На правах рукописи

Мусаев Фархад Багадыр оглы

УДК 631.531:635.1/.7

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СЕМЯН ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Специальность: 06.01.05 – селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Москва – 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр овощеводства»

Научный консультант:
доктор сельскохозяйственных наук,
академик РАН **Пивоваров Виктор Федорович**

Официальные оппоненты:
доктор сельскохозяйственных наук,
академик РАН, директор ФГБНУ
"Всероссийский научно-исследовательский
институт масличных культур" **Лукомец Вячеслав Михайлович**

доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, член-корреспондент НААН
Украины, заведующий лабораторией
семеноводства ФГБУ Никитский
ботанический сад ННЦ РАН **Макрушин Николай Михайлович**

доктор сельскохозяйственных наук,
директор ФГУ "Россельхозцентр" **Малько Александр Михайлович**

Ведущая организация: ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева

Защита состоится 1 ноября 2018 года в 10.00 часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 220.019.02, созданном на базе ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» по адресу: 143080, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, 14. Факс: +7(495)5992277; E-mail: vniissok@mail.ru;
aspirantura@vniissok.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» и на сайте института www.vniissok.ru

Автореферат разослан «___» _____ 2018 года

Ученый секретарь совета по защите
докторских и кандидатских
диссертаций Д 220.019.02,
доктор сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник Бондарева Людмила Леонидовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Основой продовольственной безопасности страны является надежная система семеноводства, и семенной контроль в Российской Федерации, является заботой государства. Семеноводство овощных культур в нашей стране затруднено неблагоприятными почвенно-климатическими условиями большинства регионов. Главной проблемой отрасли остается качество производимых семян, которое не соответствует требованиям современного земледелия, предусматривающего использования однородных семян с высокой полевой всхожестью. Необходим постоянный поиск благоприятных фонов для семеноводства. Семеноводство овощных культур обладает особой спецификой, связанной с огромным видовым разнообразием, повышенной теплотребовательностью большинства культур, двулетним и многолетним циклом развития ряда видов.

Семеноведение овощных культур в настоящее время базируется в основном на научных исследованиях прошлых лет (Кононков, 1966, 1988; Алексеев, 1980, 1990; Лудилов, 1987, 2005; Прохоров, 1993, 1995; Мухин, 1971, 1985, 2003 и др.).

Современные работы по семеноводству и семеноведению часто посвящены поиску стимуляторов физической, химической, биологической природы, улучшающих посевные качества и продуктивность семян (Пушкарев, 2009; Гордеев, 2012; Стрехова, 2012; Зуев и др., 2012; Сигачева, 2013; Быковский и др., 2016), также проводятся отдельные исследования по модификации метода сепарации для улучшения посевных качеств семян с использованием физических факторов (Лискер, 2013; Тарушкин, 2012; Шафоростов, Припоров, 2015, и др.).

Однако практически мало исследуются причины снижения качества индивидуального семени, связанные, в частности, с изменениями в его внутренних структурах. Изучением внутренней структуры семян овощных культур в связи с их хозяйственно-биологической пригодностью занимаются немногие исследователи (Архипов и др., 2013; Бухаров и др., 2014, 2015 и др.).

Традиционные методы анализа качества семян не отвечают сегодняшним требованиям семеноводства. Современный уровень научных знаний требует применения инновационных инструментальных методов, отличающихся высокой информативностью. Анализ литературных источников (Архипов, Потрахов, 2008; Архипов и др., 2015; Grodek, Grundas, 2007; Velikanov et al., 2008; Nawrocska et al., 2012; Demyanchuk et al., 2013; Arkhipov et al., 2014; Bruggink, Duijn, 2017) свидетельствует о том, что современные биофизические методы интроскопии (мягколучевая микрофокусная рентгенография, рентгеновская томография и др.) позволяют глубже понять природу формирования высококачественных семян и придать отечественному семеноводству овощных культур новый вектор развития.

Цель работы. Выявить роль различающихся эколого-географических природных факторов в формировании высококачественных семян овощных культур для поиска благоприятных фонов семеноводства; поиск эффективных инструментальных методов анализа качества семян овощных культур, отличающихся от стандартных –

информативностью, быстротой, легкостью исполнения и сохранностью анализируемого материала.

Задачи исследований:

1. Провести комплексную оценку условий различных агроклиматических зон как фона для семеноводства овощных культур.

2. Выявить дифференцирующее воздействие почвенно-климатических условий контрастных эколого-географических зон на сортовые свойства семян путем грунт-контроля и биохимическими методами.

3. Определить влияние почвенно-климатических условий контрастных эколого-географических зон на посевные качества семян (морфометрические показатели, энергия прорастания, всхожесть).

4. Выявить связь биологических особенностей репродуктивных органов растений с семенной продуктивностью.

5. Определить возможности метода микрофокусной рентгенографии для определения качества семян овощных культур.

6. Выявить дефекты и недостатки внутренней структуры семян овощных культур, идентифицировать, классифицировать их по хозяйственно-биологическому значению.

7. Систематизировать исследования интроскопии семян путем привлечения различных видов овощных культур.

8. Выявить хозяйственно-значимые рентгенпризнаки для семян каждого вида овощных культур и связать их с жизнеспособностью, составить эталонные рентгенограммы.

9. Разработать алгоритм автоматического рентгенографического анализа качества семян овощных культур, и на его основе составить компьютерную программу.

Научная новизна исследований. Впервые в широкомасштабном многолетнем эколого-географическом эксперименте выявлено дестабилизирующее воздействие контрастных природных условий среды на качество семян овощных культур на примере фасоли овощной, майорана садового, чеснока озимого и томата. Показаны преимущества и недостатки морфометрических и биохимических методов в определении дестабилизирующего эффекта условий контрастных природных сред на испытываемые популяции.

Впервые масштабно применен метод рентгенографии для изучения особенностей внутренней структуры семян овощных культур в связи с их хозяйственно биологическим значением. Исследования систематизированы с привлечением в работу семян 26 видов овощных культур, принадлежащих к 11 ботаническим семействам. Выявлены возможности метода в определении внешне неразличимых дефектов и недостатков внутренней структуры семян, влияющие на хозяйственно-биологические показатели. Идентифицированы и классифицированы выявленные дефекты и недостатки внутренней структуры семян. Показано преимущество метода перед традицион-

ными – информативность, быстрота и легкость исполнения, а также сохранность анализируемой пробы семян, что очень важно при работе с малыми партиями коллекционного и селекционного материала.

Разработан алгоритм автоматического рентгенографического анализа качества семян, значительно ускоряющий процесс и полностью исключающий субъективизм оператора.

Практическая значимость работы. Выявлены дестабилизирующие факторы контрастных условий среды размножения на посевные качества и сортовые свойства семян. Полученные данные могут быть использованы в семеноводстве овощных культур, особенно при ведении его за пределами зоны селекции.

Для контрольно-семенных лабораторий и семеноводческих хозяйств, предложен перспективный инструментальный метод рентгенографии семян овощных культур, превосходящий существующие стандартные методы большей информативностью, быстротой и легкостью исполнения.

Для селекционеров, держателей коллекций, работающих с малыми партиями семян овощных культур, метод практически незаменим, так как анализ качества не приводит к утилизации самих семян, как это может быть при стандартных методах анализа, и сохраняет их для посева.

Положения, выносимые на защиту

- выявленные дестабилизирующие факторы среды, влияющие на жизнеспособность, морфометрические и биохимические показатели, и сортовые свойства семян с целью оценки их качества при размножении их вне зоны селекции;
- выявление, идентификация, классификация дефектов и недостатков внутренней структуры семян, имеющих важное хозяйственно-биологическое значение, влияющих на степень их жизнеспособности;
- систематизация рентгенографических исследований качества семян овощных культур, охватывающая 26 видов, принадлежащих 11 ботаническим семействам;
- алгоритм автоматического рентгенографического анализа качества семян овощных культур.

Апробация результатов исследований. Результаты исследований были доложены или представлены на более чем в 50 научных форумах различного ранга и масштаба, в том числе, на проводимых во ВНИИССОК – ФНЦ овощеводства (1995, 1997, 2000, 2003, 2005, 2006, 2010, 2011, 2012, 2015, 2017), Белорусской ГСХА (1996, 1997, 1998, 2000, 2003, 2004), РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (1996, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2006, 2009, 2010, 2014, 2015, 2016), Брянской ГСХА (1998), Пензенской ГСХА (2000, 2003), ВНИИ овощеводства (2002, 2014, 2015, 2016), Пущино (2002, 2003, 2005, 2007, 2013, 2015), Краснодар (2003), Ташкент-Термез (2003, 2007), Дон-ГАУ (2004), ИГЦ НАН Р. Беларусь (2010, 2015), Ульяновск (2012), Lomonosov Moscow State University (2013), Махачкала (2014), Институт овощеводства НАН Р. Беларусь (2012, 2014), Sofia, Bulgaria (2014), Plovdiv, Bulgaria (2015, 2017); НБС-Ялта (2016, 2017, 2018); Омск (2016); СПб. - ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 2017; СПб. – Агрофизический НИИ, 2017; Ташкент, 2017; Сочи, 2018.

Опубликованность результатов исследований. Общее число опубликованных научных работ автора составляет 145, в том числе по теме диссертации – 120 статей, из них 33 работы входят в «Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК», 2 монографии, 2 атласа и 4 методических пособий.

Внедрение. Метод рентгенографии семян овощных культур внедрен в учебную программу на кафедре ботаники, селекции и семеноводства садовых культур РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, кафедре плодоовощеводства Белорусской ГСХА.

Разработан алгоритм автоматического рентгенографического анализа качества семян овощных культур, получено «Свидетельство РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018616484» под названием «СортСемКонтроль-1.0».

Контрольно-семенным лабораториям предложен новый информативный экспресс-метод оценки качества семян овощных культур и соответствующее оборудование для приобретения.

В Госреестр растений РФ внесены 4 сорта, в Госреестр РБ - 11 сортов различных видов овощных культур.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав и заключения, изложена на 479 страницах, включает 227 рисунка, 74 таблиц и 20 приложений. Список использованной литературы включает 601 наименований, из них 127 иностранных авторов.

Автор выражает благодарность научному консультанту, доктору сельскохозяйственных наук, академику РАН В.Ф. Пивоварову, докторам сельскохозяйственных наук Бухарову А.Ф., Мамедову М.И., Солдатенко А.В., докторам биологических наук Надежкину С.М., Гинс М.С., кандидатам сельскохозяйственных наук Кривенкову Л.В., Антошкиной М.С., Тареевой М.М., инженеру-фотографу Лебедеву А.П., сотрудникам лабораторно-аналитического центра (ФНЦ овощеводства); доктору биологических наук, профессору М.В. Архипову, кандидату биологических наук Великанову Л.П., кандидату физико-математических наук Желудкову А.Г., кандидату технических наук Прияткину Н.С. (Агрофизический НИИ); доктору технических наук, профессору Потрахову Н.Н., кандидату технических наук Гук К.К., инженеру Косову В.О. (СПбГЭТУ-ЛЭТИ); кандидату технических наук Белецкому С.Л. (НИИ проблем хранения Росрезерва), доктору сельскохозяйственных наук, профессору Скорине В.В. (Белорусская ГСХА), доктору сельскохозяйственных наук, профессору Арамову М.Х. (Узбекский НИИОБКиК); преклоняет голову перед памятью наставников: доктора сельскохозяйственных наук, профессора Е.Г. Добруцкой, доктора сельскохозяйственных наук, профессора В.А. Лудилова.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Актуальность темы исследований обоснована; проанализирована степень её разработанности к настоящему времени, обозначены цель и задачи исследований; показана научная новизна диссертационной работы, практическая значимость полученных результатов; представлены положения, выносимые на защиту; отражена степень опубликованности, апробации и внедрения результатов; приведена информация о структуре и объеме диссертационной работы.

1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ПРОБЛЕМЫ

Обзор литературных источников отражает степень изученности вопросов разнокачественности семян, роль природных экологических фонов в формировании семян овощных культур. Проанализировано состояние контрольно-семенного дела, приведены параметры сортовых и посевных качеств семян и методы их определения. Широко представлены и сравнены морфометрические и инструментально-биофизические методы анализа качества семян. Обобщены и систематизированы результаты исследований отечественных и зарубежных авторов по разрабатываемому методу рентгенографии семян.

2. УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Широкомасштабный эколого-географический эксперимент проведен в 1992-1996; 1999-2012 годы в условиях различных природно-климатических зон РФ и стран СНГ (табл.1).

Таблица 1 – Пункты, зоны проведения эколого-географического эксперимента

Пункт	Расположение	Зона	Учреждение
Москва	Московская область, Одинцовский район	Южнотаежно – лесная	ВНИИССОК
Бел-город	Белгородская обл., Белгородский р-н, п. Майский	Черноземная	Опорный пункт ВНИИССОК
Пенза	Пензенская область, Лунинский район	Лесостепная	Опорный пункт ВНИИССОК
Ставро-поль	Ставропольский край, Кировский район	Сухостепная	Северо-Кавказская ООС ВНИИССОК
Омск	Омская область, г. Омск	Лесостепная	Омский ГАУ
Ново-сибирск	Новосибирский р-н, п. Краснообск	Лесостепная	Сибирский НИИРС
Горки	Р. Беларусь, Могилевская область, г. Горки	Южнотаежно – лесная	Белорусская ГСХА
Термез	Р. Узбекистан, Сурхандарьинская обл., г. Термез	Сухие субтропики	Опорный пункт УзНИИОБКиК

Рентгенографические исследования семян овощных культур были проведены в 2006-2018 годы в трех научных учреждениях (табл. 2).

Таблица 2 – Места проведения рентгенографических исследований, 2006-2018 годы

Научное учреждение	Подразделение	Адрес
Всероссийский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства овощных культур (ныне ФНЦО)	Лаборатория экологических методов селекции и Лабораторно-аналитический центр	Московская обл., Одинцовский р-н, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная,14
Агрофизический научно-исследовательский институт	Лаборатория биофизики семян	г. Санкт-Петербург, Гражданский пр-т,20
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет “ЛЭТИ”	Кафедра электронных приборов и устройств	г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5

Материалом для исследований служили:

- 14 сортов фасоли овощной селекции ВНИИССОК и Белорусской ГСХА,
- 17 образцов майорана различного эколого-географического происхождения,
- 5 сортов чеснока озимого селекции ВНИИССОК,
- а также разнокачественные семена укропа, пастернака, лука собранные с разных ярусов семенников и соцветий.

Материалом для рентгенографических исследований служили разнокачественные семена более 300 сортообразцов 26 видов овощных культур. Принцип подбора видов и образцов овощных культур был основан на их ботаническом разнообразии, морфологических (структура, покров) и физиологических (долговечность, покой и др.) отличиях семян. Составлен и представлен внутренний каталог семян.

Материал был представлен селекционными лабораториями ВНИИССОК, лабораторией семеноведения ВНИИ овощеводства, кафедрой плодоовощеводства Белорусской ГСХА, ГНЦ Всероссийским НИИ растениеводства, Селекционной станцией имени Н.Н. Тимофеева РГАУ-МСХА, агрофирмами «Агрони» и «Гавриш».

Опыты заложены в соответствии с ОСТ 4.671-48, этап I. Наблюдения и описание растений проводились согласно Руководству по апробации (1982), учет продуктивности растений был проведен согласно методике ЭСИ (1987).

Параметры среды как фона для отбора генотипов определяли по методике А. В. Кильчевского, Л. В. Хотылевой (1997).

Морфометрия семян в 2003-2005 годы (линейные размеры, форма) проведена по методу Ульриха Н.Н. (1961), Макрушина Н.М. (1989), масса 1000 семян определена по ГОСТ 12042-80. С 2010 года применен инструментальный метод цифровой морфометрии семян с использованием программного обеспечения «ВидеоТесТ-Морфология» («Argus-BIO») (http://argussoft.org).

Анализ общего содержания белков проводили полумикрометодом Къельдаля (ГОСТ 13496.4-93) в Лабораторно-аналитическом центре ВНИИССОК. Идентификацию сортов фасоли овощной, полученных в контрастных условиях среды, проводили на основе определения полиморфизма запасных белков методом электрофореза в полиакриламидном геле: в 2003-2005 годы пользовались методом В.Г. Конарева 1987; А.В. Конарев, 2000; в поздний период (2010-2012 годы) применили методику Н.Н. Петровой и С.В. Егорова (2009.) Анализы проведены в химико-экологической лаборатории Белорусской ГСХА.

Фертильность пыльцы майорана определяли ацетокарминовым методом (Паушева, 1988) с помощью микроскопа JenavalCarlZeiss при увеличении в 120 раз, в 3-кратной повторности.

Рентгенографический анализ качества семян проведен согласно Методике рентгенографии в земледелии и растениеводстве (Архипов и др., 2001) и Методике рентгенографического анализа качества семян овощных культур (Мусаев и др., 2015).

Техническими средствами для рентгенографических съемок семян явились: специализированная передвижная рентгенодиагностическая установка ПРДУ-02 (рис. 1-а); специализированная установка - рентгеновский микроскоп РМ-01 (рис. 1-б).

В состав установок также входят: приемник рентгеновского изображения на основе экрана с фотостимулируемым люминофором (ФСЛ-экран) (рис. 1-в); специальный сканер марки Digora или FCR (рис. 1-г) для обработки изображений; персональный компьютер со специальным программным обеспечением (рис. 1-д).

Фотографирование семян, проростков и растений проведено в фотолаборатории ВНИИССОК – ФНЦО (рис. 1-справа) на профессиональном фотоаппарате CANON-5D с макрообъективом CANON-100 с разрешением 12-24 мегапиксель.

Рисунок 1. Лаборатория рентгенографии семян, кафедра электронных приборов и устройств СПбГЭТУ-ЛЭТИ (слева); фотолаборатория ВНИИССОК-ФНЦО (справа)

Проращивание семян проводили в термостате Sanyo MIR-162 с последующим досвечиванием 1-2 суток по ГОСТ 12038-84; ГОСТ 12036–85 и фотографировали в день подсчета всхожести.

Статистическую обработку полученных данных, результатов учетов и измерений выполняли методами дисперсионного (Доспехов, 1985), корреляционного анализов с использованием программы Microsoft Excel 2010.

3. РОЛЬ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ В ФОРМИРОВАНИИ СЕМЯН ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Комплексная оценка условий среды как фона для семеноводства

В результате широкомасштабного эколого-географического эксперимента с привлечением восьми контрастных природно-экологических зон в испытание определены наиболее благоприятные условия для семеноводства ряда овощных культур (табл. 3).

Для фасоли овощной выделены условия умеренного климата (пункт Горки, Могилевской обл., РБ) как высокопродуктивная среда с анализирующим и стабилизирующим фоном, со средней и высокой типичностью; для майорана – условия сухих субтропиков (пункт Термез, Сурхандарьинская область Р. Узбекистан) как высокопродуктивная среда, с анализирующим фоном, высокотипичная; для чеснока озимого

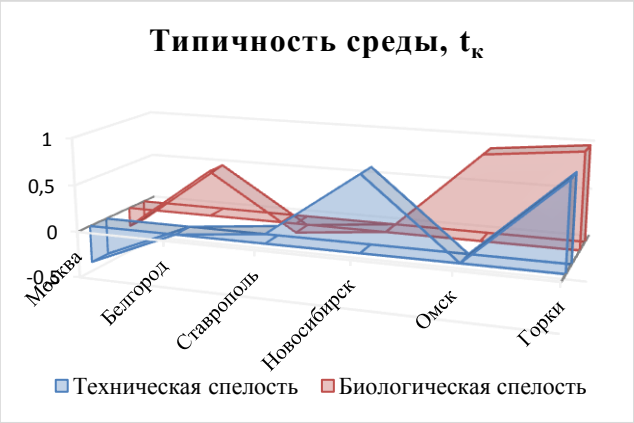
– условия степной зоны (пункт Пенза, Пензенская область РФ) как высокопродуктивная среда со стабилизирующим фоном и высокой типичностью.

Таблица 3 – Параметры среды как фона для семеноводства овощных культур

Культура	Зона, пункт	Годы	X_k, продуктивность	S_{ek}, ДСС (фон)	t_k, типичность
Фасоль овощная	Умеренный климат, Горки	2003-2005	25,2 г/раст., высокая	27,6 анализирующий	0,70 средняя
		2010-2012	86,2 г/раст., высокая	19,5 стабилизирующий	0,95 высокая
Майоран	Сухие субтропики, Термез	1999-2001	3447 мг/раст., высокая	36,0 анализирующий	0,86 высокая
Чеснок озимый	Степная зона, Пенза	2005-2008	6,98 т/га, высокая	13,5 стабилизирующий	0,98 высокая

На примере культуры фасоли овощной проанализированы отдельные параметры среды, как фона для семеноводства.

Типичность среды – важный параметр, характеризующий способность среды сохранять ранги сортов при испытании в ряде сред. В нашем эксперименте он показал, как отрицательные (пункты Москва и Ставрополь), так и положительные значения. Более высокими значениями параметр обладал в фазу биологической спелости. Условия среды пункта Горки выделились высокотипичными в обе фазы развития растений: в техническую и биологическую спелость бобов (рис. 2).



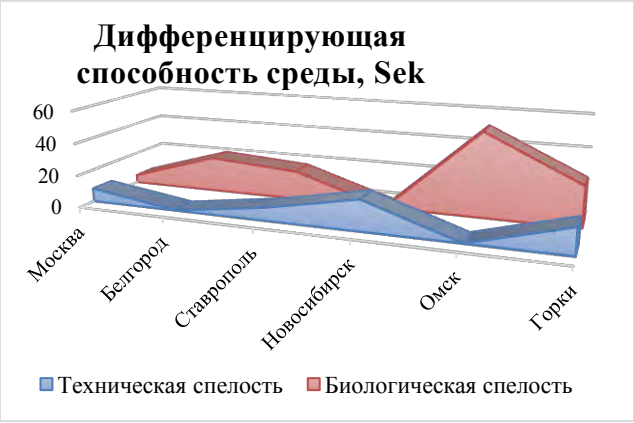


Рис. 2 - Основные параметры среды как фона для семеноводства фасоли овощной, 2010-2012 годы

Наиболее важной характеристикой среды для семеноводства, согласно теории Е.Н. Синской (1934), является её дифференцирующая способность (Sek), показывающая способность среды дестабилизировать популяции. В нашем эксперименте выделены среды пунктов Москва и Ставрополь с нивелирующим фоном, наиболее приемлемым для семеноводства, однако в сочетании с низкой продуктивностью пригодность данных сред резко снижается. Среда высокопродуктивного пункта Горки показала стабилизирующий фон в фазы технической и биологической спелости (рис. 2).

В целом, параметры среды нужно использовать как информационный фон при ведении семеноводства. Оптимальными считаются условия среды высокопродуктивные, высокотипичные с нивелирующим и стабилизирующим фоном.

Влияние контрастных условий среды на посевные качества семян.

Жизнеспособность семян. Жизнеспособность семян можно считать главной их характеристикой. Данные по жизнеспособности семян приводим на примере майорана, потому как ввиду мелких размеров зародыша и питательной ткани, а также растянутого периода генеративного развития (170-180 дней) культуры, вопросы семеноводства требуют пристального внимания.

Высокие показатели всхожести семян отмечены в сухих субтропиках (п. Термез) – 71…77% (рис. 3), где есть все условия для их формирования и вызревания. В условиях умеренного климата (пункты Москва, Горки) показатели были значительно ниже. В пленочной теплице в Московской области вовсе получены некондиционные семена.

