

*На правах рукописи*

**ГАЙНУЛЛИНА  
КАРИНА ПЕТРОВНА**

**ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА  
ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ГОРОХА (*PISUM SATIVUM* L.)  
В УСЛОВИЯХ ПРЕДУРАЛЬСКОЙ СТЕПИ БАШКОРТОСТАНА**

**Специальность 06. 01. 05. – Селекция и семеноводство  
сельскохозяйственных растений**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук**

**Санкт – Петербург  
2013**

Диссертационная работа выполнена в лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур и лаборатории молекулярно-генетической экспертизы Государственного научного учреждения Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии в 2009-2012 гг.

**Научный руководитель** доктор сельскохозяйственных наук  
**Фирзинат Аглямич Давлетов**  
заведующий лабораторией селекции и семеноводства  
зернобобовых культур  
ГНУ БНИИСХ Россельхозакадемии

**Официальные оппоненты** доктор биологических наук  
**Ирина Николаевна Анисимова**  
ведущий научный сотрудник отдела генетики  
ГНУ ВИР Россельхозакадемии

кандидат сельскохозяйственных наук  
**Светлана Михайловна Сеницына**  
главный специалист Северо-Западного  
регионального научного центра Россельхозакадемии

**Ведущая организация** ГНУ Татарский НИИСХ Россельхозакадемии

**Защита диссертации состоится 18 декабря 2013 г. в 11 часов** на заседании диссертационного совета Д 006.041.01 при ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н.И. Вавилова Россельхозакадемии по адресу: 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 44; факс 812-571-87-28; e-mail: v.gavrilova@vir.nw.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНУ ВИР Россельхозакадемии.

Автореферат разослан и размещен на официальном сайте ВАК Минобрнауки РФ <http://vak.ed.gov.ru> и на сайте ГНУ ВИР Россельхозакадемии 17 ноября 2013 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор биологических наук

Вера Алексеевна  
Гаврилова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Одна из важнейших зернобобовых культур в мире – горох посевной (*Pisum sativum* L.). Российская Федерация занимает второе место в мире по посевным площадям зернового гороха – 1160,2 тыс. га при средней урожайности 1,43 т/га ([www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org)).

Сравнительно низкие урожаи зерна гороха в нашей стране связаны с несовершенством технологий возделывания, отсутствием комплекса уборочных машин. Выращиваемые сорта в производстве еще недостаточно устойчивы к неблагоприятным условиям возделывания, болезням и вредителям, нуждаются в улучшении по целому ряду признаков и свойств. Актуальной задачей селекции на современном этапе является создание новых, высокотехнологичных сортов зернового гороха, наиболее полно реализующих почвенно-климатический потенциал региона и отвечающих требованиям сельскохозяйственного производства (Давлетов Ф.А., 2008).

Ключевую роль в создании новых высокопродуктивных и адаптивных сортов должен играть исходный материал для селекции, источником которого служит коллекция гороха ВИР. Генофонд гороха, сохраняемый в коллекции, отражает мировое разнообразие этой ценной, экономически значимой культуры, поэтому его изучение играет большую роль для развития селекции гороха (Макашева Р.Х., 1979; Соболев Д.В., 2009; Вишнякова М.А., 2012). В настоящее время с развитием молекулярной биологии и генетики появились методы, позволяющие проводить оценку полиморфизма на уровне ДНК. Одним из наиболее современных методов ДНК-анализа является изучение микросателлитных локусов. В геноме гороха посевного было обнаружено большое число микросателлитов, однако распределение их аллелей в генотипах отдельных линий и сортов практически не исследовано (Loridon K. et al., 2005). Типирование с помощью микросателлитных маркеров позволяет создавать базы данных для идентификации и паспортизации сортов и линий гороха, а также для дальнейшего планирования эффективных скрещиваний, в которых выявляется наибольший генетический полиморфизм (Дрибноходова О.П., 2009).

В Республике Башкортостан, в Чишминском селекционном центре по растениеводству селекцией гороха занимаются более 70 лет. Здесь создана целая серия сортов, отвечающих требованиям своего времени. Современная селекция сталкивается с узкой генетической основой исходного материала и необходимостью оценки его генетического разнообразия. Ранее в Республике Башкортостан оценка исходного материала гороха проводилась только по биологическим и агрономическим признакам. Широкое использование в гибридизации получил принцип подбора родительских пар на основе генетической отдаленности сортов, которую определяют по расчетам фенотипической и генотипической вариации и коэффициента наследуемости (Давлетов Ф.А., 1996, 2006). Эта методика крайне трудоемка, поскольку требует оценки структуры урожая у больших выборок образцов. Для выявления генетического разнообразия исходного материала необходимо привлечение качественно новых, в частности, молекулярно-генетических методов, многократно снижающих трудоемкость и время анализа.

**Цель работы** – выявление генетического разнообразия и оценка селекционной ценности образцов зернового гороха из коллекции ВИР для дальнейшего их использования при создании сортов в условиях Предуральской степи Башкортостана.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить фенологию образцов гороха;
2. Изучить важнейшие морфоструктурные признаки, установить их связь с продуктивностью;
3. Оценить образцы по ряду биологических признаков: засухоустойчивость, содержание белка в семенах, разваримость;

4. Выявить образцы со стабильной продуктивностью в меняющихся условиях среды, выделить источники ценных признаков, перспективные для селекции;
5. Изучить генетический полиморфизм образцов гороха и выявить дифференциацию изученного генофонда на основе ДНК-типирования;
6. Составить генетические паспорта изученных сортов и линий.

**Научная новизна.** Впервые в Республике Башкортостан проведен анализ молекулярно-генетического полиморфизма коллекционного материала зернового гороха с помощью микросателлитных маркеров. Установлен характер распределения аллелей микросателлитных локусов у изученных образцов, проведена оценка их генетического разнообразия. Показана возможность быстрой идентификации ряда коллекционных образцов гороха по наличию у них уникальных аллелей.

Установлены достоверные связи ряда качественных признаков с частотами аллелей изученных микросателлитных локусов.

По результатам комплексной оценки образцов гороха, впервые изученных в условиях Предуральской степи Башкортостана, выделены источники для селекции по ряду хозяйственно-ценных признаков и свойств.

**Практическая значимость исследования.** Выделены и рекомендованы для использования в селекции источники ценных свойств и признаков: продуктивности, скороспелости, неполегаемости, засухоустойчивости, высокого качества зерна. Составлена база данных, представляющая собой молекулярно-генетическое описание исследованных образцов гороха. Полученные генетические паспорта сортов и линий гороха могут быть в дальнейшем использованы в селекции, при передаче сортов в Госкомиссию и для контроля чистоты посевного материала, а также для поиска маркеров хозяйственно-ценных признаков.

**Апробация работы.** Материалы диссертации были представлены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль науки в инновационном развитии сельского хозяйства», посвященной 75-летию со дня рождения У.Г. Гусманова (Уфа, 2010), Шатиловских чтениях «Новые сорта сельскохозяйственных культур – составная часть инновационных технологий в растениеводстве», посвященных 115-летию Шатиловской СХОС (Орел, 2011), Всероссийской молодежной конференции «Актуальные проблемы генетики и молекулярной биологии» (Уфа, 2012), Региональном конкурсе молодых ученых «Современные научные исследования в свете учений Н.И. Вавилова и П.Н. Константинова», посвященном 125-летию со дня рождения Н.И. Вавилова и 135-летию со дня рождения П.Н. Константинова (Усть-Кинельский, 2012), Конкурсе на лучшую научную работу молодых ученых вузов и научных учреждений Республики Башкортостан (Уфа, 2013).

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 12 работ, в том числе 4 публикации в изданиях, рекомендуемых ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 156 страницах, содержит 17 рисунков и 12 таблиц и состоит из введения, обзора литературы, описания объектов и методов исследований, результатов исследований и их обсуждений, заключения, выводов, списка цитированной литературы, включающего 200 работ, и 14 приложений.

## **УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования проводили в 2009-2012 гг. в ГНУ Башкирский НИИ сельского хозяйства РАСХН. Полевые опыты закладывали на опытном поле Чишминского селекционного центра по растениеводству. Молекулярно-генетическое изучение образцов гороха осуществлялось в лаборатории молекулярно-генетической экспертизы.

