 3. Correlation coefficients (r) of the main parameters of seeds

Название и происхождение образца	Семя - эндосперм	Семя - зародыш	Эндосперм - зародыш
1 № 17 ФНЦО	0,713	0,148	0,480
2 № 15 ФНЦО	0,679	0,520	0,450
3 № 11 ФНЦО	0,595	0,235	0,101
4 Удалец (St)	0,837	0,158	0,425
5 № 10 ФНЦО	0,666	0,188	0,052
6 вр. 161 Индия	0,821	0,265	0,122
7 Корвет ВНИИО	0,794	0,292	0,158

качестве самостоятельных выделяют агротехнические (сроки посева, густота стояния, схемы расположения растений, уровень минерального питания, орошение, другие технологические приемы и операции) факторы [46]. Перечисленные факторы, как правило, вызывают ненаследуемые (модификационные) изменения. Они представляют интерес для семеноводства. Их следует учитывать при выборе эколого-географических условий для размещения семеноводческих посевов, разработке технологических приемов, оптимизации густоты стояния семян растений. Особое значение имеют генетические факторы, использование которых обеспечивает селекционное совершенствование морфологических, физиологических, биохимических и других признаков семян. Целенаправленный отбор в этом направлении проводился очень редко и только в отношении культур, у которых смена являются товарными органами, следовательно, задача улучшения семян селекционными методами может стать весьма актуальной.

Закключение

У группы образцов фенхеля выявлены существенные различия по степени проявления основных морфометрических параметров семян, в том числе длине семени, эндосперма и зародыша. Наибольший интерес представляет сорта Удалец и Корвет селекции ФНЦО, которые стабильно превышали средний уровень по сочетанию всех трех показателей. Изучены коэффициенты корреляции между этими параметрами, которые свидетельствуют о возможности рассматривать их в качестве селекционно-значимых признаков. Используя методику градации и сравнительного анализа индекса $I_{3/3}$ (величины зародыша относительно эндосперма) выделено три группы сортов по этому показателю. Максимальное значение индекса $I_{3/3}$ отмечено у сорта Удалец (0,442) и селекционного образца №11 (0,441), которые по этому показателю отнесены к пятому классу. Сорт Корвет, имея самый крупный зародыш в физическом выражении ($2,38 \pm 0.097$), явно уступает стандарту по относительному размеру ($I_{3/3}=0,385$) на 12,9%. Повидимому последний показатель будет более предпочтителен при сравнении и отборе.

Об авторах:

Александр Федорович Бухаров – доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, <https://orcid.org/0000-0002-3130-8038>, afb56@mail.ru

Виктор Александрович Харченко – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией селекции и семеноводства зеленых, пряно-вкусовых и цветочных культур, <https://orcid.org/0000-0003-2775-9140>, автор для переписки, kharchenkoviktor777@gmail.com

Надежда Александровна Еремина – мл. научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-3277-5794>

About the authors:

Aleksandr F. Bukharov – Doc. Sci. (Agriculture), Head of the laboratory of seed production and seed research, <https://orcid.org/0000-0002-3130-8038>, afb56@mail.ru

Viktor A. Kharchenko – Cand. Sci. (Agriculture), Head of laboratory selection and seed of green, spicy-flavoring and flower crops, <https://orcid.org/0000-0003-2775-9140>, Correspondence Author, kharchenkoviktor777@gmail.com

Nadezhda A. Eremina – Jr. Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-3277-5794>

