

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-2-23-31>
УДК 631.531.011

Бухаров А.Ф.

Всероссийский научно-исследовательский институт
овощеводства —
филиал Федерального государственного бюджетно-
го научного учреждения
«Федеральный научный центр овощеводства»
Россия, Московская область,
Раменский район, д. Верея, стр. 500
E-mail: afb56@mail.ru

Конфликт интересов: Автор заявляет
об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: 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>

Поступила в редакцию: 08.12.2019
Принята к печати: 15.01.2020
Опубликована: 25.04.2020

Alexander F. Bukharov

All-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

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

For citation: Bukharov A.F. Variability and hetero-
geneity 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>

Received: 08.12.2019
Accepted for publication: 15.01.2020
Accepted: 25.04.2020

Разнокачественность семян: теория и практика (обзор)

РЕЗЮМЕ

Приведена практика применения терминов, характеризующих явление изменчивости и неоднородности семян, плодов и диаспор. Показана неоднозначность и противоречивость некоторых из них. Рассмотрены приемы систематизации и типизации разнокачественности семян, основанные на особенностях и характере проявления изменчивости признаков семян и причинах, их вызывающих. Показаны основные направления практического использования знаний о полиморфизме семян, в том числе, для повышения семенной продуктивности и оптимизации изменчивости семеноводческих параметров в процессе выращивания. Изложены принципы оценки и отбора выравненных фракций по морфологическим признакам, корреляционно связанным с высокими посевными и продуктивными качествами в процессе доработки семян в послуборочный период. Рассмотрены морфологические и анатомические причины возникновения дефектов и травм в процессе сушки и доработки семян, как специфических показателей разнокачественности. Обсуждается применение дисперсионного анализа для выявления вклада наследственного, экологического и матриального факторов в изменчивость морфологических признаков семян, в том числе длины зародыша. Показаны особенности признаков аномальной изменчивости семян, имеющих явный и скрытый характер проявления. Обсуждаются приемы селекционного совершенствования морфометрических параметров, физиологических, биохимических и продуктивных свойств семян, как методы кардинального улучшения качества семян.

Ключевые слова: морфометрические параметры семян, причины разнокачественности, принципы классификации, корреляция, продуктивность, селекция.

Variability and heterogeneity of seeds: theory and practice (review)

ABSTRACT

The practice of application of terms characterizing the phenomenon of variability and heterogeneity of seeds, fruits and diaspores is given. The ambiguity and inconsistency of some of them is shown. The methods of systematization and typification of seeds of different quality, based on the features and nature of the manifestation of variability of seed characteristics and causes of their causes, are considered. The main directions of practical use of knowledge about seed polymorphism, including to increase seed productivity and optimize the variability of seed parameters in the growing process, are shown. The principles of evaluation and selection of aligned fractions by morphological features correlated with high sowing and productive qualities in the process of seed refinement in the post-harvest period are presented. The morphological and anatomical causes of defects and injuries in the process of drying and processing of seeds as specific indicators of different quality are considered. The use of dispersion analysis to identify the contribution of hereditary, environmental and matrix factors in the variability of morphological characteristics of seeds, including the length of the embryo, is discussed. The features of the signs of abnormal variability of seeds, which have an obvious and hidden nature of manifestation, are shown. Methods of selection improvement of morfometric parameters, physiological, biochemical and productive properties of seeds as methods of cardinal improvement of quality of seeds are discussed.

Keywords: morphometric parameters of seeds, causes of different quality, classification principles, correlation, productivity, selection

Явление **неоднородности** (разнокачественности) семян и плодов является одной из важнейших проблем семеноводства, семеноведения и репродуктивной биологии в целом, имеющее как теоретическое, так и практическое значение. Р.Е. Левина [1] под неоднородностью (принимая этот термин вместо разнокачественности) семян понимает любые различия семян одного вида. Неоднородность семян имеет ярко выраженный приспособительный характер, позволяя в природных условиях отдельным фракциям семян успешно переживать неблагоприятные условия, а также завоевывать новые территории. В сельскохозяйственной практике неоднородность семян имеет, как правило, негативную роль, поскольку вызывает разновременимость развития и созревания, что приводит к трудностям при уходе и уборке урожая, осложняет доработку и сортировку семян. Исследования в этом направлении нашли широкое отражение в сельскохозяйственной и ботанической литературе. Существующие термины и определения по этому вопросу весьма многочисленны, но противоречивы, что создает трудности в понимании описываемого явления.

Гетеродиспория является термином, наиболее широко и полно характеризующим данное явление - способность формировать на одном растении двух или более морфологически **разных типов** диаспор, определяющих, в том числе, и особенности их диссеминации (в переводе с греческого hetero – другой). Понятие **диаспора** (diaspora) служит для обозначения всех репродуктивных и некоторых вегетативных (механически отделяющиеся от растения системы побегов, бульбочки, боковые и подземные луковички, плоды, заключенные в околоплодник, мясистый, крыловидный, с цепляющимися выростами) легко отделяющихся единиц размножения и расселения цветковых растений, за исключением длительно живущие и естественным образом не отделяющихся вегетативных органов. Наиболее распространенные и важные типы диаспор – это собственно семена и плоды. А.П. Сухоруков [2] считает, что **гетеродиспория** – это наличие на растении только двух типов диаспор, а если их более двух, то предпочтительнее термин **полидиспория**. В случае **монодиспории**, когда на растении развивается только один тип диаспоры, например, плод или семя, то они также могут отличаться **полиморфизмом**. В таких случаях речь идет о **гетерокарпии** и **гетероспермии**. Существенные различия по внешнему виду между разными типами плодов (семян) как правило, обусловлены качественными признаками и связаны с морфологией или анатомией. Если гетерогенность диаспор связана с изменчивостью покровов, окружающих плод (прицветник, околоцветник), то применяют термин **гетероакантокарпия**. Гетеродиспория считается более высоким иерархическим уровнем гетерогенности, в пределах которой выделяют генеративную и вегетативную. При более тщательных исследованиях можно выявить полиморфизм по физиологическим, биохимическим, ультраструктурным признакам. **Гетерогенность** семян может быть обусловлена строением перикарпия, спермодермы, степенью дифференциации зародыша и его ориентацией. В связи с этим А.П. Сухоруков [2] различает гетероспермию пространственную и структурную, явную и скрытую.

В сельскохозяйственной практике широко утвердился оригинальный отечественный термин **разнокачественность** семян [3, 4, 5, 6, 7]. Ранее В.Н. Доброхотов [8] отмечал свойство семян отклоняться от типичных для данного вида, называя это **непостоянством** признаков, предлагал оценивать с помощью методов статистики. Н.И. Рыжов [9] использовал термины **выравненность** и однородность, а оценивал эти свойства соотношением фракций. Для точной характеристики выравниваемости Н.Н. Кулешов [10] предлагал использовать показатель коэффициент вариации, а Н.Н. Ульрих [11] – квартал. Термин **разнокачественность** семян использовали И.Л. Макаро с соавторами [12, 13], Н.Н. Кулешов [10], но не дали ему строгого определения. В.В. Гриценко, З.М. Калюшина [5] привели следующую формулировку: «**Разнокачественность** – различие семян в одной и той же партии по массе, форме, размеру и степени выполненности», отметив, что она влияет на посевные качества и урожайные свойства. Эта формулировка была закреплена в «Рекомендации по применению терминов и определений ...» [14], а позднее в ГОСТ 20081 – 74 [15]. Этот термин, как нельзя лучше, отражает суть явления, поскольку учитывает разнообразие семян по признакам, прежде всего, характеризующим их качество (размер, массу, удельный вес, выполненность, всхожесть, энергию, урожайность в потомстве и т.д.).

Наряду с термином **разнокачественность семян** в семеноводстве и семеноведении сельскохозяйственных растений активно используют термин **гетероспермия** [7]. Н.Н. Макрушин дал развернутое определение гетероспермии – «Изменчивость семян по морфологическим признакам, биохимическому составу и физиологическому состоянию, способности прорасти и обеспечивать определенную продуктивность растений в потомстве» из, которого, ясно, что автор в значительной степени отождествляет термин **разнокачественность** семян и **гетероспермия**, но для практического применения выбирает второй [16, 17]. Такая трактовка термина несколько отличается от принятой в ботанике, согласно которой **гетероспермия** и **гетерокарпия** обозначают **неоднородность** лишь в пределах одной особи, а **разнокачественность** применима к характеристике **образцов семян** и другого более широкого происхождения, таких как партия или популяция [1, 5, 18].

В ботанической литературе утвердилась формулировка Р.Е. Левиной и В.Ф. Войтенко, согласно которой гетерокарпия – это генетически обусловленное свойство вида формировать на одной особи морфологически разнотипные диаспоры. Применительно к представителю семейства зонтичные явление гетерокарпии на примере резака подробный анализ дала С.Н. Опарина [19], предпочитая, для отражения экологической сущности феномена, однако, пользоваться термином «генеративная гетеродиспория». Относительно гетеродиспории, гетерокарпии и гетероспермии также сложилось твердое убеждение, что все эти явления носят наследственный характер [1, 18, 19]. Т.Б. Батыгина [20] разработала концепцию формирования генетической гетерогенности семян на основе предложенной схемы образования зиготических и партеногенетических зародышей и эмбриоидов.

