

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-11-16>
УДК 631.531:(581.4+57.087)

А.Ф. Бухаров

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

*Адрес для переписки: afb56@mail.ru

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Бухаров А.Ф. Зародыш и морфометрические параметры семян овощных растений семейства Зонтичные как предмет селекции. *Овощи России*. 2023;(2):11-16. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-11-16>

Поступила в редакцию: 09.03.2023

Принята к печати: 20.03.2023

Опубликована: 03.04.2023

Alexander F. Bukharov

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

*Correspondence: afb56@mail.ru

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

For citations: Bukharov A.F. Germ and seed morphometric parameters of seeds of vegetable plants of the Umbelliferae family as a breeding subject. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(2):11-16. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-11-16>

Received: 09.03.2023

Accepted for publication: 20.03.2023

Published: 03.04.2023

Зародыш и морфометрические параметры семян овощных растений семейства Зонтичные как предмет селекции



Резюме

Работа посвящена изучению статистических параметров линейных размеров семени, эндосперма и зародыша, изменчивости, корреляционным связям, проявлению этих признаков в гибридных комбинациях. Морфометрические параметры, в значительной степени определяют качество семян. Наличие недоразвитого зародыша обуславливает продолжительность периода гетеротрофного развития проростка, влияет на всхожесть, энергию, долговечность, реакцию семян на изменение условий прорастания и, в конечном счете, увеличивает межфазный период от посева до появления всходов. В статье показана высокая вариабельность этих параметров у многочисленных представителей овощных культур – представителей семейства Зонтичные, анализируются причины, их вызывающие и прогнозируется потенциальная возможность использования этой изменчивости в селекционных программах. Объектом исследований служили семена различных сортов моркови, петрушки, пастернака, сельдерея, укропа. Измерение длины семени и эндосперма проводилось с использованием штангенциркуля. Длину зародыша определяли с использованием микроскопа и видеоокуляра при увеличении $\times 40$, с помощью программы Scope Photo. Повторность опыта четырехкратная, в каждой повторности не менее 20 семян. Значения коэффициента вариации длины эндосперма и семени изменялись в пределах от 9 до 19%, в зависимости от видовых и сортовых особенностей. Вариабельность зародыша достигала 18-28%. между размером зародыша с одной стороны и длиной эндосперма (0,208-0,369) и семени (0,213-0,376) с другой отмечены слабые корреляционные связи, свидетельствующие о независимом наследовании этих параметров. Показана наследственная обусловленность изменчивости зародыша, эндосперма и семени моркови (50,8-86,5%) и пастернака (49,6-58,9%), что характеризует реальную возможность их селекционного совершенствования. В процессе изучения отдельных гибридов моркови (родительские формы которых резко отличались по морфометрическим параметрам семян) выявлено, что F_1 гибриды по этим признакам преимущественно проявляли положительное сверхдоминирование (38,1%) и доминирование (16,7%). По комплексу относительных параметров (индексов) чаще отмечено отрицательное сверхдоминирование (23,8%) и доминирование (4,8%). Результаты многолетних исследований свидетельствуют, что морфометрические параметры (длина семени, эндосперма, зародыша) и их соотношения (индексы) семян, как и любые другие биологические признаки, генетически обусловлены и зависят от видовых и сортовых особенностей. Сравнение дикорастущих и сортовых образцов моркови свидетельствует о том, что в процессе окультуривания размер зародыша претерпевал существенные изменения в сторону увеличения, даже при отсутствии целенаправленного отбора. Поэтому, при применении искусственного отбора в этом направлении, можно ожидать более значительных результатов.

Ключевые слова: овощные зонтичные культуры, семя, эндосперм, зародыш, селекция

Germ and seed morphometric parameters of seeds of vegetable plants of the Umbelliferae family as a breeding subject