Почвы опытного участка – карбонатные черноземы средней мощности, среднесуглинистые. Содержание гумуса в верхнем слое почвы – 8,3-8,5%, общего азота – 0,4%, подвижного калия на 100 г почвы – 42,1 мг, окиси фосфора – 23,7 мг. Почва имеет

нейтральную реакцию (рН=6,5-7,0). Предшественник в опытах – озимые культуры. Агроклиматические условия в годы проведения исследований были контрастными: от засушливо-жарких в 2010 г. до относительно благоприятных по гидротермическому режиму в 2009, 2011, 2012 гг. Таким образом, погодные условия в годы проведения исследований дали возможность всесторонне оценить изучаемый селекционный материал по адаптивной возможности к условиям региона.

Материалом исследования служили 77 образцов гороха посевного (*Pisum sativum* L.) из коллекции мировых генетических ресурсов ВИРа, Башкирского НИИСХ и других научно-исследовательских учреждений. В 2009-2011 гг. в изучении находилось 68 образцов гороха, в том числе 34 местной, 19 инорайонной отечественной и 15 зарубежной селекции. В 2010-2012 гг. дополнительно было изучено 9 образцов зарубежной селекции. Посев проводили селекционной сеялкой СКС-6-10. Площадь делянки – 3 м<sup>2</sup>. В качестве стандарта использовали сорт Чишминский 95. Площадь питания растений – 20×5 см.

Фенологические наблюдения, учеты и измерения проводили по методике ГНУ Всероссийский НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова (1985), принятой для коллекционного питомника. Отмечали даты всходов, цветения и полной спелости. За начало каждой из этих фаз принимался день, когда в нее вступали 10-15% растений, а за полное наступление фазы – когда она наблюдалась примерно у 75% растений. На основании полученных данных по каждому образцу определяли продолжительность вегетационного периода от всходов до полной спелости.

Ежегодно для характеристики и сравнения образцов по морфологическим признакам и элементам структуры урожая отбирали во время уборки пробные снопы. После просушки растений в снопах проводили структурный анализ по селекционно-ценным признакам 20 растений каждого сорта.

Коэффициент устойчивости образцов к полеганию рассчитывали как отношение высоты стеблестоя перед уборкой к высоте растений. Чем ближе данная величина к единице, тем более устойчив сорт к полеганию (Хухлаев И.И., 2009).

Оценку коллекционных образцов гороха на засухоустойчивость проводили методом контрастных лет (Абрамов В.К., Корнев А.И., 1984). За критерий засухоустойчивости принимали степень снижения продуктивности растений в засушливый 2010 г. (опытный вариант – засуха) по сравнению со средней продуктивностью растений за остальные годы изучения.

Для определения процентного содержания белка использовали метод микро-Кьельдаля. Разваримость семян определяли по методике А.В. Соснина (1927). Учет урожая семян проводили по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985).

Результаты исследований подвергали математической обработке общепринятыми методами (Молостов А.С., 1966; Доспехов Б.А., 2011). Дисперсионный, корреляционный и кластерный анализ проводили с помощью программы StatSoft Statistica 6.0.

Для молекулярно-генетического анализа было отобрано 33 образца гороха посевного, в том числе 12 образцов местной, 4 инорайонной отечественной и 17 зарубежной селекции. Анализ полиморфизма исследованных образцов проводили с помощью метода SSR-ПЦР.

Тотальную ДНК выделяли из молодой слабопигментированной ткани пророщенных растений гороха с помощью коммерческого набора «Genomic DNA Purification Kit» («Fermentas»). Для анализа было использовано 5 микросателлитных локусов, которые ранее применялись для исследования межлинейного полиморфизма у линий, сортов и мутантов гороха посевного (Дрибноходова О.П., 2009). Полимеразную цепную реакцию проводили в амплификаторе «ДТ-322» фирмы «ДНК-Технология» по программе: денатурация при 94°С – 1 мин.; 3 цикла: денатурация при 94°С – 30 сек., отжиг праймеров при 58°С – 20 сек., элонгация при 72°С – 5 сек.; 33 цикла: денатурация

при 94°C – 15 сек., отжиг праймеров при 58°C – 20 сек., элонгация при 72°C – 1 мин.; конечная элонгация при 72°C – 30 мин.

Продукты амплификации с длиной амплифицируемого фрагмента менее 250 п.н. разделяли электрофоретически в 6% неденатурирующем полиакриламидном геле, а с длиной фрагмента более 250 п.н. – в 3% агарозном геле. Горизонтальный электрофорез проводили при напряженности электрического поля 120 В течение 3-4 часов, вертикальный электрофорез – при 300 В в течение 3-3,5 часов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### Оценка коллекционных образцов гороха по морфобиологическим и хозяйственно-ценным признакам и свойствам

**Продолжительность вегетационного периода.** Продолжительность вегетационного периода у каждого образца изменялась по годам в зависимости от обеспеченности теплом и количеством осадков в период от цветения до созревания. Так, засушливо-жаркие условия, сложившиеся в период вегетации гороха в 2010 г. несколько сократили продолжительность вегетационного периода у изученных образцов.

В наших исследованиях в среднем за 2009-2012 гг. продолжительность периода всходы – созревание находилась в пределах 59,3±2,6 – 64,3±3,3 сут (НСР<sub>05</sub>=3,9). Наименьшая продолжительность вегетационного периода (59,3±2,6 – 60,3±3,2 сут) отмечена у образцов Чишминский 80, Л-26335 (Орел 11 × Л-18253), Л-27312 (КС3/89 × Чишминский 95), Л-28158 (ГВГ1156 × Усач), Л-29477 (Усач × Кормовой 5), Л-29825 (Л-27264 × Кормовой 5), Л-29865 (Усач × Чишминский 95), Л-30346 (Чишминский 229 × Л-27266), К-6753 (Чехия). В селекции на раннеспелость представляют интерес образцы Чишминский 95, Чишминский 75, Чишминский 80, Л-23654 (Поп.15-79 × Труженик), 8247НО, К-8750 (Португалия), имеющие короткий вегетационный период и сочетающие скороспелость с высокой продуктивностью семян.

**Высота растений.** Известно, что высота стебля определяет технологичность сорта, влияет на устойчивость к полеганию. Высокорослые сорта, как правило, дают более высокие урожаи по сравнению с низкорослыми сортами, но склонны к полеганию. Поэтому в селекционном плане особую ценность представляют короткостебельные формы. В наших исследованиях в течение ряда лет (2009–2012 гг.) высота растений варьировала от 24,0±0 см до 75,3±22,9 см (НСР<sub>05</sub>=15,6).

Для практической селекции представляют интерес образцы с высотой стебля не менее 55 см с усатым типом листа, а именно: Л-26335 (Орел 11 × Л-18253) – 55,7±5,8 см, Л-26742 ((Улад. юб. × Шихан) × Шихан) – 55,7±12,3 см, Л-27591 (К-6369 × Усач) – 65,3±8,8 см, Л-27592 (К-6369 × Усач) – 62,7±9,3 см, Л-27593 (К-6369 × Усач) – 65,0±9,8 см, Л-27602 (КС4/89НПО Дон × Л-23148) – 63,0±7,2 см, Л-28158 (ГВГ1156 × Усач) – 60,0±8,4 см, Л-28724 (Чишминский 80 × Усач) – 58,0±12,2 см, Л-29477 (Усач × Кормовой 5) – 55,0±17,6 см, Л-29825 (Л-27264 × Кормовой 5) – 65,7±19,3 см, Л-29865 (Усач × Чишминский 95) – 58,3±19,5 см, Л-30346 (Чишминский 229 × Л-27266) – 60,0±18,5 см, Орел 11 – 58,0±6,0 см, Спрут – 65,3±10,4 см, Флагман 9 – 55,3±7,4 см, И-0141086 Тюмень (ВИР) – 60,3±10,2 см, К-8393 Орел 2144 – 69,0±7,2 см, К-8396 Орел 2141 – 66,3±4,7 см, Усатый 90 – 61,0±11,2 см, К-9109 Харвус 1 (Украина) – 57,3±10,7 см (НСР<sub>05</sub>=15,6).

**Число продуктивных узлов.** В среднем за 2009-2012 гг. число продуктивных узлов у образцов варьировало от 1,6±0,2 шт до 3,3±0,7 шт (НСР<sub>05</sub>=0,7).