Разнокачественность семян, культивируемых растений, имеет несколько иной характер, чем гетероспермия. Признаки семян селекционных сортов, по которым они проявляют разнокачественность, как правило, являются количественными, непрерывно варьирующими, в отличие от преимущественно качественных признаков, используемых для типизации гетерокарпии и гетероспермии. Традиционно выделяют три типа **разнокачественности семян: экологический, матрикальный и генетический** [3, 5, 7, 21]. М.И. Рубцов и В.П. Матвеев [22] добавили четвертый тип - агротехнический, который, будучи составной частью экологической разнокачественности, несомненно, обладает спецификой. По-видимому, целесообразно выделить и **трофического** типа **разнокачественности**, обусловленного **различиями** в обеспеченности, доступности, уровне поступления и перераспределения питательных веществ [17].

Ю.Г. Сулима [23] помимо экологической, матрикальной и генетической выделяет еще три типа разнокачественности, в том числе: гравиморфную (обусловленную формой и рисунком), сексуальную (обусловленную влиянием магнитного поля земли) и энантиоморфную (связанная и с симметрией, и асимметрией семян). В.И. Тарушкин [24, 25] с соавторами развивая методологию изучения разнокачественности, выделили три вида неоднородности семян: физическую, биохимическую и генетическую.

Н.Н. Макрушин считает нецелесообразным выделять отдельно матрикальную и генотипическую изменчивость, поскольку в пределах одного растения неоднородность семян может быть обусловлена как наследственными, так и не наследственными факторами. Кроме того, Н.Н. Макрушин [17] предложил четыре категории гетероспермии в зависимости от уровня, на котором она проявляется, в том числе: популяционную, семейственную или фамильную (в пределах потомства одного растения), матрикальную (в пределах одной особи) и изолюксную (в пределах плода или соцветия). Такая классификация имеет помимо систематического, еще и большое практическое значение, в том числе для использования на разных этапах селекции и семеноводства. Однако в предложенных классификациях имеется ряд недостатков. Наблюдается либо односторонний подход к выделению типов (видов, категорий) неоднородности семян, либо смешение принципов их систематизации.

Поскольку, основное свойство разнокачественности семян – это изменчивость (вариабельность), оно должно, прежде всего, быть положено в основу систематизации этого явления. Исходя из этого, следует выделить четыре типа разнокачественности (табл.). На основе статистических исследований делается важнейший вывод о принадлежности (или существенном отклонении) анализируемой

совокупности одному из наиболее распространенных в биологии распределений (нормальное, биномиальное, Пуассона). Разнокачественность семян подлежит изучению и систематизации с точки зрения характера и степени проявления изменчивости с использованием для этой цели комплекса статистических методов и параметров (размах варьирования, дисперсия, коэффициент вариации, показатели асимметрии и эксцесса). Так при изучении разнокачественности которая проявляется в сезонных колебаниях прорастания семян выявлено два основных типа – волновой (одно-, дву- и многовершинной) и криволинейный или затухающий [34].

Второй основной принцип, который должен быть положен в основу классификации разнокачественности семян – проявление в потомстве, согласно которому следует выделять три типа: генетическая (наследуемая), модификационная (не наследуемая), и эпигенетическая (проявляющаяся по принципу длительных модификаций).

Если повторяющийся отбор семян с крайними значениями признака дает в потомстве одинаковое распределение частот, повторяющее исходную популяцию, это свидетельствует о ее генетической однородности. Разнокачественность обусловлена широкой нормой реакции на изменяющиеся условия внешней и внутренней среды в течение вегетационного периода. Следовательно, можно сделать вывод о ненаследственной (фенотипической) обусловленности данного распределения. Конечно, норма реакции, как и любое другое свойство организма, также контролируется генетически, но ее нельзя определить гибридологическим анализом. При наличии расщепления в потомстве семян, отобранных с резко уклоняющимися выражениями признака можно сделать вывод о ее генетической неоднородности. Детальный генетический анализ позволит выявить особенности наследования признака (доминантность, рецессивность), число генов, их взаимодействие и т.д. И.А. Прохоров [27], предложил использовать термин разнокачественность только для неоднородности семян, связанной с генотипом. Г.В. Гуляев и В.В. Малько [28] напротив, считают, что разнокачественность семян имеет модификационную природу, для генотипических различий, следует использовать понятие гетерогенность.

Третий основной принцип, который необходимо учитывать при разработке классификации разнокачественности семян – это факторы (причины) ее вызывающие. По большому счету существует две большие группы факторов –

внешние (экологические) и внутренние, в пределах каждой из которых можно детализировать много составляющих.

Внешние экологические факторы могут быть биотическими (болезни, вредители, аллелопатия) и абиотическими (температура, осадки, влажность, засоление, солнечная инсоляция). К группе агротехнических – внешних, но регулируемых человеком относятся такие факторы, как густота стояния растений, неравномерное распределение удобрений, поливной воды и т.д.). Влияние этих факторов на изменчивость культурных растений, в том числе на формирование разнокачественности семян изучено достаточно подробно. Р.Е. Левина [1] дополнительно выделяет следующие формы неоднородности: географическую (обусловленную различием условий репродукции), возрастную (связанную с разным возрастом плодоносящих растений), сезонную и разногодичную.

Группа внутренних факторов, вызывающих изменчивость, включает генетически обусловленные системы репродуктивного размножения (самонесовместимость, гетеростилия, протерандрия, протогиния, апомиксис), механизмы перекрестной комбинации генов, рекомбинация, мутагенез, сбоев в развитии, приводящих к аномальной изменчивости.

Особняком стоят материнские факторы, вызывающие **матричную разнокачественность**. Это целый комплекс морфологических и генеративных признаков, характеризующих строение (архитектонику) материнского растения, на котором развиваются семена. Специфика материнских факторов заключается в том, что они с одной стороны генетически обусловлены (являются следствием наследственных факторов), а с другой стороны теснейшим образом связаны с внешними экологическими и агротехническими факторами, поскольку каждый метамерный элемент развивается в разных временных условиях, а следовательно, изменяющейся температуры, влажности, инсоляции и т.д.

В качестве основной причины матричной разнокачественности семян и плодов рассматривается асинхронность прохождения этапов органогенеза [29]. Матричная разнокачественность напрямую связана с фазой спелости семян, как следствие сложной архитектуры семенника и одновременного развития генеративных органов [30]. Одной из причин матричной разнокачественности является неодинаковая обеспеченность генеративных органов питательными веществами из-за транспортной доступности, в том числе и за счет реутилизации –

Таблица. Основные принципы систематизации явления разнокачественности семян
Table. The basic principles of systematization of the phenomenon of variability and heterogeneity of seeds

Ранг в системе	Принцип систематизации разнокачественности		Термины, характеризующие разнокачественность
Тип	по характеру варьирования признаков	Непрерывное Дискретное Атрибутивное Альтернативное	Альтернативная Непрерывная Волновая Затухающая
Класс	по проявлению признаков в потомстве (наследованию)	Ненаследственное Наследственное моно-, ди-, полигенное Эпигенетическое <i>длительные модификации, ксении</i>	Модификационная Генетическая
Категория	по факторам, которые вызывают изменчивость признаков	Внешние <i>Биотические</i> (вредители, болезни, аллелопатия) <i>Абиотические</i> (географические, климатические, почвенные, погодные, сезонные) <i>Агротехнические</i> (сроки посева, густота стояния, удобрение, орошение, пестициды, физиологически активные вещества) Внутренние <i>Уровень репродукции</i> (популяция, семья, особь, орган) <i>Системы размножения</i> (апомиксис, самоопыление, перекрестное опыление, несовместимость, гетеростилия, протерандрия) <i>Генетические механизмы изменчивости</i> (мутации, перекрестная комбинация, рекомбинация)	Экологическая Географическая Сезонная Разногодичная Агротехническая Трофическая Матричная Популяционная Семейственная Индивидуальная Топографическая Локальная Изолюционная Возрастная Матуральная
Вид	по признакам, которые исследуют	Морфологические Анатомические Физиологические Биохимические Окраска, рисунок Симметрия – асимметрия	Пространственная Структурная Явная Скрытая Гравиморфная Энантиморфная

перераспределения питательных веществ из стареющих и органов в молодые [31].

Уровень репродукции (фактор также биологический, следовательно, внутренний), на котором проявляется разнокачественность, накладывает свой отпечаток на ее проявление, и на этой основе можно выделить следующие четыре типа неоднородности семян. Популяционная разнокачественность – в пределах партии семян одного года и места репродукции. Семейная разнокачественность – в пределах потомства одного растения. Индивидуальная разнокачественность – в пределах одной особи (матричная по Н.Н. Макрушину или топографическая по Р.Е. Левиной). Локальная разнокачественность – в пределах одного плода или соцветия (изолюкционная по Н.Н. Макрушину). Матуральная - обусловлена разной степенью зрелости семян (по Р.Е. Левиной). Разнокачественность в пределах плода наиболее подробно изучена у культивируемых представителей семейств пасленовые и тыквенные [32, 33]. Р.Е. Левина рассматривает еще и видовой уровень проявления неоднородности семян [1].