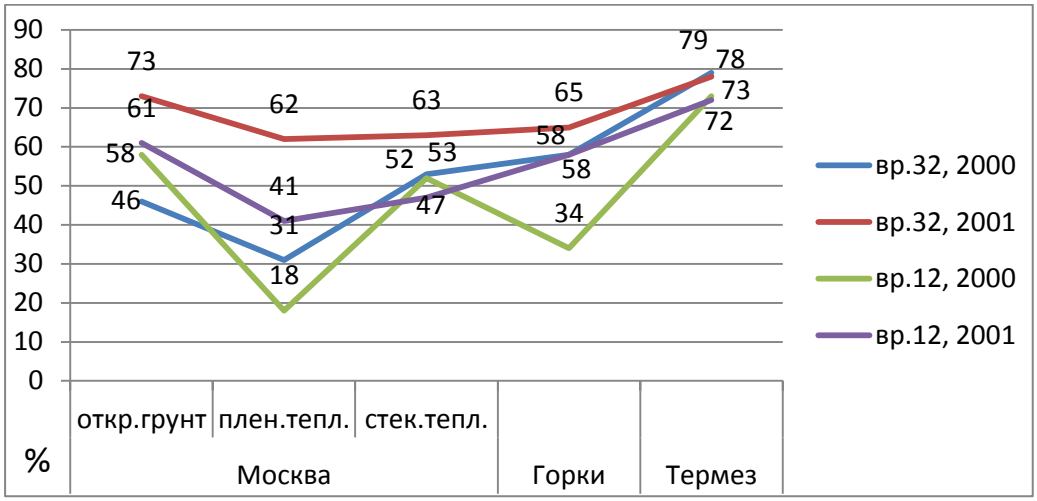


Рис. 3. Лабораторная всхожесть разнокачественных семян майорана, 2000-2001 годы

Масса 1000 семян является общепринятым показателем крупности семян. По нему можно судит о степени выполненности, полноценности семян. Анализ полученных данных по массе 1000 семян майорана (рис. 4) показал, что самыми легкими (181…237 мг) оказались семена с наибольшей лабораторной всхожестью (72…79%), полученные в сухих субтропиках. Напротив, некондиционные семена, полученные в условиях пленочной теплицы (п. Москва) оказались наиболее тяжелыми (до 294 мг).

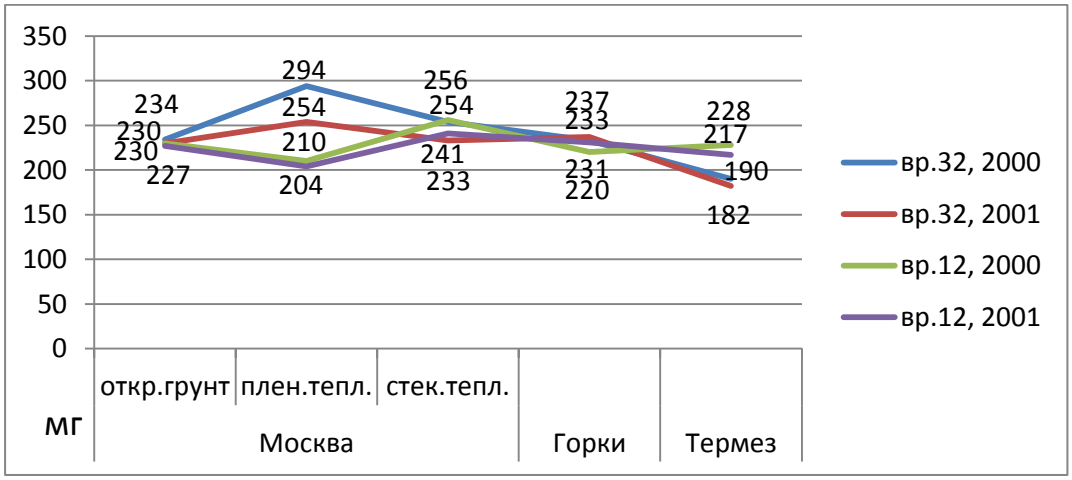


Рис. 4. Влияние различных условий выращивания на показатель «масса 1000 семян» майорана, 2000-2001 годы

Этот факт подтверждает, что отбор семян только по параметрам размер или масса не всегда правомерно, большего значения имеет плотность семян, указывающий на степень их выполненности, вызреваемости и плотность укладки элементов зародыша и питательной ткани.

Морфометрия семян. Физические свойства семян тесно связаны с их анатомическим строением, физиологическими свойствами, по ним можно судит о качестве производимых семян. Изучены физические свойства разнокачественных семян, обусловленные формой, размерами и массой. В эксперименте в 2003-2005 годы измерения проводились вручную – линейкой и штангенциркулем. Процесс получился довольно трудоемким и длительным. В работах в 2010-2012 годы мы уже использовали современную цифровую компьютерную программу.

Современная цифровая морфометрия разнокачественных семян. Фирмой «Argus-BIO» (Санкт-Петербург) разработан новый морфометрический метод анализа цифровых сканированных изображений семян с использованием серийного программного обеспечения «ВидеоТесТ-Морфология». Новая программа полностью лишена субъективизма, исключает ошибки оператора, существенно ускоряет время анализа и прибавляет новые параметры оценки исследуемого материала. На рисунке 5 представлен интерфейс программы.

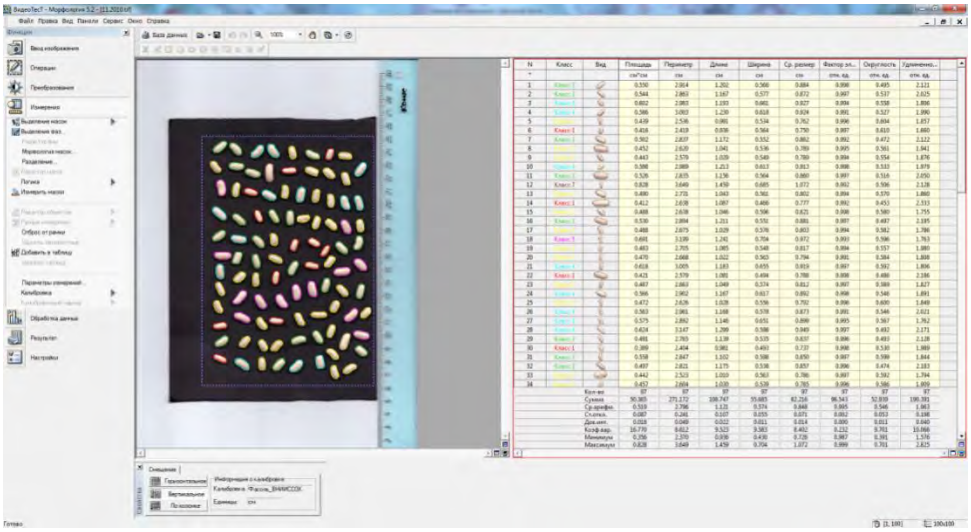


Рисунок 5. Интерфейс программы «ВидеоТесТ-Морфология», («Argus-BIO»).

Проанализированы экологически разнокачественные семена пяти сортов фасоли овощной: Настена, Магура, Миробела, Морена, Бажена, выращенные в пяти контрастных природных условиях: пункты Москва, Белгород, Ставрополь, Омск, Горки в 2011-2012 годы. В результате автоматического морфометрического анализа семян получен огромный массив данных, так как измерения проведены по 10 линейным параметрам 90-100 семян каждого из 50 вариантов (5 сортов х 5 пунктов х 2 года).

Статистический анализ массива данных (табл. 4), показал, что семена в 2010 году по совокупности пунктов репродукции, получены и у́же (0,63 см), и короче (1,16 см) чем в 2011-ом: 0,66 и 1,20 см, соответственно. Площадь проекции семян также различается по годам: 0,59 и 0,64 см^2. В то же время в пределах года отмечена значительная вариация этих трех показателей: 17,8; 8,1 и 11, 5 %, соответственно. Следует

отметить, что бóльшую вариацию показывает ширина семян (11,5 и 10,8%), обладающий почти два раза меньшими значениями (0,63…0,66 см), чем их длина (1,16…1,20 см). Следовательно, выполненность и вызреваемость семян в основном идет за счет роста ширины и толщины семян. Исследования других авторов также указывают на бóльшую стабильность длины среди линейных параметров семян (Макрушин, 1985, Бухаров и др., 2014). Форма семян, определяемая параметрами «округлость» и «удлиненность», в разные годы испытания изменилась незначительно.

Таблица 4 - Изменчивость линейных параметров семян фасоли овощной

Параметры / Годы	Площадь, см^2		Длина, см		Ширина, см		Округлость, относ. ед.		Удлиненность, относ. ед.	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
$\bar{X}$	0,59	0,64	1,16	1,20	0,63	0,66	0,57	0,58	1,85	1,84
S	0,105	0,102	0,094	0,094	0,073	0,071	0,023	0,032	0,096	0,126
C_v,%	17,8	15,9	8,1	7,8	11,5	10,8	3,9	5,5	5,2	6,9

Анализ гистограмм показывает сортовые различия в изменчивости линейных показателей семян. Сорта Настена и Миробела с округло-валковатой формой наиболее вариабельны по показателям длины и ширины семян (рис. 6). Причем, колебание параметров длины и ширины семян сохраняется в обе годы эксперимента. Такая сортоспецифика увязана с сортовыми характеристиками формы семян.

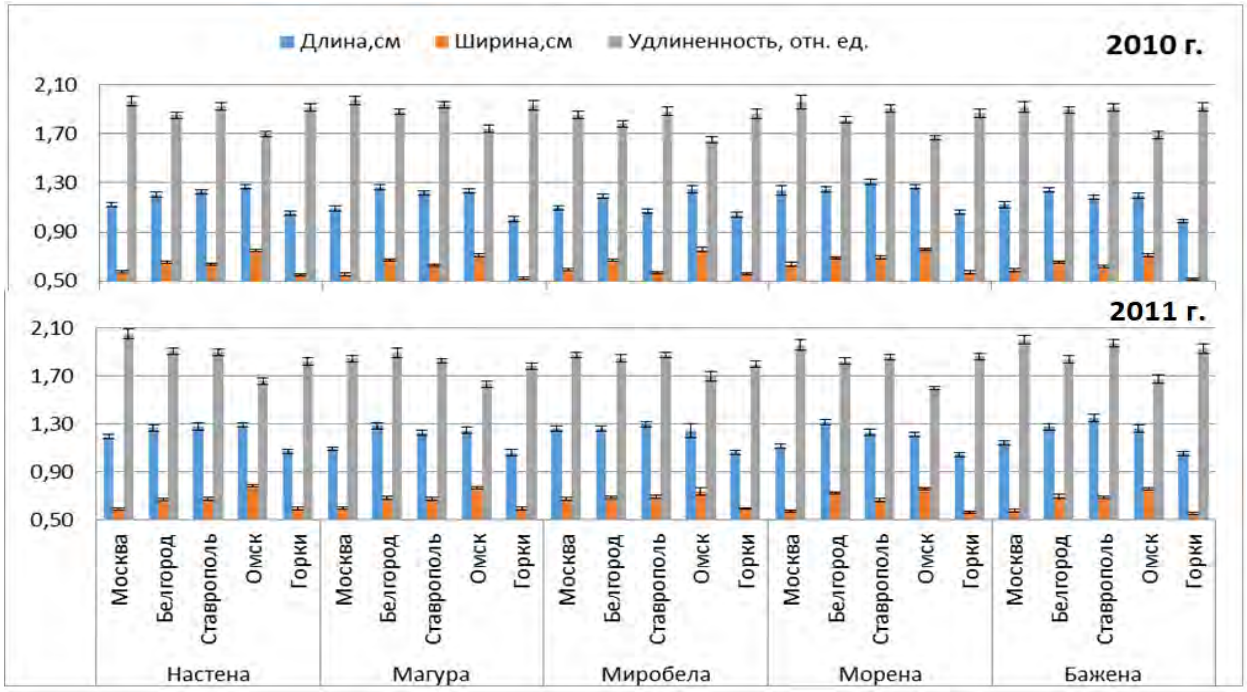
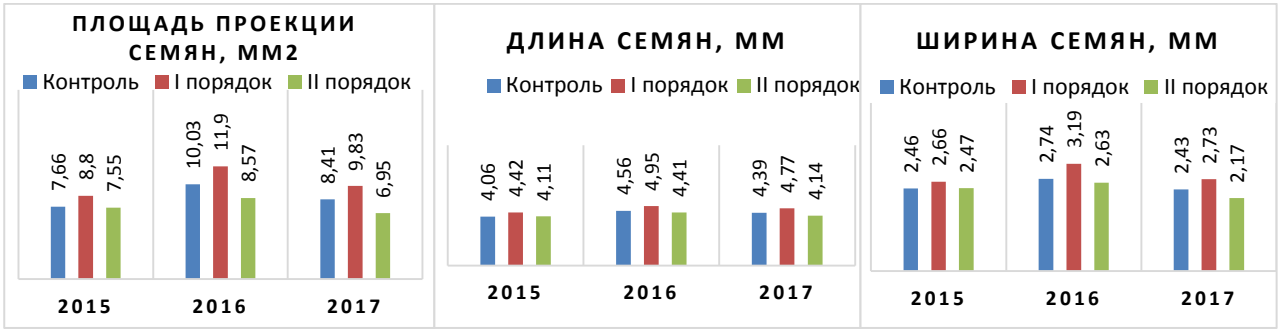


Рис. 6. Вариабельность линейных параметров семян сортов фасоли в контрастных природных условиях репродукции

Изучение морфометрии матрикально разнокачественных семян проведено на семенах укропа и пастернака, собранных из разных порядков ветвления семенного растения. Анализ данных цифровой морфометрии показал, что наиболее крупные

семена каждый год получены с побегов первого порядка ветвления, которые лучше питаются, раньше завязываются и полнее вызревают (рис. 7).



$НСР_{05}$	1,06	1,78	1,04	0,48	0,43	0,32	0,22	0,31	0,31

Рисунок 7. Морфометрические параметры матрикально-разнокачественных семян укропа, 2015-2017 годы

Матрикальная разнокачественность семян лука (*Allium albopilosum*) обусловлена вертикальным разноярусным их расположением в пределах соцветия. Анализ размерных характеристик (площадь проекции, ширина) семян выявил тенденцию к снижению размера семян от нижнего яруса – к верхнему, что связано с разными условиями питания и налива семян (рис. 8).

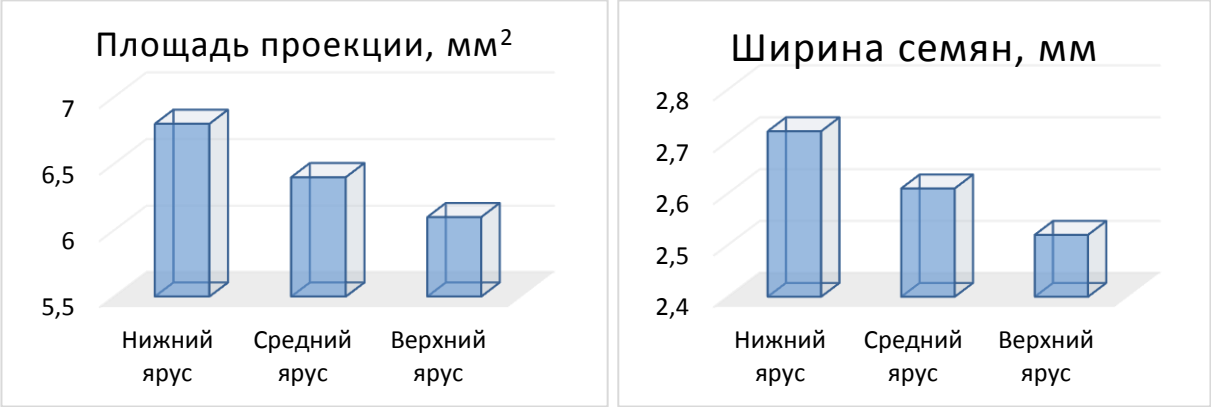


Рис. 8. Физические параметры матрикально-разнокачественных семян лука, 2016-2017 годы

Возможности программы «ВидеоТесТ-Морфология» («Argus-BIO») не ограничиваются измерением и подсчетом линейных параметров семян, с её помощью также можно определить окраски и оттенки поверхности семян. Окраска семян позволяет судить о степени их вызреваемости полноценности, что является важнейшей характеристикой их качества. Это особенно важно для большинства регионов нашей страны с лимитированной теплообеспеченностью.

Анализ цветовых характеристик разнокачественных семян лука (по модели RGB) выявил статистически значимое снижение показателей по всем цветовым каналам в ряду от нижнего яруса – к верхнему, то есть семена, собранные с нижнего яруса семенника, имеют более светлую окраску (серую), а с верхнего – более темную (черную) (рис. 9). Семена нижних ярусов лучше питаются и полнее вызревают. Следовательно, чем светлее семена лука, тем они более полноценные.

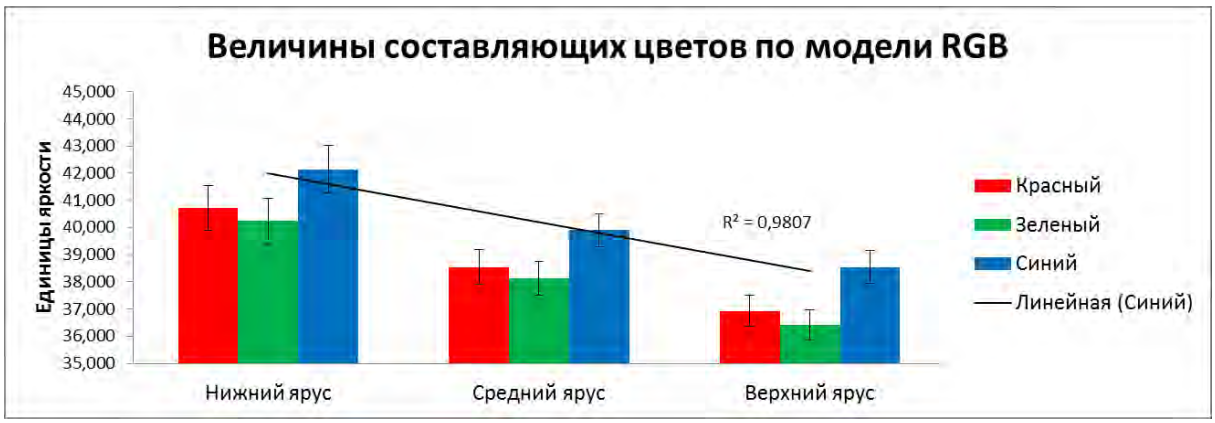


Рис. 9. Морфометрия окраски разнокачественных семян лука, 2016-2017 годы

Влияние контрастных условий среды на сортовые и продуктивные свойства семян

Фенология. В результате испытания пяти сортов фасоли овощной селекции ВНИИССОК-БГСХА: Настена, Магура, Миробела, Морена, Дива в пункте Горки (БГСХА) в 2010-2012 годы определена продолжительность межфазных периодов за вегетацию и их вклад в скороспелость, как лимитирующему фактору в ряде сред. Выделены три межфазные периоды: всходы-цветение, цветение-техническая спелость (зеленые бобы), техническая спелость-биологическая спелость (зрелые семена), из которых более растянутым и лабильным является – первый, за счет сокращения которого обеспечивается скороспелость сорта, образца.

Вариация формы плода (зеленые бобы). Форма плода является важным апробационным признаком фасоли овощной – определяет технологические параметры и направление использования продукции. В результате испытания двух наборов сортов фасоли овощной в пунктах Москва и Горки, семена которых были получены в восьми резкоразличающихся природных условиях, определены показатели изменчивости ширины и толщины боба (табл. 5). В целом, признак был определен как стабильный (Cv_e>10%) и при ведении семеноводства за пределами зоны селекции сохраняет свои параметры.

Таблица 5 –Последействие контрастных условий выращивания на изменчивость формы боба у фасоли овощной, Cv_e,%

Сорта	Секунда		Креолка		Рашель		Фантазия		Мос. бел.зел.	
Годы, пункты	шир.	толщ.	шир.	толщ.	шир.	толщ.	шир.	толщ.	шир.	толщ.
2004, Москва	4,4	10,0	1,2	4,2	3,9	8,9	2,5	2,9	8,2	8,4
2005, Москва	2,1	4,7	2,4	4,2	7,4	7,6	2,5	2,9	2,7	11,7
Сорта	Настена		Магура		Миробела		Морена		Бажена	
Годы, пункты	шир.	толщ.	шир.	толщ.	шир.	толщ.	шир.	толщ.	шир.	толщ.
2011, Горки	9,8	6,3	2,3	3,1	3,7	9,9	4,6	4,3	6,5	5,7
2012, Горки	9,6	9,9	5,6	6,5	4,8	7,1	5,1	7,7	9,9	8,4

Семенная продуктивность. Семенная продуктивность овощных культур является важной их характеристикой, при обосновании их семеноводства, при выборе зоны. Различные природно-экологические условия получения семян, а также условия превегетации (последействия) способны повлиять на количество и качество получае-

мых семян. Последействие различных природных условий выращивания материнских растений в раннем нашем эксперименте не оказали положительного влияния на потомство семян - уровень семенной продуктивности по сортам оказалась выше при воздействии контрастных условий среды (2003 г.), нежели при их последействии (2004-2005 годы, п. Москва) по большинству пунктов: Москва, Горки, Термез-1, Термез-2 (табл. 6).

Таблица – 6. Продуктивные свойства экологически разнокачественных семян фасоли (семенная продуктивность), г/раст.

Репродукция	Год	Сорта					$\bar{X}$	S_x
		Секунда	Креолка	Рашель	Фантазия	Мос.б.зел.		
Москва	2003-действие	17,1	16,6	25,0	21,2	12,3	18,4	2,2
	2004-последействие	12,0	4,8	7,7	4,7	-	7,3	1,7
	2005-последействие	10,3	5,3	6,8	11,7	15,0	9,8	1,7
Горки	2003-действие	28,3	31,7	31,4	33,8	49,5	34,9	3,7
	2004-последействие	4,8	5,0	8,3	5,1	-	5,8	0,8
	2005-последействие	9,5	3,7	4,7	6,7	19,3	8,8	2,8
Ставрополь	2003-действие	5,0	6,6	4,8	7,2	7,4	6,2	0,5
	2004-последействие	4,2	5,0	9,8	5,4	-	6,1	1,3
	2005-последействие	13,4	4,9	7,8	16,1	-	10,6	2,6
Термез-1	2003-действие	8,8	13,4	8,8	4,1	8,1	8,6	1,5
	2004-последействие	4,3	4,7	10,9	5,0	-	6,2	1,6
	2005-последействие	10,6	2,3	5,5	14,6	13,8	9,4	2,4
Термез-2	2003-действие	7,9	14,0	11,7	4,7	3,5	8,4	2,0
	2004-последействие	4,6	4,9	6,2	5,2	-	5,2	0,3
	2005-последействие	6,2	3,4	11,2	12,2	14,1	9,4	2,0
Термез-3	2003-действие	7,4	7,9	5,1	3,4	3,0	5,4	1,0
	2004-последействие	4,9	5,2	6,2	5,0	-	5,3	0,3
	2005-последействие	17,7	9,4	8,5	8,2	-	11,0	2,3
		Настена	Магура	Миробела	Морена	Бажена		
Москва	2010-действие	9,5	9,1	9,0	8,3	9,0	9,0	0,2
	2011-последействие	57,5	66,5	67,3	60,3	33,3	57,0	6,2
	2012-последействие	50,2	35,0	70,2	50,8	18,8	45,0	8,6
Белгород	2010-действие	25,1	30,0	30,6	41,8	40,5	33,6	3,2
	2011-последействие	53,4	39,0	48,2	52,6	34,0	45,4	3,8
	2012-последействие	48,8	25,5	86,3	59,0	47,6	53,4	9,9
Ставрополь	2010-действие	15,7	12,6	14,7	11,1	10,4	12,9	1,0
	2011-последействие	30,9	53,0	51,4	64,1	32,0	46,3	6,4
	2012-последействие	29,1	31,6	55,5	59,5	31,0	41,3	6,6
Омск	2010-действие	15,0	12,8	14,6	18,4	8,1	13,8	1,7
	2011-последействие	45,9	31,8	54,0	77,1	29,2	47,6	8,7
	2012-последействие	30,6	26,3	50,7	72,1	17,4	39,4	9,8
Горки	2010-действие	54,7	91,3	107,3	94,0	78,5	85,2	8,9
	2011-последействие	66,3	76,9	84,8	62,5	68,1	71,7	4,0
	2012-последействие	42,4	42,5	70,8	60,2	44,2	52,0	5,8

Противоположные результаты получены в поздних опытах (2010-2012 годы) при испытании новых и перспективных сортов фасоли овощной. Размноженные в пяти различных пунктах в 2010 году сорта были испытаны в пункте Горки в 2011-2012 годы. В отличие от опыта прошлых лет, эффект последействия проявился в полной

мере (табл. 6). Так, под воздействием четырех, из пяти природно-экологических сред, в потомстве отмечено повышение уровни семенной продуктивности.