В **2009** г. статистически достоверно превысили стандарт – сорт Чишминский 95 образцы Мелкосемянный 2, 8247НО, Зеленозерный 1, Красноуфимский 93, К-8396 Орел 2141, Уладовский 287 (Украина) (2,6±0,2 – 3,3±0,2 шт, НСР<sub>05</sub>=0,4), в **2010** г. – Ирэндек, Кормовой 5, Уфа 75, Чишминский 75, Шихан, Л-27201 (КС3/89НПО Дон × Чишминский 75), Л-27602 (КС4/89НПО Дон × Л-23148), Батрак, Красноуфимский, Кузбасс, Белковая гроздь (Украина), Труженик (Украина), К-6753 (Чехия), К-7992 (Корея) (2,2±0,2 – 4,0±0,3

шт,  $НСР_{05}=0,3$ ), в 2011 г. – Чишминский 75 ( $5,2\pm 0,3$  шт,  $НСР_{05}=0,7$ ), в 2012 г. – К-8814 (США), К-7044 (Ливия) ( $2,9\pm 0,2 - 3,0\pm 0,2$  шт,  $НСР_{05}=0,5$ ).

**Число бобов на растении** зависит от числа продуктивных узлов и бобов на продуктивном узле. В среднем в 2009-2012 гг. в наших опытах число бобов на растении у изученных образцов изменялось от  $2,1\pm 0,3$  шт до  $4,8\pm 1,7$  шт ( $НСР_{05}=0,9$ ).

Достоверно высокими значениями по данному признаку на 5% уровне значимости в 2009 г. отличались образцы Красноуфимский 93, Флаванда, К-8396 Орел 2141 ( $3,9\pm 0,3 - 4,5\pm 0,3$  шт,  $НСР_{05}=0,5$ ), в 2010 г. – Кормовой 5, Чишминский ранний, Чишминский 75, Чишминский 80, Чишминский 229, Шихан, Л-27259 (К-7779 × Труженик), Л-27262 (К-7779 × Труженик), Л-28158 (ГВГ1156 × Усач), 8247НО, Казанец, Красноуфимский 93, Спрут, Флаванда, И-0141086 (ВИР), К-8393 Орел 2144, К-8396 Орел ( $3,0\pm 0,4 - 5,8\pm 0,3$  шт,  $НСР_{05}=0,6$ ), в 2011 г. – Чишминский 75 ( $8,2\pm 0,5$  шт,  $НСР_{05}=0,9$ ), в 2012 г. – К-6548 (Индия), К-7779 (Англия) ( $2,9\pm 0,2 - 3,1\pm 0,1$  шт,  $НСР_{05}=0,5$ ).

**Число семян в бобе.** В среднем в 2009-2012 гг. число семян в бобе у изученных нами образцов варьировало от  $2,7\pm 0,7$  шт до  $5,8\pm 0,1$  шт ( $НСР_{05}=0,4$ ).

В наших опытах в 2009 г. достоверно высокой озерненностью бобов на 5% уровне значимости отличились образцы Мелкосемянный 2, Л-23654 (Поп.15-79 × Труженик), Л-27201 (КС3/89НПО Дон × Чишминский 75), Л-27218 (К-7779 × Труженик), Л-27313 (КС3/89 × Чишминский 95), Л-27591 (К-6369 × Усач), Л-27592 (К-6369 × Усач), Л-27593 (К-6369 × Усач), Л-29477 (Усач × Кормовой 5), Л-30346 (Чишминский 229 × Л-27266), 8247НО, Батрак, И-0141086 Тюмень (ВИР), Кузбасс, Белковая гроздь (Украина), К-9109 Харвус 1 (Украина) ( $4,6\pm 0,3 - 5,6\pm 0,2$  шт,  $НСР_{05}=0,7$ ), в 2010 г. – Ирэндек, Мелкосемянный 2, Памяти Хангильдина, Уладовский юбилейный × Усач, Чишминский ранний, Л-27259 (К-7779 × Труженик), Л-27602 (КС4/89НПО Дон × Л-23148), Л-28724 (Чишминский 80 × Усач), Л-29825 (Л-27264 × Кормовой 5), Зеленозерный 1, Казанец, Мультик, Орел 11, Тюменец, К-8977 Орел, Труженик (Украина), Уладовский 287 (Украина), Усач (Украина), К-4954 (Франция), К-6017 (Франция), К-6299 (Марокко), К-7992 (Корея) ( $4,2\pm 0,6 - 6,2\pm 0,5$  шт,  $НСР_{05}=1,0$ ), в 2011 г. – Л-27602 (КС4/89НПО Дон × Л-23148), Л-29825 (Л-27264 × Кормовой 5), Зеленозерный 1, Уладовский 287 (Украина), К-6017 (Франция), К-7779 (Англия) ( $5,0\pm 0,7 - 5,8\pm 0,3$  шт,  $НСР_{05}=1,0$ ), в 2012 г. – К-6017 (Франция) ( $6,2\pm 0,6$  шт,  $НСР_{05}=1,0$ ).

**Число семян с растения.** Один из наиболее важных признаков в структуре урожая гороха – число семян на растении. В среднем за 2009-2012 гг. в наших опытах число семян с растения у изученных образцов находилось в пределах от  $8,0\pm 2,0$  шт до  $17,9\pm 5,9$  шт ( $НСР_{05}=3,5$ ).

В 2009 г. наибольшее число семян с растения, достоверно превышающее стандарт, имели образцы Мелкосемянный 2, Чишминский 229, Л-23654 (Поп.15-79 × Труженик), Л-27259 (К-7779 × Труженик), Л-27591 (К-6369 × Усач), Л-27592 (К-6369 × Усач), Л-27602 (КС4/89НПО Дон × Л-23148), Арендатор, Красноуфимский 93, Флагман 9, К-8393 Орел 2144, К-8396 Орел 2141 ( $15,0\pm 1,2 - 18,7\pm 1,6$  шт,  $НСР_{05}=2,6$ ), в 2010 г. – Ирэндек, Кормовой 5, Мелкосемянный 2, Памяти Хангильдина, Уладовский юбилейный × Усач, Чишминский ранний, Чишминский 75, Чишминский 80, Чишминский 229, Шихан, Л-27259 (К-7779 × Труженик), Л-27262 (К-7779 × Труженик), Л-27602 (КС4/89НПО Дон × Л-23148), Л-28158 (ГВГ1156 × Усач), 8247 НО, Зеленозерный 1, Казанец, Красноуфимский 93, Кузбасс, Мультик, Тюменец, К-8393 Орел 2144, К-8977 Орел, Смарагд (Германия), Труженик (Украина), Уладовский 287 (Украина), К-4954 (Франция), К-6017 (Франция), К-6299 (Марокко), К-6548 (Индия), К-6753 (Чехия), К-7992 (Корея), К-8289 (Нидерланды), К-8500 (Белоруссия), К-8750 (Португалия), К-9109 Харвус 1 (Украина) ( $10,0\pm 1,0 - 17,2\pm 0,9$  шт,  $НСР_{05}=2,5$ ), в 2011 г. – Чишминский 75 ( $29,6\pm 2,7$ ,  $НСР_{05}=3,9$ ), в 2012 г. – К-8814 (США) и К-7779 (Англия) ( $11,8\pm 0,9 - 13,5\pm 1,3$  шт,  $НСР_{05}=2,1$ ).

**Масса 1000 семян.** В среднем за 2009-2012 гг. у изученных образцов масса 1000 семян колебалась от 117,3±12,0 г до 292,3±33,4 г (НСР<sub>05</sub>=21,5). Однофакторный дисперсионный анализ показал наличие достоверных отличий лет изучения (2009-2011 гг.) на 5% уровне значимости: в среднем за **2009** г. масса 1000 семян составила 242,9±4,8 г, за **2010** г. – 234,1±4,1 г, за **2011** г. – 206,2±3,8 г (НСР<sub>05</sub>=0,7). Таким образом, крупность семян зависит не только от сорта, но и от условий среды.