Abstract

The work is devoted to the study of statistical parameters of the linear dimensions of the seed, endosperm and embryo, variability, correlations, and the manifestation of these traits in hybrid combinations. Morphometric parameters largely determine the quality of seeds. The presence of an underdeveloped embryo determines the duration of the period of heterotrophic development of the seedling, affects germination, energy, longevity, seed response to changes in germination conditions, and, ultimately, increases the interphase period from sowing to germination. The article shows the high variability of these parameters in numerous representatives of vegetable crops - representatives of the Umbelliferae (Apiaceae) family, analyzes the causes that cause them, and predicts the potential use of this variability in breeding programs. The object of research was the seeds of various varieties of carrots, parsley, parsnips, celery, dill. Measurement of the length of the seed and endosperm was carried out using a caliper. The length of the embryo was determined using a microscope and a video eyepiece at $\times 40$ magnification using the Scope Photo program. The experiment was repeated four times, in each repetition at least 20 seeds. The values of the coefficient of variation in the length of the endosperm and seed varied from 9 to 19%, depending on the species and cultivar characteristics. The variability of the embryo reached 18-28%. between the size of the embryo on the one hand and the length of the endosperm (0.208-0.369) and seed (0.213-0.376) on the other, weak correlations were noted, indicating the independent inheritance of these parameters. The hereditary conditionality of the variability of the embryo, endosperm and seed of carrots (50.8-86.5%) and parsnips (49.6-58.9%) is shown, which characterizes the real possibility of their breeding improvement. In the process of studying distant hybrids of carrots (the parental forms of which differed sharply in morphometric parameters of seeds), it was found that F_1 hybrids for these traits predominantly showed positive overdominance (38.1%) and dominance (16.7%). According to the complex of relative parameters (indices), negative overdominance (23.8%) and dominance (4.8%) were more often noted. The results of many years of research indicate that the morphometric parameters (length of the seed, endosperm, embryo) and their ratios (indices) of seeds, like any other biological traits, are genetically determined and depend on species and cultivar characteristics. A comparison of wild-growing and varietal samples of carrots indicates that in the process of cultivation, the size of the embryo underwent significant upward changes, even in the absence of targeted selection. Therefore, when applying artificial selection in this direction, one can expect more significant results.

Keywords: vegetable umbrella crops, seed, endosperm, germ, selection

«Первое ... это увидеть предмет исследования»
Д. Томсон [1]

Введение

Изначально селекцию культурных растений вели по признакам, определяющим продуктивность и качество товарных органов. Сопутствующие признаки, как правило, не учитывались или подвергались только бессознательному отбору. Однако список полезных в культуре признаков, показателей, свойств растений постепенно расширялся. Много внимания стали уделять физиологическим свойствам, в том числе устойчивости к биотическим и абиотическим факторам среды, активности фотосинтеза, обращать внимание на морфологические признаки вегетативных органов.

Были созданы карликовые подвои, спуровые и колоновидные сорта плодовых культур [2-4]. Широко известны успехи «зеленой революции», в которой ставка была сделана на использовании признака короткостебельности зерновых культур [5, 6]. Высокая эффективность полевой культуры томата достигнута благодаря созданию детерминантных сортов, а внедрение механизированной уборки после передачи им признака бесколенчатого сочленения плода с плодоножкой [7]. Большой практический интерес представляют признаки букетности и легкой отделяемости плодов в селекции перца на пригодность к одноразовой и механизированной уборке [8].

Известны немногочисленные случаи использования в селекционном процессе признаков семян, которые, на первый взгляд представлялись второстепенными, но позволили повысить технологичность производства таких культур, как свекла (раздельноплодность), горох (нерастрескивающийся боб и неосыпающиеся семена у гороха, томата (коричневые семена) [9-12].

В селекционной практике до настоящего времени при создании новых сортов моркови (и других видов семейства зонтичные) преимущественно привлекают количественные и качественные признаки корнеплодов, в то время как, признакам семенных растений уделяется гораздо меньше внимания, несмотря на то, что для многих из них доказана генетическая обусловленность [13]. В исследованиях Л.В. Старцевой была установлена возможность, отбора растений моркови второго года жизни по типу «куста», особенностям ветвления, количеству стеблей, соцветий и, в конечном счете, семенной продуктивности [14]. Были выделены перспективные образцы в данном направлении. Целенаправленную практическую селекцию моркови столовой на сочетание хозяйственно ценных признаков товарных органов (корнеплодов) с комплексом морфологических признаков семенных растений, определяющих устойчивость к полеганию, осуществляли на Воронежской овощной опытной станции при создании сорта Рогнеда [15], а также F₁ гетерозисных гибридов [16].