Система типизации разнокачественности должна обязательно базироваться на особенностях самих признаков, изменчивость которых исследуют. Чаще всего разнокачественность оценивают по морфологическим, физико-механическим, анатомическим, биохимическим, биофизическим, физиологическим, продуктивным признакам. В самостоятельную группу следует выделить аномальные признаки, которые, как правило, не являются адаптивно значимыми, зачастую бывают летальными и имеют преимущественно наследственную природу. Отдельно следует рассматривать разнородную группу признаков (дефектов), объединяемых тем, что их изменчивость возникает под влиянием экологических (засуха, мороз, вредители, болезни) или агротехнических факторов, в том числе, применения пестицидов, избыточных доз удобрений, орошения. Наиболее полно изучены травмы, возникающие под воздействием рабочих органов машин и механизмов, в основном в процессе уборки, сушки и доработки семян [26].

Знание особенностей проявления изменчивости параметров семян культивируемых растений имеет большое значение для сельскохозяйственной практики [21, 16, 17]. Общеизвестно применение загущенных посевов для уменьшения степени ветвления (в идеале происходит развитие только центрального соцветия), а, следовательно, снижения матричной разнокачественности при беспересадочном выращивании семян двулетних овощных культур [35, 36, 37, 38, 39, 40]. Нормирование плодовой нагрузки семенных растений огурца позволяет оптимизировать урожайность и повысить качество семян, особенно гетерозисных гибридов при выращивании в защищенном грунте [41]. Хирургическое вмешательство (пасынкование, пинцировка, прищипывание, удаление слабо развитых побегов и завязей) широко применяется при семеноводстве моркови, свеклы, огурца, цветочных растений особенно в регионах с коротким периодом вегетации [42, 43].

На знании морфометрических и физико-механических параметров (в совокупности технологических свойств) основаны принципы проектирования устройства машин и механизмов для послепосевной доработки и сортировки [11, 44] и посева семян [45]. Заслуживают изучения толщина, эластичность и прочность кожуры, регенерационная способность тканей, наличие веществ, обладающих фитонцидной и антиоксидантной активностью и другие признаки, способствующие возникновению устойчивости семян к различным физиологическим нагрузкам и стрессам [46].

Учитывая возрастающие возможности приборов и оборудования, число признаков, по которым оценивают разнокачественность семян, постоянно растет. Внедрение сканирования и цифровых технологий позволили ряд признаков перевести из группы качественных в разряд количественных [47]. Это дало возможность форму поперечного сечения, окраску и другие признаки оценивать численно, а, следовательно, увеличивать точность измерения и на практике применять для сортировки семян. Использование рентгенографических приборов позволяет изучить внутреннюю структуру семян по степени ослабления прошедших через них рентгеновских лучей [48, 49]. Различная плотность морфологических элементов семян на оцифрованных рентгеновских снимках позволяет получить и качественную (идентифицировать щуплость, травмы, внутреннее прорастание, повреждение и заселение вредителями) и количественную характеристику дефектов [50, 51, 52, 53]. В перспективе это позволит не только ускорить и автоматизировать процесс анализа, но и

отсортировать семена без внутренних (наиболее трудно выявляемых) дефектов и аномалий [54].

Помимо признаков, оцениваемых прямым изменением, разработано большое количество расчетных показателей, которые получают в ходе преобразования исходных данных (площадь, объем, удельная масса, различные коэффициенты и индексы). Для получения более полной информации, детально характеризующей прорастание семян, предложен метод изучения этого процесса в динамике и разработан комплекс кинетических параметров, в том числе численные, временные и скоростные [55]. Используя этот метод, была изучена разнокачественность семян овощных зонтичных культур в процессе формирования и прорастания, в том числе в условиях температурного стресса [56, 57, 58].

Г.Г. Строна [21] отмечал, что все теоретические исследования должны проводиться для установления связи разнокачественности с урожайными свойствами семян. Позднее Н.М. Макрушин сформулировал положение о гармонии основанное, на корреляционных взаимоотношениях между линейными признаками с одной стороны и продуктивными свойствами растений, выращенных из них. Была предложена формула для расчета показателя формы семян - «индекс деформации семян» основанная на соотношении их длины, ширины и толщины и отклонения этих параметров от среднего значения. Это позволило развивать методы прогнозирования и, что более важно отбора наиболее ценных фракций семян, обеспечивающих более высокую урожайность и качество продукции [17].

Одной из форм проявления гетероспермии являются различные аномалии, обусловленные структурными изменениями строения семян. Это проявляется в наличии aberrантного зародыша или его полном отсутствии, различных видов апомиксиса и полиэмбрионии, нарушении развития эндосперма и семенной кожуры [59, 60, 61, 62]. Семена зерновых и овощных культур с нарушением эндосперма визуально легко отличить от нормальных, они щуплые, имеют меньшую удельную массу, относятся к мелкой фракции, поэтому их легко выявить и отсортировать. Семена беззародышевые или имеющие aberrантный зародыш отличить и отсортировать от нормально развитых семян практически невозможно, если они содержат хорошо развитый эндосперм [63, 64].

Причиной возникновения аномалий в развитии семян могут стать мутации, что часто приводит летальному исходу. Aberrантные семена образуются под влиянием антропогенных факторов. Недостаток пыльцы или низкое качество пыльцевых зерен (нарушение соотношения пыльцевых зерен и семязачатков), неблагоприятные погодные условия для опыления, уменьшение числа насекомых (опылителей) резко повышает число аномально развивающихся семян [65, 66, 61, 67]. Применение дополнительного опыления насекомыми, встряхиванием, переноса пыльцы мягкой кистью или тампоном позволяет значительно повысить не только семенную продуктивность, но и качество семян [68, 69].

При семеноводстве гетерозисных гибридов огурца и кабачка на основе линий женского типа и капусты на основе ЦМС очень важно соблюдать оптимальное соотношение числа рядков материнской и отцовской линий [70, 71, 72, 73, 74]. Причиной низкой семенной продуктивности и качества семян гетерозисных гибридов может быть несоответствие сроков цветения родительских линий. Преодолеть это можно посадкой линий в разные сроки, используя растения разного возраста или хирургическими методами [70, 75].

Абортивность семян может быть обусловлена недостатком питательных и физиологически активных веществ и воды, а также нарушения путей их поступления к генеративным органам и снижения транспирации вследствие экологических стрессов, нарушения агротехники или чрезмерной плодовой нагрузки [76]. Положительное влияние на семенную продуктивность и качество семян капусты белокочанной при этом оказывает оптимальное сочетание орошения, минерального питания и посадка маточников с закрытой корневой системой [77]. Применение ФАВ способствует повышению эффективности гибридизации и качества семян при межлинейных и межвидовых скрещиваниях томата и перца [78, 68], размножении сортов и самонесовместимых линий капусты белокочанной [40, 79], кабачка [80], моркови [36, 37, 81] обеспечивая, в том числе и экологизацию семеноводства овощных культур [82].

Высокая влажность воздуха, дожди, обильные росы в период уборки урожая зерновых культур может приводить к

прорастанию зерна в колосе [83, 84]. Известно, что осадки, выпадающие в предуборочный период, являются причиной существенного снижения посевных свойств семян моркови [36, 37]. Выявлена связь явления живорождения с ранним завершением покоя и генетической обусловленностью этого явления [85, 86].

К увеличению неоднородности и снижению качества семян приводят инфекционные болезни. Неблагоприятные погодные условия в сочетании с активным развитием инфекционных болезней приводит к энзимо-микозному истеканию [87]. Одним из распространенных и вредоносных заболеваний злаковых культур является «черный зародыш», проявляющийся в виде потемнения разной интенсивности, причиной которого считают комплекс грибных патогенов [88]. Отмечена значительная генетическая неоднородность сортовых популяций по степени проявления «черноты зародыша» [89].

Существенный вклад в разнокачественность семян вносят специализированные вредители (прежде всего сосущие) которые питаются завязями, плодами и семенами в период их развития. У овощных зонтичных культур таким вредителем является *Graphosoma lineatum*, *Lygus campestris* и *L. hesperus* которые повреждают и даже полностью уничтожают зародыш, приводя к явлению беззародышевости [90, 91, 92].

Существует большая группа растений с недоразвитым (эволюционно закрепленным) зародышем, для которых характерно его доразвитие в период прорастания уже после отделения семян от материнского растения. Недоразвитие зародыша приводит к замедленному, затрудненному прорастанию, что является одной из форм проявления покоя [93, 94]. Этот период в развитии семян И.В. Грушвицкий [95] назвал этапом, который был утрачен в ходе эволюции. Ф.Э. Реймерс и Н.М. Макрушин [96, 16] приводят материалы исследований В.Т. Шевченко, который выделил у пшеницы семь морфологических типов зародыша и связал их с продуктивными свойствами семян. Неоднократно отмечено, что крупный зародыш - явление в биологическом отношении прогрессивное [17]. Исключением является редукция (вторичная) зародыша у растений паразитического, сапрофитного и эпифитного образа жизни [93, 66].

Н.Н. Кулешов [76], комментируя многочисленные факты, свидетельствующие о том, что крупные семена дают более мощные и продуктивные растения, объяснял это не только содержанием в них большого запаса питательных веществ, но и наличием более крупного зародыша. Познание процесса образования семян и возможности регулирования соотношения размеров зародыша и эндосперма автор рассматривал в качестве перспективного пути получения полноценных в генеративном отношении семян.