**Масса семян с растения (продуктивность).** Семенная продуктивность растений гороха – поликомпонентный признак и складывается из различных элементов структуры урожая. В **2009** году в наших опытах по продуктивности достоверно превысили стандарт образцы Л-23654 (Поп. 15-79 × Труженник), Арендатор, Флаванда, Флагман 9, К-8396 Орел 2141 (4,0±0,2 – 4,9±0,3 г/растение, НСР<sub>05</sub>=0,7), в **2010** г. – Памяти Хангильдина, Уладовский юбилейный × Усач, Чишминский ранний, Чишминский 80, Чишминский 229, Шихан, Л-27259 (К-7779 × Труженник), Л-27262 (К-7779 × Труженник), Л-27602 (КС4/89НПО Дон × Л-23148), Л-28158 (ГВГ1156 × Усач), 8247НО, Казанец, Тюменец, Смарагд (Германия), Топаз (Украина), Топаз 2 (Украина), Труженник (Украина), Уладовский 287 (Украина), К-4954 (Франция), К-6299 (Марокко), К-6753 (Чехия), К-7992 (Корея), К-8289 (Нидерланды), К-8500 (Белоруссия), К-8750 (Португалия), К-8814 (США) (2,5±0,3 – 4,1±0,4 г/растение, НСР<sub>05</sub>=0,6), в **2011** г. Чишминский 75, К-7779 (Англия) (5,0±0,3 – 6,4±0,6 г/растение, НСР<sub>05</sub>=0,8), в **2012** г. – К-8814 (США) (2,8±0,2 г/растение, НСР<sub>05</sub>=0,5).

По результатам изучения образцов гороха посевного в 2009-2011 гг. нами был проведен корреляционный анализ полученных данных, результаты которого представлены в таблице 1.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции средних значений морфобиологических и хозяйственно-ценных признаков изученных образцов в 2009-2011 гг.

Признак	масса 1000 семян, г	период всходы – цветение, сут	период цветение – созревание, сут	период всходы – созревание, сут	высота растения, см	число продуктивных узлов, шт	число бобов на растении, шт	число семян с растения, шт	число семян в бобе, шт
масса семян с растения, г	<u>0,45</u>	-0,20	0,17	-0,01	0,21	<u>0,42</u>	<u>0,65</u>	<u>0,59</u>	-0,02
масса 1000 семян, г		<u>-0,34</u>	<u>0,23</u>	-0,08	0,01	-0,09	0,05	<u>-0,44</u>	<u>-0,55</u>
период всходы – цветение, сут			<u>-0,53</u>	<u>0,40</u>	-0,16	<u>-0,24</u>	-0,10	0,12	<u>0,25</u>
период цветение – созревание, сут				<u>0,57</u>	0,05	0,18	0,04	0,06	-0,08
период всходы – созревание, сут					-0,10	-0,04	-0,05	0,05	0,16
высота растения, см						<u>0,23</u>	0,15	0,18	-0,03
число продуктивных узлов, шт							<u>0,69</u>	<u>0,52</u>	-0,15
число бобов на растении, шт								<u>0,62</u>	<u>-0,37</u>
число семян с растения, шт									<u>0,47</u>

Примечание: подчеркиванием выделены статистически значимые коэффициенты корреляции.



Установлено, что масса семян с растения в большей степени зависит от числа бобов и семян с растения: за годы изучения между этими показателями наблюдались положительные корреляции ( $r=0,65$  и  $r=0,59$  соответственно). В меньшей степени продуктивность зависела от массы 1000 семян ( $r=0,45$ ) и от числа продуктивных узлов ( $r=0,42$ ). Результаты наших исследований показали, что масса 1000 семян имеет отрицательную связь с числом семян с растения ( $r=-0,44$ ), числом семян в бобе ( $r=-0,55$ ) и с продолжительностью периода всходы – цветение ( $r=-0,34$ ). Продолжительный период цветение – созревание способствует повышению массы 1000 семян ( $r=0,23$ ). Между длиной периода всходы – цветение и периода цветение – созревание была выявлена отрицательная связь ( $r=-0,53$ ). Также продолжительность межфазного периода всходы – цветение отрицательно коррелировала с числом продуктивных узлов на растении ( $r=-0,24$ ). Напротив, удлинение периода всходы – цветение приводило к увеличению числа семян в бобе ( $r=0,25$ ). Продолжительность полного вегетационного периода зависит от продолжительности межфазных периодов всходы – цветение ( $r=0,40$ ) и цветение – созревание ( $r=0,57$ ). Средние коэффициенты корреляции были отмечены между числом продуктивных узлов и числом бобов на растении ( $r=0,69$ ), числом продуктивных узлов и числом семян с растения ( $r=0,52$ ), числом бобов на растении и числом семян с растения ( $r=0,62$ ). Число продуктивных узлов в наших исследованиях положительно зависело от высоты растения ( $r=0,23$ ), а число семян с растения – от числа семян в бобе ( $r=0,47$ ). Отрицательная связь ( $r=-0,37$ ) была установлена между числом бобов на растении и числом семян в бобе.

**Засухоустойчивость.** Для сельскохозяйственного производства республики необходимы сорта гороха, обладающие высокой пластичностью, продуктивностью и засухоустойчивостью. В процессе работы нам удалось выделить образцы гороха, различающиеся по реакции на дефицит влаги (рис. 1).

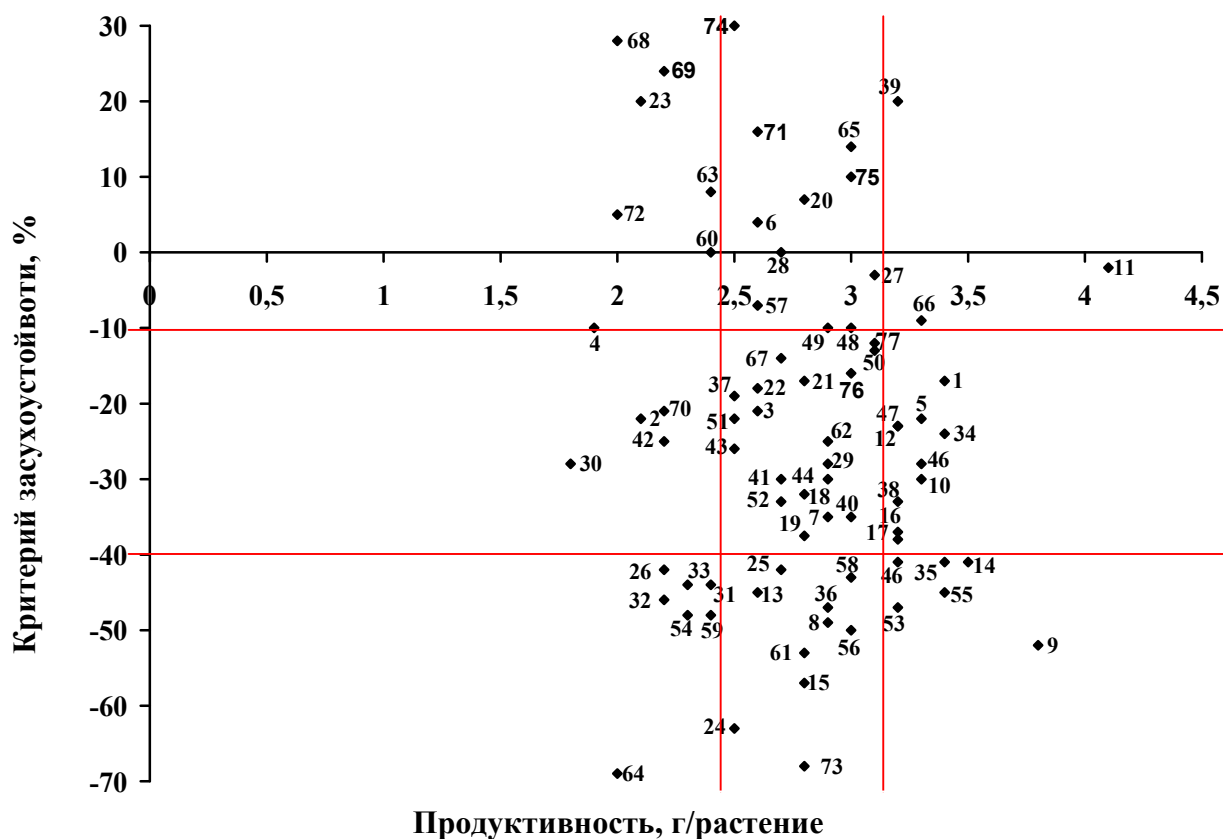
Очевидно, что у образцов с повышением засухоустойчивости снижается продуктивность. По нашим данным, среди изученного набора образцов выделено два высокопродуктивных и одновременно засухоустойчивых образца. В селекции на засухоустойчивость особый интерес представляют следующие образцы:

1. Высокопродуктивные и высокозасухоустойчивые: Чишминский 229, К-8750 (Португалия).