Для моркови и других культур представителей семейства Зонтичные не менее важное значение имеют признаки, характеризующие строение семени (с ботанической точки зрения плода). Недоразвитый зародыш, характерный для большинства представителей семейства зонтичные, определяет многие проблемы, возникающие в процессе культивирования, семеноводства, доработки и хранения семян, в том числе: кратковремен-

ный период сохранности, быстрая потеря всхожести, склонность впадать в состояние покоя, замедленное прорастание [17-19].

Получение семян высокого качества у овощных зонтичных культур – задача, решить которую только агротехническими методами и технологическими приемами послеуборочной и предпосевной доработки оказалось достаточно сложно. Растянутый период цветения и созревания семян вызывает значительную разнокачественность семян, в том числе по морфометрическим параметрам внутреннего строения семян. Тщательная сортировка, как правило, травмирует семена, приводит к увеличению отхода, уменьшает срок их сохранности и приводит к снижению товарной урожайности семян [20, 21].

Поэтому все большую актуальность приобретают исследования, направленные на изучение морфометрических параметров внешнего и внутреннего строения семян, в том числе их генетической обусловленности, что позволило бы осуществлять их селекционное совершенствование [22, 23].

Цель и задачи: Целью настоящей работы было изучить статистические параметры линейных размеров семени, эндосперма и зародыша, изменчивость, корреляционные связи, проявление в гибридных комбинациях, обосновать причины их вызывающие у многочисленных представителей овощных культур – представителей семейства Зонтичные с целью потенциального использования в селекционных программах.

Материал и методы

Объектом исследований служили семена различных сортов моркови, петрушки, пастернака, сельдерея, укропа и других культур. Измерение длины семени и эндосперма проводилось 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. Анализировали последовательно длину каждого семени, эндосперма и зародыша. Повторность опыта четырехкратная, в каждой повторности не менее 20 семян [24, 25].

В процессе исследований рассчитывали индексы $I_{\text{Э/С}}$, $I_{\text{З/Э}}$, $I_{\text{З/С}}$ показывающие отношения длины семени, эндосперма и зародыша в соответствии с ранее разработанными методиками [25,26]. Различия между значениями параметров изученных образцов считали статистически значимыми при $P \leq 0,05$. Коэффициент корреляция Пирсона (r), вклад факторов и степень доминантности рассчитывали в соответствии с методиками, изложенными в монографиях [5, 27].

Результаты исследований и обсуждение

В процессе проведения настоящих исследований было установлено высокая степень изменчивости морфологических признаков семени у большой группы культур представителей семейства Зонтичные, как между сортами, так и между отборами (семьями и линиями) в пределах исходных сортовых популяций (табл. 1). Значения коэффициента вариации длины эндосперма и семени изменялся в пределах от 9 до 19%, в зависимости от видовых и сортовых особенностей. Вариабельность зародыша достигала 18-28%.

Таблица 1. Значение морфометрических параметров семян в сортовых популяциях овощных культур семейства Зонтичные, мм (2016-2021 годы)

Table 1. The value of morphometric parameters of seeds in varietal populations of vegetable crops of the Umbelliferae family, mm (2016-2021)

Культура	Семя		Эндосперм		Зародыш	
	X_{\min}	X_{\max}	X_{\min}	X_{\max}	X_{\min}	X_{\max}
Морковь столовая	2,94±0,03	3,16±0,04	2,50±0,04	2,77±0,03	0,84±0,02	1,24±0,03
Петрушка корневая	2,26±0,04	2,91±0,04	1,87±0,03	2,56±0,03	0,76±0,01	1,22±0,01
Сельдерей листовый	1,50±0,049	1,61±0,044	1,27±0,034	1,39±0,024	0,39±0,012	0,53±0,015
Сельдерей черешковый	1,41±0,029	1,62±0,047	1,28±0,041	1,45±0,042	0,41±0,010	0,54±0,017
Сельдерей корневой	1,42±0,038	1,62±0,051	1,28±0,036	1,45±0,032	0,47±0,012	0,55±0,014
Пастернак	6,47±0,07	6,53±0,09	4,28±0,04	4,69±0,05	1,42±0,02	1,96±0,02
Кориандр	2,92±0,10	3,83±0,14	2,76±0,09	3,54±0,13	0,87±0,03	1,06±0,04
Укроп	3,56±0,07	5,01±0,09	3,15±0,07	4,10±0,08	0,87±0,01	1,07±0,04