• Литература

- Ткаченко Н.М., Ткаченко Ф.А. Семена овощных и бахчевых культур. М.: Колос, 1977. 192 с.
- 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. doi.org/10.1093/aobpla/plv112
- Грушвицкий И.В. Роль недоразвития зародыша в эволюции цветковых растений. М.-Л.: Издательство АН СССР. 1961. 47 с.
- 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)
- Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Иванова М.И., Бухарова А.Р. Изменчивость, корреляция и факторы формирования морфологических параметров семян укропа. *Овощи России*. 2017;(5):37–41. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-5-37-41>
- 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 (doi:10.5958/j.2229-4473.27.1.017)
- Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Кинетика прорастания семян. Система методов и параметров (учебно-методическое пособие). Москва, 2016. 64 с.
- 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.
- Фомин Б.Д., Лунева Г.И. Дозы и соотношения минеральных удобрений под морковь при выращивании на маточки и семена. Технология производства семян овощных культур. М.: ВНИИО, 1982. С. 87-90.
- 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
- 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 (doi:10.1016/j.sajb.2009.05.001)
- Лудилев В.А. Семеноводство овощных и бахчевых культур. М.: Глобус, 2000. 256с.
- Макушин Н.М., Макушина Е.М., Шабанов Р.Ю., Есоян Е.А., Черемха Б.М. Семеноводство (методология, теория, практика) / Н.М. Макушин. – Симферополь: ИТ «Ариал», 2012. 556 с.
- 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.
- 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. (doi.org/10.1017/s096025851300010x)
- Vandelook 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)
- 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.
- Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н. Аллелопатическая активность у семян овощных сельдерейных культур. *Сельскохозяйственная биология*. 2014;49(1):86-90.
- 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.
- Овчаров К.Е., Кизилова Е.Г. Разнокачественность семян и продуктивность растений. М.: Колос, 1966. 160 с.
- 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)
- Еременко Л.Л. Морфологические особенности овощных растений в связи с семенной продуктивностью. Новосибирск: Издательство Наука. 1975. 469 с.
- 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.
- 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.
- Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н. Морфометрия семян петрушки и сельдерея. *Картофель и овощи*. 2014;(5):34-36.
- Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. Специфика прорастания семян овощных зонтичных культур при различных температурных режимах. *Овощи России*. 2012;(3):38-46. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2012-3-38-46>
- Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. биология формирования и прорастания семян укропа. *Овощи России*. 2012;(1):54-59. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2012-1-54-59>
- Строна И. Г. Общее семеноведение полевых культур. М.: Колос, 1966. 464 с.
- 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.
- 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).
- Bukharov A.F., Baleev D.N., Soldatenko A.V., Musaev F.B., Kezimana P., Priyatkin N.S. Impacts of high temperature on embryonic growth and seed germination of dill (*Anethum graveolens*). *Seed Science and Technology*. April 2021;49(1):7-17(11).
- Николаева М.Г. Физиология глубокого покоя семян. Л.: Наука. 1967. 207 с.
- 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. (doi.org/10.1017/s0960258500002749)
- Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. Аллелопатия овощных зонтичных (*Umbelliferae*): торможение прорастания и индукция состояния покоя семян. Saarbrücken, Germany, 2012. 129 с.
- Бухаров А.Ф., Еремина Н.А. Индексы морфологических элементов семян зонтичных: значение для тестирования и селекции. Продовершенство и безопасность: проблемы и пути решения. Материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). Махачкала. ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан», 2021. С.358-362.
- 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
- Эфиромасличные культуры. Под редакцией А.М. Смолянова и А.Т. Ксендза. М.: «Колос» 1976. 336 с.
- Машанов В.И., Покровский А.А. Пряноароматические растения. М.: Агропромиздат. 1991. 287 с.
- Горбунова Е.В. Обоснование основных элементов технологии комплексной переработки сырья фенхеля обыкновенного (*Foeniculum vulgare* Mill). Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Мичуринск – наукоград РФ, 2015. С.24
- Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 719 с.
- Шевченко Ю.П., Харченко В.А., Шевченко Г.С., Солдатенко А.В. Зеленные и пряно-вкусовые культуры. Федеральный научный центр овощеводства. Москва. 2019. С.119-121.
- Лудилев В.А., Иванова М.И. Редкие и малораспространенные овощные культуры (биология, выращивание, семеноводство). М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 196 с.