Недоразвитие зародыша – является одним из факторов покоя [97, 98]. У овощных зонтичных культур более крупный зародыш, как правило, обеспечивал более интенсивные темпы прорастания и повышенную всхожесть, устойчивость к экстремально высоким температурам [56]. Семена с крупным зародышем менее склонны впадать в покой и способны ускоренно выходить из этого состояния [99]. Сформировано понятие о степени недоразвития зародыша, который показывает (в процентах или долях) насколько размер зародыша в период отделения семени от материнского растения уступает размеру зародыша в момент прорастания [64]. Наиболее близок к этому показателю индекс, который выражает отношение длины зародыша к длине эндосперма, поскольку недоразвитый зародыш к моменту прорастания проходит процесс доразвития, в ходе которого зародыш, как правило, достигает размера эндосперма [62]. Для семян с недоразвитым зародышем помимо морфологического присущи и физиологические механизмы покоя, проявляющиеся в торможении прорастания, в том числе обусловленные аллелопатическим фактором [99, 100].

Корреляционный анализ у различных сортов моркови при выращивании их в разных регионах России показал, что достаточно тесная связь выявлена между линейными размерами семени и эндосперма (0,736 – 0,836) и слабая для пары зародыш – эндосперм (0,208 – 0,369) и зародыш – семя (0,213 – 0,369) [101, 102]. Отсутствие жесткой корреляции между размерами зародыша с одной стороны и размерами эндосперма и семени с другой в значительной степени согласуется с тезисом об относительной его автономности [84].

И.Г. Строна [21] подчеркивал, что знания о разнокачественности семян могут найти применение в селекционной практике, а во избежание методических ошибок,

исследования должны вестись с обязательным учетом тех причин, которые легли в основу этого явления.

Фенотипическое проявление неоднородности семян по каждому отдельно взятому признаку, для каждого вида, а иногда и сорта, зачастую имеет свои особенности, обусловленные спецификой взаимодействия внешних и внутренних факторов. Изучение вариативности показателей в системе многофакторного опыта и последующая статистическая обработка полученных данных позволяет вычлнить вклад факторов в изменчивость признаков. В ряде случаев такой анализ позволяет выявить наличие генетической (наследственной) изменчивости, а, следовательно, дает предпосылки для селекционного совершенствования признаков, характеризующих качество семян. Показано, что вклад в изменчивость морфометрических параметров семян моркови, и в первую очередь длины зародыша на 50,8 - 86,5 % обусловлен наследственным фактором. Это свидетельствует о возможности селекционного совершенствования физиологических и морфофизиологических (в том числе посевных) свойств семян по размеру зародыша [96, 101, 102], также плодовитости завязи [103].

Т.Б. Батыгина [104] указывает, что при разработке генетико-селекционных программ все большее значение придается эмбриологическим данным, по которым можно судить о том, как протекают процессы, приводящие к образованию нормальных семян, а также о причинах их аномальной изменчивости. Автор показала запрос практической селекции на формирование генетической эмбриологии, направленной на познание начальных этапов онтогенеза, включая вопросы формирования покоя, прорастания семян и в целом генетические и экологические аспекты репродуктивной биологии. Аналогичное мнение о необходимости выделения отдельного направления исследований – генетики семян высказал Н.М. Макрушин [17].

А.А. Жученко [105] всесторонне, рассматривая эколого-генетические основы адаптивного семеноводства, отмечал, роль «онтогенетической памяти», указывая, что даже высокоурожайные посевы зерновых культур могут давать весьма посредственные и даже плохие семена. Поскольку условия полезные для развития эндосперма (товарные качества) одновременно могут быть неблагоприятны для формирования зародыша (посевные качества) семян.

В.Ф. Пивоваров и Е.Г. Добруцкая [106] на большом экспериментальном материале по семеноводству овощных культур показали, что им свойственно изменение посевных и урожайных свойств семян в зависимости от места репродукции. Более того, авторы привлекли пристальное внимание к проблеме сочетания репродуктивных зон и условий использования семян. Авторы отметили что, несмотря на обилие данных об экологической разнокачественности семян овощных культур, научные принципы обоснования зонального семеноводства разработаны недостаточно полно.

На примере многочисленной группы овощных культур показано, что работы по семеноведению ведутся преимущественно в направлении разработки технологий семеноводства, послеуборочной доработки и предпосевной подготовки семян. Вместе с тем, как отмечал Г.И. Тараканов, семя и семенник практически вывели из поля зрения селекционера [107]. Исключение составляет небольшая группа признаков, используемых в селекции, в том числе, раздельноплодность у свеклы [108, 109], нерастрескивающийся боб и неосыпающийся семя у гороха [110], бурые семена у томата [111].

Таким образом, знания о причинах и закономерностях полиморфизма семян, могут быть использованы для повышения семенной продуктивности и оптимизации семеноводческих параметров в процессе выращивания. Выработанные принципы оценки и отбора выравненных фракций по морфологическим признакам, корреляционно связанным с высокими посевных и продуктивных качествами являются основой процесса доработки семян в послеуборочный период. Наследственно обусловленная неоднородность – источник генетического разнообразия, который можно и нужно использовать в селекции для повышения качества семян, в том числе посевных и продуктивных свойств, устойчивости к экстремальным факторам. Приемы селекционного совершенствования морфометрических параметров, физиологических, биохимических и продуктивных свойств, должны стать методами кардинального улучшения качества семян.

Об авторе:

Бухаров Александр Федорович – доктор с.-х. наук, зав. лаб. семеноведения, <https://orcid.org/0000-0003-1910-5390>

About the author:

Alexander F. Bukharov – Doc. Sci. (Agriculture), <https://orcid.org/0000-0003-1910-5390>