2. Высокопродуктивные и средnezасухоустойчивые: Чишминский 95, Чишминский 80, Памяти Хангильдина, 8247НО, Топаз (Украина).

3. Среднепродуктивные и высокозасухоустойчивые: Уладовский юбилейный × Усач, Л-27259 (К-7779 × Труженик), Л-27602 (КС4/89НПО Дон × Л-23148), Л-28158 (ГВГ1156 × Усач), Казанец, К-8393 Орел 2144, К-6753 (Чехия), К-7992 (Корея), К-8500 (Белоруссия).

4. Среднепродуктивные и средnezасухоустойчивые: Кормовой 5, Уфа 75, Шихан, Л-26665 (Чишминский 75 × Л-21924), Л-26742 ((Улад. юб. × Шихан) × Шихан), Л-27201 (КС3/89НПОДон × Чишминский 75), Л-27218 (К-7779 × Труженик), Л-27262 (К-7779 × Труженик), Л-27312 (КС3/89 × Чишминский 95), Л-28724 (Чишминский 80 × Усач), Зеленозерный 1, Красноуфимский 93, Кузбасс, Орловчанин, Тюменец, Смарагд (Германия), Топаз 2 (Украина), Труженик (Украина), Уладовский 287 (Украина), Усач (Украина), К-2601 (Италия), К-8814 (США), К-9109 Харвус 1 (Украина).



- |   |  |
|---|--|
| 1 – Чишминский 95                           | 40 – Красноуфимский 93 (Свердловская обл.) |
| 2 – Ирэндек                                 | 41 – Кузбасс (Тюменская обл.)              |
| 3 – Кормовой 5                              | 42 – Мультик (Орловская обл.)              |
| 4 – Мелкосемянный 2                         | 43 – Орел 11 (Орловская обл.)              |
| 5 – Памяти Хангильдина                      | 44 – Орловчанин (Орловская обл.)           |
| 6 – Уладовский юбилейный × Усач             | 45 – Спрут (Орловская обл.)                |
| 7 – Уфа 75                                  | 46 – Топаз (Украина)                       |
| 8 – Чишминский ранний                       | 47 – Топаз 2 (Украина)                     |
| 9 – Чишминский 75                           | 48 – Труженик (Украина)                    |
| 10 – Чишминский 80                          | 49 – Тюменец (Тюменская обл.)              |
| 11 – Чишминский 229                         | 50 – Уладовский 287 (Украина)              |
| 12 – Шихан                                  | 51 – Усатый 90 (Украина)                   |
| 13 – Юрюзань                                | 52 – Усач (Украина)                        |
| 14 – Л-23654 (Поп.15-79 × Труженик)         | 53 – Флаванда (Кировская обл.)             |
| 15 – Л-26335 (Орел 11 × Л-18253)            | 54 – Флагман (Самарская обл.)              |
| 16 – Л-26665 (Чишминский 75 × Л-21924)      | 55 – Флагман 9 (Самарская обл.)            |
| 17 – Л-26742 ((Улад. юб. × Шихан) × Шихан)  | 56 – И-0141086 (ВИР) (Тюменская обл.)      |
| 18 – Л-27201 (КС3/89НПОДон × Чишминский 75) | 57 – К-8393 Орел 2144 (Орловская обл.)     |
| 19 – Л-27218 (К-7779 × Труженик)            | 58 – К-8396 Орел 2141 (Орловская обл.)     |
| 20 – Л-27259 (К-7779 × Труженик)            | 59 – К-8714 (Адыгея)                       |
| 21 – Л-27262 (К-7779 × Труженик)            | 60 – К-8977 Орел (Орловская обл.)          |
| 22 – Л-27312 (КС3/89 × Чишминский 95)       | 61 – Чарльстон (Англия)                    |
| 23 – Л-27313 (КС3/89 × Чишминский 95)       | 62 – К-2601 (Италия)                       |
| 24 – Л-27591 (К-6369 × Усач)                | 63 – К-4954 (Франция)                      |
| 25 – Л-27592 (К-6369 × Усач)                | 64 – К-5054 (Китай)                        |
| 26 – Л-27593 (К-6369 × Усач)                | 65 – К-7992 (Корея)                        |
| 27 – Л-27602 (КС4/89НПО Дон × Л-23148)      | 66 – К-8750 (Португалия)                   |
| 28 – Л-28158 (ГВГ1156 × Усач)               | 67 – К-9109 Харвус 1 (Украина)             |
| 29 – Л-28724 (Чишминский 80 × Усач)         | 68 – К-6017 (Франция)                      |
| 30 – Л-29477 (Усач × Кормовой 5)            | 69 – К-6299 (Марокко)                      |
| 31 – Л-29825 (Л-27264 × Кормовой 5)         | 70 – К-6548 (Индия)                        |
| 32 – Л-29865 (Усач × Чишминский 95)         | 71 – К-6753 (Чехия)                        |
| 33 – Л-30346 (Чишминский 229 × Л-27266)     | 72 – К-7044 (Ливия)                        |
| 34 – 8247НО                                 | 73 – К-7779 (Англия)                       |
| 35 – Арендатор                              | 74 – К-8289 (Нидерланды)                   |
| 36 – Батрак (Орловская обл.)                | 75 – К-8500 (Белоруссия)                   |
| 37 – Белковая гроздь (Украина)              | 76 – К-8814 (США)                          |
| 38 – Зеленозерный 1 (Воронежская обл.)      | 77 – Смарагд (Германия)                    |
| 39 – Казанец (Татарстан)                    |  |

Рисунок 1. Распределение образцов коллекции гороха по засухоустойчивости и продуктивности (2009-2011 гг.).

**Устойчивость к полеганию.** Среди изученных образцов наибольшей устойчивостью к полеганию (0,75-0,87) отличались: Памяти Хангильдина, Уфа 75, Л-27259 (К-7779 × Труженик), Л-27262 (К-7779 × Труженик), Батрак, Казанец, Мультик, Флагман, Флагман 9, К-8714 (Адыгея), Чарльстон (Англия). Большинство образцов усатого типа характеризовались высокой устойчивостью к полеганию.

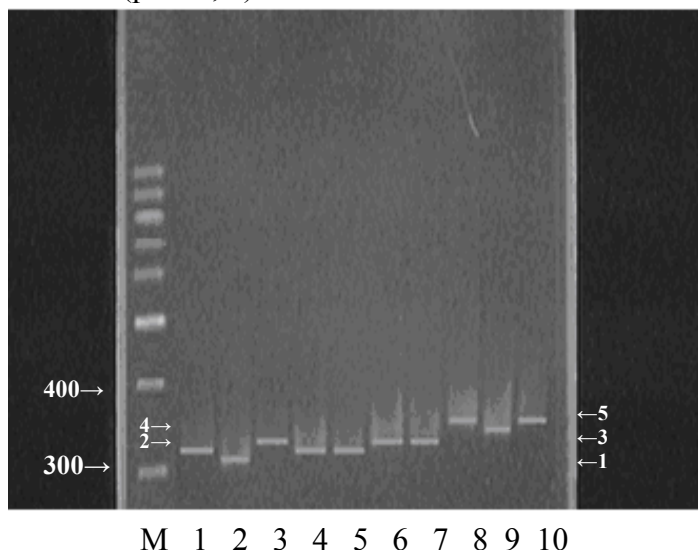
**Оценка на качество.** Содержание белка в семенах гороха в годы изучения варьировало от 19,4% до 22,5%. В среднем по трехлетним данным выделено 12 образцов, превысивших стандартный сорт Чишминский 95. К ним относятся образцы Памяти Хангильдина, Мультик, Л-27602 (КС4/89НПОДон × Л-23148), Л-29012, Л-29108, Л-29476, Л-29477 (Усач × Кормовой 5), Л-29488, Л-29561, Л-29825 (Л-27264 × Кормовой 5), Л-29865 (Усач × Чишминский 95), Л-30050.

Различия между образцами по коэффициенту разваримости семян составляли 0,2-2,9 единиц, а по продолжительности варки – 0,9-26,5 минут. Образцы Чишминский 95, Памяти Хангильдина, Л-27200, Л-27270, Л-27602 (КС4/89НПОДон × Л-23148), Л-29865 (Усач × Чишминский 95) характеризовались хорошей разваримостью семян.

Кроме перечисленных изученных признаков все образцы были классифицированы по признакам окраски семян, осыпаемости семян и типу листа (усатый и листочковый морфотипы).