43. Necajeva J., levinsh 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/eco.2013.2.06)
 44. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Морфометрия в системе тестирования качества семян. М.: Издательство ФГБНУ ФНЦО, 2020. 80 с.
 45. Benech 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. induced by water stress during grain filling. *New Phytologist*. 1991;118(2):339-347.
 46. Рубцов М.И., Матвеев В.П. Овощеводство. М.: Колос, 1970. 454 с.
- 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 heteromorph seeds. *AoB Plants*. 2015;7:plv112. doi.org/10.1093/aobpla/plv112
 3. Grushvitsky I.V. The role of underdevelopment of the embryo in the evolution of flowering plants. M.-L.: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR. 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., Ivanova M.I., Buharova A.R. Variability, correlation and factors of formation of morphological parameters of dill seeds. *Vegetable crops of Russia*. 2017;(5):37-41. (In Russ.) https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-5-37-41
 6. Tongshun W., Hongling W., Lei W., Baoping S. Germination of heteromorph seeds of *Atriplex aucheri* and its hormonal explanation. *Vegetos - 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 (educational manual). Moscow, 2016. 64 p. (In Russ.)
 8. Bukharov A.F., Baleev D.N., Ivanova M.I., Bukharova A.R., Razin O.A. Embryo morphometry as an element of 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 grown on mother liquors and seeds. *Technology for the production of vegetable seeds*. M.: VNIIO, 1982. P. 87-90. (In Russ.)
 10. 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
 11. 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 (doi:10.1016/j.sajb.2009.05.001)
 12. Ludilov V.A. Seed production of vegetable and melon crops. M.: Globus, 2000. 256 p. (In Russ.)
 13. Makrushin N.M., Makrushina E.M., Shabanov R.Yu., Yesoyan E.A., Cheremkha B.M. Seed production (methodology, theory, practice). Simferopol: IT "Aria", 2012. 556 p. (In Russ.)
 14. Baleev D.N., Bukharov A.F., Bukharova A.R. Analysis of the quality parameters of dill seeds of different maturity. *Bulletin of the Bashkir State Agrarian University*. 2012;(2): 5-7. (In Russ.)
 15. 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. (doi.org/10.1017/s096025851300010x)
 16. Vandeloof 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)
 17. Baleev D.N., Bukharov A.F. The longevity of seeds of vegetable umbrella crops and the physiology of their germination. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2013;11(109):022-025. (In Russ.)
 18. Bukharov A.F., Baleev D.N. Allelopathic activity in seeds of vegetable celery crops. *Agricultural biology*. 2014;49(1):86-90. (In Russ.)
 19. Bukharov A.F., Baleev D.N., Kashnova E.V., Kasaeva G.V., Ivanova M.I., Razin O.A. Ecological and varietal variability of morphological parameters of carrot seeds. *Potatoes and vegetables*. 2019;(3):37-40. (In Russ.)
 20. Ovcharov K. E., Kizilova E.G. Different quality of seeds and plant productivity. M.: Kolos, 1966. 160 p. 2019;(3):37-40. (In Russ.)
 21. 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)
 22. Eremenko L.L. Morphological features of vegetable plants in connection with seed productivity. Novosibirsk: Nauka Publishing House. 1975. 469 p. (In Russ.)
 23. Bukharov A.F., Baleev D.N., Ivanova M.I. Morphometry of different quality 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.)
 24. Bukharov A.F., Baleev D.N., Ivanova M.I., Bukharov A.R., Derevenskikh O.A. Morphometric parameters of seeds of commercial batches of various varieties of dill. *Bulletin of the Mari State University. Series "Agricultural sciences. Economic Sciences*. 2019;(2):145-149. (In Russ.)
 25. Bukharov A.F., Baleev D.N., Morphometry of parsley and celery seeds. *Potatoes and vegetables*. 2014;(5):34-36. (In Russ.)
 26. Baleev D.N., Buharov A.F. Specific vegetable seeds germination of umbelliferae cultures at different temperatures. *Vegetable crops of Russia*. 2012;(3):38-46. (In Russ.) https://doi.org/10.18619/2072-9146-2012-3-38-46
 27. Baleev D.N., Bukharov A.F. Biology of development and seed germination of dill (*Anethum graveolens* L.). *Vegetable crops of Russia*. 2012;(1):54-59. (In Russ.) https://doi.org/10.18619/2072-9146-2012-1-54-59
 28. Strona I.G. General seed science of field crops. M.: Kolos, 1966. 464 p. (In Russ.)
 29. Baleev D.N., Bukharov A.F., Bagrov R.A. Damage to vegetable umbrella crops by the striped shield (*Graphosoma lineatum* L.) as a factor in reducing the productivity and quality of seeds. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2014;10(120):19-25. (In Russ.)
 30. 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)
 31. Bukharov A.F., Baleev D.N., Soldatenko A.V., Musaev F.B., Kezimana P., Priyatkin N.S. Impacts of high temperature on embryonic growth and seed germination of dill (*Anethum graveolens*). *Seed Science and Technology*. April 2021;49(1):7-17(11)
 32. Nikolaeva M.G. Physiology of deep seed dormancy. L.: Science. 1967. 207 p. (In Russ.)
 33. 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. (doi.org/10.1017/s0960258500002749)
 34. Baleev D.N., Bukharov A.F. Allelopathy of vegetable Umbelliferae: inhibition of germination and induction of seed dormancy. Saarbrücken, Germany, 2012. 129 p. (In Russ.)
 35. Bukharov A.F., Eremina N.A. Indices of Morphological Elements of Umbelliferae Seeds: Significance for Testing and Breeding. Food security: problems and solutions. Materials of the All-Russian scientific-practical conference (with international participation). Makhachkala. FGBNU "Federal Agrarian Research Center of the Republic of Dagestan", 2021. P.358-362. (In Russ.)
 36. 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
 37. Essential oil crops. Edited by A.M. Smolyanov and A.T. Priest. Moscow: Kolos, 1976. 336 p. (In Russ.)
 38. Mashanov V.I., Pokrovsky A.A. Spicy aromatic plants. Moscow: Agropromizdat. 1991. 287 p. (In Russ.)
 39. Gorbunova E.V. Substantiation of the main elements of the technology for the complex processing of raw fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) raw materials. Abstract of the dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences. Michurinsk - science city of the Russian Federation, 2015. P.24. (In Russ.)
 40. State register of selection achievements approved for use. T.1. "Varieties of Plants" (official edition). M.: FGBNU "Rosinformagrotech", 2021. 719 p. (In Russ.)
 41. Shevchenko Yu.P., Kharchenko V.A., Shevchenko G.S., Soldatenko A.V. Green and spicy-flavoring crops. Moscow. 2019. P.119-121. (In Russ.)
 42. Ludilov V.A., Ivanova M.I. Rare and rare vegetable crops (biology, cultivation, seed production). M.: FGNU "Rosinformagrotech", 2009. 196 p. (In Russ.)
 43. Necajeva J., levinsh 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/eco.2013.2.06)
 44. Bukharov A.F., Baleev D.N., Bukharova A.R. Morphometry in the seed quality testing system. M.: Publishing house of the FGBNU FNTSO, 2020. 80 p. (In Russ.)
 45. Benech 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. induced by water stress during grain filling. *New Phytologist*. 1991;118(2):339-347.
 46. Rubtsov M.I., Matveev V.P. Vegetable growing. M.: Kolos, 1970. 454 p. (In Russ.)