• Литература

- Левина Р.Е. Репродуктивная биология семенных растений (обзор проблемы). М.: Наука, 1981. 96 с.
- Сухоруков А. П. Карпология семейства Chenopodiaceae в связи с проблемами филогении, систематики и диагностики его представителей. Тула: Гриф и К, 2014. 400 с.
- Строна И.Г. Разнокачественность семян полевых культур и ее значение в семеноводческой практике. Биологические основы повышения качества семян сельскохозяйственных растений. М.: Наука, 1964. С.21-25
- Овчаров К.Е. Физиология формирования и прорастания семян. М.: «Колос», 1976. 256 с.
- Гриценко В.В., Калошина З.М. Семеноведение полевых культур. М.: «Колос», 1984. 272 с.
- Васько В.Т. Основы семеноведения полевых культур: учебное пособие. СПб.: Издательство «Лань», 2012. 304 с.
- Ступин А.С. Основы семеноведения: Учебное пособие. СПб.: Издательство «Лань», 2014. 384 с.
- Доброхотов В.Н. Семеноведение и контрольно-семенное дело. М.: «Сельхозгиз», 1940. 207 с.
- Рыжов Н.И. Повышение качества семян кормовых трав. М.: Сельхозгиз, 1944. 140 с.
- Кулешов Н.Н. Агрономическое семеноведение. М.: Издательство С.-Х. литературы, 1963. 304 с.
- Ульрих Н.Н. Методы агрономической оценки эффективности машинного сортирования семян. *Труды ВИМ*. 1961;30:306.
- Макаро И.Л., Слободяник Н.И., Герасимов Б.А., Осницкая Е.А. Повышение посевных качеств семян овощных культур. М.: Сельхозгиз, 1956. 192 с.
- Макаро И.Л., Кондратьева А.В. Повышение продуктивности овощных культур. М.: Сельхозиздат, 1962. 199 с.
- Рекомендации по применению терминов и определений в семеноводческом процессе сельскохозяйственных культур. М.: «Колос», 1972. 32 с.
- ГОСТ 20081 – 74 Семеноводческий процесс сельскохозяйственных культур. Основные понятия, термины и определения
- Макушин Н.М. Основы гетеросперматологии. М.: Агропромиздат, 1989. 287 с.
- Макушин Н.М., Макушина Е.М., Шабанов Р.Ю. и др. Семеноводство (методология, теория, практика). Симферополь: ИТ «Ариал», 2012. 564 с.
- Войтенко В.Ф. Разнокачественность семян и гетероспермия: о сущности понятий. - *Селекция и семеноводство*. 1990;3:56-59.
- Опарина С.Н. сравнительно-морфологический и экологический анализ генеративной гетеродиспории у *Falcaria vulgaris* Bernh. (*Umbelliferae*). *Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии*. 2011;20(3):129-137.
- Батыгина Т.Б. Природа генетической гетерогенности семян. – Тезисы между. научно-практ. конф. «Семя», М.: Изд. ИКАР, 1999. С.57-60.
- Строна М.Г. Общее семеноведение. М.: Колос, 1966. 464 с.
- Рубцов М.И., Матвеев В.П. Овощеводство. М.: «Колос», 1970. 454 с.
- Сулима Ю.Г. Биосимметрические и биоритмические явления и признаки у сельскохозяйственных растений. Кишинев: Изд. АН МССР, 1970. 148 с.
- Тарушкин В.И., Лубников С.И. Новая методология изучения разнокачественности семян. *Научные труды ВИМ*. 2000. С.133-137.
- Тарушкин В.И., Лубников С.И., Кузьмин И.И. Аспекты разнокачественности семян в научной и практической деятельности. *Вестник семеноводства в СНГ*. 2004;2:15-19.
- Травмирование семян и его предупреждение. М.: «Колос», 1972. 160 с.
- Прохоров И.А. Семеноводство и семеноведение овощных культур: Словарь-справочник. М.: Издательство МСХА, 1995. 177 с.
- Гуляев Г.В., Малько В.В. Словарь терминов по генетике, цитологии, селекции, семеноводству и семеноведению. М.: Россельхозиздат, 1975. 215 с.
- Куперман Ф.М. Асинхронность прохождения этапов органогенеза, как одна из причин разнокачественности плодов и семян растений. Биология и технология семян. Харьков, 1974. С.202-203.
- Мегердичев Е.Я. О разнокачественности зародышей у семян. *Вестник с.-х. науки*. 1974;(5):38-39.
- Бартков Б.И. Транспортирование ассимилятов, как одна из причин формирования материнской разнокачественности семян у зернобобовых растений. Физиолого-биохимические проблемы семеноведения и семеноводства. Иркутск, 1972. С.64-66.
- Бывших Н.А. О биохимической и хозяйственной разнокачественности семян тыквы в пределах плода. *Труды Плодоовощного института им. И.В. Мичурина*. 1963;15:123-132.
- Гикало Г.С. Разнокачественность семян на растении сладкого перца. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1966;38(1):130-135.
- Ткаченко К.Г. Гетеродиспория и сезонные колебания в ритмах прорастания. *Научные ведомости*. 2009;11(66):44-50.
- Громова Г.Г. Влияние загущенности посадок лука репчатого на урожай семян. Селекция и агротехника овощных культур. М.: НИИОХ, 1989. С.71-72.
- Леунов В.И., Клыгина Т.Э., Сапелкина С.Д., Ипатова Н.В. Изучение физиологически-активных веществ при гибридном семеноводстве моркови. М.: ВНИИО, 2000. С.67-74.
- Леунов В.И. Селекционно-технологическое обоснование гибридного семеноводства моркови столовой. Автореф. Дисс. ... докт. с.-х. наук. М.: 2002. 48 с.
- Лудилов В.А., Кононыхина В.М. Выращивание семян двулетних овощных культур и редиса без пересадки маточников. М.: Глобус, 2001. 112 с.
- Гиш Р.А., Лазыко В.Э. влияние густоты стояния семенников лука озимого сорта Эллан на урожай и качество семян. Проблемы научного обеспечения овощеводства юга России. Краснодар: Издательство «ЭДВИ», 2004. С.25-29.
- Данилевич Ю.В., Аутко А.А., Забара Ю.М. Семеноводство капусты белокачанной в Беларуси. Минск, 2008. 203 с.
- Рекомендации и методические указания по селекции и семеноводству огурца. М.: ВНИИССОК, 1999. 244 с.
- Боос Г.В. Выращивание семян овощных культур. Л.: «Колос», 1972. 62 с.
- Семеноводство овощных культур и кормовых корнеплодов (для северо-западной зоны СССР). М.-Л.: Сельхозгиз, 1951. 312 с.
- Ульрих Н.Н. Научные основы очистки и сортирования семян. – М. - Л.: Изд. ВАСХНИЛ, 1937. 187 с.
- Чичкин В.П. Овощные сеялки и комбинированные агрегаты (теория, конструкция, расчет). – Кишинев: Штиинца. 1984. 392 с.
- Бухаров А.Ф. Технологические свойства семян – предмет изучения и применения в агрономической практике. Селекция, семеноводство и сортовая агротехника овощных, бахчевых и цветочных культур. М.: ВНИИО. 2016. С.51-58
- Мусаев Ф.Б., Прияткин Н.С., Архипов М.В. и др. Цифровая морфометрия разнокачественности семян овощных культур. *Картофель и овощи*. 2018;(6):35-37.
- Архипов М.В., Гусакова Л.П., Великанов Л.П. и др. Методика комплексной оценки биологической и хозяйственной пригодности семенного материала. СПб.: АФИ, 2013. 52 с.
- Архипов М.В., Гусакова Л.П., Алферова Д.В. Рентгенография растений при решении задач семеноведения и семеноводства. *Известия СПб. ГАУ*. 2011;22:336-341.
- Мусаев Ф.Б., Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н. и др. Опыт рентгенографического определения скрытой заселенности и поврежденности семян овощных культур насекомыми. *Вестник Алтайского ГАУ*. 2015;12(134):45-49.
- Мусаев Ф.Б., Бухаров А.Ф., Архипов М.В. Определение внутреннего (скрытого) прорастания семян методом микрофокусной рентгенографии. *Картофель и овощи*. 2016;10.:28-29.
- Мусаев Ф.Б., Потрахов Н.Н., Белецкий С.Л. Краткий атлас рентгенографических признаков семян овощных культур. М.: Изд-во ФГБНУ ФНЦО. 2018. 40 с.
- 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.
- Якушев В.П., Архипов М.В., Желудков А.Г. Автоматический анализ семян пшеницы по рентгенограмме. Международная научно-практическая конференция «Семя». М.: Издательство ИКАР, 1999. С.169-170.
- Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Кинетика прорастания семян. Система методов и параметров (учебно-методическое пособие). Москва: Изд. РГАЗУ, 2016. 64 с.
- Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. биология формирования и прорастания семян укропа. *Овощи России*. 2008;(1-2):64-66.
- Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. Аллелопатия овощных зонтичных (*Umbelliferae*): торможение прорастания и индукция состояния покоя. Saarbrücken. Germany. 2012. 112 с.
- Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н. Температурный стресс и термопокой семян овощных зонтичных культур. Особенности индукции, проявления и преодоления (часть I). *Овощи России*. 2013;(2):36-41. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-2-36-41>