Таблица 2. Изменчивость индексов морфологических элементов семян в сортовых популяциях овощных культур семейства Зонтичные, 2016-2021 годы

Table 2. Variability of indices of morphological parameters of seeds in varietal populations of vegetable crops of the Umbelliferae family, 2016-2021

Культура	$I_{з/с}$		$I_{з/э}$		$I_{э/с}$	
	X_{\min}	X_{\max}	X_{\min}	X_{\max}	X_{\min}	X_{\max}
Морковь столовая	0,28	0,42	0,30	0,51	0,72	0,94
Петрушка корневая	0,34	0,42	0,41	0,48	0,83	0,88
Сельдерей листовый	0,24	0,35	0,28	0,33	0,85	0,88
Сельдерей черешковый	0,29	0,33	0,32	0,37	0,85	0,91
Сельдерей корневой	0,29	0,39	0,32	0,39	0,87	0,91
Пастернак	0,19	0,30	0,28	0,42	0,66	0,81
Кориандр	0,24	0,34	0,26	0,38	0,89	0,99
Укроп	0,20	0,27	0,24	0,32	0,81	0,88

Выявлена достаточно тесная корреляционная связь между линейными размерами семени и эндосперма (от $r=0,646$ до $r=0,885$) при высоком уровне значимости. Слабые корреляционные зависимости между разме-

ром зародыша с одной стороны и длиной эндосперма (0,208-0,369) и семени (0,213-0,376) с другой предположительно свидетельствует о независимом наследовании этих параметров.

Таблица 3. Коэффициенты корреляции Пирсона (r) морфометрических параметров семян овощных культур семейства Зонтичные (Umbelliferae), 2016-2021 годы

Table 3. Pearson correlation coefficients (r) of morphometric parameters of seeds of vegetable crops of the Umbelliferae family, 2016-2021

Культура	Семя / Эндосперм		Семя / Зародыш		Эндосперм / Зародыш	
	X_{\min}	X_{\max}	X_{\min}	X_{\max}	X_{\min}	X_{\max}
Морковь столовая	0,736	0,894	0,149	0,367	0,194	0,369
Петрушка корневая	0,822	0,923	0,245	0,332	0,169	0,382
Сельдерей листовый	0,774	0,904	0,165	0,254	0,224	0,318
Сельдерей черешковый	0,795	0,924	0,167	0,224	0,221	0,291
Сельдерей корневой	0,791	0,921	0,157	0,224	0,192	0,342
Пастернак	0,824	0,833	0,129	0,236	0,259	0,263
Кориандр	0,640	0,981	0,141	0,424	0,113	0,393
Укроп	0,766	0,833	0,225	0,264	0,217	0,226

Фактор сорта оказывал преобладающее влияние (от 50,8% до 86,5%) на размер семени моркови и его морфологических элементов. Вклад фактора экологических условий года репродукции в формирование морфометрических параметров не превышал 22,3%. Это свидетельствует о перспективности отбора и возможности селекционного изменения морфологических параметров семени [23]. У пастернака фактором сорта также были преимущественно обусловлены изменчивость длины эндосперма на (41,3%), зародыша (49,6%) и индекс $I_{з/э}$ (58,9%) [28]. Поскольку значительная часть изменчивости морфометрических параметров семян овощных зонтичных наследственно обусловлена, то возникает реальная возможность их селекционного совершенствования.

При изучении коллекции диких сородичей моркови (27 представителей рода *Daucus*) выявлены существенные различия изученных образцов по морфометрическим параметрам семян, как в абсолютном, так и относительном измерении [29].

Известно, что отдаленные скрещивания в роде *Daucus* осуществляются без особых затруднений [30, 31]. Это позволило выполнить ряд гибридных комбинаций, в том числе, у которых родительские формы отличающихся по морфометрическим параметрам семян.

В процессе изучения отдаленных гибридов моркови выявлено, что F_1 гибриды по комплексу морфометрических параметров (в физическом выражении) семян преимущественно проявляли положительное сверхдоми-

положительной степенью доминантности. Относительные значения параметров (индексы), как правило, наследовались с отрицательной степенью доминантности. Специфика наследования морфометрических параметров семян (степень доминантности) в значительной степени обусловлена происхождением и ploидностью тканей из которых развиваются элементы семени, что следует учитывать при анализе результатов исследований.