В целом, можно заключить, что последействие условий возделывания материнских растений (эффект превегетации) на семенную продуктивность потомства не носит обязательный характер и проявляется при определенном сочетании сортов и сред размножения семян. В целом, в нашем эксперименте последействие условий размножения семян (2010 год) на потомство (2011-2012 годы) отмечено положительным в четырех из пяти сред. Подбор продуктивных сред для семеноводства обоснован и биологически, и экономически. Высокопродуктивные среды, также способствующие сохранению сортовых свойств семян предпочтительны для семеноводства.

Сортовая идентификация семян методом электрофореза запасных белков

Оценка по фенотипу растений не всегда может дать реальное представление о сортовой чистоте семян. Часто факторы, дестабилизирующие внутреннюю структуру популяции, не определяются по фенотипу и не связаны с понижением продуктивности биотипа на уровне отдельных растений. Лишёнными названных недостатков, являются методы лабораторного анализа сортовой чистоты, которые позволяют проверять партии семян в любое время года. Методы сортовой идентификации путем электрофореза запасных белков семян нашли широкое применение в решении практических задач селекции и семеноводства, особенно в сортоиспытании и семенном контроле (Конарев В.Г., 1987, Петрова, Егоров, 2009, Konarev A.V. et al, 2016).

2003 год. Биохимический анализ разнокачественных семян сортов фасоли овощной Рашель, Креолка и Секунда, размноженных в шести различных эколого-географических зонах, показал сложную их биотипную структуру. Всего по всем вариантам было обнаружено 21 биотип (рис. 10). В основном, генетическая структура сортов было представлено 3-5 биотипами.

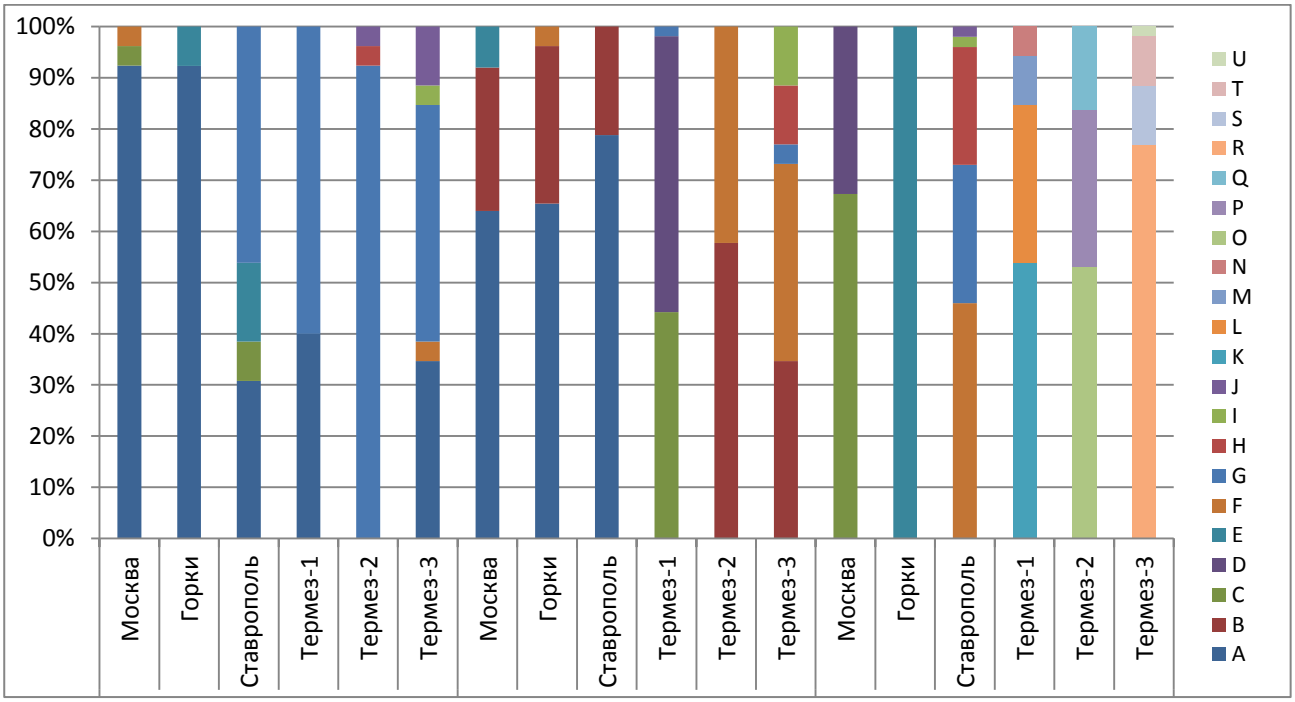


Рис. 10. Биотипный состав сортопопуляций фасоли в контрастных природно-климатических условиях выращивания, 2003 г.

2005 год. При повторном размножении экологически разнокачественных семян в зоне селекции – Московской области, биотипный состав популяций сузился почти два раза: от 21 до 12. (рис. 11). Сортопопуляции уже состояли из 1-2 биотипов. Если по результатам размножения в различных условиях среды (2003 год) был выявлен всего один однотипный сортовариант (рис. 10), то при возврате для размножения в зону селекции (п. Москва, 2005 год) число однотипных образцов выросло до восьми (рис. 11).

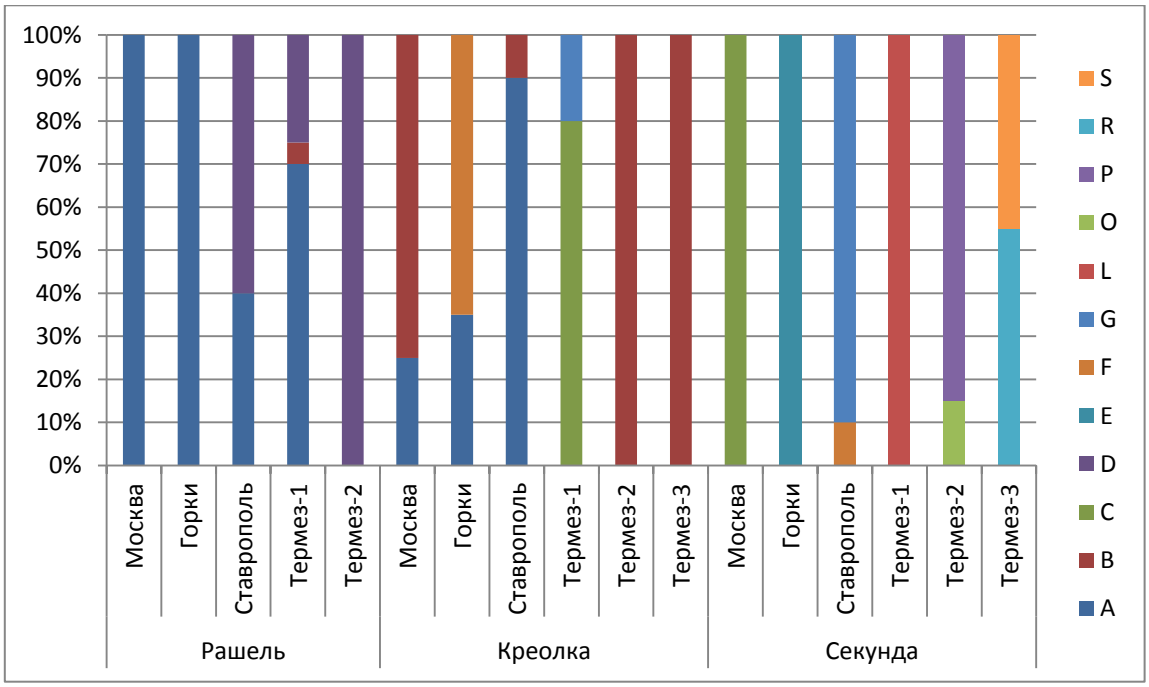


Рис. 11. Биотипный состав популяций фасоли по последействию контрастных природно-климатических условий выращивания, 2005 г.

2010 год. В другом эксперименте проанализированы семена пяти сортов фасоли овощной Настена, Магура, Миробела, Морена, Бажена выращенных в пяти контрастных природно-экологических зонах. Стабильность биотипного состава популяций оценивалась по трем преобладающим биотипам. Просматривается явное преобладание основного биотипа 1 в структуре популяций, которые состояли, в основном, из одного и двух типов (табл. 7).

Таблица 7 - Уровень полиморфности сортов фасоли овощной, 2010-2012 годы

Вариант		Содержание в структуре сорта биотипов, %					
		2010– действие			2012– последействие		
Сорта	Пункт репродукции	1	2	3	1	2	3
Настена	Москва	75	23	2	79	17	4
Магура	Белгород	80	16	4	83	14	3
Миробела	Ставрополь	67	24	9	81	18	1
Морена	Омск	76	23		87	1	
Бажена	Горки	75	25		79	21	

2012 год. При возврате в зону селекции (Горки, Могилевская обл., БГСХА) представительность основных трех биотипов состава популяций несколько изменился. Биотип 1, составляющий ядро популяций уже встречался чаще, уменьшился пред-

ставительность биотипов 2 и 3 (табл. 7). Встречается семь однотипных популяций, в 2010 году их было всего три, что может свидетельствовать в пользу некоторой стабилизации биотипного состава популяций при ведении семеноводства в зоне селекции сортов.

Особенности морфологии и биология репродуктивных органов растений в связи с семенной продуктивностью

Вопросы цветения, плодоношения и вызревания семян пряновкусовых овощных культур актуальны ввиду продолжительности периода плодоношения, перекрестного опыления цветков и малых размеров семян, что не способствует к их высокой жизнеспособности. Данные вопросы экспериментальным путем изучены на примере культуры майорана.

Анализ структуры популяций майорана, выявил большое количество морфотипов. Образцы больше дифференцируются по форме цветка. Среди многообразия форм выявлены часто встречающиеся растения, цветки которых содержат преимущественно длинные, либо короткие тычиночные нити. Соотношение таких растений в различных образцах значительно колеблется. Проведен анализ зависимости семенной продуктивности майорана от полиморфизма различных образцов по длине тычиночной нити (рис. 12).

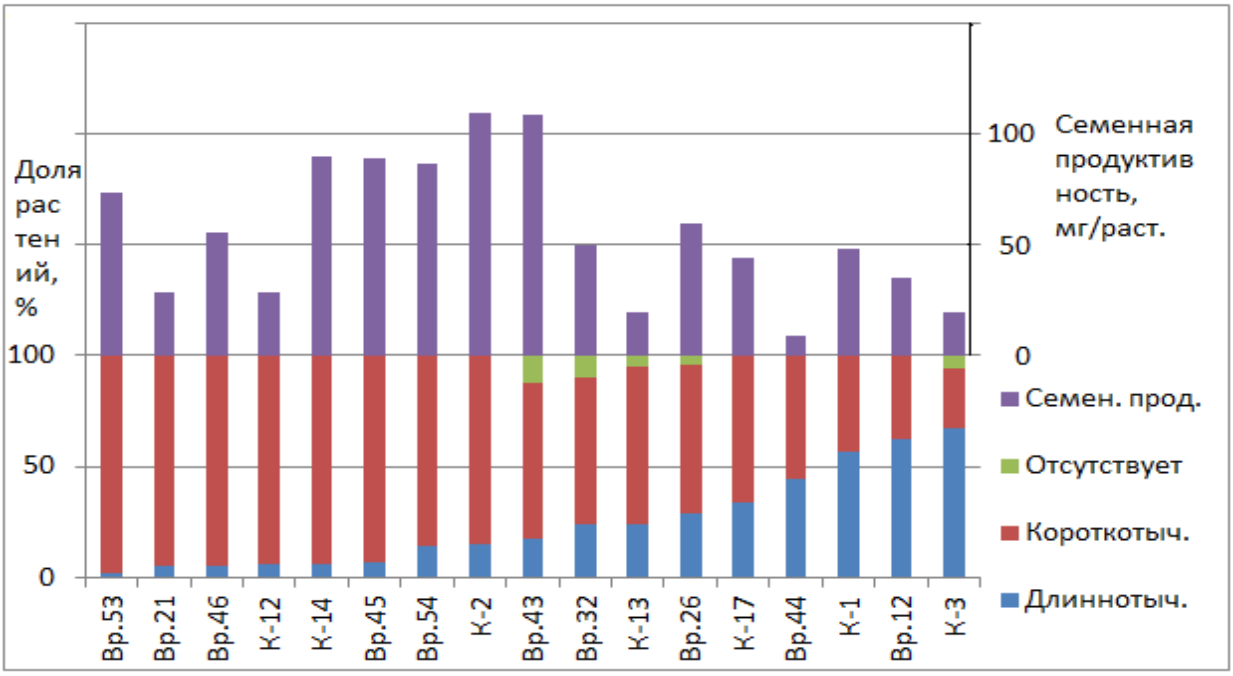


Рис. 12. Завязывание семян майорана в зависимости от длины тычиночной нити, Москва (открытый грунт), 1999-2001 годы.

Как видно из рисунка, в популяциях, где преобладали растения с короткими тычинками в цветках (красные столбики), получено больше семян (фиолетовые столбики). Напротив, преимущество растений с длинными тычинками в цветках (синие столбики) сопровождается снижением семенной продуктивности. Оптимальным соотношением в популяции растений с короткотычиночными и длиннотычиночными цветками для максимальной семенной продуктивности установлено: 80% к 20%, соответственно (рис. 12).

Анализ жизнеспособности пыльцы цветков выявил интересную закономерность: растения с короткими тычинками в цветках, обладая менее жизнеспособной пыльцой, завязывают и сформировывают больше семян; а растения с длиннотычиночными цветками и более фертильной пыльцой оказываются менее продуктивными (рис. 13).

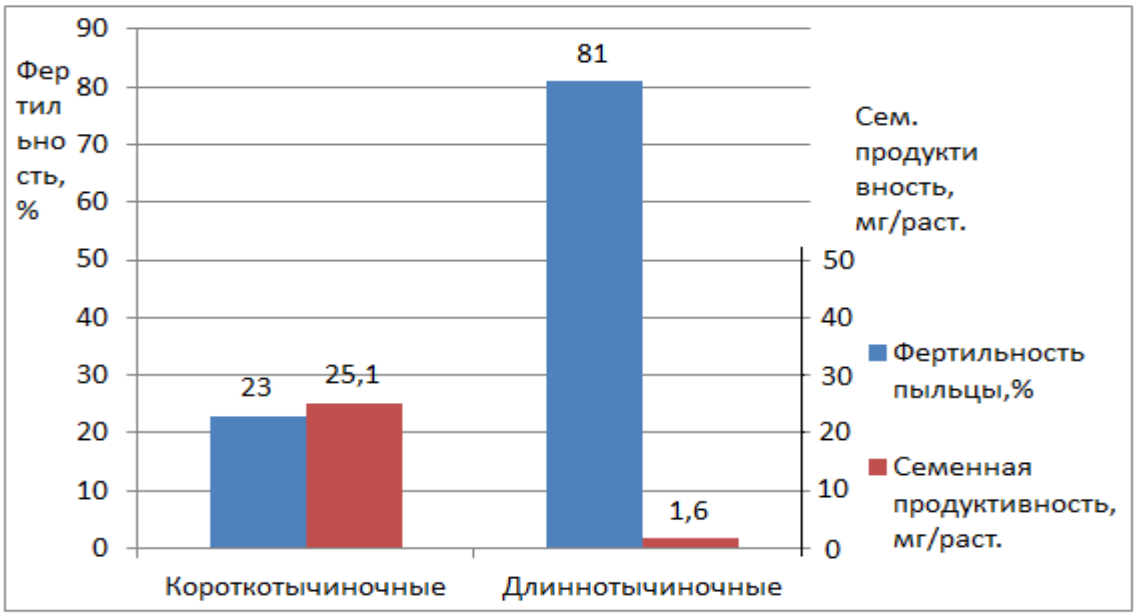


Рис. 13. Зависимость семенной продуктивности майорана от фертильности пыльцы (открытый грунт, Московская область, 1999-2000 годы).

Следовательно, основную вклад в семенную продуктивность популяций вносят короткотычиночные растения, и наоборот, длиннотычиночные растения являются малопродуктивными. В то же время, высокофертильные длиннотычиночные растения являются хорошими опылителями.

В целом, анализ морфологии цветка и биологии цветения майорана выявил их тесную связь с семенной продуктивностью, знание которых необходимо для успешного ведения семеноводства культуры.

Практическое использование результатов исследований

Совместно с сотрудниками Белорусской государственной сельскохозяйственной академии проведена масштабная работа по расширению ассортимента овощной продукции. Ко времени начала наших работ (1999 год) ассортимент овощных культур не имел такой широкой разновидности, каким он сегодня представлен. Госреестр сортов растений Республики Беларусь не содержал белосемянных сортов фасоли овощной и зимостойких образцов чеснока озимого, а образцов майорана не было вовсе. Сырье для производства закупалось за рубежом. Культура артишока вовсе считалась «экзотической» и в Госреестре РФ не было ни одного сорта. Проведена работа как по созданию сортов этих культур и так по продвижению селекционного материала отечественной селекции (ВНИИССОК) в регионы Республики Беларусь.

Проведено масштабное экологическое (ЭСИ) и государственное (ГСИ) сортоиспытание по ряду культур (табл.8).

Таблица 8 - Схема проведения ЭСИ и ГСИ сортов овощных культур

Культура, сорт	Пункты ЭСИ	Годы ЭСИ	Годы ГСИ	Год принятия в Реестр	
				РФ	РБ
Майоран ТерМос	Москва, Горки, Термез	1999-2001	2003	2004	
Майоран Малахит	Горки	-	2004		2007
Артишок Красавец	Москва, Термез	2001-2002	2003	2004	
Чеснок озимый Зубренок	Москва, Пенза Горки	1999-2002	2001-2003	2003	
Фасоль овощная Магура	Москва, Белгород, Ставрополь, Омск, Горки, Термез	2003-2005	2006-2008		2008
Фасоль овощная Миробела	Москва, Белгород, Ставрополь, Омск, Горки, Термез	2004-2006	2007-2009		2009
Фасоль овощная Настена	Москва	-	2008-2010	2010	
Фасоль овощная Сонечка	Москва, Новосибирск, Горки	2010-2012	2010-2011		2012
Чеснок озимый Беловежский, Союз	Москва, Пенза, Горки	2005-2008	2007-2010		2012
Фасоль овощная Дива, Морена	Москва, Ставрополь, Новосибирск Горки,	2007-2009	2010-2012		2013

В результате проведенных многолетних (1999-2013) работ пополнился сортимент овощных культур, как в Российской Федерации, так и Республике Беларусь, получены и включены в Государственный реестр селекционных достижений РФ и Государственный реестр сортов РБ ряд сортов различных овощных культур (табл. 8).

4. ИДЕНТИФИКАЦИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ И НЕДОСТАТКОВ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ СЕМЯН ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР МЕТОДОМ РЕНТЕГНОГРАФИИ

Представлены основные рентгенографические признаки (дефекты и недостатки) внутренней структуры семян овощных культур. Они установлены экспериментальным путем, на основе анализа многочисленных рентгенограмм семян набора сортообразцов 26 различных видов овощных культур, принадлежащих к 11 ботаническим семействам. Выявленные признаки идентифицированы и классифицированы как типичные.

Информация, заключенная во внутренней структуре семян, может указывать как на их полноценность, так и на недостаточность или дефектность. Рентгенографические признаки нами условно поделены на положительные и негативные: положительные характеризуют внутреннюю структуру нормальных полноценных семян, негативные - есть свидетельство дефектов, повреждений, аномалий структуры семян. Признаки выделены и классифицированы по их хозяйственно-биологической значимости, по степени их влияния на качество семян.

Параметры и режим рентгеновской съемки. В основу рентгенографического способа оценки качества семян положено свойство различных частей семени, таких как семенная кожура, зародыш, эндосперм, а также поврежденные и неповрежденные его участки, по-разному поглощать рентгеновское излучение.

Семена овощных культур системному рентгенографическому анализу ранее не подвергались, поэтому режимы съемки для них были подобраны экспериментальным путем. Режим рентгеновской съемки определяют три параметра: напряжение, сила тока в трубке и экспозиция съемки (табл. 9). Качество, информативность рентгеновских снимков зависит от правильного подбора этих параметров. Режимы съемки для семян различных видов овощных культур были подобраны исходя от их линейных размеров и плотности.

Таблица 9 - Режимы рентгеновской съемки семян овощных культур

Вид, культура	Размер и форма семян	Напряжение, кВ	Сила тока, мкА	Экспозиция, сек.
Съемка на ПРДУ-2				
Майоран, мелисса	мелкие, округлые, овальные	18	90	5
Морковь, укроп	средние, плоские	18	90	5
Капуста, лук	средние, округлые, трехгранные	20	100	3
Перец, баклажан	средние, плоские	20	100	3
Спаржа, бамия	выше среднего, округлые	22	120	3
Огурец, дыня	выше среднего, плоские	22	120	3
Горох, фасоль	крупные, округлые, овальные	22	120	3
Макросъемка на РМ-1				
Майоран, мелисса	мелкие округлые, овальные	30	40	10
Морковь, укроп	средние, плоские	30	40	10
Капуста, лук	средние, округлые, трехгранные	30	40	10
Перец, баклажан	средние, плоские	40	60	5
Спаржа, бамия	выше среднего, округлые	40	60	5
Огурец, дыня	выше среднего, плоские	40	60	5
Горох, фасоль	крупные, округлые, овальные	40	60	5

Определение полноценных (нормальных) семян. Полноценными считаются семена, выполненные и имеющие форму характерную для вида. Любая степень невыполненности отражается на утрате формы семян, в основном, за счет сокращения их толщины и ширины – идет вытягивание формы. Рентгеновская проекция нормального семени представляет собой черно-белый тональный рисунок внутренней структуры семени, характерный для данного вида и конкретной позиции его при съемке. Детали структуры выделяются затемнениями, участками повышенной оптической плотности различной формы. Отдельные органы выявляются благодаря разной степени потемнения из-за различий по плотности и толщине. На основе просмотра некоторого количества снимков семян данного образца, и сопоставления с результатами их последующего проращивания выявляется характерный образ проекции нормального семени, принадлежащий к тому или иному виду (рис. 14). Он «запоминается» в компьютере и используется при визуальном или автоматическом анализе диагностируемого образца.