### Микросателлитный анализ образцов гороха

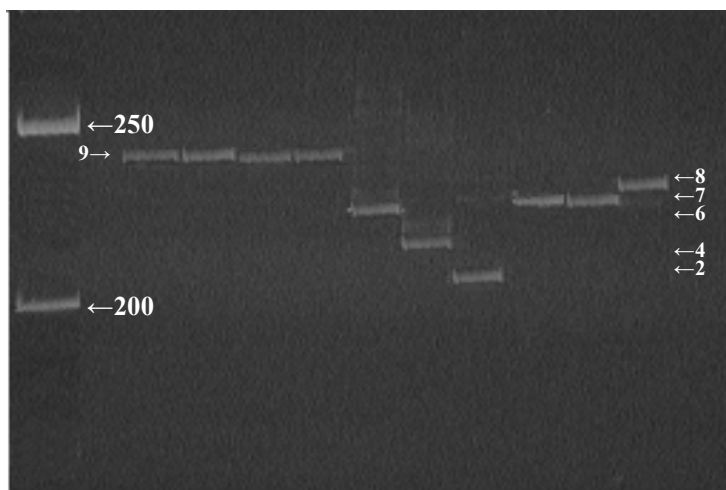
**Поиск молекулярно-генетических различий между образцами.** В результате молекулярно-генетического исследования 33 образцов гороха посевного методом SSR-PCR нами были получены данные по аллельному состоянию 5 микросателлитных локусов (AA255, AA200, D21, AD147, AB28). Все проанализированные образцы отличались уникальным сочетанием аллелей, а сами аллели хорошо распознавались при повторных анализах (рис. 2, 3).



Обозначения:  
 М – маркер молекулярной массы (GeneRuler™ 50 bp DNA Ladder, «Fermentas»),  
 1 – Чарльстон (Англия),  
 2 – К-7992 (Корея),  
 3 – К-9109 Харвус 1 (Украина),  
 4 – К-6017 (Франция),  
 5 – К-6299 (Марокко),  
 6 – К-6548 (Индия),  
 7 – К-6753 (Чехия),  
 8 – К-7044 (Ливия),  
 9 – К-7779 (Англия),  
 10 – К-8289 (Нидерланды).

М 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
 Рисунок 2. SSR-спектры образцов гороха в агарозном геле, полученные при амплификации локуса AD147.

Число аллелей, амплифицирующихся в конкретном локусе, менялось от 3 (AA255, AA200) до 7 (D21). Число полученных аллелей составило 23, то есть в среднем 4,6 аллелей на локус. Индекс полиморфизма микросателлитных локусов менялся от 0,38 (AA200) до 0,78 (AD147), составляя в среднем 0,63. Полученные нами данные по генотипированию изученных образцов являются основой для расчета уровня внутривидовой изменчивости гороха посевного и определения сортовой принадлежности образцов.



Обозначения:  
 М – маркер молекулярной массы (GeneRuler™ 50 bp DNA Ladder, «Fermentas»);  
 1 – Чарльстон (Англия),  
 2 – К-7992 (Корея),  
 3 – К-9109 Харвус 1 (Украина),  
 4 – К-6017 (Франция),  
 5 – К-6299 (Марокко),  
 6 – К-6548 (Индия),  
 7 – К-6753 (Чехия),  
 8 – К-7044 (Ливия),  
 9 – К-7779 (Англия),  
 10 – К-8289 (Нидерланды).

М 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Рисунок 3. SSR-спектры образцов гороха в полиакриламидном геле, полученные при амплификации локуса D21.

**Идентификация образцов гороха.** Проведение генетической паспортизации считается актуальной задачей современной селекции. Наиболее быстрый и эффективный метод идентификации сортов – определение сортовой принадлежности по ДНК-маркерам. Мы определяли возможность идентификации 33 образцов гороха посевного местной, инорайонной отечественной и зарубежной селекции с помощью пяти микросателлитных маркеров. На основе полученных данных были составлены генетические формулы, характеризующие полиморфизм каждого из 33 проанализированных образцов по 5 использованным микросателлитным локусам. При составлении генетического паспорта записывали название микросателлитного маркера, номер аллеля указывали в виде правого верхнего индекса, размер самого короткого аллеля – в виде правого нижнего индекса (табл. 2).

Таблица 2

Генетические паспорта образцов гороха посевного

Название образца	Генетическая формула
Ирэндек	AA255 <sup>3</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>1</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>9</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>3</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>4</sup> <sub>375</sub>
Кормовой 5	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>6</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>3</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>5</sup> <sub>375</sub>
Чишминский 80	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>2</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>3</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>5</sup> <sub>375</sub>
Чишминский 95 – стандарт	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>2</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>2</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>4</sup> <sub>375</sub>
Чишминский 229	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>2</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>1</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>2</sup> <sub>375</sub>
Шихан	AA255 <sup>1</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>2</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>6</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>2</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>4</sup> <sub>375</sub>
Л-26742 ((Улад. юб. × Шихан) × Шихан)	AA255 <sup>3</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>1</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>3</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>2</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>3</sup> <sub>375</sub>
Л-27262 (К-7779 × Труженик)	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>2</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>3</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>1</sup> <sub>375</sub>
Л-29477 (Усач × Кормовой 5)	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>1</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>3</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>2</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>5</sup> <sub>375</sub>
Л-29825 (Л-27264 × Кормовой 5)	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>1</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>2</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>4</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>2</sup> <sub>375</sub>
Л-29865 (Усач × Чишминский 95)	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>2</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>5</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>2</sup> <sub>375</sub>
Л-30346 (Чишминский 229 × Л-27266)	AA255 <sup>3</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>2</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>2</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>2</sup> <sub>375</sub>
Зеленозерный 1	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>9</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>1</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>4</sup> <sub>375</sub>
Флаванда	AA255 <sup>3</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>6</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>4</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>4</sup> <sub>375</sub>
Флагман	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>7</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>4</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>5</sup> <sub>375</sub>

Продолжение таблицы 2

К-8714 (Адыгея)	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>2</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>4</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>2</sup> <sub>375</sub>
Топаз (Украина)	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>2</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>4</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>4</sup> <sub>375</sub>
Труженик (Украина)	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>7</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>2</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>5</sup> <sub>375</sub>
Усатый 90 (Украина)	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>3</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>5</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>4</sup> <sub>375</sub>
Усач (Украина)	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>1</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>2</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>3</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>3</sup> <sub>375</sub>
Чарльстон (Англия)	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>1</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>9</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>2</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>2</sup> <sub>375</sub>
К-6017 (Франция)	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>9</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>2</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>3</sup> <sub>375</sub>
К-6299 (Марокко)	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>6</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>2</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>3</sup> <sub>375</sub>
К-6548 (Индия)	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>4</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>3</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>1</sup> <sub>375</sub>
К-6753 (Чехия)	AA255 <sup>1</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>2</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>3</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>4</sup> <sub>375</sub>
К-7044 (Ливия)	AA255 <sup>1</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>7</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>5</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>4</sup> <sub>375</sub>
К-7779 (Англия)	AA255 <sup>3</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>2</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>4</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>4</sup> <sub>375</sub>
К-7992 (Корея)	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>1</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>9</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>1</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>3</sup> <sub>375</sub>
К-8289 (Нидерланды)	AA255 <sup>1</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>8</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>5</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>5</sup> <sub>375</sub>
К-8500 (Белоруссия)	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>7</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>2</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>3</sup> <sub>375</sub>
К-8750 (Португалия)	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>2</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>1</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>3</sup> <sub>375</sub>
К-8814 (США)	AA255 <sup>2</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>9</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>1</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>3</sup> <sub>375</sub>
К-9109 Харвус 1 (Украина)	AA255 <sup>3</sup> <sub>295</sub> AA200 <sup>3</sup> <sub>205</sub> D21 <sup>9</sup> <sub>200</sub> AD147 <sup>3</sup> <sub>300</sub> AB28 <sup>2</sup> <sub>375</sub>

**Поиск взаимосвязей между данными молекулярно-генетического анализа и оценки хозяйственно-ценных признаков.** Урожайность семян – сложный признак, состоящий из многих элементов. Среди изученных нами количественных признаков наибольший вклад в продуктивность растений гороха вносит число бобов с растения, а также масса и число семян с растения. Попытки определить количество генов, обуславливающих сортовые различия по признаку продуктивности, не дали результата. Это свидетельствует о наличии сложного взаимодействия между генами (Давлетов Ф.А., 2008). В литературных источниках имеется ряд публикаций, в которых микросателлиты рассматриваются как маркеры, дающие возможность определять корреляцию между хозяйственно-ценными признаками и определяющими их генетическими структурами и вести отбор сельскохозяйственных растений и животных с желательным генотипом. (Ogorevc J. et al., 2009)

В результате проведенных опытов нами были установлены достоверные связи некоторых качественных признаков с частотами аллелей изученных микросателлитных локусов (табл. 3).