Многokратно установлено, что морфометрические параметры (длина семени, эндосперма, зародыша) и их соотношения (индексы) эволюционно обусловлены [32, 33], тесно связаны с экологическими условиями формирования вида и оказывают влияние на прорастание семян (в том числе в динамике) тем самым определяя динамику их прорастания, как в естественных, так и в лабораторных условиях [34-36]. Бесспорно, что морфометрические параметры семян, как и любые другие биологические признаки, генетически обусловлены и зависят от видовых и сортовых особенностей [37-39].

Сравнение дикорастущих и сортовых образцов моркови свидетельствует о том, что у последних морфометрические параметры семян (прежде всего, зародыш) претерпевали существенные изменения в сторону увеличения, даже при отсутствии целенаправленного отбора [29]. Поэтому, при применении искусственного отбора в этом направлении, можно ожидать более значительных результатов.

Таблица 4. Степень доминантности (h_p) морфологических параметров семян F_1 гибридов, полученных в результате скрещивания культивируемых и дикорастущих форм моркови, 2021-2022 годы
Table 4. Degree of dominance (h_p) of morphological parameters of seeds of F_1 hybrids obtained as a result of crossing cultivated and wild-growing forms of carrots, 2021-2022

F_1 гибриды	Семя	Эндосперм	Зародыш	$I_{э/с}$	$I_{з/с}$	$I_{з/э}$
8В x <i>D. c. subsp. maximus</i> (Desf.) Ball.	0,146	0,153	-0,393	0,600	-1,182	-1,279
8В x <i>Daucus broteri</i> Ten.	5,815	4,529	0,683	0,931	-1,250	-1,495
8В x <i>D. c. subsp. maximus</i> (Desf.) Ball.	0,146	1,725	0,630	2,500	-1,429	-0,975
200П x <i>D. carota</i> Roth.	1,400	1,031	1,364	-0,200	1,524	1,529
200П x <i>Daucus carota</i> L.	0,174	-0,128	-0,727	-2,875	-1,253	-1,019
200П x <i>Daucus carota</i> L.	5,500	3,455	0,345	1,600	-0,043	-0,099
690П x <i>Daucus setifolius</i> Desf.	0,935	0,920	1,611	0,810	2,540	2,846

нирование (38,1%) и доминирование (16,7%). По комплексу относительных параметров (индексов) чаще отмечено отрицательное сверхдоминирование (23,8%) и доминирование (4,8%). Оставшиеся образцы (16,6%) приходились на промежуточное наследование с уклоном в ту или иную сторону (табл. 4).

Наиболее интересны гибриды, у которых отмечен эффект сверхдоминирования по длине зародыша 200П x Д18 ($h_p=1,364$) и 690П x Д23 ($h_p=1,611$). Специфика наследования морфометрических параметров семян (степень доминантности) в значительной степени обусловлена происхождением и ploидностью тканей, из которых развиваются элементы семени, что следует учитывать при анализе и использовании результатов исследований.

Морфометрические параметры в физическом выражении преимущественно наследовались с

Заключение

Морфометрические параметры, в значительной степени определяют качество семян. Наличие недоразвитого зародыша обуславливает продолжительность периода гетеротрофного развития проростка, влияет на всхожесть, энергию, долговечность, реакцию семян на изменение условий прорастания и, в конечном счете, увеличивает межфазный период от посева до появления всходов. Для семян овощных зонтичных культур характерна значительная вариабельность морфометрических параметров, как прямых, так и относительных. Как и любые другие признаки, морфометрические параметры семян наследственно обусловлены и зависят от видовых и сортовых и индивидуальных особенностей. Значительная доля вариабельности морфологических элементов семени у изученных видов находится под влиянием сортовой специфики, в том числе

норма реакции на изменение условий внешней среды также наследственно детерминирована. Вклад наследственного фактора в изменчивость морфометрических параметров семян овощных зонтичных культур, как правило, превышает влияние эколого-географических

и агротехнических условий выращивания семенных растений. Поэтому все большую актуальность приобретают исследования, направленные на изучение морфологических параметров семян, которые можно рассматривать в качестве предмета селекции.