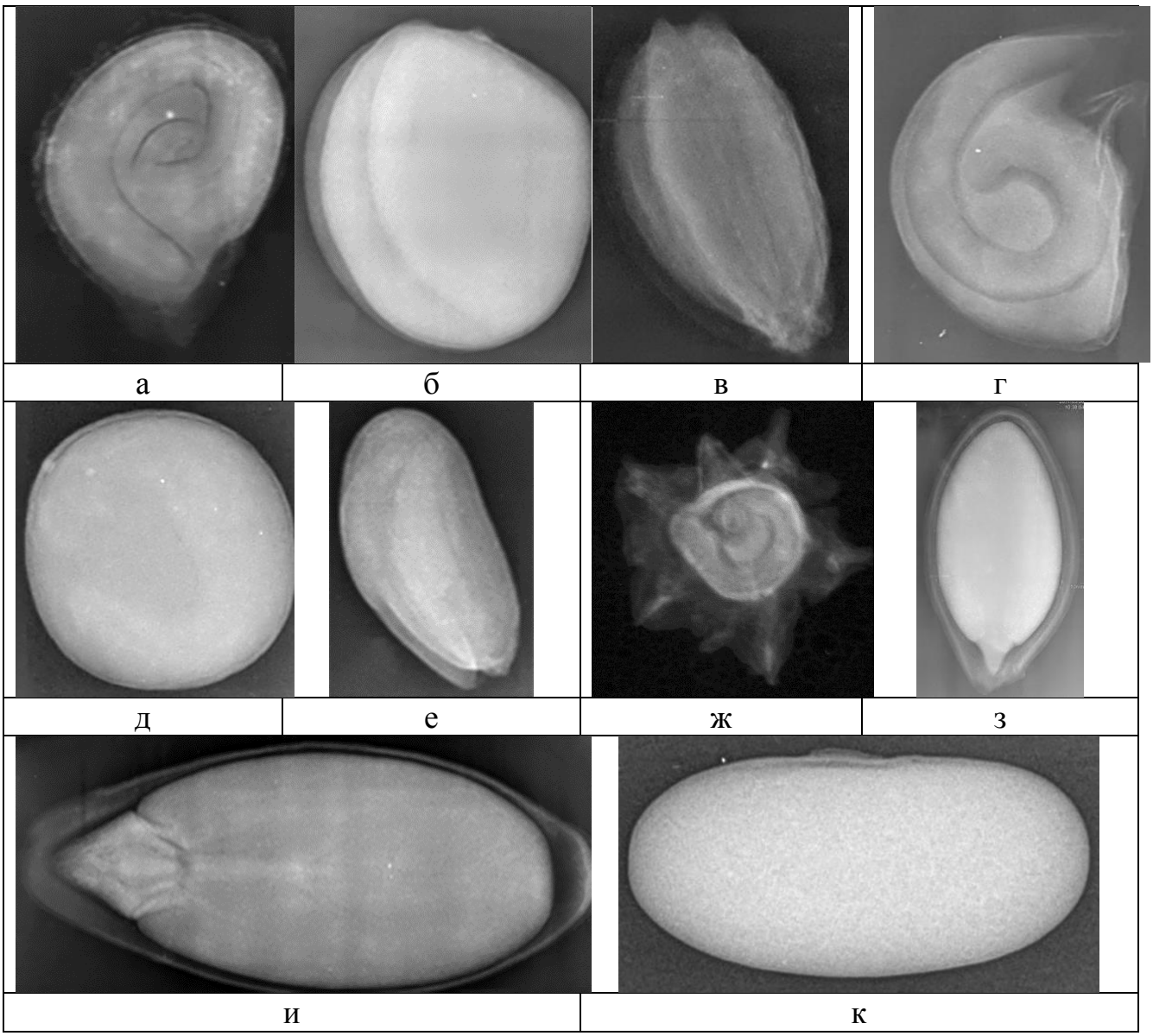


Рис. 14. Рентгеновские изображения нормальных семян различных овощных культур: а) томат; б) редис; в) сельдерей; г) лук; д) капуста, е) кресс-салат; ж) свекла, з) кабачок; и) огурец; к) фасоль

Рентгеновский признак невыполненность семян. Семя считается выполненным, если все его структуры развиты полностью и в соотношениях, характерных для семян данного вида и сорта.

Рентгеновский признак невыполненность семян классифицирован на две категории: недовыполненность и невыполненность семян.

Недовыполненость семян на рентгенограммах достаточно хорошо просматривается - чем большая часть проекции занята темным полем, тем выше степень «недовыполненности» (рис. 15).

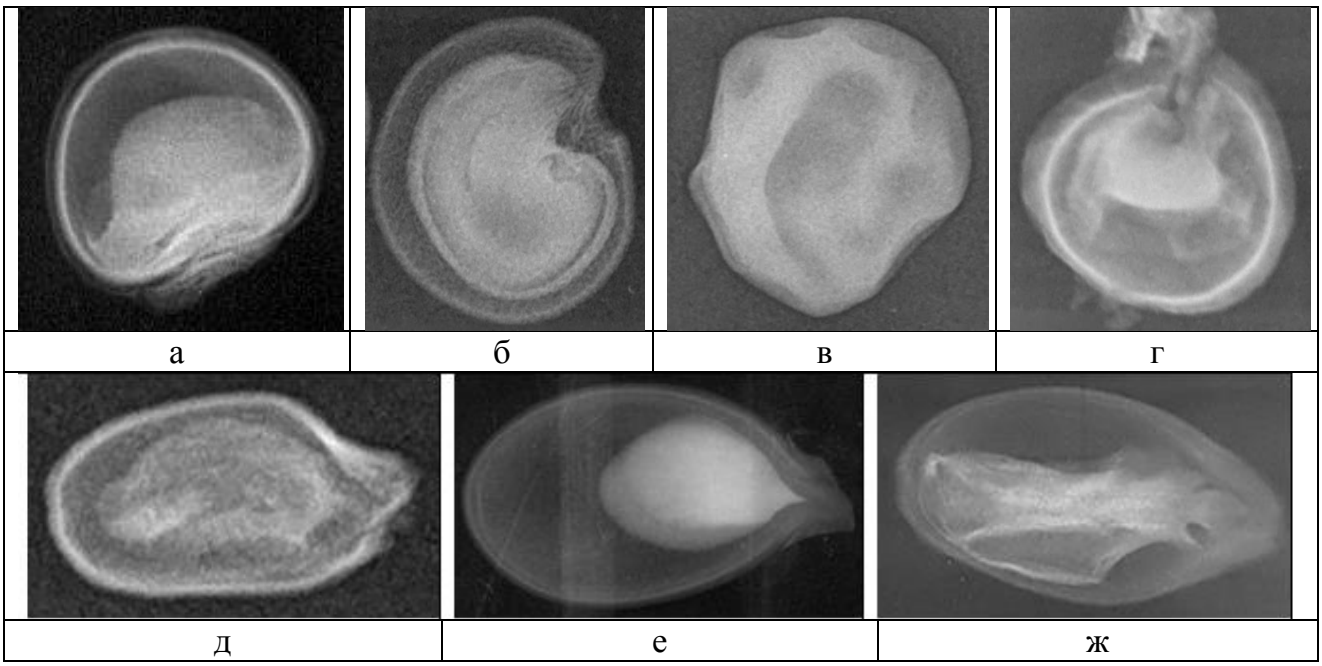


Рис. 15. Примеры рентгеновского признака «недовыполненность» семян: а) бамия, б) баклажан, в) горох, г) шпинат, д) базилик, е) кабачок, ж) огурец

Для различных овощных культур признак «невыполненность» хорошо выявляется на рентгенограммах в виде сплошного или частичного потемнения проекции.

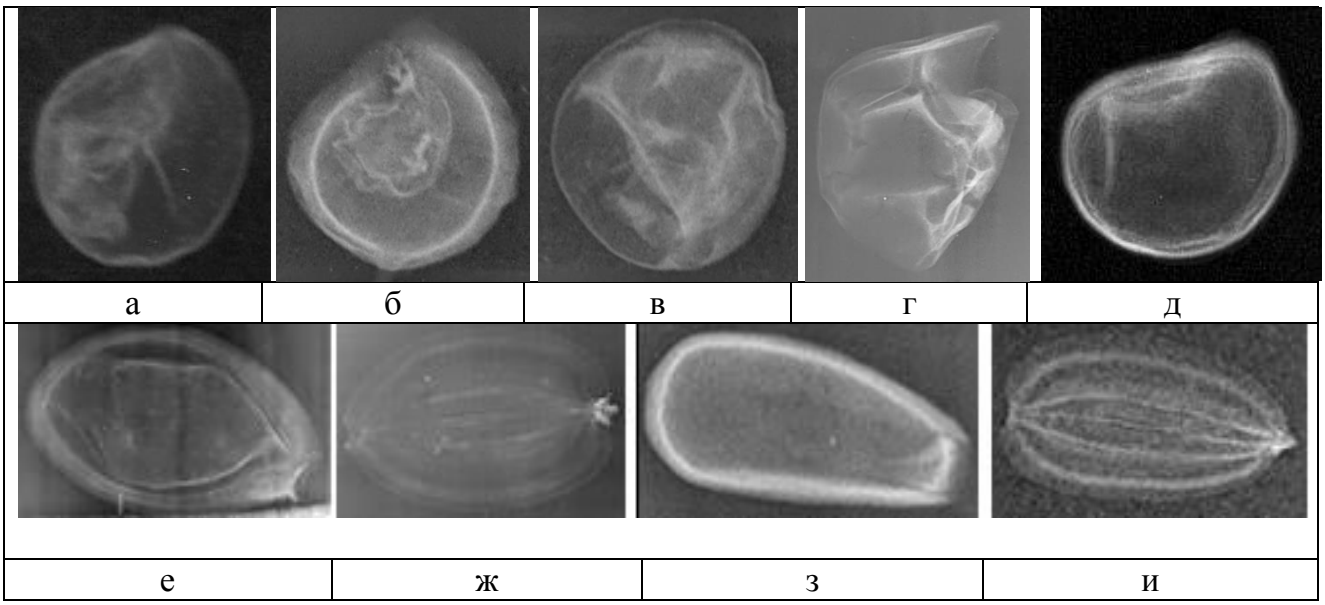
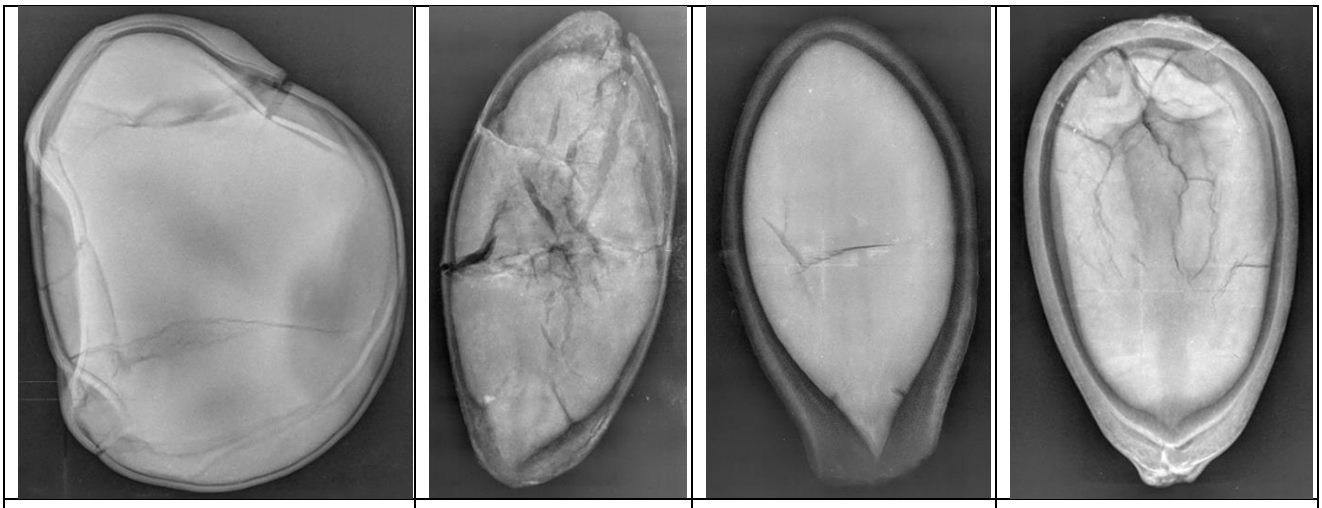


Рис. 16. Примеры рентгеновского признака «невыполненность семян»: а) капуста, б) шпинат, в) спаржа, г) лук, д) бамия, е) кабачок, ж) пастернак, з) мелисса, и) укроп

Сплошное потемнение проекции указывает на то, что семя пустое, точнее, имеет незаполненную оболочку (рис. 16-д, з – бамия, мелисса). В случае частичного потемнения видны остатки или начало недоразвившегося зародыша (рис. 16-б, е - шпинат, кабачок). Метод позволяет выявить не просто факт невыполненности семян, а также ее степень, что важно для определения назначения их использования.

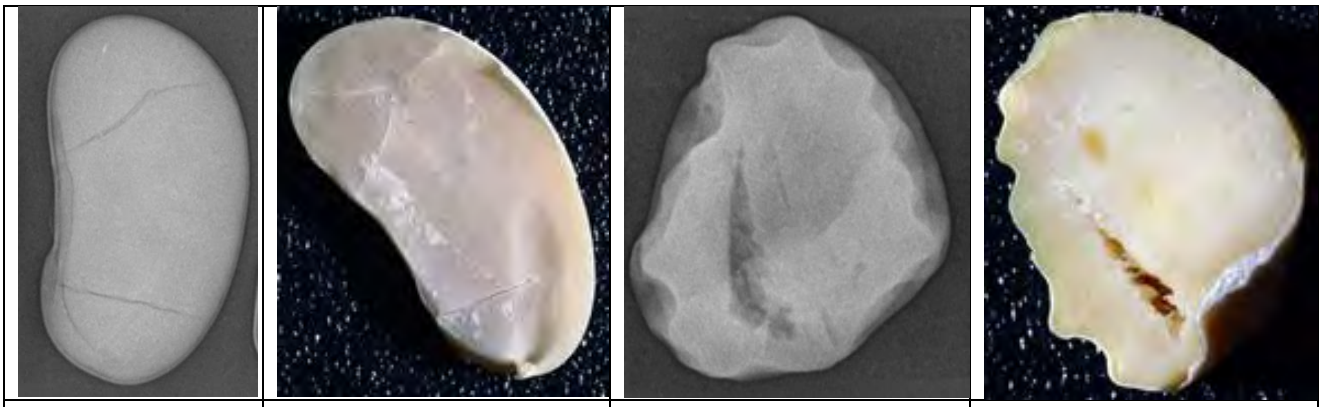
Травмированность семян. Травмы семян на рентгенограммах обнаруживаются в виде темных линий на месте обрывов структур, со смещением или без него. Приведены примеры внутренней травмированности семян механического (рис. 17-а, б) и иного характера (рис. 17-в, г).



а	б	в	г

Рис. 17. Примеры рентгеновского признака «травмированность семян»: а) горох, б) огурец, в) кабачок, г) артишок

С помощью метода также можно определить характер повреждений. Например: травма семян фасоли, судя по четким поперечным темным линиям, носит механический характер (рис. 18-а, б) и получена во время уборки или молотьбы, а расщелина (разрыв) внутри семени гороха, обозначенная по темным сужающимися по концам размытым линиям, носит физиологический характер, и получена в результате растяжения клеток при быстрой сушке невызревших семян (рис. 18-в, г).

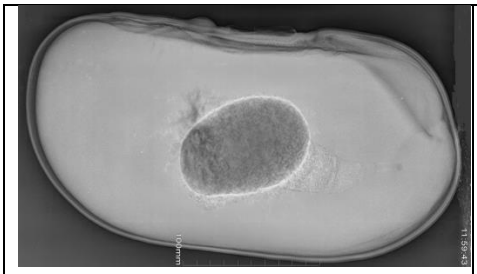
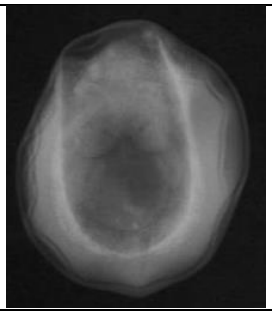
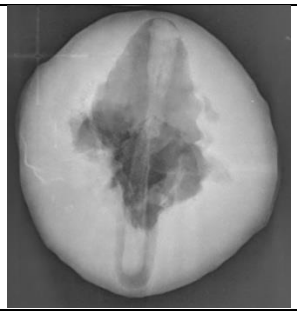


а	б	в	г

Рис. 18.Рентгенограммы и фотографии примеров травмированности семян: механическая травма семени фасоли (а, б) и физиологическая травма семени гороха (в, г),

Скрытая заселенность и поврежденность семян вредителями. Семена овощных растений поражаются разного рода насекомыми вредителями. Учитывая высокий коэффициент размножения большинства овощных культур, вредоносность насекомых в последующих поколениях может сильно возрасти.

Повреждения насекомыми-вредителями, как правило, представляют собой вытянутые каналы внутри семени, начинающиеся у оболочки и заканчивающиеся или тупиком, в котором находится живое насекомое, или летным отверстием (рис. 19).

а	б	В	г

Рис. 19. Рентгеновские изображения семян с признаками «скрытая заселенность и поврежденность» насекомыми-вредителями: а) фасоль, б) горох, в) спаржа, г) пастернак

Грызущие насекомые-вредители заселяют уже сформировавшиеся, вызревшие семена в поисках «пищи», их следы на рентгенограммах выражаются в виде овальных вытянутых затемненных каналов (рис. 20-а). Сосущие насекомые-вредители повреждают цветоносные побеги и завязи, впоследствии формируются неполноценный зародыш и эндосперм семян, при этом оболочка остается целой (рис. 20-б), что выражается на рентгенограммах в виде нерегулярных размытых темных пятен.

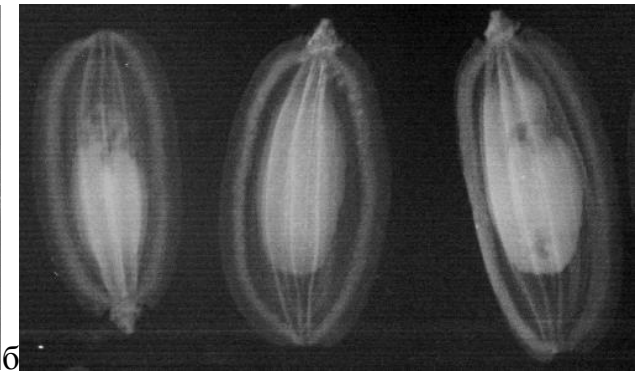
а
б 

Рисунок 20. Внутренняя поврежденность семян: а) грызущими вредителями (тмин), б) сосущими вредителями (укроп)

Внутреннее (скрытое) прорастание семян. Внутреннее прорастание семян может произойти в поле, как до уборки (на семенниках после продолжительных осенних дождей), так и во время хранения (из-за несвоевременной сушки, либо от избыточного увлажнения).

Детали зародыша и эндосперма при кратковременном увлажнении на рентгенограммах приобретают более четкие очертания по сравнению с их плотной укладкой в сухих нормальных семенах (рис. 21). Внутреннее прорастание семян на рентгенограммах в основном характеризуется четкими очертаниями корешка зародыша и некоторым его ростом. В ряде случаев просматриваются и распустившиеся («тронувшиеся») семяпочки, как на семенах паслёновых культур (рис. 21-а,б), а на семенах тыквенных культур (рис. 21-г,д) внутреннее прорастание семени проявляется в виде отделенности семядолей, и роста корешка зародыша (Мусаев и др., 2016).

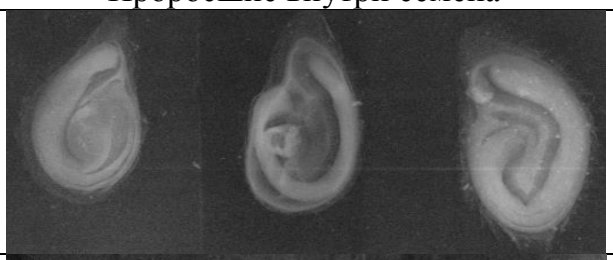
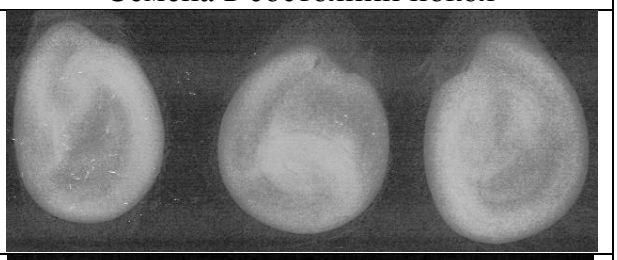
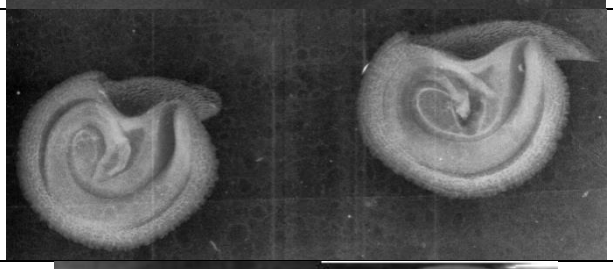
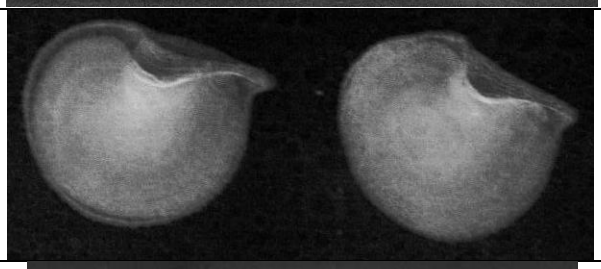
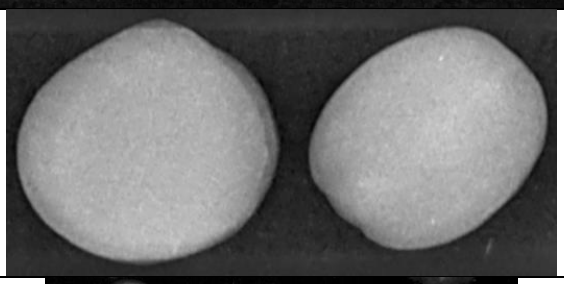
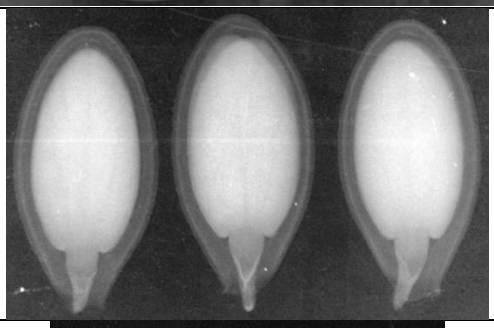
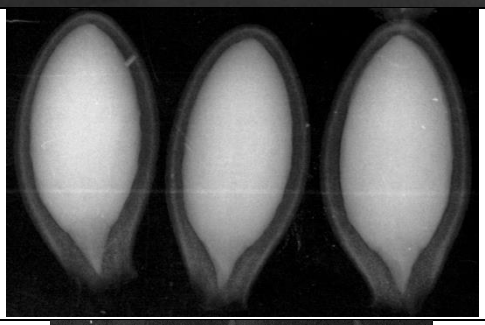
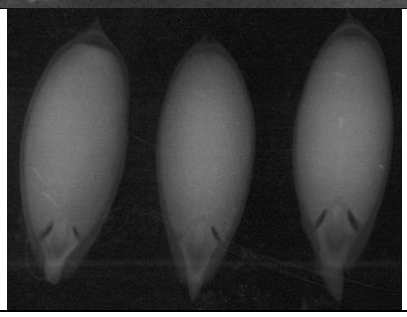
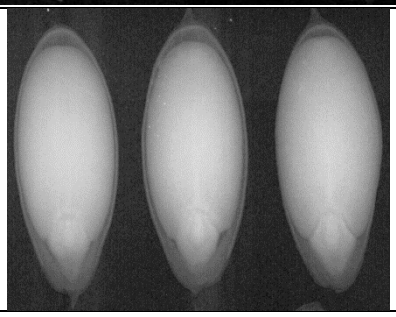
	Проросшие внутри семена	Семена в состоянии покоя
а		
б		
в		
г		
д		

Рис. 21. Рентгеновское изображение признака «внутреннее (скрытое) прорастание» семян: а) томат, б) перец, в) капуста, г) кабачок, д) огурец

Своевременное выявление наличия скрытого прорастания в семенной партии имеет большое практическое значение, где рентгенографический метод практически незаменим.