При анализе ДНК-полиморфизма у выделенных нами двух высокопродуктивных и одновременно засухоустойчивых образцов – Чишминский 229 и К-8750 (Португалия) выявлено специфическое сочетание аллелей по локусам AA200, D21 и AD147, отсутствующее у других изученных нами образцов. Данное сочетание аллелей по 3 SSR-локусам (AA200<sup>3</sup><sub>205</sub> D21<sup>2</sup><sub>200</sub> AD147<sup>1</sup><sub>300</sub>) может служить дополнительным критерием при отборе и прогнозировании высокой продуктивности и засухоустойчивости гороха посевного.

Таблица 3

Частоты аллелей некоторых SSR-локусов у образцов, различающихся по признакам окраски семян, осыпаемости семян и типу листа

Микросателлитный локус	Номер аллеля	Признак	Частота аллеля, %
AB28	2	осыпающиеся семена	33,3
	2	неосыпающиеся семена	5,6
	4	усатый морфотип	53,8
	4	листочковый морфотип	15,0
AD147	1	зеленые семена	42,9
	1	розовые семена	7,7

**Исследование молекулярно-генетических различий между образцами.** Средний уровень межгруппового полиморфизма микросателлитных локусов среди образцов местного, инорайонного отечественного и зарубежного происхождения составил 58,37%. Максимальный уровень различий был равен 100%, минимальный – 20%.

**Анализ частот встречаемости аллелей среди изученных образцов.** Данные по распределению частот аллелей по исследованным микросателлитным локусам отражены в диаграммах (рис. 4-8).

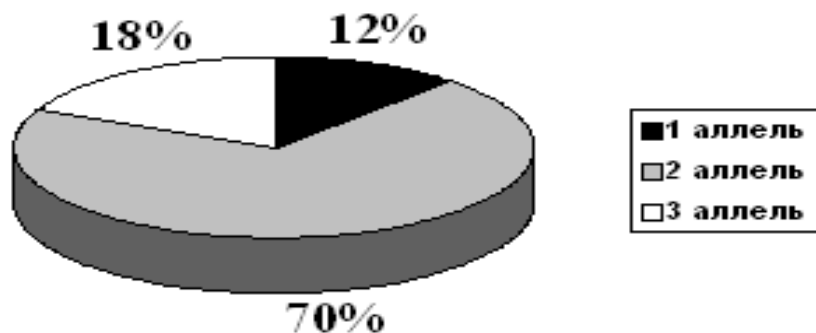


Рисунок 4. Распределение аллелей локуса AA255 у исследованных образцов гороха.

Диаграмма, представленная на рис. 4 свидетельствует, что у исследованных нами образцов гороха по локусу AA255 наиболее часто встречается аллель 2 (70%). Аллели 1 и 3 являются менее распространенными.

На рис. 5 представлена диаграмма, отражающая распределение аллелей локуса AA200. По данному локусу у изученных образцов гороха преобладал аллель 3 (76%). С меньшей частотой встречался аллель 1 (21%). Аллель 2 был выявлен только у образца Шихан, что позволяет использовать локус AA200 для экспресс-диагностики данного сорта.

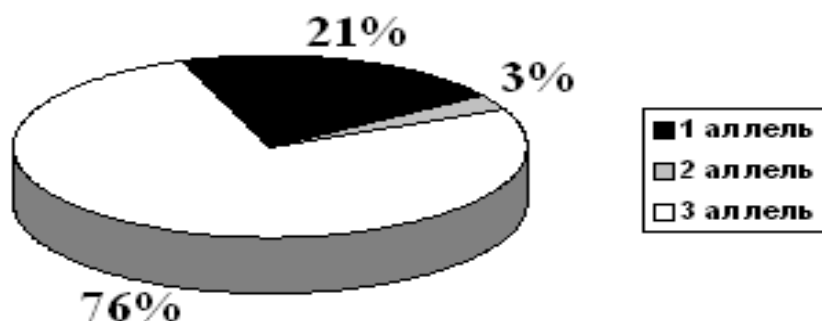


Рисунок 5. Частоты аллелей локуса AA200 у изученных образцов гороха.

По локусу D21 (рис. 6) нами было выявлено наибольшее число аллелей по сравнению с другими локусами, использованными в работе для молекулярно-генетического анализа. По частоте встречаемости преобладали аллели 2 (39%) и 9 (21%). Реже встречались аллели 3 (9%), 6 (12%) и 7 (12%). Наименее распространенными

оказались аллели 8 (3%) и 4 (3%). По данному локусу было выявлено несколько сортоспецифических маркеров: аллель 4 обнаружен только у образца К-6548 (Индия), а аллель 8 – только у образца К-8289 (Нидерланды). Таким образом, локус D21 можно использовать для экспресс-диагностики указанных образцов.

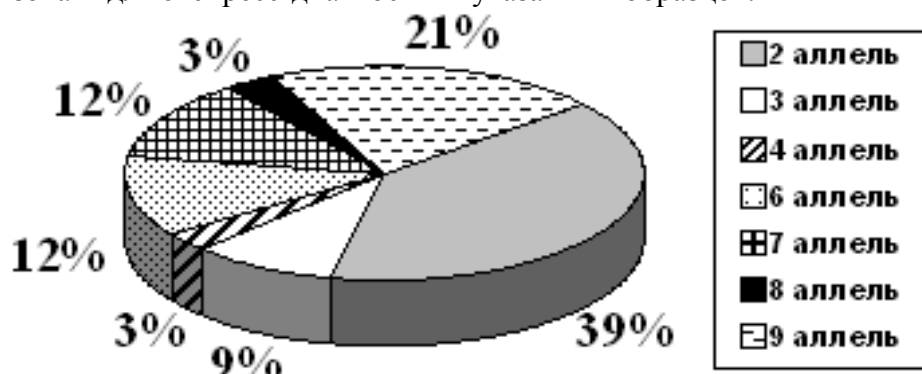


Рисунок 6. Процентное соотношение аллелей локуса D21 у исследованных образцов гороха.

На рис. 7 представлена диаграмма, отражающая процентное соотношение аллелей локуса AD147 у изученных образцов. Очевидно, что аллели данного локуса распределены относительно равномерно.

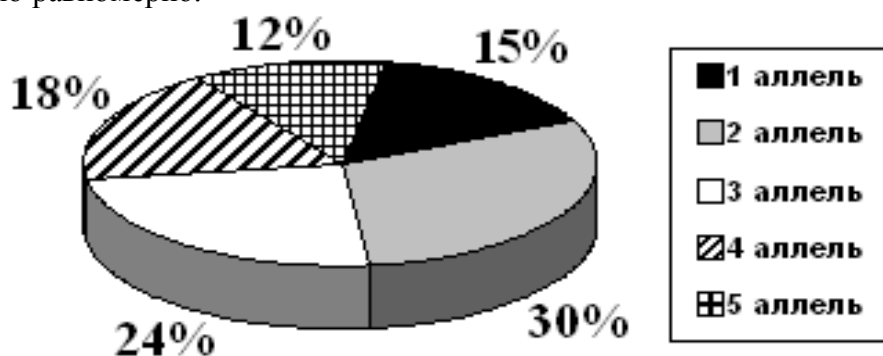


Рисунок 7. Распределение аллелей локуса AD147 у изученных образцов гороха.

Аллели локуса AB28 также встречались с приблизительно одинаковой частотой, за исключением аллеля 1, распространенность которого среди исследованных нами образцов гороха составила 6% (рис. 8).