Об авторе:

Александр Федорович Бухаров – доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства, <https://orcid.org/0000-0003-1910-5390>, Scopus ID 57193127775, Researcher ID J-6605-2018, адрес для переписки, afb56@mail.ru

About the author:

Alexander F. Bukharov – Doc. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of the department of selection and primary seed production, <https://orcid.org/0000-0003-1910-5390>, Scopus ID 57193127775, Researcher ID J-6605-2018, Correspondence Author, afb56@mail.ru

• Литература

- Томсон Д. Дух науки. М.: «Знание». 1970. 175 с.
- Будаговский В.И. Культура слаброслых плодовых деревьев. М.: «Колос», 1976. 304 с.
- Седов Е.Н. и др. Сорта яблони и груши. Орел: Изд-во ГНУ ВНИИСПК. 2004. 208 с.
- Кичина В.В. Принципы улучшения садовых растений. М.: ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемия. 2011. 528 с.
- Жученко А.А. Генетика томата. Кишинев. «Штиинца». 1973. 663 с.
- Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений (адаптация, рекомбиногенез, агробиогенез). Кишинев. «Штиинца». 1980. 588 с.
- Авдеев Ю.И. Селекция томатов. Кишинев. «Штиинца». 1982. 282 с.
- Бухаров А.Ф., Бухаров А.Р. Интрогрессия, гетерозис и адаптогенез в селекции перца. Монография. М. 2011. 292 с.
- Буренин В.И., Пискунова Т.М., Соколова Д.В. Генофонд для селекции раздельноплодной столовой свеклы. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2016;177(4):45-56. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2016-4-45-56>. EDN XVLNXN.
- Энциклопедия рода Beta. Биология, генетика и селекция свеклы. Новосибирск: «Издательство Сова», 2010. 686 с.
- Зеленов А.Н. Культурная эволюция гороха посевного. *Генетика*. 1994;(30):55-66.
- Беков Р.Х. Томат (эффективное использование генетических маркеров в практической селекции). М.: ВНИИО, 2014. 332 с.
- Леунов В.И., Ховрин А.Н. Изменчивость признаков семенных растений моркови столовой (*Daucus carota* L. var. *sativus* Hoffm.). Инновационное обеспечение развития плодовоовощного комплекса Юга России. Материалы Всероссийской научно-практической конференции п. Персиановка, Донской ГАУ. 2008. С. 55-58.
- Старцева Л.В. Изменчивость и наследуемость признаков семенных растений моркови. *Доклады ВАСХНИЛ*. 1990;(12):49.
- Старцева Л.В. Особенности изменчивости, наследования и корреляции признаков семенных растений моркови. Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. М. 1993. 25 с.
- Сычева Л.В. Селекция Моркови на урожайность и высокое содержание каротина. – Селекция и семеноводство овощных культур в Центрально-Черноземной зоне. Сб. науч. тр. М. 1985. С.51-57.
- Сычева Л.В., Жидкова Н.И. Гетерозисные сортолинейные гибриды моркови F1 на базе линий ЦМС. Селекция и семеноводство овощных культур в Центрально-Черноземной зоне. Сб. науч. тр. М., 1985. С.64-67.
- Бухаров А.Ф. Разнокачественность семян: теория и практика (обзор). *Овощи России*. 2020;(2):23-31. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-2-23-31>. EDN GBELBZ.
- Грушвицкий И.В. Роль недоразвития зародыша в эволюции цветковых растений. М.-Л.: Издательство АН СССР. 1961. 47 с.
- Еременко Л.Л. Морфологические особенности овощных растений в связи с семенной продуктивностью. Новосибирск: Издательство Наука. 1975. 469 с.
- Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Кинетика прорастания семян. Методы исследования и параметры. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2017;(2):5-19. EDN YTAVMD.
- Мусаев Ф.Б.О., 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. EDN BYPETM.
- Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н. Морфометрия семян петрушки и сельдерея. *Картофель и овощи*. 2014;(5):34-36. EDN SBZHMV.
- 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 моркови. *Картофель и овощи*. 2019;(3):37-40. DOI 10.25630/PAV.2019.26.44.009. EDN YZKORN.
- Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Морфометрия в системе тестирования качества семян. М: Издательство ФГБНУ ФНЦО, 2020. 80 с.
- 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).
- 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. DOI 10.21515/1999-1703-72-63-66. EDN XYNOWL.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 415 с.
- Бухаров А.Ф., Еремина Н.А. Влияние сортового и экологического факторов на морфологические параметры семян пастернака. *Агрпромышленные технологии Центральной России*. 2021;2(N20):47-57. DOI 10.24888/2541-7835-2021-20-47-57. EDN CDAFBP.
- Бухаров А.Ф., Еремина Н.А., Леунов В.И., Соколова Л.М. Морфометрические параметры семян дикорастущих форм моркови как селекционные признаки. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2022;(2):54-69. DOI 10.26897/0021-342X-2022-2-54-69. EDN EOYMCD.
- Тимин Н.И., Двоенко И.Т., Жевора С.В., Тимина Л.Т., Шмыкова Н.А. Межвидовая гибридизация моркови рода *Daucus* L. (методические рекомендации). ВНИИССОК. М., 2007. 54 с.
- Пименов М.Г., Леунов В.И., Ховрин А.Н., Соколова Л.М., Клыгина Т.Э. Создание и оценка коллекции диких видов и разновидностей моркови. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2009;(166):446–450. EDN UDXPIZ.
- 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).
- 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).
- 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. EDN SJIQQH.
- 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>. EDN PFOCAH.

37. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Кинетика прорастания семян. Система методов и параметров (учебно-методическое пособие). Москва, 2016. 64 с.
 38. 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.
 39. Geritz S.A., Kisdi H.E., Meszen G., Metz J.A.J. Evolutionarily singular strategies and the adaptive growth and branching of the evolutionary tree. *Evol. Ecol.* 1998;(12):35-57.
 40. Uller T. Developmental plasticity and the evolution of parental effects. *Trends Ecol. Evol.* 2008;(23):432-438.

• References

1. Thomson D. Spirit of Science. M.: "Knowledge". 1970. 175 p. (In Russ.)
 2. Budagovsky V.I. Culture of low-growing fruit trees. M.: Kolos, 1976. 304 p. (In Russ.)
 3. Sedov E.N. and others. Varieties of apple and pear. Orel: Publishing house of GNU VNIISPK. 2004. 208 p. (In Russ.)
 4. Kichina V.V. Principles of improvement of garden plants. M.: GNU Vstisp Russian Agricultural Academy. 2011. 528 p. (In Russ.)
 5. Zhuchenko A.A. Tomato genetics. Kishinev. "Shtiintsa". 1973. 663 p. (In Russ.)
 6. Zhuchenko A.A. Ecological genetics of cultivated plants (adaptation, recombinogenesis, agrobiocenosis). Kishinev. "Shtiintsa". 1980. 588 p. (In Russ.)
 7. Avdeev Yu.I. Selection of tomatoes. Kishinev. "Shtiintsa". 1982. 282 p. (In Russ.)
 8. Bukharov A.F., Bukharov A.R. Introgression, heterosis and adaptogenesis in pepper breeding. *Monograph*. M. 2011. 292 p. (In Russ.)
 9. Burenin V.I., Piskunova T.M., Sokolova D.V. Gene pool for breeding monogerm table beet. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2016;177(4):45-56. (In Russ.) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2016-4-45-56>. EDN XLVNXN.
 10. Encyclopedia of the genus Beta. Biology, genetics and selection of beets. Novosibirsk: Owl Publishing House, 2010. 686 p. (In Russ.)
 11. Zelenov A.N. Cultural evolution of peas. *Genetics*. 1994;(30):55-66. (In Russ.)
 12. Bekov R.Kh. Tomato (effective use of genetic markers in practical breeding). M.: VNIIO, 2014. 332 p. (In Russ.)
 13. Leunov V.I., Khovrin A.N. Variability of traits in seed plants of table carrot (*Daucus carota* L. var. *sativus Hoffm.*). Innovative support for the development of the fruit and vegetable complex in the South of Russia. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Persianovka settlement, Donskoy State Agrarian University. 2008. P. 55-58. (In Russ.)
 14. Startseva L.V. Variability and heritability of traits in carrot seed plants. *Reports of VASKhNIL*. 1990;(12):49. (In Russ.)
 15. Startseva L.V. Peculiarities of variability, inheritance and correlation of traits of carrot seed plants. M. 1993. 25 p. (In Russ.)
 16. Sycheva L.V. Selection of Carrots for productivity and high content of carotene. – Selection and seed production of vegetable crops in the Central Black Earth zone. M. 1985. P.51-57. (In Russ.)
 17. Sycheva L.V., Zhidkova N.I. Heterotic variety-linear hybrids of F1 carrots based on CMS lines. Selection and seed production of vegetable crops in the Central Black Earth zone. M., 1985. P.64-67. (In Russ.)
 18. Bukharov A.F. Variability and heterogeneity of seeds: theory and practice (review). *Vegetable crops of Russia*. 2020;(2):23-31. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-2-23-31>. EDN GBELBZ.
 19. 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.)
 20. Eremenko L.L. Morphological features of vegetable plants in connection with seed productivity. Novosibirsk: Nauka Publishing House. 1975. 469 p. (In Russ.)