59. Батыгина Т.Б. Семязачаток и семя с позиции надежности биологических систем. – Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. СПб: Мир и семья. 1994;1:263-266.
60. Анисимова Г.М., Шамров И.И., Яковлева О.В. Семязачаток, семя и гетероспермия у *Vaccinium myrtillus* L. (*Ericaceae*). *Ботанический журнал*. 2005;90(10):1499-1516.
61. Шамров И.И. Семязачаток цветковых растений: строение, функции, происхождение. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 350 с.
62. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Иванова М.И. Морфометрия разнокачественности семян овощных зонтичных культур в процессе формирования и прорастания. *Вестник Алтайского ГАУ*. 2014;7(117):26-32.
63. Носатовский А. Зерно пшеницы без зародыша. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1928-1929;2(1):593-595.
64. 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.
65. Фегри К., ван дер Пейл Л. Основы экологии опыления. М. «Мир», 1982. 360 с.
66. Терехин Э.С. Семья и семенное размножение. СПб.: Мир и семья, 1996. 376 с.
67. Андреева Е.Н., Аванская Л.Н., Андреев Ю.М. Пыльцевая и семенная продуктивность огурца Нацу Фусинари при обработке азотнокислым серебром. Разработка методов селекции и селекции в плодовоовощеводстве. М.: МСХА, 1986. С.49-53.
68. Бухаров А.Ф., Бухаров А.Р. Интрогрессия, гетерозис и адаптогенез в селекции перца. Монография. М. 2011. 292 с.
69. Юрковская М.Е. Использование различных переносчиков пыльцы (пчелы, шмели, мухи) в селекционном процессе моркови столовой. Автореф. дис. ... кандидата с.-х. наук. М., 2013. 20 с.
70. Монахос Г.Ф., Крючков А.В., Пацурия Д.В. и др. Методические рекомендации по созданию и технологии размножения линий капусты с цитоплазматической мужской стерильностью. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2003. 22 с.
71. Фомина А.А., Бухарова А.Р., Фефелов Ф.О., Бухаров А.Ф. Изменение семенной продуктивности материнской ЦМС-линии капусты белокочанной в зависимости от расстояния до опылителя. Селекция, семеноводство и сортовая агротехника овощных, бахчевых и цветочных культур. М.: ВНИИО, 2016. С.308-310.
72. Мещеров Э.Т. Селекция и семеноводство гетерозисных гибридов огурца. – Автореф. Дис. ... доктора с.-х. наук. Л. 1970. 61 с.
73. Рубацкий В.Е., Кирос К.Ф., Саймон Ф.В. Морковь и другие овощные культуры семейства зонтичных. Пер. с англ. М.: Т-во научных изданий КМК, 2007. 358 с.
74. Юрина О.В., Пивоваров В.Ф., Балашова Н.Н. Селекция и семеноводство тыквенных культур в России. М.: ВНИИССОК, 1998. 424 с.
75. Стрельникова Т.Р., Погода Л.П. Семеноводство тепличных огурцов. Семеноводство овощных культур. Кишинев: «Штиинца», 1980. С.116-125.
76. Кулешов Н.Н. Процесс семенообразования и полноценность семенного материала. – Биологические основы повышения качества семян сельскохозяйственных растений. М.: Наука, 1964. С.43-47.
77. Бухаров А.Ф., Разин О.А., Петрищев А.В. Влияние факторов орошения минерального питания на компоненты семенной продуктивности капусты белокочанной. Научное обоснование инновационного развития плодовоовощеводческой отрасли в Центральном Черноземье России. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2012. С.127-130.
78. Бухаров А.Ф., Востриков В.В., Бухарова А.Р. Гибридное семеноводство томата в открытом грунте и повышение его эффективности. *Картофель и овощи*. 2003;6:5.
79. Бухаров А.Ф., Бухарова А.Р., Фомина А.А., Балашова И.Т., Козарь Е.Г., Машченко Н.Е. Повышение семенной продуктивности родительской линии гибрида F₁ капусты белокочанной под действием стероидных гликозидов. *Овощи России*. 2016;(4):60-65. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-4-60-65>
80. Бухаров А.Ф., Козарь Е.Г., Балашова И.Т. и др. Влияние стероидного гликозида Молдстим на семенную продуктивность линии кабачка. *Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции сельскохозяйственных растений*. М.: РУДН, 2019;(2):36-39.
81. Леунов В.И. Цветение, изменение пола цветка и качество пыльцы у линий моркови столовой. Селекция семеноводство и биотехнология овощных и бахчевых культур. М.: ВНИО, 2003. С.263-266
82. Балашова И.Т., Козарь Е.Г., Бухаров А.Ф. и др. Роль стероидных гликозидов в экологизации семеноводства овощных культур. *Успехи современной науки*. 2017;9(1):83-91.
83. Леманн Е., Айхеле Ф. Физиология прорастания семян злаков. М.-Л.: Сельхозгиз, 1936. 483 с.
84. Васильева В.Е., Батыгина Т.Б. Критические периоды в развитии семени: автономность зародыша. Тезисы межд. научно-практ. конф. «Семя». М.: Изд. ИКАР, 1999. С.107-110.
85. Крупнов В.А., Сибикеев С.Н., Крупнова О.В. Генетический контроль покоя и устойчивости к предуборочному прорастанию семян у пшеницы (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2010;(3):3-16.
86. Крупнов В.А., Антонов Г.Ю., Дружин А.Е., Крупнова О.В. Устойчивость к предуборочному прорастанию яровой мягкой пшеницы с 6AgI (6D) - хромосомой от *Agropyron intermedium*. - *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2012;16(2):444-450.
87. Темирбекова С.К. О проблеме энзимо-микозного истощения семян («истекание зерна») в растениеводстве. М.: РАСХН МОБИР, 1998. 306 с.
88. Акулов А.Ю., Леонтьев Д.В. Анализ современных методов диагностики «черного зародыша» семян злаков. Генетические ресурсы культурных растений. проблемы мобилизации, инвентаризации, сохранения и изучения генофонда важнейших сельскохозяйственных культур для решения приоритетных задач селекции. СПб.: ВИР, 2001. С.193-195.
89. Овчарова Н.М., Соловьева Н.Н., Тарышкин Л.Г. Характеристика коллекционных образцов ячменя по устойчивости к «черноте зародыша». Генетические ресурсы культурных растений. проблемы мобилизации, инвентаризации, сохранения и изучения генофонда важнейших сельскохозяйственных культур для решения приоритетных задач селекции. СПб.: ВИР, 2001. С.363-365.
90. Хоуторн Л., Поллард Л. Семеноводство овощных и цветочных культур. М.: Иностранная литература, 1957. 469 с.
91. Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. Повреждение овощных зонтичных культур щитником полосатым (*Graphosoma lineatum* L.) как фактор снижения продуктивности и качества семян. *Вестник Алтайского ГАУ*. 2014;10(120):19-25.
92. Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. Полосатый щитник – причина дегенерации семян овощных зонтичных культур. *Защита и карантин растений*. 2015;(8):26-29.
93. Грушвицкий И.В. Роль недоразвития зародыша в эволюции цветковых растений. Комаровские чтения. 1961;(XIV):46.
94. Попцов Ф.В., Некрасов В.И., Иванова И.Ф. Очерки о семеноведении. М.: Наука, 1981. 112 с.
95. Грушвицкий И.В. Об этапе онтогенеза семенных растений, утраченном в ходе эволюции. *Морфогенез растений*. 1961;(2):427-430.
96. Реймерс Ф.Э. Растение во младенчестве. Новосибирск: Наука, 1987. 183 с.
97. Николаева М.Г. Физиология глубокого покоя. Л.: Наука, 1967. 207 с.
98. Николаева М.Г., Лянгузова И.В., Поздова Л.М. Биология семян. СПб: НИИ химии, 1999. 232 с.
99. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н. Аллелопатическая активность у семян овощных зонтичных культур. *Сельскохозяйственная биология*. 2014;49(1):86-90.
100. Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф., Бухарова А.Р. Анализ параметров разнокачественности семян укропа разной степени зрелости. *Вестник Башкирского ГАУ*. 2012;(2):5-7.
101. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Колпаков Н.А. и др. Роль внешних и внутренних факторов в формировании морфологических структур семян укропа. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2018;6(164):16-20.
102. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Кашнова Е.В. и др. Экологическая и сортовая изменчивость морфологических параметров семян моркови. *Картофель и овощи*. 2019;(3):37-40.
103. Орел Л.И., Константинова Л.Н., Огородникова В.Ф. и др. Отбор растений люцерны с высокой плодovitостью завязей: Методические указания. Л.: ВИР, 1985. 35 с.
104. Батыгина Т.Б. Эмбриология на рубеже 20–21 веков. Международная научно-практическая конференция «Семя». М.: Изд. ИКАР, 1999. С.243-256.
105. Жученко А.А. Эколого-генетические основы адаптивного семеноводства. Международная научно-практическая конференция «Семя». М.: издательство ИКАР, 1999. С.10-49.
106. Пивоваров В.Ф., Добруцкая Е.Г. Экологические основы селекции и семеноводства овощных культур. М.: ВНИИССОК, 2000. 592 с.
107. Тараканов Г.И. Проблемы семени в технологии, селекции и семеноводстве овощных культур. Международная научно-практическая конференция «Семя». М.: издательство ИКАР, 1999. С.143-144.
108. Малецкий, С.И., Шавруков Ю.Н., Вепрев С.Г. и др. Одноростковость свеклы (эмбриология, генетика, селекция). Новосибирск: Наука Сибирское отд, 1988. 168 с.
109. Энциклопедия рода Beta Биология, генетика и селекция свеклы. Новосибирск: «Издательство Сова», 2010. 686 с.
110. Зеленев А.Н. Культурная эволюция гороха посевного. *Генетика*. 1994;(30):55.
111. Беков Р.Х. Томат (эффективное использование генетических маркеров в практической селекции). М.: ВНИИО, 2014. 332 с.