Морфометрические изменения внутренней структуры семян, выраженные на рентгеновской проекции. Высокая информативность метода рентгенографии позволяет выявить также морфометрические изменения внутренней структуры семян, обусловленные инбредной депрессией, отраженные на их рентгеновской проекции. Так, например, сортовые (популяционные) семена (плоды) свеклы столовой на рентгенограммах просматриваются равномерной оптической плотностью, плотной укладкой завитка корешка зародыша (рис. 22-а). При дальнейшем размножении семян путем самоопыления уже в третьем-четвертом поколении идет дегенерация зародыша, жизнеспособность семян снижается. На рентгенограммах такие семена четко выделяются по тонким светлым рассеченным линиям деталей зародыша и увеличением темных участков внутреннего пространства семени (Соколова, 2011, Musayev et al., 2013) (рис. 22-в, г, д, е).

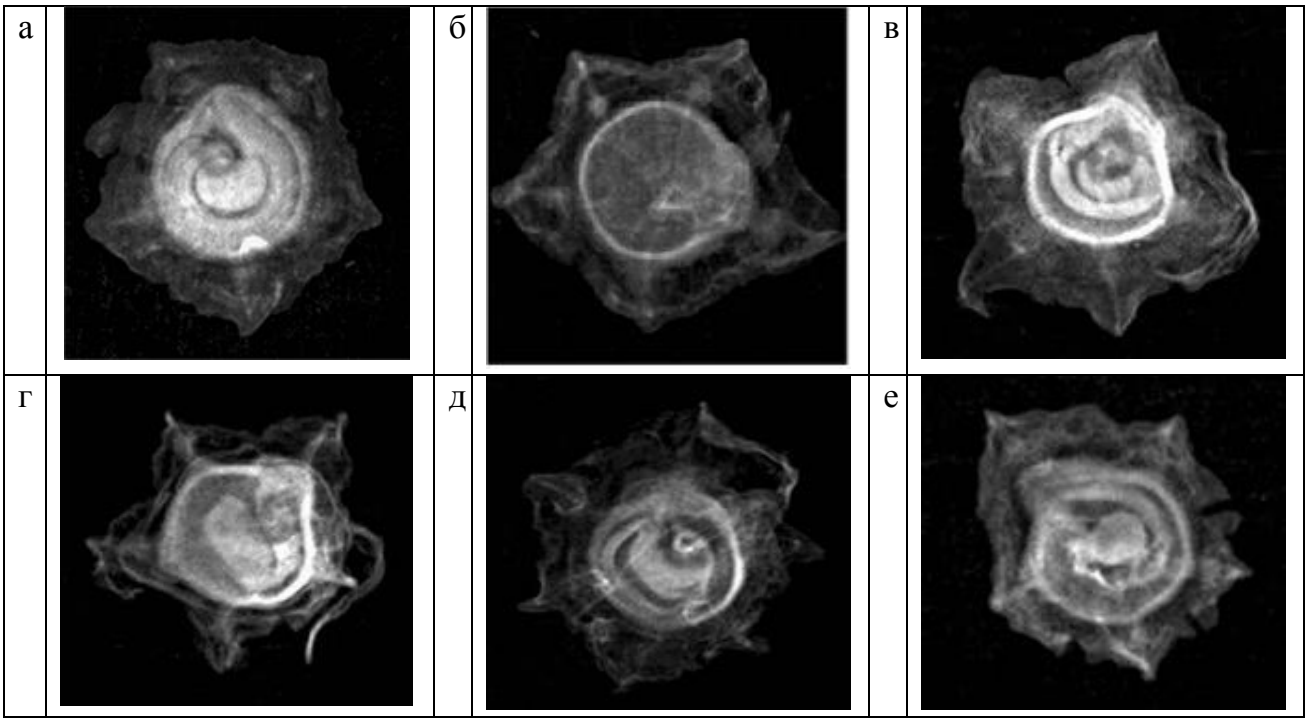


Рис. 22. Рентгенографические проекции монокарпических семян (плодов) свеклы столовой: а) нормальное, б) невыполненное семя; в, г, д, е) семена инбредных линий в различной степени дегенерации зародыша

В другом примере показано снижение всхожести семян свеклы столовой в результате инбредной депрессии, которая безошибочно выявляется с помощью метода рентгенографии (рис. 23.). Число определяемых на рентгенограммах полноценных семян (плодиков) в соплодии точно совпадает с числом полученных сеянцев и корнеплодов.

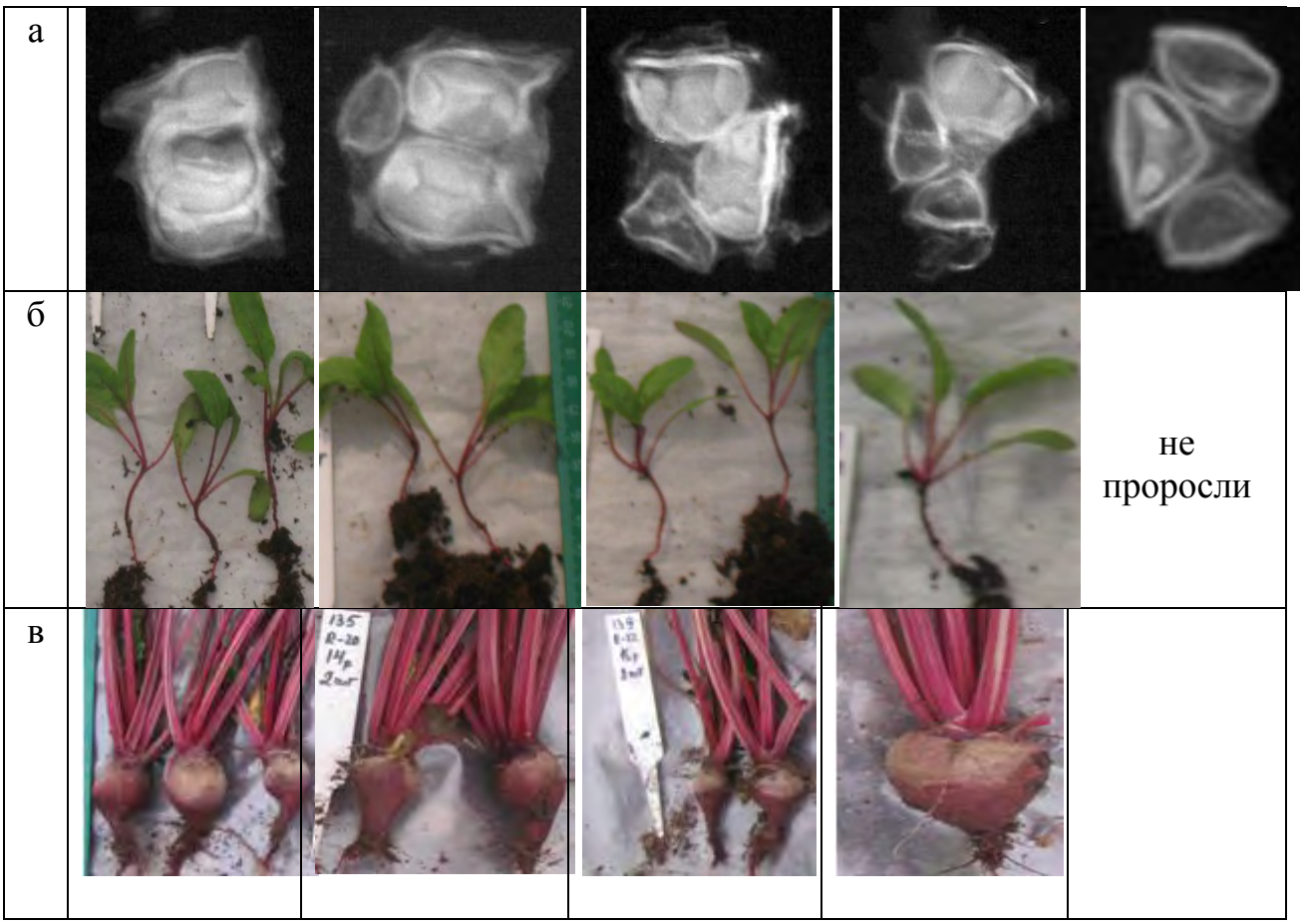


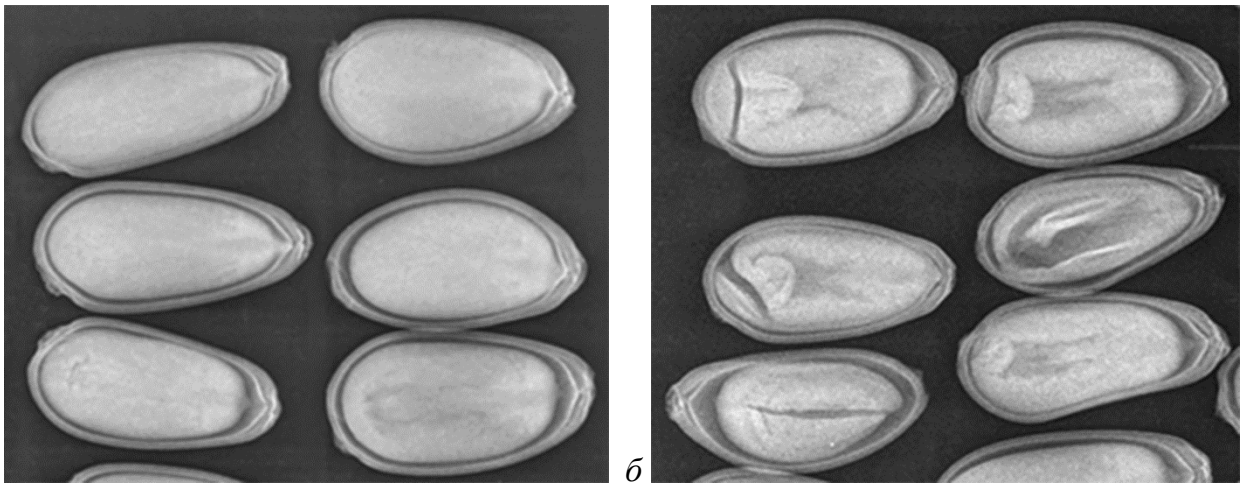
Рис. 23. Жизнеспособность трехсемянных плодов самоопыленных линий свеклы столовой: а) рентгеновское изображение семян, б) сеянцы, в) корнеплоды

Семена редиса сорта Ария (поколение I_0) на рентгеновском изображении (рис. 24-а) имеют невысокую и достаточно равномерную оптическую плотность проекции и при проращивании дали полноценные корнеплоды. Напротив, внутренняя структура семян инбредного поколения I_3 выглядит более «узорчатой», с явно выраженными затемнениями, обнаруживающими потерю плотности зародыша (рис. 24-б). При проращивании такие семена оказались частично нежизнеспособными, а взошедшие – не сформировали полноценные корнеплоды (Мусаев и др., 2017).

Рис. 24. Рентгенограммы семян и фотографии проростков: а) сорт Ария, б) линия I_3

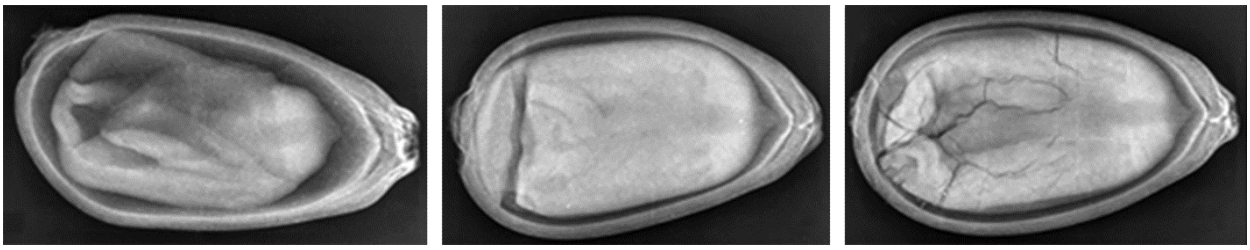
Как видно, с помощью метода рентгенографии можно определить жизнеспособность семян, избегая их проращивание. Это очень важно при работе малым количеством ценного селекционного и коллекционного семенного материала.

Возрастные изменения отражаются во внутреннем строении семян и рентгеновские лучи способны их выявить. Так, например, семена артишока сорта Султан, 2013 года урожая на рентгенограмме выглядят в основном равномерно светлой проекцией, семядоли занимают почти все пространство внутри семенной оболочки, на некоторых семенах просматриваются элементы зародыша (рис. 25, *а*). На другой рентгенограмме представлены семена сорта Красавец, 2006 года урожая. Они отличаются наличием теневого тонального рисунка, выявляющего элементы зародыша и пространства (щели) между ними естественного (усыхание) происхождения (рис. 25, *б*). Отдельные семена потеряли формы семядолей, видимо, с возрастом зародыш семян потерял критический уровень влаги, сморщился (рис. 26, *а*), дал трещины (рис. 26, *б*) и даже местами начал рассыпаться (рис. 26, *в*).



а *б*

Рис. 25. Фрагменты рентгенограмм разновозрастных семян артишока:
а – сорт Султан (2013 года репродукции); *б* – сорт Красавец (2006 года репродукции)



а *б* *в*

Рис. 26. Макрорентгенснимки старых семян артишока:
а – морщинистость; *б* – растрескивание; *в* – распад

Итак, выявленные дефекты, аномалии и недостатки внутренней структуры семян овощных культур идентифицированы и классифицированы – разделены в группы. По каждой группе рентгенпризнаков приведено достаточно примеров. Дефекты и недостатки внутренней структуры семян рассмотрены в связи с их хозяйственно-биологическим значением. Анализ дефектов и недостатков внутренней структуры се-

мян дает возможность получить более полную картину о пригодности партии семян, прогнозировать их полевую всхожесть и потенциальную продуктивность. Выявление и идентификация внутренних дефектов семян позволяет судить также о причинах, их вызывающих и на этом основании принимать решения об оптимизации применяемых агротехнологий.

5. СИСТЕМАТИЗАЦИЯ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕМЯН ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Несмотря на значительные успехи в исследованиях внутренней структуры семян зерновых культур, древесных растений отечественных и зарубежных специалистов, комплексного подхода к рентгенографическому анализу семян овощных культур еще не было. Ранее проведенные рентгенографические исследования семян овощных растений носили пробный, видоспецифичный характер, либо были направлены на решение определенной задачи. В данной работе исследования расширены и систематизированы. Исследованы семена основных видов овощных культур (табл. 10).

Таблица 10 – Виды овощных культур для рентгенографических исследований семян

№	Семейство	Вид	Культура
1	Астровые – Asteraceae	*Lactuca sativa L.*	Салат
2	Сельдерейные – Apiaceae	*Daucus carota L.*	Морковь столовая
3		*Anethum graveolens L.*	Укроп
4		*Apium graveolens L.*	Сельдерей
5		*Pastina casativa L.*	Пастернак
6	Капустные – Brassicaceae	*Brassica oleracea L., var. capitata*	Капуста белокочанная
7		*Brassica oleracea L., var. botrytis*	Капуста цветная
8		*Raphanus sativus L., var. radicula*	Редис
9		*Lepidium sativum L.*	Кресс-салат
10	Бобовые – Fabaceae	*Phaseolus vulgaris L.*	Фасоль
11		*Pisum sativum L.*	Горох
12	Пасленовые – Solanaceae	*Solanum lycopersicum L.*	Томат
13		*Capsicum annuum L.*	Перец
14		*Solanum melongena L.*	Баклажан
15	Маревые – Chenopodiaceae	*Beta vulgaris L.*	Свекла столовая
16		*Spinacia oleracea L.*	Шпинат
17	Тыквенные – Cucurbitaceae	*Cucumis sativus L.*	Огурец
18		*Cucurbita pepo L., var. giromontina*	Кабачок
19		*Cucurbita pepo L.,var. patisson*	Патиссон
20		*Cucurbita pepo L.*	Тыква
21	Яснотковые – Lamiaceae	*Ocimum basilicum L.*	Базилик
22		*Melissa officinalis L.*	Мелисса
23		*Origanum majorana L.*	Майоран
24	Мальвовые (Malvaceae)	*Hibiscus esculentus L.*	Бамия
25	Луковые – Alliaceae	*Allium cepa L.*	Лук репчатый
26	Спаржевые– Asparagaceae	*Asparagus officinalis L.*	Спаржа

Работа проводилась с учетом специфики каждого вида. У представителей семейства Сельдерейных изучена матрикальная разнокачественность семян, выраженная в разной степени выполненности эндосперма и зародыша. На крупных семенах бобовых культур были выявлены признаки внутренних механических травм и скрытого повреждения семян насекомыми-вредителями. Показана степень всхожести семян капустных культур от уровня запаса питательной ткани. Оценена жизнеспособность семян свеклы столовой, определяемая по морфометрическим изменениям их внутренней структуры на рентгенограммах, связанной с инбредной (генетической) депрессией. Степень вызреваемости семян перца и томата безошибочно определяется на их рентгеновской проекции. Степень выполненности мелких семян яснотковых культур (базилик, мелисса, майоран) не отражается на их внешнем облике, семенная оболочка жесткая – не деформируется, следовательно, метод рентгенографии в таких случаях незаменимый. Показаны примеры внутреннего скрытого прорастания семян тыквенных и пасленовых культур.

Выявлены дефекты и недостатки внутренней структуры семян для каждой культуры, и они увязаны с их жизнеспособностью. По каждой культуре составлены эталонные рентгенограммы.

6. ПЕРСПЕКТИВЫ РЕНТГЕНОГРАФИИ СЕМЯН

Алгоритм автоматического анализа качества семян овощных культур в рентгенографии

Перспективой развития рентгенографических исследований семян должна являться автоматический компьютерный анализ рентгенограмм. Программный анализ цифровых рентгеновских изображений семян существенно ускорить процесс и обеспечит объективность оценки качества семян.

Нами разработано и апробировано новое программное обеспечение под названием «СортСемКонтроль-1.0» (Мусаев и др., 2018). Программа предназначена для автоматического анализа графических файлов рентгенобразов семян овощных культур. На рисунке 27 приведён интерфейс программы «СортСемКонтроль-1.0». Программа обладает следующей технической характеристикой: Тип ЭВМ: IBM PC совместимый ПК. Язык: C++ ОС: Windows XP и выше. Объём программы: 2,1 Мб.

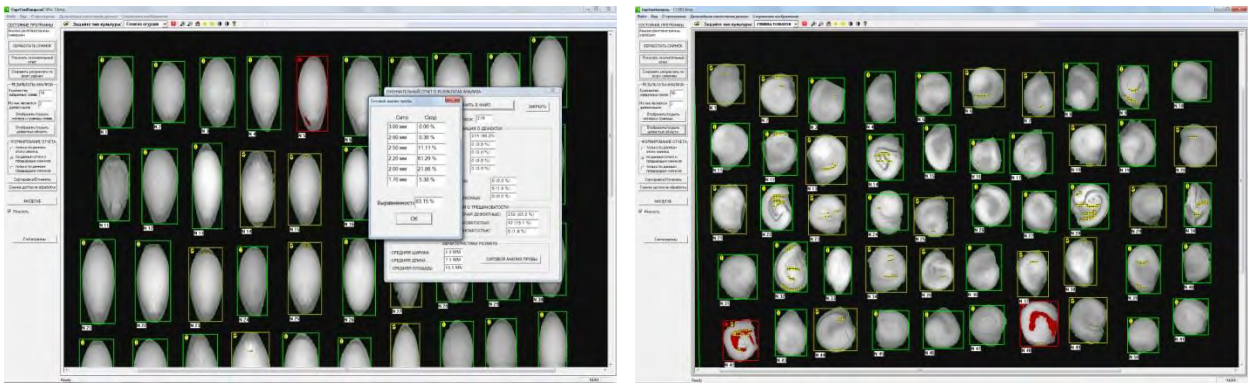


Рис. 27. Интерфейс программы «СортСемКонтроль-1.0»: семена огурца (слева), семена томата (справа)

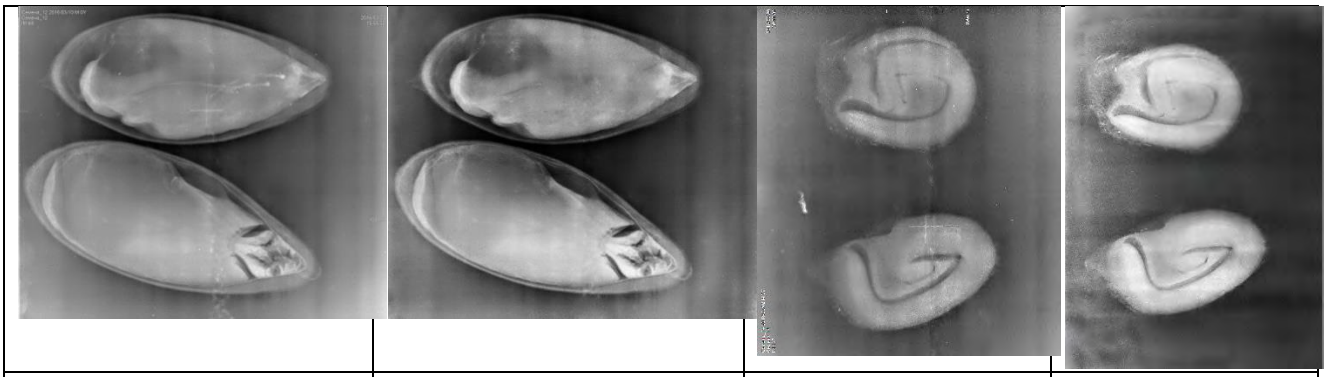
Алгоритм автоматического компьютерного анализа внутренней структуры семян по программе «СортСемКонтроль-1.0» состоит из нескольких этапов:

Подготовка изображений. Для получения адекватного цифрового образа семян необходима предварительная цифровая обработка изображений:

- масштабирование динамического диапазона яркостей изображения;
- подавление помех и общее улучшение качества изображения;
- компенсация искажений, обусловленных погрешностями и конструктивными особенностями аппаратуры съемки.