21. Bukharov A.F., Baleev D.N., Bukharova A.R. Kinetics of seed germination. research methods and parameters. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2017;(2):5-19. EDN YTAVMD. (In Russ.)
 22. Musaev F.B., Priyatkin N.S., Arkhipov M.V., Shchukina P.A., Bukharov A.F., Ivanova M.I. Digital morphometry of vegetable seeds heterogeneity. *Potato and vegetables*. 2018;(6):35-37. EDN BYPETM. (In Russ.)
 23. Bukharov A.F., Baleev D.N. Morphometry of heterogeneity of parsley and celery seeds, *Potato and vegetables*. 2014;(5):34-36. EDN SBZHMV. (In Russ.)
 24. Bukharov A.F., Baleev D.N., Kashnova E.V., Kasaeva G.V., Ivanova M.I., Razin O.A. Ecological and variety variability morphometric parameters of carrots seeds. *Potato and vegetables*. 2019;(3):37-40. DOI 10.25630/PAV.2019.26.44.009. EDN YZKORN. (In Russ.)
 25. Bukharov A.F., Baleev D.N., Bukharova A.R. Morphometry in the seed quality testing system. M., 2020. 80 p. (In Russ.)
 26. 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).
 27. Bukharov A.F., Baleev D.N., Ivanova M.I., Bukharova A.R., Razin O.A. Morphometry of the embryo as an element of system testing quality of dill seeds. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2018;(72):63-66. DOI 10.21515/1999-1703-72-63-66. EDN XYNOWL. (In Russ.)
 28. Dospekhov B.A. Methods of field experience. M.: Kolos, 1985. 415 p. (In Russ.)
 29. Bukharov A., Eremina N. Influence of varietal and environmental factors on morphological parameters of parsnip seeds. *Agroindustrial technologies of Central Russia*. 2021;2(N20):47-57. DOI 10.24888/2541-7835-2021-20-47-57. EDN CDAFBP. (In Russ.)
 30. Bukharov A.F., Eremina N.A., Leunov V.I., Sokolova L.M. Morphometric parameters of wild carrot seeds as breeding traits. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2022;(2):54-69. DOI 10.26897/0021-342X-2022-2-54-69. EDN EOYMCD. (In Russ.)
 31. Timin N.I., Dvoenko I.T., Zhevora S.V., Timina L.T., Shmykova N.A. Interspecific hybridization of carrots of the genus *Daucus* L. (guidelines). VNISSOK. M., 2007. 54 p. (In Russ.)
 32. Pimenov M.G., Leunov V.I., Chovrin A.N., Sokolova L.M., Klygina T.E. Creation and estimation of the collection of wild kinds and versions of carrots. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2009;(166):446–450. EDN UDXPIZ. (In Russ.)
 33. 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).
 34. 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).
 35. Bukharov A.F., Baleev D.N., Ivanova M.I. Morphometry of diverse-form seeds of vegetable *Umbrella* crops in the process of formation and germination. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2014;7(117):26-32. EDN SJIQQH. (In Russ.)
 36. Baleev D.N., Bukharov 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>. EDN PFOCAX. (In Russ.)
 37. 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.)
 38. 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.
 39. Geritz S.A., Kisdi H.E., Meszen G., Metz J.A.J. Evolutionarily singular strategies and the adaptive growth and branching of the evolutionary tree. *Evol. Ecol.* 1998;(12):35-57.
 40. Uller T. Developmental plasticity and the evolution of parental effects. *Trends Ecol. Evol.* 2008;(23):432-438.