● References

1. Levina R.E. Reproductive biology of seed plants (review of the problem). M.: Nauka, 1981. 96 p. (In Russ.)
2. Sukhorukov A.P. Carpology of the *Chenopodiaceae* family in connection with the problems of phylogeny, systematics and diagnosis of its representatives. Tula: Grif and K, 2014. 400 p. (In Russ.)
3. Strone I.G. The variety of seeds of field crops and its significance in seed practice. Biological basis for improving the quality of seeds of agricultural plants. M.: Nauka, 1964. P.21-25. (In Russ.)
4. Ovcharov K.E. Physiology of the formation and germination of seeds. M.: Kolos, 1976. 256 p. (In Russ.)
5. Gritsenko V.V., Kaloshina Z.M. Seed science of field crops. M.: Kolos, 1984. 272 p. (In Russ.)
6. Vasko V.T. Fundamentals of field crop seed research: study guide. St. Petersburg: Publishing House "Lan", 2012. 304 p. (In Russ.)
7. Stupin A.S. Fundamentals of seed science: Textbook. St. Petersburg: Publishing House "Lan", 2014. 384 p. (In Russ.)
8. Dobrokhotov V.N. Seed science and control and seed business. M.: "Selkhozgiz", 1940. 207 p. (In Russ.)
9. Ryzhov N.I. Improving the quality of forage grass seeds. M.: Selkhozgiz, 1944. 140 p. (In Russ.)
10. Kuleshov N.N. Agronomical seed science. M., 1963. 304 p. (In Russ.)
11. Ulrich N.N. Methods of agronomic evaluation of the effectiveness of machine sorting of seeds. *Proceedings of VIM*. 1961;30:306. (In Russ.)
12. Makaro I.L., Slobodyanik N.I., Gerasimov B.A., Osnitskaya E.A. Improving the sowing qualities of seeds of vegetable crops. M.: Selkhozgiz, 1956. 192 p. (In Russ.)
13. Makaro I.L., Kondratyev A.V. Increasing the productivity of vegetable crops. M.: Selkhozizdat, 1962. 199 p. (In Russ.)
14. Recommendations on the application of terms and definitions in the seed production process of crops. M.: Kolos, 1972. 32 p. (In Russ.)
15. GOST 20081-74 Seed production process of crops. Basic concepts, terms and definitions. (In Russ.)
16. Makrushin N.M. The basics of heterospermatology. M.: Agropromizdat, 1989. 287 p. (In Russ.)
17. Makrushin N.M., Makrushina E.M., Shabanov R.Yu. Seed production (methodology, theory, practice). Simferopol: IT "Arial", 2012. 556 p. (In Russ.)
18. Voitenko V.F. The quality of seeds and heterospermia: on the essence of concepts. *Breeding and seed production*. 1990;3:56-59. (In Russ.)
19. Oparina S.N. Comparative morphological and environmental analysis of generative heterodiasporia in *Falcaria vulgaris* Bernh. (*Umbelliferae*). *Samara Luka: problems of regional and global ecology*. 2011;20(3):129-137. (In Russ.)
20. Batygina T.B. The nature of the genetic heterogeneity of seeds. *Abstracts int. scientific and practical. conf. "Seed"*. Moscow: Publishing House. IKAR, 1999. P.57-60. (In Russ.)
21. Strona M.G. General seed science. M.: Kolos, 1966. 446 p. (In Russ.)
22. Rubtsov M.I., Matveev V.P. Vegetable growing. M.: Kolos, 1970. 454 p. (In Russ.)
23. Sulima Yu.G. Biosymmetric and biorhythmic phenomena and signs in agricultural plants. Chisinau: Publishing House AN MSSR, 1970. 148 p. (In Russ.)
24. Tarushkin V.I., Lubnikov S.I. A new methodology for studying the variability of seeds. *Scientific processing VIM*. 2000. P.133-137. (In Russ.)
25. Tarushkin V.I., Lubnikov S.I., Kuzmin I.I. Aspects of seeds of different quality in scientific and practical activities. *Bulletin of seed production in the CIS*. 2004;2:15-19. (In Russ.)
26. Injury and prevention of seeds. M.: Kolos, 1972. 160 p. (In Russ.)
27. Prokhorov I.A. Seed production and seed science of vegetable crops: Dictionary-reference book. M.: Publishing House of the Moscow Agricultural Academy. 1995. 177 p. (In Russ.)
28. Gulyaev G.V., Malko V.V. Glossary of terms on genetics, cytology, breeding, seed production and seed science. M.: Rosselkhozizdat, 1975. 215 p. (In Russ.)
29. Kuperman F.M. Asynchronous passage of the stages of organogenesis, as one of the reasons for the different quality of fruits and seeds of plants. *Biology and technology of seeds. Kharkov*, 1974. P.202-203. (In Russ.)
30. Megerdichev E.Ya. On the different quality of embryos in seeds. *Bulletin of agric. science*. 1974;(5):38-39. (In Russ.)
31. Bartkov B.I. Assimilate transport, as one of the reasons for the formation of maternal seeds of different quality in leguminous plants. *Physiological and biochemical problems of seed science and seed production*. Irkutsk, 1972. P.64-66. (In Russ.)
32. Bivshikh N.A. On the biochemical and economic heterogeneity of pumpkin seeds within the fetus. *Proceedings of the Fruit and Vegetable Institute I.V. Michurin*. 1963;15:123-132. (In Russ.)
33. Gikalo G.S. Variety of seeds on a sweet pepper plant. *Works on applied botany, genetics and selection*. 1966;38 (1):130-135. (In Russ.)
34. Tkachenko K.G. Heterodiasporia and seasonal fluctuations in the rhythms of germination. *Scientific sheets*. 2009;11(66):44-50. (In Russ.)
35. Gromova G.G. The effect of thickening of onion plantings on seed yield. Selection and agricultural technology of vegetable crops. M.: NIIOKh, 1989. P.71-72. (In Russ.)
36. Leunov V.I., Klygina T.E., Sapelkina S.D., Ipatova N.V. The study of physiologically active substances in hybrid seed production of carrots. M.: VNIIO, 2000. P.67-74. (In Russ.)
37. Leunov V.I. Selection and technological substantiation of hybrid seed production of canteen carrots. *Abstract. Diss. ... doctor. Agric. sciences*. M.: 2002. 48 p. (In Russ.)
38. Ludilov V.A., Kononykhina V.M. Growing seeds of biennial vegetable crops and radishes without transplanting queen cells. M.: Globus, 2001. 112 p. (In Russ.)
39. Guiche R.A., Lazko V.E. the influence of the density of standing of the seed plants of onions of winter variety Ellan on the yield and quality of seeds. *Problems of scientific support of vegetable growing in the south of Russia*. Krasnodar: Publishing house "EDVI", 2004. P.25-29. (In Russ.)
40. Danilevich Yu.V., Autko A.A., Zabara Yu.M. Seed production of white cabbage in Belarus. Minsk, 2008. 203 p. (In Russ.)
41. Recommendations and guidelines for selection and seed production of cucumber. M.: VNISSOK, 1999. 244 p. (In Russ.)
42. Boos G.V. Growing seeds of vegetable crops. L.: Kolos, 1972. 62 p. (In Russ.)
43. Seed production of vegetable crops and fodder root crops (for the north-western zone of the USSR). M.-L.: Selkhozgiz, 1951. 312 p. (In Russ.)
44. Ulrich N.N. Scientific fundamentals of seed cleaning and sorting. M.-L.: Ed. VASKHNIL, 1937. 187 p. (In Russ.)
45. Chichkin V.P. Vegetable seeders and combined units (theory, design, calculation). Chisinau: Stiince. 1984. 392 p. (In Russ.)
46. Bukharov A.F. The technological properties of seeds are a subject of study and application in agronomic practice. *Selection, seed growing and varietal agricultural technology of vegetable, melon and flower crops*. M.: VNIIO. 2016. P.51-58. (In Russ.)
47. Musaev F.B., Pleidkin N.S., Arkhipov M.V. et al. Digital morphometry of different quality seeds of vegetable crops. *Potatoes and vegetables*. 2018;(6):35-37. (In Russ.)
48. Arkhipov M.V., Gusakova L.P., Veikanov L.P. et al. Methodology for a comprehensive assessment of the biological and economic suitability of seed material. St. Petersburg: API, 2013. 52 p. (In Russ.)
49. Arkhipov M.V., Gusakova L.P., Alferova D.V. Radiography of plants in solving problems of seed science and seed production. *News of St. Petersburg. GAU*. 2011;22:336-341. (In Russ.)
50. Musaev F.B., Bukharov A.F., Baleev D.N. et al. Experience in radiographic determination of latent population and damage to seeds of vegetable crops by insects. *Bulletin of Altai GAU*. 2015;12(134):45-49. (In Russ.)
51. Musaev F.B., Bukharov A.F., Arkhipov M.V. Determination of internal (hidden) seed germination by microfocus radiography. *Potatoes and vegetables*. 2016;10:28-29. (In Russ.)
52. Musae FB, Potrakhov N.N., Beletsky S.L. A brief atlas of radiographic signs of vegetable seeds. M., 2018. 40 p. (In Russ.)
53. Bukharov A.F., Baleev D.N., Musae F.B. Soft beam fluoroscopy is an effective method for detecting empty seeds of vegetable *Umbrella* crops. *Perm Agricultural Bulletin*. 2015;1(9):6-11. (In Russ.)
54. Yakushev V.P., Arkhipov M.V., Zheludkov A.G. Automatic analysis of wheat seeds by x-ray. *International scientific-practical conference "Seed"*. M.: IKAR Publishing House, 1999. P.169-170. (In Russ.)
55. Bukharov A.F., Baleev D.N., Bukharova A.R. Kinetics of seed germination. The system of methods and parameters (training manual). Moscow: Publishing House RGAZU, 2016. 64 p. (In Russ.)
56. Baleev D.N., Bukharov A.F. biology of the formation and germination of dull seeds. *Vegetable crops of Russia*. 2008;(1-2):64-66. (In Russ.)
57. Baleev D.N., Bukharov A.F. Vegetable Umbrella Allelopathy (*Umbelliferae*): Inhibition of germination and induction of dormancy. Saarbrücken. Germany. 2012. 112 p. (In Russ.)
58. Buharov A.F., Baleev D.N. Temperature stress and thermo dormancy of vegetable seeds of *Umbelliferae* crops. Features of induction, manifestation and overcome. *Vegetable crops of Russia*. 2013;(2):36-41. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-2-36-41>
59. Batygina T.B. Ovule and seed from a position of reliability of biological sys-