Компенсация искажений является обязательным приемом для получения адекватного цифрового образа семени. Искажения могут быть вызваны эффектом геометрии съемки и повлиять как на размеры объектов, так и на характеристику их внутренних деталей. В ранних работах (Великанов, 1997) даже предлагалось использование сферических поверхностей для помещения объектов съемки (семян), что представлялось технологически сложно выполнимым. Теперь же разработано и реализовано программно-геометрическое преобразование изображений, компенсирующее искажение размеров объектов в зависимости от расстояния до источника излучения (рентгеновской трубки) (Желудков и др., 2016).

Искажение снимков также может быть вызвано наличием на рентгенограммах следов износа рентенчувствительных пластин в виде точек, полосок, бороздок. Разработан метод программного их обнаружения и удаления, основанный на высокочастотной цифровой фильтрации образа, и последующей билинейной интерполяции обнаруженных артефактов. Рисунок 28 содержит примеры цифровой фильтрации образа в виде фрагментов из рентгенограмм семян.



а	б	в	г

Рис. 28. Примеры программной цифровой фильтрации искажений и артефактов снимков: а, в) исходный формат; б, г) обработанный формат

Идентификация объектов на изображении. Для численного решения этой задачи был разработан и программно реализован достаточно эффективный и быстрый численный метод. В силу упомянутой пространственной неравномерности потока излучения при съемке, данную процедуру следует проводить итеративно с уточнением пороговых значений яркости объектов и параметров светового потока на каждом шаге. После того, как объекты выделены, необходимо определить пространственную ориентацию объекта. Для этого есть несколько распространенных способов, в частности, для семян, с учетом их формы, идеально подходит способ, основанный на построении для каждой из них эллипсоида инерции. Для дальнейшего анализа семя можно развернуть по главным осям эллипсоида инерции (рис. 29).

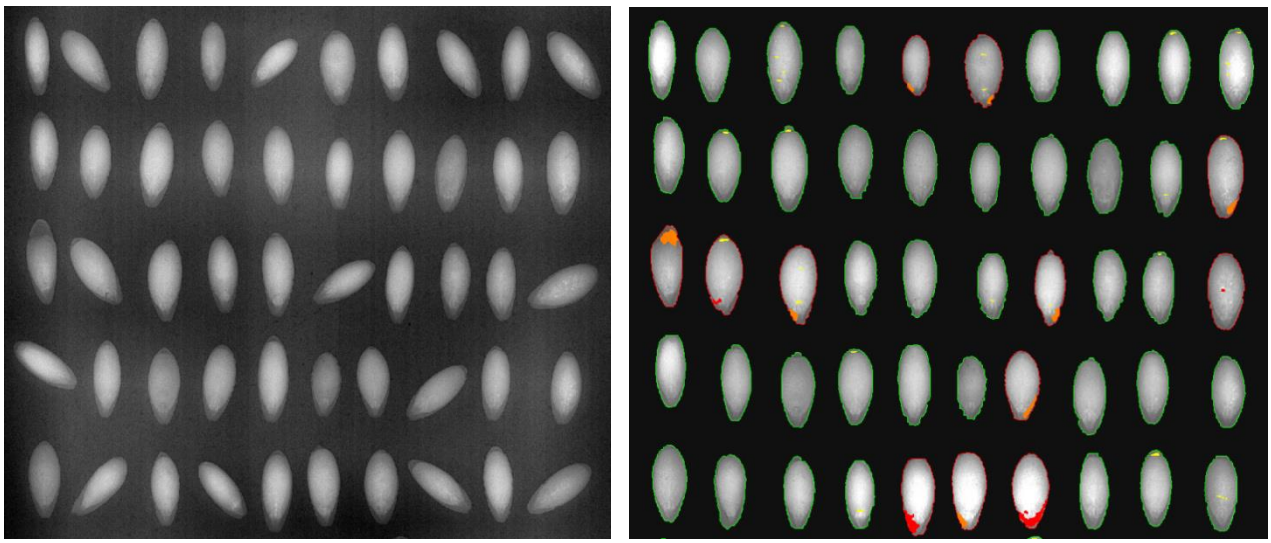
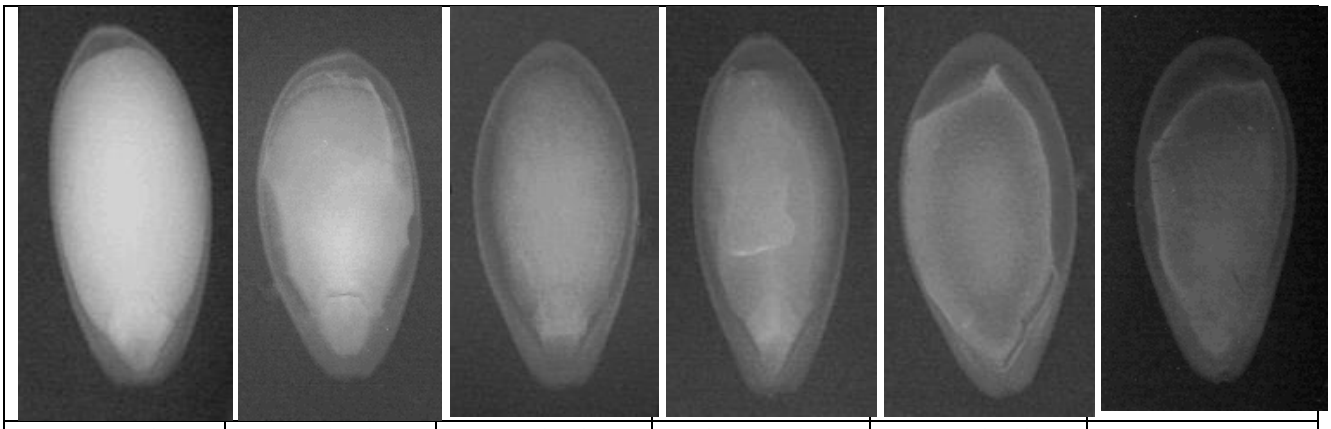


Рис. 29. Пространственная ориентация рентгеновских изображений семян огурца: до программной обработки (слева), после – (справа)

Считывание дефектов семян. Важным показателем, характеризующим биологическую и хозяйственную пригодность семени, обнаруживаемая рентгенографическим методом, является выполненность семян. Разработан алгоритм анализа изображения семени для качественной и количественной оценки показателя выполненность. Шаг дискретизации яркостной компоненты сигнала изображения, задаваемый используемой аппаратурой съемки и оцифровки, принимается за единицу измерения яркости изображения в диапазоне от 0 до 256 (по шкале аддитивной цветовой модели - HEX). На рис. 30 приведены рентгеновские изображения семян огурца с различными значениями показателя выполненности - F. Отчетливо видно, что автоматически вычисленные значения степени выполненности (по соотношению доли темных и светлых оттенков и шкале HEX) хорошо согласуются и с визуальной оценкой признака.



18+82% (HEX - 209)	32+68% (HEX - 174)	38+62% (HEX - 158)	47+53% (HEX - 135)	52+48% (HEX - 123)	71+29% (HEX - 74)

Рис. 30. Рентгенографические изображения семян огурца в различной степени выполненности семядолей: оценка по соотношению доли темных и светлых оттенков (верхняя строка) и шкале HEX (нижняя строка)

Количественная характеристика невыполенности - F(A) вычисляется по формуле

$$F(A) = 100 \times N(A) / S(A),$$

где N(A) – суммарное отклонение яркости, S(A) - площадь области A (в пикселях). На рис. 31 приведены изображения семян с разными значениями показателя F(A).

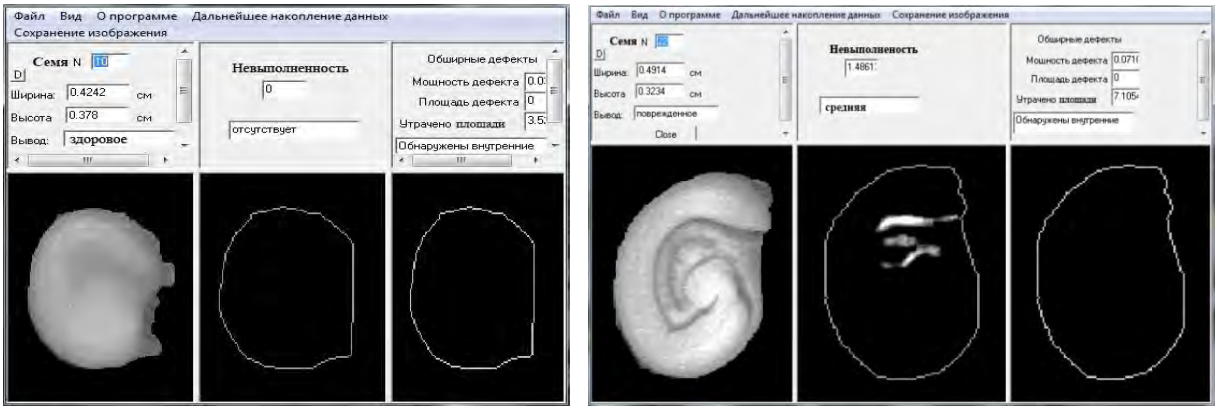


Рис. 31. Программная визуализация изображений семян томата: нормальное семя (слева), недовыполненное семя (справа)

Протокол. Результаты автоматического анализа рентеновских изображений семян сводятся в виде протокола, где содержатся данные о качестве анализируемых семян. Приводим пример протокола по результатам анализа семян огурца (табл. 11).

Таблица 11 - Результаты автоматического рентгенографического анализа качества семян огурца, 2018 год

Показатели, признаки	Единица измерения	Значение	
Партия 1, проба 1			
Дополнительная информация: семена огурца			
Общая информация:			
Всего идентифицировано семян:	штук	480	
Средняя ширина семян	мм	3,9	
Средняя длина семян	мм	9,1	
Средняя площадь семян	$мм^2$	26,8	
Средняя оптическая плотность (яркость):	пиксель	120	
Нормальных семян (без дефектов)	штук, %	422	87,9
Информация о дефектах:			
Семян без дефектов	штук, %	422	87,9
Невыполненные	штук, %	31	6,46
Недовыполненные	штук, %	16	3,33
С поврежденным зародышем	штук, %	7	1,46
С признаками поврежденности насекомыми	штук, %	4	0,8
Фракционный анализ:			
Выравненность	%	77,19	
9,6 х 4,6 мм	%	0,00	
9,4 х 4,4 мм	%	1,07	
9,2 х 4,2 мм	%	16,84	
9,0 х 4,0 мм	%	56,93	
8,8 х 3,8 мм	%	20,26	
8,6 х 3,6 мм	%	3,84	

Программа способна считать линейные размеры семян и определить площадь их проекции, что позволяет судить о форме семян, которая, в свою очередь, является ярким показателем их качества. Проводится также фракционный анализ партии семян согласно их линейным размерам. Определение фракционного состава имеет большое практическое значение для предпосевной подготовки семян.

Достоверность результатов анализа. Представляем пример анализа достоверности оценки качества для показателя выполненность семян (рис. 32). Проанализированы десять рентгенограмм подряд, содержащие по сто семян томата в каждой. После каждой проанализированной рентгенограммы вычислялся размер доверительного интервала с надежностью оценки 0,95 среднего значения показателя выполненность семян, как для текущей рентгенограммы (верхний график), так и для всего проанализированного массива данных, состоящего из текущей рентгенограммы и всех предыдущих (нижний график). Эмпирически установлено, что для среднего значения показателя выполненность семян критическим значением размера 0,95-доверительного интервала можно принять величину 0,1. Как показывают приводимые графики, для обеспечения достоверности оценки степени выполненности партии семян достаточно проанализировать 6-7 рентгенограмм, содержащих 600-700 семян.

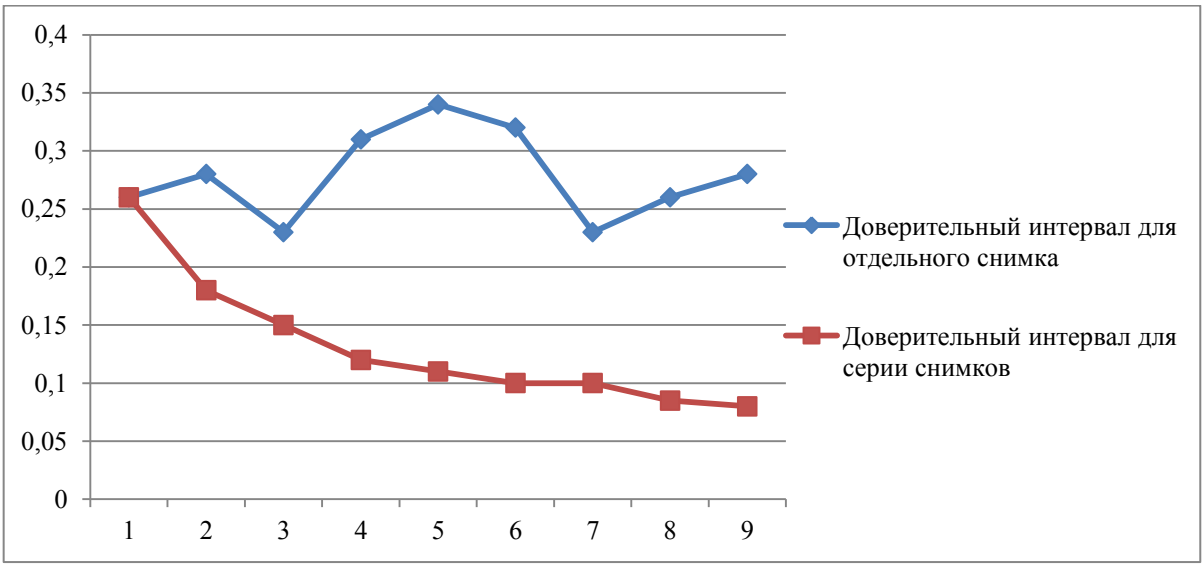


Рис. 32. Достоверность результатов автоматического рентгенографического анализа семян

Разработка и внедрение метода автоматического анализа рентгеновских изображений семян овощных культур, существенно ускорить сам процесс, повысит его информативность и позволит избавиться от субъективизма, связанного с визуальным анализом рентгенограмм.

Экономическая эффективность от применения инструментальных методов оценки качества семян

Проведен сравнительный экономический анализ различных методов оценки качества семян.

За традиционный метод анализа качества семян принят стандартный лабораторный метод определения всхожести семян ГОСТ 12038-84.

Метод рентгенографии семян был рассмотрен в двух вариантах:
- визуальный (глазомерный) анализ рентгенограмм,
- автоматический анализ рентгенограмм.

В качестве примера в расчет был принят:
- для стандартной методики - работа сертифицированной семенной испытательной лаборатории ФГБНУ ФНЦ овощеводства,
- для рентгенографического метода – работа лаборатории рентгенографии кафедры электронных приборов и устройств СПбГЭТУ-ЛЭТИ.

Рентгенографический анализ семян овощных культур пока проводится в исследовательских целях, и стоимость работ может носить только расчетный характер.
Весь процесс анализа состоит из трех стадий:

1. Пробоподготовка является наиболее трудоемким приемом, проводится лаборантом, во всем процессе анализа семян занимает примерно 20 минут.

2. Настройка, съемка, распознание снимков одной пробы семян в среднем происходит за 10-20 минут, проводится инженером-техником. Больше времени уходит на настройку аппаратуры, но когда снимаются семена одной размерной группы подряд, то необходимость в перенастройке отсутствует и процесс ускоряется.

3. Глазомерный анализ рентгенограмм на мониторе компьютера является завершающим этапом и проводится квалифицированным оператором-рентенобиологом. Опытному специалисту для анализа одной пробы понадобится около 30 минут.

Итого, визуальный рентгенографический анализ одной пробы семян, вместе с пробоподготовкой и съемкой занимает 60-70 минут (табл.12).

Таблица 12 - Экономическое и энергетическое сравнение стандартных и инструментальных методов

Методы	Трудозатраты, чел./час	Энергозатраты, кВт/ч	Длительность анализа
Стандартный метод			
ГОСТ 12038-84	0,8 – 1,0	4 - 7	7-14 дней
Инструментальный (рентгенографический) метод			
Визуальная рентгенография	1,0 – 1,2	0,5	1 – 1,2 часа
Автоматическая рентгенография	0,5 – 0,7	0,3	менее 1 часа

При автоматическом анализе работу рентгенобиолога выполняет компьютер за несколько секунд. Следовательно, в учет берется время на пробоподготовку и съемку, которое в сумме составляет 30-40 минут.

В рентгенографическом анализе семян трудозатраты и длительность анализа практически совпадают (табл.12). При стандартной методике анализа независимо от объема трудозатрат длительность анализа связана с видом семян и может составить 7-14 дней, даже доходить до 21 дня по отдельным видам (ГОСТ 12038-84).

Итак, рентгенографический анализ от стандартной методики отличается энергоэкономностью и быстротой исполнения. Метод при визуальном анализе рентгенограмм уступает стандартному - по трудозатратам, а при автоматическом анализе процесс значительно ускоряется.

Мы рассмотрели экономический эффект от применения рентгенографического метода в текущем варианте, в действующей лаборатории с учетом текущих расходов. Теперь же посчитаем выгоду при организации новой лаборатории рентгенографии семян с учетом окупаемости оборудования.

Стоимость анализа пробы семян на рентгенографе рассчитывается по формуле:

$$\mathbf{C = (P_{eq} / XT) + P_{em} + S,}$$

Где **C** – стоимость анализа одной пробы, $\mathbf{P_{eq}}$ - стоимость оборудования, **X** – загруженность лаборатории (число анализов в год), **T** - расчетный срок службы оборудования, $\mathbf{P_{em}}$ - стоимость расходуемых материалов и электроэнергии, **S** - оплата труда работников с учетом сложности и трудоемкости работ.

Теперь введем в формулу наши данные:

$\mathbf{P_{eq}}$ – 3,8 млн рублей (оптовая цена), **T** – 10 лет, $\mathbf{P_{em}}$ – 15 руб.

S – [0,5 чел./час. лаборанта (ставка 15000руб./месяц) – 90 руб.] + [0,25 чел./час. инженера (ставка 30000 руб./месяц)– 90 руб.] = 180 руб.

X– зависит от количества поступающих на анализ партий семян и периодичности контроля их качества, колеблется: от 50 (в научных лабораториях) до 2000 (в лабораториях, выполняющих коммерческие заказы) анализов в год.

Приводим пример расчета стоимости одного рентгенанализа при загрузке лаборатории 50 анализов в год:

C = [3 800 000/(50x10)] +15 + 180 = 7795 руб.

Стоимость определения всхожести партии семян по стандартной методике ГОСТ 12038-84 составляет 814 рублей (по данным Испытательной лаборатории ФГБНУ ФНЦО). Очевидно, что при низкой частоте анализов лаборатория рентгенанализа семян не может принести выгоду, необходимо увеличить число анализов. Как видно из диаграммы (рис. 33), с увеличением «загрузки» лаборатории

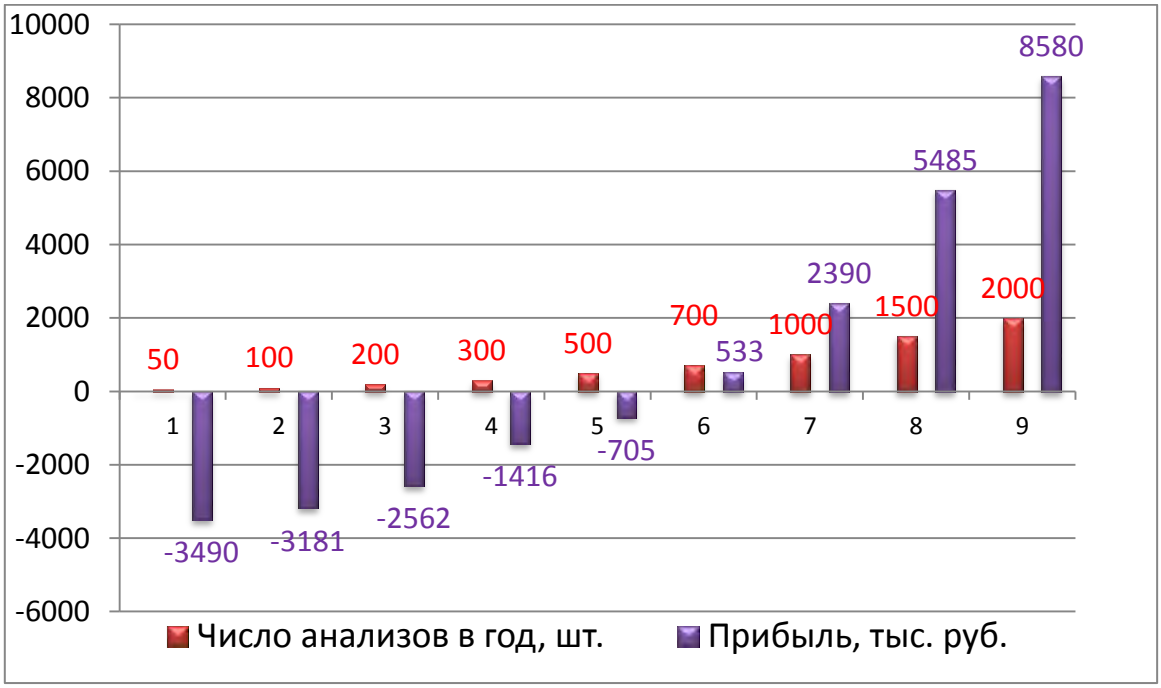


Рис. 33. Экономическая выгода от внедрения рентгенографического метода анализа качества семян

(100…200…300…500 анализов/год), снижается стоимость каждого анализа (согласно вышеприведенной формуле) и уже при проведении 700 анализов в год за 10 лет, стоимость каждого анализа составляет 738 рублей, что немного ниже стоимости анализа всхожести семян по стандартной методике. Следовательно, для окупаемости лабораторного оборудования в 10 летний срок службы, нужно провести не менее 700 рентгенанализов семян в год или же 2-3 анализа в день, что технически легко выполнимо. При загрузке лаборатории 1500-2000 анализов в год, можно не только окупить оборудование, а также добиться колоссальной экономии.

Несмотря на более высокую стоимость оборудования рентгендиагностики семян, при рациональном использовании затраты окупаются и за 10-летний срок службы установки метод приносит прибыль. Применение метода рентгенографии позволяет снизить площадь, занимаемую лабораторным оборудованием, повышается надежность результатов анализов за счет автоматизации процесса и экономический эффект за сокращения ручного труда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Комплексная оценка условий природно-экологических зон возделывания показала, что для успешного ведения семеноводства овощных культур предпочтительны высокопродуктивные среды с высокой типичностью (t_k=0,9…1,0) и низким дестабилизирующим эффектом (Sek<20%). В наших опытах такими были выделены: для фасоли овощной – пункт Горки (зона умеренного климата), майорана – пункт Термез (сухие субтропики), чеснока озимого – пункт Пенза (степная зона).

2. Контрастные климатические условия различных эколого-географических зон оказали существенное влияние на морфометрические показатели и жизнеспособность семян. Однако, отбор семян только по размеру или массе недостаточно эффективен, так например, мелкие семена майорана из сухих субтропиков (пункт Термез) показали бóльшую всхожесть, нежели крупные семена из зоны умеренного климата (пункт Москва).

3. Выполненность семян, в основном, обеспечивается ростом их ширины и толщины. Из трех линейных параметров семян наиболее стабильным является их длина. Вариация значений длины экологически разнокачественных семян фасоли овощной составила 7,2...8,8%, ширины – 9,1…14,1%, толщины – 9,2…12,9%.

4. Современный инструментальный цифровой метод морфометрии семян «ВидеоТесТ-Морфология» («Argus-BIO») успешно может применяться для оценки качества семян овощных культур, путем измерения и рассчета более 10 внешних параметров, в том числе: линейные размеры, форма, окраска, тональность. Метод практически незаменим для измерения мелких семян.

5. Контрастные природные условия среды выращивания семян способствуют изменчивости апробационных признаков растений и семенной продуктивности, которую нужно учесть при размещении семеноводства. Грунтовой контроль двух наборов сортов фасоли овощной, выращенных в ряде контрастных эколого-географических условий, показал значительную изменчивость продуктивности

зеленых бобов и зрелых семян, при относительной стабильности формы боба: ширины (Cv_e<9,9%) и толщины плода (Cv_e<11,7%).

6. Использование метода электрофореза запасных белков показало, что контрастные природные условия выращивания семян приводят к дестабилизации биотипной структуры сортопопуляций, присущей сорту, состав популяции больше сохраняется в зоне его селекции.

7. Особенности морфологии и биология репродуктивных органов семенных растений имеют определяющее значение в семенной продуктивности, так у культуры майорана, завязывание семян тесно связано с формой цветка, длиной тычиночной нити и фертильностью пыльцы. Наибольшая семенная продуктивность (до 110 мг/раст.) отмечена у растений с короткими тычиночными нитями в цветках, при наличии в структуре популяций растений с длиннотычиночными цветками 15-17%, которые являются хорошими опылителями.

8. Выявлены, идентифицированы, и классифицированы основные дефекты и недостатки внутренней структуры семян овощных культур, имеющие большое хозяйственно-биологическое значение и определяющие их качество:

- невыполненность зародыша или эндосперма в различной степени,
- внутренняя травмированность,
- заселенность и поврежденность насекомыми-вредителями,
- внутреннее (скрытое) прорастание,
- морфометрические изменения внутренней структуры, связанные со снижением жизнеспособности семян инбредных потомств или возрастом.

9. Выявлена связь перечисленных дефектов, недостатков и аномалий внутренней структуры с посевными качествами семян. Данные визуального рентгенографического анализа качества семян совпадают результатами их лабораторного проращивания по ряду культур: шпинат, огурец, кресс-салат, горох и др. (r = 0,78...0,80).

10. Системные рентгенографические исследования, которые охватили 26 видов овощных культур, принадлежащих к 11 ботаническим семействам, позволили выявить общность и своеобразие морфобиологического проявления отдельных дефектов, недостатков и аномалий внутренней структуры семян. Наиболее информативны для рентгенографического анализа плоские семена (семейства тыквенных, пасленовых), определенные трудности для анализа доставляют округлые (капустные), угловатые (луковые) семена и соплодия (свёкла), из-за сложности пространственной ориентации при съемке.

11. Метод рентгенографии семян отвечает современным требованиям семенного контроля, отличается высокой информативностью, быстротой и легкостью исполнения. Для селекционеров, держателей коллекций семян овощных культур, работающих малыми партиями семян метод практически незаменим, так как анализ качества не приводит к утилизации пробы семян, как это может быть при стандартных методах анализа, и сохраняет их для посева. Результаты рентгенографического анализа качества семян можно зафиксировать и

заархивировать, в отличие от стандартных методов, что позволить при спорных ситуациях, либо арбитражных делах их снова рассматривать.

12. Разработан алгоритм автоматического компьютерного рентгенографического анализа качества семян овощных культур, состоящий из следующих этапов:

- подготовка рентгенографических изображений,
- компенсация искажений, вызванных с геометрией съемки и наличием артефактов износа рентгенчувствительной пластинки,
- идентификация объектов на изображении,
- считывание дефектов семян,
- фракционный анализ,
- автоматическое составление протокола анализа.

Достоверность (P=0,95) результатов обеспечивается при автоматическом программном анализе пробы, состоящей из 600-700 семян.

13. Рентгенографический анализ семян от стандартной методики отличается энергоэкономностью (8-10 раз) и быстротой исполнения (1,2 часа, вместо 7-14 дней). Лаборатория рентгендиагностики семян за срок службы оборудования окупается даже при небольшой загрузке - 700 анализов в год и работает с прибылью.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. С целью получения высококачественных семян и сохранения сортовых признаков фасоли овощной следует вести семеноводство в зоне умеренного климата, сочетающей низкий уровень дифференцирующей способности среды с параметрами ее высокой продуктивности и типичности; семеноводство культур с длительным периодом вегетации, как майорана садового, необходимо разместить в сухих субтропиках – высокопродуктивной среде с растянутым периодом вегетации с сухой и жаркой погодой, чеснока озимого – в степной зоне, высокотипичной и продуктивной.

2. Для экспресс-анализа сортовой принадлежности фасоли овощной можно успешно применять биохимические методы сортовой идентификации, в частности, электрофорез запасных белков, однако наибольшая точность достигается в сочетании с грунтовым контролем.

3. Контрольно-семенным лабораториям, семеноводческим хозяйствам, селекционерам и держателям коллекции семян предлагается информативный инструментальный метод рентгенографии семян, отличающийся от стандартных методов быстротой и легкостью исполнения, а также сохранностью анализируемой пробы семян, что очень важно при работе с малыми партиями семян.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

Монографии:

1. Мусаев, Ф.Б. Селекция и семеноводство фасоли овощной / Ф.Б. Мусаев, В.В. Скорина, Вит. В. Скорина, Р.М. Пугачев// - Горки : БГСХА, 2015. – 197 с.
2. Мусаев, Ф.Б. Рентгенография семян овощных культур /Ф. Б. Мусаев, Н.Н. Потрахов, М.В. Архипов // - СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. - 207 с.
3. Мусаев, Ф.Б. Краткий атлас рентгенографических признаков семян овощных культур/ Ф.Б. Мусаев, Н.Н. Потрахов, С.Л. Белецкий //- М.: Изд-во ФГБНУ ФНЦО, 2017.- 40 с.
4. Musaev, F. B. A brief atlas of radiographic signs of vegetable seeds / F. B. Musaev, S. L. Beletskyi, N. N. Potrakhov // Moscow: Publishing house «DeLi plus», 2018. – 52 p.

Методические пособия:

5. Мусаев, Ф.Б. Методические указания по экологической селекции томата / В.Ф. Пивоваров, М.Х. Арамов, Е.Г. Добруцкая, В.Я. Кравчук, Д.Н. Наджиев, Л.К. Гуркина, Ф.Б. Мусаев // – М.,1994.- 20 с.
6. Мусаев, Ф.Б. Методические рекомендации по экологической селекции и адаптивному семеноводству майорана однолетнего / Л.В. Кривенков, Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев, М.И. Федорова, В.В. Скорина, М.Х. Арамов // - М., 2002.- 22 с.
7. Мусаев, Ф.Б. Методические указания по использованию экологических методов в селекции овощных культур на устойчивость к накоплению тяжелых металлов в товарной части урожая / В.Ф. Пивоваров, Е.Г. Добруцкая, М.С. Бунин, А.В. Солдатенко, Л.В. Кривенков, С.М. Сычев, О.В. Ушакова, В.А. Ушаков, Ф.Б. Мусаев, Т.С. Науменко, С.М. Ляпунов, А.В. Горбунов, А.И. Ивлиев, В.К. Гинс, М.С. Гинс, А.Е. Сапрыкин //- М., 2005.- 18 с.
8. Мусаев, Ф.Б. Рентгенографический анализ качества семян овощных культур / Ф.Б. Мусаев, М.С. Антошкина, М.В. Архипов, Л.П. Великанов и др. //: методические указания. –М.-СПб., 2015. - 42 с.

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

9. Мусаев, Ф.Б. Применение рентгенографического метода в семеноведении овощных культур / Ф.Б. Мусаев, О.В. Курбакова, Е.Л. Курбаков, М.В. Архипов, Л.П. Великанов, Н.Н. Потрахов //- Гавриш.- 2011. - №1.- С. 44-46.
10. Мусаев, Ф.Б. Адаптивное семеноводство – современный подход /Мусаев Ф.Б. // Овощи России. – 2011. - №1. - С. 44-45.
11. Мусаев, Ф.Б. Адаптивность сортов озимого чеснока селекции ВНИИССОК / В.Ф. Пивоваров, В.П. Никульшин, Ф.Б. Мусаев, В.В. Скорина // Вестник РАСХН. - 2012. - № 3. - С. 40-41.
12. Мусаев, Ф.Б. Определение влияния условий среды на биотипный состав фасоли овощной методом электрофореза запасных белков / В.Ф. Пивоваров, Ф.Б. Мусаев, О.В. Макаркина, В.В. Скорина В.В., Н.Г. Казыдуб, Н.В. Коцарева // Плодоводство и ягодоводство России: сб. науч. работ. ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемии. - М.,2012. - Т. XXXIV, ч. 2. - С. 129-138.
13. Мусаев, Ф.Б. Элементы адаптивного семеноводства фасоли овощной / Р.В. Кравченко, Ф.Б. Мусаев, В.В. Скорина, А.А. Литовкин, О.В. Паркина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - Краснодар, 2012. - С. 443-454.

14. Мусаев, Ф.Б. Результаты государственного испытания и новые сорта чеснока озимого / В.В. Скорина, В.П. Никульшин, Ф.Б. Мусаев // Овощи России. - 2012. - №1. - С. 44-47.

15. Мусаев, Ф.Б. Рентгенографический анализ качества семян овощных культур / Ф.Б. Мусаев, О.А. Прозорова, М.В. Архипов, Л.П. Великанов, Е.Н. Потрахов, В.Б. Бессонов // Овощи России. – 2012. - №4. - С.43-47.

16. Мусаев, Ф.Б. Оценка среды природных зон как фона для отбора на адаптивность и размножение семян фасоли / Ф.Б. Мусаев, Е.Г. Добруцкая, Н.Г. Казыдуб, Вит.В. Скорина // Овощи России. – 2013. - №1 - С. 41-45.

17. Мусаев, Ф.Б. Рентгенографический анализ качества семян овощных культур: возможности и перспективы / Ф.Б. Мусаев // Картофель и овощи. – 2014. - №4. - С. 32-33.

18. Мусаев, Ф.Б. Анализ качества семян овощных культур методом рентгенографии / Ф.Б. Мусаев, М.В. Архипов, Н.Н. Потрахов // Известия ТСХА. – 2014. - №4. - С. 18-27.

19. Мусаев, Ф.Б. Качество семян фасоли овощной в контрастных природных условиях репродукции / Ф.Б. Мусаев, Е.Г. Добруцкая, О.В. Верба, Вит. В. Скорина // Овощи России. – 2014. - №2. –С. 32-36.

20. Мусаев, Ф.Б. Рентгенографический метод в определении разнокачественности семян зеленных овощных культур / Ф.Б. Мусаев, В.А. Харченко, Ю.П. Шевченко, Н.Н. Потрахов,В.Б. Бессонов // Овощи России. – 2015. - №3. - С. 44-47.

21. Мусаев, Ф.Б. Применение микрофокусной рентгенографии для анализа качества семян овощных растений / Ф.Б. Мусаев, Н.Н. Потрахов, Е.Н. Потрахов, В.Б. Бессонов, К.К. Жамова, М.В. Архипов, Л.П. Великанов // Биотехносфера. – 2015. - №2. - С. 25-27.

22. Мусаев, Ф.Б. Мягколучевая рентгеноскопия – эффективный способ выявления пустосемянности овощных зонтичных культур / А.Ф. Бухаров, Д.Н. Балеев, Ф.Б. Мусаев // Пермский аграрный вестник. – 2015. - №1. - С. 6-11.

23. Мусаев, Ф.Б. Рентгенография скрытой заселенности и поврежденности семян овощных культур насекомыми / Ф.Б. Мусаев, А.Ф. Бухаров, Д.Н. Балеев, В.А. Ушаков // Защита растений. – 2015. - №12. - С. 33-34.

24. Мусаев, Ф.Б. Опыт рентгенографического определения скрытой заселенности и поврежденности семян овощных культур насекомыми / Ф.Б. Мусаев, А.Ф. Бухаров, Д.Н. Балеев, В.А. Ушаков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. - № 12 (134). - С. 45-48.

25. Мусаев, Ф.Б. Рентгенография – эффективный метод диагностики дефектов семян тыквы / Ф.Б. Мусаев, Д.Н. Балеев, А.Ф. Бухаров, А.Р. Бухарова // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2015. - № 19 (24). - С. 10-14.

26. Мусаев, Ф.Б. Диагностика дефектов семян кабачка и патиссона методом рентгеноскопии / Ф.Б. Мусаев, Д.Н. Балеев, А.Ф. Бухаров // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2016. - № 3 (137). - С. 26-30.

27. Мусаев, Ф.Б. Разнокачественность семян овощных культур и информативный метод анализа их качества / В.Ф. Пивоваров, Ф.Б. Мусаев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. - №2 (59). - С. 297-302.

28. Мусаев, Ф.Б. Анализ качества семян лука репчатого методом микрофокусной рентгенографии / Ф.Б. Мусаев, А.Ф. Бухаров // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. - 2016. - № 2 (33). - С. 62-69.

29. Мусаев, Ф.Б. Выявление и идентификация дефектов семян тыквенных культур методом рентгенографии / Ф.Б. Мусаев, А.Ф. Бухаров // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. - 2016. - № 4 (35). - С. 54-63.

30. Мусаев, Ф.Б. Определение внутреннего (скрытого) прорастания семян методом микрофокусной рентгенографии / Ф.Б. Мусаев, А.Ф. Бухаров, Н.Н. Потрахов // Картофель и овощи. - 2016. - №10. - С. 28-29.

31. Мусаев, Ф.Б. Рентгеноскопия семян огурца (Cucumis sativus L.): идентификация дефектов / Ф.Б. Мусаев, А.Ф. Бухаров // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2016. - № 11 (145). - С. 10-15.

32. Мусаев, Ф.Б. Итоги совместной селекции ВНИИССОК-БГСХА (День поля в Беларуси) / О.Н. Пышная, Ф.Б. Мусаев, В.В. Скорина // Овощи России. – 2016. - №4. - С. 46-49.

33. Мусаев, Ф.Б. Длительное хранение семян в условиях вечной мерзлоты Арктики – история эксперимента и новые задачи / В.Ф. Пивоваров, С.Е. Уланин, С.Л. Белецкий, Ф.Б. Мусаев, М.М. Тареева // Овощи России. – 2016. - №4. - С. 76-79.

34. Мусаев, Ф.Б. Рентгенографический метод в определении качества семян капустных культур / Ф.Б. Мусаев, Л.Л. Бондарева, М.С. Антошкина // Известия ТСХА. - 2017. -№ 1. - С. 41-55.

35. Мусаев, Ф.Б. Рентгенсепаратор - дальнейший шаг в развитии технологии оптической сепарации / Н.Н. Потрахов, С.Л. Белецкий, Ф.Б. Мусаев // Овощи России. - 2017. - № 2 (35). - С. 40-42.

36. Мусаев, Ф.Б. Современный инструментальный метод контроля качества семян корнеплодных овощных культур / Ф.Б. Мусаев, А.Ф. Бухаров, Е.Г. Козарь, С.Л. Белецкий // Овощи России. - 2017. - №4. - С. 73-77.

37. Мусаев, Ф.Б. Эколого-географическая направленность семеноводства овощных культур / В.Ф. Пивоваров, Ф.Б. Мусаев // Труды Кубанского государственного аграрного университета . - 2017. - №67. - С. 185-189.

38. Мусаев, Ф.Б. Повысить конкурентоспособность отечественных сортов, оборот семян и посадочного материала на внутреннем и внешнем рынках / Ф.Б. Мусаев // Овощи России. - 2018. - № 1. - С. 59-60.

39. Мусаев, Ф.Б. Долговечность семян: структурные изменения при хранении, способы определения / Ф.Б. Мусаев, А.В. Солдатенко, С.Л. Белецкий // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2018. - №2. - С. 9-13.

40. Мусаев, Ф.Б. Цифровая морфометрия разнокачественности семян овощных культур / Ф.Б. Мусаев, Н.С. Прияткин, М.В. Архипов, П.А. Щукина, А.Ф. Бухаров, М.И. Иванова // Картофель и овощи. - 2018. - №6. - С. 35-37.

41. Мусаев, Ф.Б. Алгоритмы автоматического цифрового анализа качества семян овощных культур / Ф.Б. Мусаев, М.С. Антошкина, А.В. Солдатенко, С.Л. Белецкий, Н.Н. Потрахов // Овощи России. - 2018. - № 3. - С. 86-88.

Публикации в других изданиях

42. Мусаев, Ф.Б. Подбор и создание исходных форм томата с высокой адаптивной способностью для условий открытого грунта/ Ф.Б. Мусаев //: автореферат на соиск. уч. степени канд. с.-х. наук. –М., 1994. - 24 с.

43. Мусаев, Ф.Б. Экологический гетерозис томата. // Научные труды по селекции и семеноводству. В.Ф. Пивоваров, Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев // ВНИИССОК. - М.,1995. - Т.1. - С. 216-224.

44. Мусаев, Ф.Б. Информативность среды как селекционного фона при оценке томата на адаптивность/ Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев, Д.Н. Наджиев // Селекция овощных культур: сб. науч. тр./ ВНИИССОК. - М., 1998. - Вып.35. - С.41-59.

45. Мусаев, Ф.Б. Экологическая изменчивость майорана однолетнего/ Л.В. Кривенков, Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев // Доклады ТСХА. – М.,2000. - Вып. 272. - С. 47-51.

46. Мусаев, Ф.Б. Параметры среды как фона для отбора в селекции томата на стабилизацию урожайности/ Ф.Б. Мусаев, В.Ф. Пивоваров // Международная научно-практическая конференция «Селекция и семеноводство овощных культур в XXI веке». / ВНИИССОК. – М.,2000. - Т. 2.- С. 103-105.

47. Мусаев, Ф.Б. Некоторые вопросы биологии цветения майорана однолетнего (Majorana hortensis)/ Л.В. Кривенков, Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев, В.В. Скорина // Материалы III Международной научно-практической конференции "Интродукция нетрадиционных и редких с.-х. растений". - Пенза, 2000. -Т.1. - С. 159-160.

48. Мусаев, Ф.Б. Экологическая изменчивость корреляций между количественными признаками майорана однолетнего / Е.Г. Добруцкая, Л.В. Кривенков, Ф.Б. Мусаев // Доклады ТСХА.- М., 2001. – Вып.273,ч. 2. – С.187-191.

49. Мусаев, Ф.Б. Характеристика сортообразцов томата по параметрам стабильности и адаптивности/ Ф.Б. Мусаев Ф.Б., Е.Г. Добруцкая, А.В. Кильчевский, М.Х. Арамов // Доклады ТСХА. - 2002.– Вып.274. – С. 426-429.

50. Мусаев, Ф.Б. Среда запада Московской области (ВНИИССОК) как фон для семеноводства капусты белокочанной / Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев, В.М. Кононыхина, Ю.Н. Кораблев // Овощеводство: состояние, проблемы, перспективы. / ВНИИО. – М., 2002. - Т. 2. - С. 71-74.

51. Мусаев, Ф.Б. Исходный материал в селекции майорана однолетнего на высокое качество продукции / Л.В. Кривенков, Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев // V Международный симпозиум “Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования”. - Пущино, 2003. – Т. 1. – С. 267-269.

52. Мусаев, Ф.Б. Адаптивное семеноводство овощных культур/ В.Ф. Пивоваров, Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев // Интенсивное овощеводство: материалы Международной научно-практической конференции / БГСХА. - Горки, 2003. - С. 59-61.

53. Мусаев, Ф.Б. Селекция овощной фасоли на адаптивность в условиях Подмосковья/ Н.С. Цыганок, М.П. Мирошникова, Ф.Б. Мусаев // Селекция и семеноводство овощных культур: сб. науч. тр. / ВНИИССОК. – М.,2003.- Вып.39 – С.116-121.

54. Мусаев, Ф.Б. Эколого-географическая оценка сортов фасоли по продуктивности и экологической стабильности/ В.В. Скорина, Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев // Вестник БГСХА. - 2004. - № 3 - С. 41-46.

55. Мусаев, Ф.Б. Экологическая селекция пряновкусовых овощных культур/ В.Ф. Пивоваров, Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев, Л.В. Кривенков, М.Х. Арамов, В.В. Скори-

на // V Международная научно-практическая конференция “Интродукция нетрадиционных и редких растений”. - П. Персиановский, 2004. - Т. 1. - С. 124-127.

56. Мусаев, Ф.Б. Экологическая селекция озимого чеснока/ В.Ф. Пивоваров, В.В. Скорина, В.П. Никульшин, Ф.Б. Мусаев // V Международная научно-практическая конференция “Интродукция нетрадиционных и редких растений”. - П. Персиановский, 2004. - Т. 1. - С. 129-130.

57. Мусаев, Ф.Б. Пригодность среды сухих субтропиков Ставропольского края для семеноводства и селекции фасоли/ Е.Г. Добруцкая, М.П. Мирошникова, Ф.Б. Мусаев, Е.Е. Решетников, М.Х. Арамов, А.А. Литовкин, В.В. Скорина // Селекция и семеноводство: сб. науч. тр. (к 30-летию со дня основания СКОС) / ВНИИССОК, СКОС. – М. 2004. - С. 45-49.

58. Мусаев, Ф.Б. Оценка различных экологических сред как фонов для отбора в селекции и семеноводстве майорана однолетнего/ Л.В. Кривенков, Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев // VI научно-практическая конференция «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». - Пущино, 2005. - Т. 3. – С. 121-123.

59. Мусаев, Ф.Б. Специфика адаптивных свойств сортов фасоли овощной/ Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев, М.П. Мирошникова, Е.Е. Решетников, М.Х. Арамов, А.А. Литовкин, В.В. Скорина // VI Международная научно-практическая конференция «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». - Пущино, 2005. – Т. 3. – С. 79-82.

60. Мусаев, Ф.Б. Комплексная оценка параметров адаптивности генотипов и сред испытания как фона для селекции и семеноводства/ В.В. Скорина, Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев// Вестник БГСХА. - 2006. - № 2. - С. 61-64.

61. Мусаев, Ф.Б. Роль условий среды в семеноводстве фасоли/ Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев, Е.Е. Решетников// Сборник научных трудов по овощеводству и бахчеводству (к 75-летию ВНИИО) / ВНИИО. - М., 2006. – Т.1.Селекция и семеноводство. - С. 141-144.

62. Мусаев, Ф.Б. Оценка сортовой изменчивости фасоли методом электрофоретического анализа белков/ Н.Н. Петрова, Т.В. Кардис, В.М. Вайлупов, Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев, Е.Е. Решетников // Инновационные технологии в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных культур: материалы Международной научно-практической конференции / ВНИИССОК. - М. 2006. - Т. 1. - С. 198-204.