- tems. - Embryology of flowering plants. Terminology and concepts. St. Petersburg: Peace and Family. 1994;1:263-266. (In Russ.)
60. Anisimova G.M., Shamrov I.I., Yakovleva O.V. Ovule, seed, and heterospermia in *Vaccinium myrtillus* L. (*Ericaceae*). *Botanical journal*. 2005;90(10):1499-1516. (In Russ.)
61. Shamrov I.I. Ovary of flowering plants: structure, function, origin. M.: Partnership of scientific publications of KMK, 2008. 350 p. (In Russ.)
62. 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 Altai GAU*. 2014;7(117):26-32. (In Russ.)
63. Nosatovsky A. Grain of wheat without a germ. *Works on applied botany, genetics and selection*. 1928-1929;21(1):593-595. (In Russ.)
64. Bukharov A.F., Baleev D.N. The morphology of the variety of seeds of vegetable umbrella crops due to the place of formation on the mother plant. *Vegetable crops of Russia*. 2012;2(15):44-47. (In Russ.)
65. Fegri K., van der Payl L. Fundamentals of pollination ecology. M. "Mir", 1982. 360 p. (In Russ.)
66. Terekhin E.S. Seed and seed propagation. St. Petersburg: Peace and Family, 1996. 376 p. (In Russ.)
67. Andreeva E.N., Avanskaya L.N., Andreev Yu.M. The pollen and seed productivity of cucumber *Natsu Fusinari* when treated with silver nitrate. *Development of methods of selection and selection in horticulture*. M.: Moscow Art Institute. 1986. P.49-53. (In Russ.)
68. Bukharov A.F., Bukharov A.R. Introgression, heterosis and adaptogenesis in pepper selection. Monograph. 2011. 292 p. (In Russ.)
69. Yurkovskaya M.E. The use of various pollen carriers (bees, bumblebees, flies) in the breeding process of canteen carrots. Abstract. dis. ... candidate agricultural sciences. M., 2013. 20 p. (In Russ.)
70. Monakhos G.F., Kryuchkov A.V., Patsuriya D.V. et al. Guidelines for the creation and technology of propagation of cabbage lines with cytoplasmic male sterility. M., 2003. 22 p. (In Russ.)
71. Fomina A.A., Bukharova A.R., Fefelov F.O., Bukharov A.F. Change in seed productivity of the maternal CMS line of white cabbage depending on the distance to the pollinator. *Selection, seed growing and varietal agricultural technology of vegetable, melon and flower crops*. M.: VNIIO, 2016. P.308-310. (In Russ.)
72. Meshcherov E.T. Breeding and seed production of heterotic hybrids of cucumber. - Abstract. *Dis. ... doctors of agricultural sciences*. L., 1970. 61 p. (In Russ.)
73. Rubatsky V.E., Kyros K.F., Simon F.V. Carrots and other vegetables of the umbrella family. Per. from English M.: KMK scientific publications. 2007. 358 p.
74. Yurina O.V., Pivovarov V.F., Balashova N.N. Selection and seed-growing of pumpkin crops in Russia. M.: VNISSOK, 1998. 442 p. (In Russ.)
75. Strelnikova TR, Weather L.P. Seed production of greenhouse cucumbers. *Seed production of vegetables*. Chisinau: "Stiinets". 1980. P.116-125. (In Russ.)
76. Kulshov N.N. The process of seed formation and the usefulness of seed material. - Biological basis for improving the quality of seeds of agricultural plants. M.: Nauka, 1964. P.43-47. (In Russ.)
77. Bukharov A.F., Razin O.A., Petrishchev A.V. The influence of irrigation factors and mineral nutrition on the components of the seed productivity of white cabbage. *Scientific substantiation of the innovative development of the horticultural industry in the Central Black Earth Region of Russia*. - Voronezh: FSBEI HPE Voronezh State Agrarian University, 2012. P.127-130. (In Russ.)
78. Bukharov A.F., Vostrikov V.V., Bukharova A.R. Hybrid seed production of tomato in the open field and increase its effectiveness. *Potatoes and vegetables*. 2003;6:5. (In Russ.)
79. Bukharov A.F., Bukharova A.R., Fomina A.A., Balashova I.T., Kozar E.G., Maschenko N.E. Improvement of seed productivity in parental lines of F1 hybrid in head cabbage under an effect of steroid glycosides. *Vegetable crops of Russia*. 2016;(4):60-65. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-4-60-65>
80. Bukharov A.F., Kozar E.G., Balashova I.T. et al. Influence of the steroid glycoside Moldstim on the seed productivity of the squash line. The role of physiology and biochemistry in the introduction and selection of agricultural plants. M.: RUDN. 2019;(2):36-39. (In Russ.)
81. Leunov V.I. Flowering, flower sex change and pollen quality in dining room carrot lines. Selection seed production and biotechnology of vegetable and melons. M.: VNIIO, 2003. P.263-266. (In Russ.)
82. Balashova I.T., Kozar E.G., Bukharov A.F. et al. The role of steroid glycosides in the ecologization of vegetable seed production. *Advances in modern science*. 2017; 9 (1): 83-91. (In Russ.)
83. Lehmann E., Eichel F. Physiology of seed germination of cereals. M.-L.: Selkhozgiz, 1936. 483 p. (In Russ.)
84. Vasilieva V.E., Batygina TB Critical periods in the development of the seed: autonomy of the embryo. Abstracts int. scientific and practical. conf. "Seed". M.: Publishing. IKAR, 1999. P.107-110. (In Russ.)
85. Krupnov V.A., Sibikeev S.N., Krupnova O.V. Genetic control of dormancy and resistance to pre-harvest seed germination in wheat (review). *Agricultural biology*. 2010;(3):3-16. (In Russ.)
86. Krupnov V.A., Antonov G.Yu., Druzhin A.E., Krupnova O.V. Resistance to pre-harvest germination of spring common wheat with 6Agi (6D) - chromosome from *Agropyron intermedium*. - *Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding*. 2012;16(2):444-450. (In Russ.)
87. Temirbekova S.K. About the problem of enzyme-mycotic depletion of seeds ("outflow of grain") in crop production. M.: RAASN MOVIR, 1998. 306 p. (In Russ.)
88. Akulov A.Yu., Leontiev D.V. Analysis of modern diagnostic methods for the "black embryo" of cereal seeds. Genetic resources of cultivated plants. *Problems of mobilization, inventory, conservation and study of the gene pool of the most important crops to solve the priority problems of selection*. St. Petersburg: VIR, 2001. P.193-195. (In Russ.)
89. Ovcharova N.M., Solovyova N.N., Taryshkin L.G. Characterization of barley collection specimens by resistance to "embryo blackness". *Genetic resources of cultivated plants. problems of mobilization, inventory, conservation and study of the gene pool of the most important crops to solve the priority problems of selection*. St. Petersburg: VIR, 2001. P.363-365. (In Russ.)
90. Hawthorn L., Pollard L. Seed production of vegetable and flower crops. M.: Foreign Literature, 1957. 469 p. (In Russ.)
91. Baleev D.N., Bukharov A.F. Damage to vegetable umbrella crops by the striped insect (*Graphosoma lineatum* L.) as a factor in reducing the productivity and quality of seeds. *Bulletin of Altai GAU*. 2014;10(120):19-25. (In Russ.)
92. Baleev D.N., Bukharov A.F. Striped shield bug - the cause of degeneration of seeds of vegetable umbrella crops. *Plant protection and quarantine*. 2015;(8):26-29. (In Russ.)
93. Grushvitsky I.V. The role of embryo underdevelopment in the evolution of flowering plants. *Komarov readings*. 1961;(XIV):46. (In Russ.)
94. Poptsov F.V., Nekrasov V.I., Ivanova I.F. Essays on seed science. M.: Nauka, 1981. 112 p.
95. Grushvitsky I.V. About the stage of ontogenesis of seed plants lost during evolution. *Plant morphogenesis*. 1961;(2):427-430. (In Russ.)
96. Reimers F.E. Plant in infancy. Novosibirsk: Nauka, 1987. 183 p. (In Russ.)
97. Nikolaeva M.G. The physiology of deep peace. L.: Nauka, 1967. 207 p. (In Russ.)
98. Nikolaeva M.G., Lyanguzova I.V., Pozdova L.M. Seed biology. St. Petersburg: Research Institute of Chemistry, 1999. 232 p. (In Russ.)
99. Bukharov A.F., Baleev D.N. Allelopathic activity in the seeds of vegetable umbrella crops. *Agricultural biology*. 2014;49(1):86-90. (In Russ.)
100. Baleev D.N., Bukharov A.F., Bukharova A.R. Analysis of the parameters of different quality dill seeds of different degrees of maturity. *Bulletin of the Bashkir State Agrarian University*. 2012;(2):5-7. (In Russ.)
101. Bukharov A.F., Baleev D.N., Kolpakov N.A. et al. Role of external and internal factors in the formation of morphological structures of dill seeds. *Bulletin of Altai State Agrarian University*. 2018;6(164):16-20. (In Russ.)
102. Bukharov A.F., Baleev D.N., Kashnova E.V. et al. Ecological and varietal variability of the morphological parameters of carrot seeds. *Potatoes and vegetables*. 2019;(3):37-40. (In Russ.)
103. Eagle L.I., Konstantinova L.N., Ogorodnikova V.F. et al. Selection of alfalfa plants with high fertility of the ovaries: Methodological guidelines. L.: VIR, 1985. 35 p. (In Russ.)
104. Batygina TB Embryology at the turn of the 20th century. *International scientific-practical conference "Seed"*. M.: Publishing. IKAR, 1999. P.243-256. (In Russ.)
105. Zhuchenko A.A. Ecological and genetic basis of adaptive seed production. *International scientific-practical conference "Seed"*. M.: publishing house IKAR, 1999. P.10-49. (In Russ.)
106. Pivovarov V.F., Dobrutskaya E.G. Ecological basis of selection and seed production of vegetable crops. M.: VNISSOK, 2000. 592 p. (In Russ.)
107. Tarakanov G.I. Seed problems in technology, breeding and seed production of vegetable crops. *International scientific-practical conference "Seed"*. M.: publishing house IKAR, 1999. P.143-144. (In Russ.)
108. Maletsky, S.I., Shavrukov Yu.N., Veprev S.G. and others. Single beetroot beetroot (embryology, genetics, selection). *Novosibirsk: Science Siberian Department*, 1988. 168 p. (In Russ.) (In Russ.)
109. Encyclopedia of the genus Beta Biology, genetics and selection of beets. *Novosibirsk: "Publishing House Owl"*, 2010. 686 p. (In Russ.)
110. Zelenov A.N. Cultural evolution of peas. *Genetics*. 1994;(30):55. (In Russ.)
111. Bekov R.Kh. Tomato (effective use of genetic markers in practical breeding). M.: VNIIO, 2014. 332 p. (In Russ.)