63. Мусаев, Ф.Б. Изменчивость количественных признаков фасоли/ Ф.Б. Мусаев, М.П. Мирошникова, Е.Е. Решетников // Доклады ТСХА.- М., 2007. - Вып. 279, ч.1. - С. 472-476.

64. Мусаев, Ф.Б. Влияние природных экологических фонов на формирование высококачественных семян фасоли/ В.В. Скорина, Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев. // Вестник БГСХА. - 2007. - № 1. - С. 70-75.

65. Мусаев, Ф.Б. Метод электрофоретического анализа запасных белков для оценки сортовой изменчивости фасоли / Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев, Н.Н. Петрова, Т.В. Кардис // Международная научно - практическая конференция. – Ташкент; Термез, 2007. - С. 28-34.

66. Мусаев, Ф.Б. Экологическая селекция пряно-вкусовых овощных культур/Ф.Б. Мусаев, Л.В. Кривенков, М.Х. Арамов // Международная научно - практическая конференция.- Ташкент-Термез, 2007. - С. 52-54.

67. Мусаев, Ф.Б. Экологическая селекция пряно-вкусовых овощных культур / Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев, Л.В. Кривенков, М.Х. Арамов, В.В. Скорина // VII Международная научно-практическая конференция «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». - Пущино, 2007. - Т. 2. – С. 87-90.

68. Мусаев, Ф.Б. Метод электрофоретического анализа запасных белков для оценки сортовой изменчивости фасоли / Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев, В.В. Скорина, Н.Н. Петрова, Т.В. Кардис // Вестник БГСХА. - 2007. - № 4. - С. 50-54.

69. Мусаев, Ф.Б. Адаптивность перспективных сортов фасоли селекции ВНИИССОК / Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев, М.П. Мирошникова // Овощи России. – 2008. - № 1-2. - С. 72-74.

70. Мусаев, Ф.Б. Экологические аспекты селекции и семеноводства овощных культур / В.Ф. Пивоваров, Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев, В.В. Скорина // Вестник Полесского государственного университета. – 2009. - №1. - С. 31-36.

71. Мусаев, Ф.Б. Новые сорта фасоли овощной / Ф.Б. Мусаев, М.П. Мирошникова, В.В. Скорина, Н.С. Цыганок // Овощи России. - 2009.- №4. - С. 48-49.

72. Мусаев, Ф.Б. Пригодность среды пункта ВНИИССОК для селекции и семеноводства фасоли овощной/ Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев, М.П. Мирошникова // Селекция и семеноводство овощных культур: сб. науч. тр. / ВНИИССОК. – М.,2009. – Вып. 43. – С. 65-68.

73. Мусаев, Ф.Б. Экологическая селекция майорана садового / Ф.Б. Мусаев, Л.В. Кривенков, В.В. Скорина // Материалы VIII Международного симпозиума «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». - М., 2009. – Т.1. – С. 357-359.

74. Мусаев, Ф.Б. Сорта фасоли овощной для условий Беларуси / В.В. Скорина, Ф.Б. Мусаев, Вит.В. Скорина// Современные тенденции в селекции и семеноводстве овощных культур. Традиции и перспективы. / ВНИИССОК. - М., 2010.- Т. 2.- С. 510-515.

75. Мусаев, Ф.Б. Оценка образцов фасоли овощной селекции ВНИИССОК и СибНИИРС по продуктивности и симбиотической активности в условиях Западной Сибири / О.В. Паркина, Ф.Б. Мусаев, Е.П. Пронина // Современные тенденции в селекции и семеноводстве овощных культур. Традиции и перспективы. / ВНИИССОК. - М., 2010. – Т. 2. - С. 450-456.

76. Мусаев, Ф.Б. Новые сорта фасоли овощной – результат экологической селекции/ Ф.Б. Мусаев, В.В. Скорина // Доклады ТСХА. – М., 2010. – Вып.272. - С. 636-639.

77. Мусаев, Ф.Б. Повышение качества продукции фасоли овощной/Ф.Б. Мусаев // Материалы научно-методической конференции «Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции овощных, плодово-ягодных и лекарственных растений». / ВНИИССОК. – М., 2011. – С.268-271.

78. Мусаев, Ф.Б. Результаты испытания сортов фасоли овощной в условиях Беларуси/ Р.М. Пугачев, Вит.В. Скорина, Ф.Б. Мусаев // Селекция и семеноводство овощных культур: сб. науч. тр. / ВНИИССОК. - М., 2011. – Вып.44. - С. 115-119.

79. Мусаев, Ф.Б. Влияние эколого-географического фактора на параметры адаптивности и сортовые свойства семян фасоли овощной / Ф.Б. Мусаев, О.В. Макаркина, В.В. Скорина, Вит. В. Скорина, Н.Г. Казыдуб, Н.В. Коцарева // Современные тенденции в селекции и семеноводстве овощных культур: материалы

докладов и сообщений III международной научно-практической конференции, посвященной к 125-летию Н.И. Вавилова. / ВНИИССОК. - М., 2012. - С. 385-396.

80. Мусаев, Ф.Б. Использование экологических методов в селекции растений / В.В. Скорина, Ф.Б. Мусаев // Материалы X Международной научно-методической конференции, посвященной памяти академика РАСХН Немцева Н.С. - Ульяновск, 2012.- Т.2. С. 205-209.

81. Мусаев, Ф.Б. Использование электрофоретического анализа для оценки полиморфизма популяций фасоли овощной / Ф.Б. Мусаев, В.В. Скорина, Р.В. Кравченко, А.А. Литовкин, О.В. Паркина // Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте 2012: сб. науч. тр. Sworld по материалам междунар. науч.-практ. конф. – Том 33, вып. 2. – Одесса, 2012. - С. 80 – 83.

82. Мусаев, Ф.Б. Перспективные сорта озимого чеснока российской и белорусской селекции/ Ф.Б. Мусаев, В.В. Скорина//Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: материалы X Международного симпозиума. - Пущино, 2013. - Т. 2. - С. 94-99.

83. Мусаев, Ф.Б. Биохимический состав озимого чеснока селекции ВНИИССОК / Ф.Б. Мусаев, В.К. Гинс // Материалы X Международного симпозиума «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». - Пущино, 2013. - Т. 1. - С. 233-236.

84. Musayev, F.B. Non-distractive X-ray diffraction method for stadying seed anatomy in relation to seed heterogeneity/F.B. Musayev, M.V. Arkhipov, L.P. Velikanov, D.V. Sokolova, V.B. Bessonov // Procedding of the International conference “Functional plant anatomy”/ Lomonosov Moscow State University. - M., 2013. - P. 115-121.

85. Мусаев, Ф.Б. Определение степени полиморфности фасоли овощной с использованием электрофоретического анализа/ Вит. В. Скорина, С.В. Егоров, Ф.Б. Мусаев//Земледелие и защита растений. - 2013. - №6. - С. 23-27.

86. Мусаев, Ф.Б. Влияние эколого-географического фактора на продуктивность и качество семян фасоли овощной/ Вит. В. Скорина, Р.М. Пугачев, Ф.Б. Мусаев, В.В. Скорина // Овощеводство: сб. науч. тр. / Ин-т овощеводства НАН Беларуси. – Мн., 2013. –Т. 21. – 243-250.

87. Мусаев, Ф.Б. Среда как фон для отбора в селекции овощных культур/ В.В. Скорина, Ф.Б. Мусаев // Селекция и семеноводство овощных культур: сб. науч. тр./ ВНИИССОК. – М.,2014. - Вып. 45. - С. 485-495.

88. Мусаев, Ф.Б. Качественная оценка чеснока озимого селекции ВНИИССОК/ Ф.Б. Мусаев, В.К. Гинс, В.В. Скорина // Материалы XI международной научно-методической конференции «Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия культурных растений». – Махачкала, 2014. – Ч. 1. - С. 146-148.

89. Мусаев, Ф.Б. Рентгенографический анализ качества семян овощных культур семейства Apiaceae L. / Ф.Б. Мусаев, А.Ф. Бухаров, Н.Н. Потрахов // Экологические проблемы современного овощеводства и качества овощной продукции: сб. науч. тр. ФГБНУ ВНИИО. - М., 2014. - Вып.1. - С. 357-364.

90. Мусаев, Ф.Б. Рентгеноскопия – эффективный способ выявления пустоцветности овощных зонтичных культур / А.Ф. Бухаров, Д.Н. Балеев, Ф.Б. Мусаев // Овощеводство: сб. науч. тр. – Мн. 2014. - Вып.22.- С. 26-31.

91. Musaev, F. B. Assessment of seed heterogeneity in vegetable plants by x-ray diffraction/F. B. Musaev// Genetics and Plant Physiology. – 2014. - Volume 4 (1–2). - P. 101–109.

92. Мусаев, Ф.Б. Сорта лука и чеснока белорусско-российской селекции/ В.В. Скорина, Ф.Б. Мусаев // Материалы XI Международного научно-методического симпозиума «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». - Пущино, 2015. - С. 377-380.

93. Мусаев, Ф.Б. Результаты многолетней совместной работы Всероссийского НИИ селекции и семеноводства овощных культур и Белорусской государственной с.-х. академии по селекции овощных культур/ В.В. Скорина, Ф.Б. Мусаев, Вит. В. Скорина // Селекция и семеноводство овощных культур: сб. науч. тр. / ВНИИССОК.-М.; Изд-во ВНИИССОК, 2015. - Вып.46. - С. 521-531.

94. Мусаев, Ф.Б. Исследование скрытой заселенности семян овощных бобовых культур насекомыми с помощью рентгенографии / Ф.Б. Мусаев, Д.Н. Балеев, А.Ф. Бухаров // Научное обеспечение отрасли овощеводства России в современных условиях: сб. науч. тр. / ФГБНУ ВНИИО. - М.: ФГБНУ ВНИИО, 2015. - С. 320-324.

95. Musaev, F.B. Influence of an ekologo-geographical factor on quality of bean seeds (Phaseolus vulgaris L.) / F. B.Musaev, V. V.Skorina, Vit. V.Skorina, R. M.Pugachev // 70th anniversary Agricultural University – jubilee scientific conference: traditions and challenges facing agricultural education, science and business. - Plovdiv, Bulgaria. – 2015. - P. 11-16.

96. Мусаев, Ф.Б. Анализ качества семян пряно-вкусовых овощных культур семейства Яснотковые – Lamiáceae методом рентгенографии / Ф.Б. Мусаев, М.С. Антошкина, Н.Н. Потрахов // Материалы XII Международной конференции «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». - Ялта, 2016. - С. 339-343.

97. Мусаев, Ф.Б. Рентгенографический метод в определении качества семян капустных культур/ Ф.Б. Мусаев, Л.Л. Бондарева // Материалы Международной научно-практической конференции «Состояние и перспективы селекции и семеноводства капустных культур». - М., 2016. - С. 41-42.

100. Мусаев, Ф.Б. Рентгенография семян овощных культур - эффективный метод анализа их качества/ Ф.Б. Мусаев, М.В. Архипов, Н.Н. Потрахов // Доклады ТСХА. - М., РГАУ-МСХА, 2016. - Вып. 288. - Т. 1. - С. 477-481.

101. Мусаев, Ф.Б. Анализ качества семян тыквы крупноплодной методом мягколучевой микрофокусной рентгенографии/ Ф.Б. Мусаев, А.Ф. Бухаров // Селекция, семеноводство и сортовая агротехника овощных, бахчевых и цветочных культур: сб. науч. тр. - / ФГБНУ ВНИИО. – М.,2016. – С.219-222.

102. Мусаев, Ф.Б. Экологические аспекты семеноводства овощных культур в современных условиях/ В.Ф. Пивоваров, Ф.Б. Мусаев //Экологические проблемы региона и пути их решения: материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, проводимой в рамках Сибирского экологического форума «Эко-ВООМ» (13 –15 октября 2016 г.). – Омск: ЛИТЕРА, 2016.- С. 256-260.

103. Мусаев, Ф.Б. Семена как носители генетической информации, средства размножения растений и основа питания человека/ Ф.Б. Мусаев // Материалы III Международной конференции «Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции овощных, плодово-ягодных и лекарственных растений». - М., 2017. - С. 232-236.

104. Мусаев, Ф.Б. Метод микрофокусной рентгенографии для анализа качества семян овощных культур/ Ф.Б. Мусаев, М.В. Архипов, Н.С. Прияткин, Н.Е. Староверов, Н.Н. Потрахов // Материалы Международной научной конференции, посвященной 85-летию Агрофизического НИИ «Тенденции развития агрофизики: от актуальных

проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего». – СПб., 2017. - С. 336-340.

105. Мусаев, Ф.Б. Микрофокусная рентгенография для контроля качества семян овощных культур / Ф.Б. Мусаев, М.С. Антошкина, Н.Н. Потрахов // Международная научно-практическая конференция: «Роль и значение отрасли плодоовощеводства и виноградарства в обеспечении продовольственной безопасности в Узбекистане». - Ташкент, 2017. - С. 202-205.

106. Мусаев, Ф.Б. Семеноводство овощных культур в современных условиях/ В.Ф. Пивоваров, Ф.Б. Мусаев, С.Л. Белецкий // Сборник трудов ФГБУ НИИПХ Росрезерва. - М. 2017. - №8. - С. 282-289.

107. Mousaev, F.B. Ecological assessment of daptive capacity and environment during the cultivation of fruit crops / V.V. Scorina, F.B. Mousaev, Vit.V. Scorina // Екологично инженерство и опазване на околната среда. -Пловдив, 2017. - № 4. - P. 60-69.

108. Мусаев, Ф.Б. Направление селекционной работы по фасоли овощной / В.В. Скорина, Ф.Б. Мусаев // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: материалы XIII Международной конференции. Сочи, 4-8 июня 2018 г. - М.: РУДН, 2018. - С. 447-454.

109. Мусаев, Ф.Б. Автоматизация рентгенографического метода анализа качества семян овощных культур / Ф.Б. Мусаев, С.Л. Белецкий, Н.Н. Потрахов, А.Г. Желудков // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: мат. XIII Международной конференции. Сочи, 4-8 июня 2018 г. - М.: РУДН, 2018. - С. 428-430.

110. Мусаев, Ф.Б. Экономическая эффективность применения инновационного метода рентгенанализа качества семян / Ф.Б. Мусаев, С.Л. Белецкий // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд: науч. сб. Вып. IX / ФГБУ НИИПХ Росрезерва ; под общ. ред. С. Е. Уланина. − М.: Галлея-Принт, 2018. – С.119-126.

Тезисы докладов:

111. Мусаев, Ф.Б. Индуцирование гетерозисного эффекта у томата за счет эколого-географического фактора / Е.Г. Добруцкая, В.Ф. Пивоваров, Ф.Б. Мусаев, В.Я. Кравчук // Тезисы докладов и сообщений Международной научной конференции, посвященной 150-летию со дня рождения М.В. Рытова. / Белоруссия. - Горки, 1996. - С. 70-71.

112. Мусаев, Ф.Б. Повышение гибридной мощности у гетерозисных гибридов F1 томата за счет экологической разнокачествености семян родительских форм/ В.Ф. Пивоваров, Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев // Гетерозис сельскохозяйственных растений. Международный симпозиум: материалы докладов, сообщений. / ВНИИССОК. – М., 1997. - С. 134-136.

113. Мусаев, Ф.Б. Проявление свойств адаптивности в гибридных поколениях томата/ Ф.Б. Мусаев// Тезисы докладов и сообщений Международной научной конференции. / Белоруссия. - Горки, 1997.

114. Мусаев, Ф.Б. Экологическая селекция овощных культур/ Ф.Б. Мусаев //Тезисы докладов научной конференции "Современные проблемы АПК на юге-западе России".- Кокино, 1998. - С. 85.

115. Мусаев, Ф.Б. Эфирные масла майорана однолетнего в условиях Подмосковья/ Л.В. Кривенков, Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев // VI-я Пущинская школа-конференция молодых ученых “Биология -21 века». – М., 2002.

116. Мусаев, Ф.Б. Адаптивное семеноводство овощных культур/ В.Ф. Пивоваров, Е.Г. Добруцкая, Ф.Б. Мусаев// Тезисы докладов школы молодых ученых "Экологическая генетика культурных растений". - Краснодар, 2003. - С. 59-61.

117. Мусаев, Ф.Б. Рентгенографический метод в определении качества семян овощных культур/ Ф.Б. Мусаев, М.В. Архипов, Л.П. Великанов // Международная научная конференция “Генетика и биотехнология на рубеже тысячелетий”. (25-29 октября 2010 г.) – Мн.,2010. - С. 62.

118. Musaev, F.B. Seeds heterogeneity assessment of vegetable plants by x-ray diffraction / F.B. Musaev, L.P. Velikanov // Scientific Conference Plant Physiology and Genetics. Achievements and Challenges. - Sofia, Bulgaria. - Book of abstracts, 2014. - P. 27.

119. Мусаев, Ф.Б. Метод микрофокусной рентгенографии семян в селекции столовой свеклы/ Ф.Б. Мусаев, Д.В. Соколова//II Международная научная конференция «Генетика и биотехнология XXI века: проблемы, достижения, перспективы». (13–16 октября 2015 г.) – Мн., 2015. - С. 107.

120. Мусаев, Ф.Б. Рентгенография семян — информативный биофизический метод контроля их качества / Ф.Б. Мусаев, М.В. Архипов // Тезисы докладов II российской конференции с международным участием «Физика — наука о жизни». - СПб.: ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 2017. - С.91.

Свидетельство РФ

Программа для автоматического контроля выполненности семян овощных культур «СортСемКонтроль-1,0»: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018616484 (РФ) / Белецкий С.Л., Мусаев Ф.Б., Желудков А.Г., Антошкина М.С., Потрахов Н.Н.; правообладатель СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (RU) – заявка №2018613760; дата поступления 16.04.2018; дата регистрации 01.06.2018.

Авторские свидетельства и Свидетельства селекционера

1. Авторское свидетельство № 39017 РФ Сорт чеснока озимого Зубрёнок. / Никульшин В.П., Пивоваров В.Ф., Скорина В.В., Мусаев Ф.Б.; заявитель – ГНУ ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур. - выдано 16.01.2003. – заявка №9705545. – дата приоритета 09.12.2002.
2. Авторское свидетельство№40191 РФ Сорт майорана садового ТерМос. / Добруцкая Е.Г., Кривенков Л.В., Мусаев Ф.Б., Бурение В.И., Скорина В.В.; заявитель – ГНУ ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур. – выдано 16.01.2004. – заявка №9610043. - дата приоритета 29.10.2003.
3. Авторское свидетельство №40193 РФ Сорт артишока Красавец. / Пивоваров В. Ф., Добруцкая Е. Г., Мусаев Ф.Б., Кривенков Л. В., Арамов М. Х.; заявитель – ГНУ ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур. - выдано 16.01.2004.- заявка №9610044.- дата приоритета 29.10.2003.
4. Свидетельство селекционера №0002395 РБ от 15.01.2007. Сорт майорана садового Малахит. /Скорина В. В., Мусаев Ф.Б., Добруцкая Е. Г., Кривенков Л.В.; заявитель – ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур (РФ), Белорусская ГСХА. – заявка №2005233.- дата приоритета 14.03.2005.
5. Свидетельство селекционера №0003393 РБ от 24.12.2008 Сорт фасоли овощной Магура. /Добруцкая Е. Г., Мусаев Ф.Б., Скорина В. В., Мирошникова М.П., Цыганок Н.С.; заявитель – ГНУ ВНИИССОК, УО «Белорусская ГСХА», УО «Полесский государственный университет». – заявка №2006308.- дата приоритета 22.02.2006.

6. Свидетельство селекционера №0003389 РБ от 24.12.2008. Сорт лука репчатого Доброгост. / Агафонов А.Ф., Скорина В.В., Логунова В.В., Мусаев Ф.Б.; заявитель – ВНИИССОК, УО «Белорусская ГСХА», УО «Полесский государственный университет». – заявка №2006309.- дата приоритета 22.02.2006.

7. Авторское свидетельство №48055 РФ Сорт фасоли овощной Настена. / Добруцкая Е. Г., Мусаев Ф.Б., Мирошникова М.П., Цыганок Н.С., Котляр И.П.; заявитель – ГНУ ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур. – выдано 12.01.2010 - заявка №9252690.- дата приоритета 22.08.2007.

8. Свидетельство селекционера №0003345 РБ от 29.12.2010. Сорт фасоли овощной Миробела. / Добруцкая Е. Г., Скорина В.В., Мусаев Ф.Б., Мирошникова М.П., Цыганок Н.С., Босак В.Н.; заявитель – ГНУ «ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур» (РФ), УО Белорусская государственная сельскохозяйственная академия». – заявка №2007242.- дата приоритета 15.03.2007.

9. Свидетельство селекционера №0003825 РБ от 29.12.2010. Сорт чеснока озимого Беловежский. / Берговина И.Г., Босак В.Н., Мусаев, Ф.Б., Никульшин В.П., Пивоваров В.Ф., Скорина В.В.; заявитель – ГНУ ВНИИССОК (РФ), УО «Белорусская ГСХА» - заявка №2008041- дата приоритета 09.10.2007.

10. Свидетельство селекционера №0003834 РБ от 29.12.2010. Сорт чеснока озимого Союз. / Берговина И.Г., Мусаев Ф.Б., Никульшина Л.Я., Никульшин В.П., Пивоваров В.Ф., Скорина В.В.; заявитель – ГНУ «ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур» (РФ), УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия». – заявка №2008040.- дата приоритета 09.10.2007.

11. Свидетельство селекционера №0004666 РБ от 29.12.2012. Сорт фасоли овощной Сонечка. / Паркина О.В., Пугачев В.М., Скорина В.В., Скорина Вит. В., Мусаев Ф.Б.; заявитель – УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».- заявка №2012343.- дата приоритета 17.07.2012.

12. Свидетельство селекционера №0004674 РБ от 29.12.2012. Сорт бобов овощных Ратибор. / Греков И.М., Добруцкая Е. Г., Котляр И.П., Мусаев Ф.Б., Пронина Е.П., Скорина В. В., Ушаков В.А.; заявитель – УО «Белорусская ГСХА», ГНУ «ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур» (РФ) – заявка №2010241.- дата приоритета 02.03.2010.

13. Свидетельство селекционера №0005001 РБ от 31.12.2013. Сорт лука репчатого Слутич / Купреенко Н.П., Мусаев Ф.Б., Никульшин В.П., Скорина В.В.; заявитель – РУП «Институт овощеводства» (РБ) – заявка 2013177. – дата приоритета 31.01.2013.

14. Свидетельство селекционера №0005013 РБ от 31.12.2013. Сорт фасоли овощной Бажена. /Антошкин А.А., Добруцкая Е.Г., Котляр И.П., Мирошникова М.П., Мусаев Ф.Б., Пронина Е.П., Пугачев Р.М., Скорина В. В., Скорина Вит. В.; заявитель – УО Белорусская ГСХА», ГНУ «ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур» (РФ). – заявка №2010239. - дата приоритета 02.03.2010.

15. Свидетельство селекционера №0005021 РБ от 31.12.2013. Сорт фасоли овощной Морена / Антошкин А.А., Добруцкая Е.Г., Котляр И.П., Мирошникова М.П., Мусаев Ф.Б., Пронина Е.П., Скорина В. В., Скорина Вит. В.; заявитель – УО «Белорусская ГСХА», ГНУ «ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур» (РФ). – Заявка №2010240. - дата приоритета 02.03.2010.