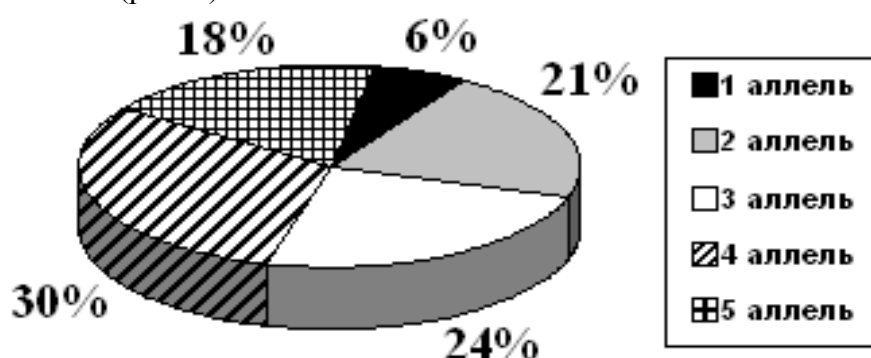


Рисунок 8. Частоты аллелей локуса AB28 у исследованных образцов гороха.

**Кластерный анализ на основе данных молекулярно-генетической оценки образцов.** На основе общей матрицы полученных и обработанных данных SSR-анализа ДНК образцов гороха была построена дендрограмма, отображающая генетическое разнообразие и кластеризацию изученных образцов (рис. 9).

Для интерпретации такой дендрограммы нужно обладать данными о родословных и подробными характеристиками образцов. Педигри доступны нам только для сортов

местной селекции (Давлетов Ф.А., 2006), поэтому постараемся проанализировать их положение в этой дендрограмме.

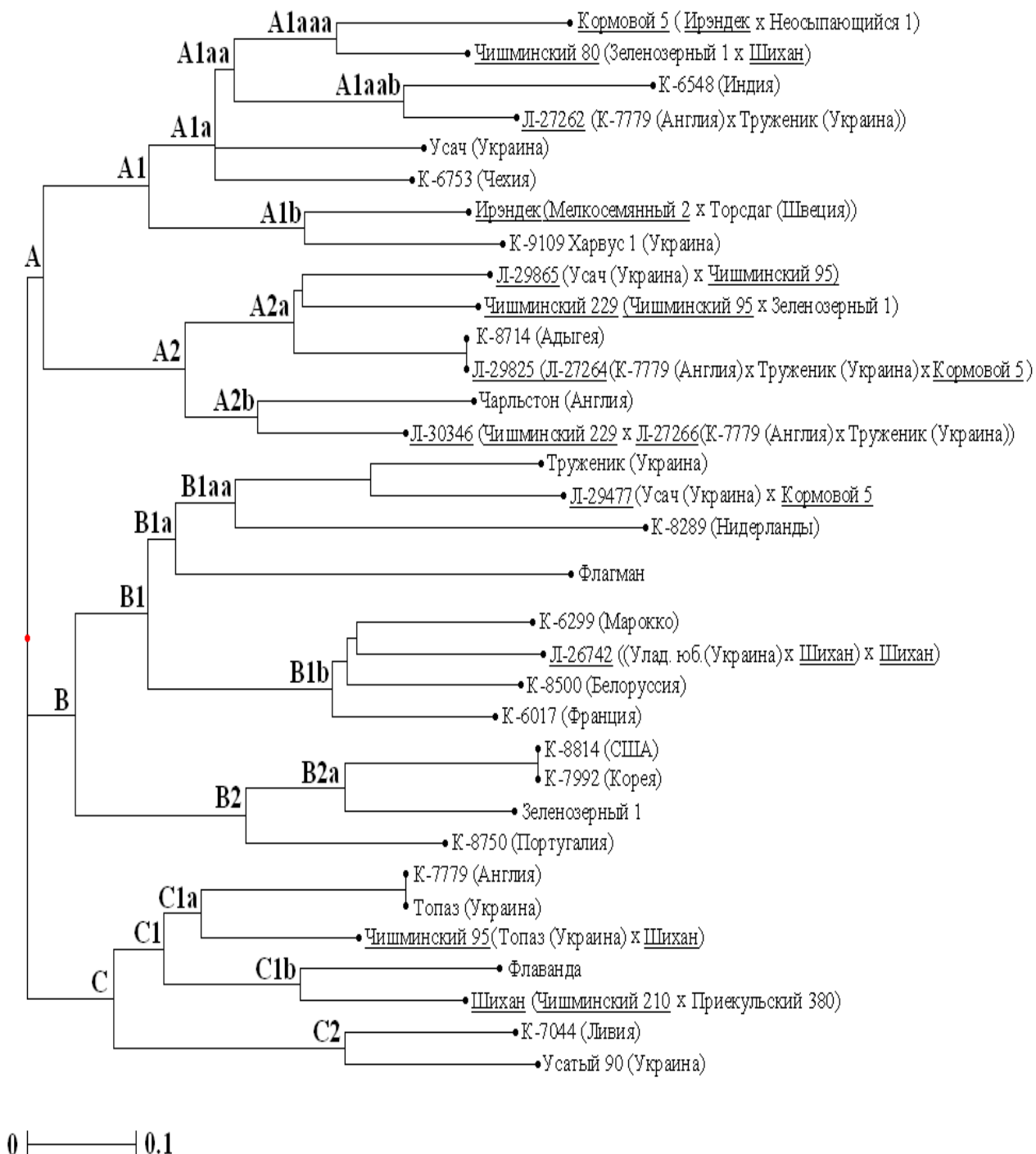


Рисунок 9. Дендрограмма генетических различий 33 образцов гороха, построенная на основе SSR-анализа (подчеркиванием выделены образцы местной селекции).

На дендрограмме четко обособлены 3 большие группы (А, В и С), которые, в свою очередь, делятся на несколько минорных.

Большинство изученных образцов местной селекции (8 из 12) сгруппировались в большом кластере А. Все эти образцы имеют в своих родословных наряду с инородным материалом местной селекции. Очень тесную близость обнаруживают линия Л-29865 (Усач × Чишминский 95) и сорт Чишминский 229 – оба образца созданы методом гибридизации на основе сорта Чишминский 95. В свою очередь сорт Чишминский 229, участвующий в создании линии местной селекции Л-30346 (Чишминский 229 × Л-27266), находится по отношению к ней в соседнем минорном кластере: А2а и А2b соответственно. Сложнее



объяснить тесную близость укосно-зернового сорта местной селекции Кормовой 5 и зернового сорта Чишминский 80, созданных на разной генетической основе, но имеющих признак неосыпаемости, белые цветки, желто-розовые округлые семена и относящихся к одной ботанической разновидности – *var. esaducum* Makash. – неоппадающая.

В большом кластере В оказались две линии местной селекции, созданные на основе украинских сортов и сортов местной селекции Кормового 5 и Шихана, которые также относятся к одной ботанической разновидности *esaducum*.

В большом кластере С в соседних минорных кластерах С1а и С1б сосредоточились 2 сорта местной селекции: Шихан и Чишминский 95 (оба разновидности *esaducum*), очень близкие по своей генетической природе. Сорт Шихан создан на основе отборов из гибрида Чишминский 210 × Прикульский 380, а сорт Чишминский 95 имеет в своей родословной и сорт Чишминский 210, и сорт Шихан. В соседнем подкластере В находится линия местной селекции Л-26742 ((Улад. юб. × Шихан) × Шихан), в родословной которой также присутствует сорт Шихан.

Благодаря наличию разнообразного исходного материала, поставляемого ВИРОм в течение многих лет в Башкирский НИИСХ, в родословной каждого сорта и линии можно увидеть самый различный по происхождению материал. На наш взгляд, главный смысл анализируемой дендрограммы – визуализация генетической близости/удаленности образцов. Используемый ранее в Чишминском селекцентре принцип – подбор пар для гибридизации по наличию контрастных признаков и по расчетам генетической удаленности образцов на основе полевой оценки может быть дополнен результатами молекулярно-генетических исследований.

## ВЫВОДЫ

1. В результате изучения в 2009-2012 годах в условиях Республики Башкортостан 77 образцов гороха посевного из коллекции Всероссийского НИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова и других научно-исследовательских учреждений выделены и рекомендованы следующие перспективные для селекции источники:

– скороспелости: Чишминский 80, Л-26335 (Орел 11 × Л-18253), Л-27312 (КС3/89 × Чишминский 95), Л-28158 (ГВГ1156 × Усач), Л-29477 (Усач × Кормовой 5), Л-29825 (Л-27264 × Кормовой 5), Л-29865 (Усач × Чишминский 95), Л-30346 (Чишминский 229 × Л-27266), К-6753 (Чехия);

– высокой семенной продуктивности: Л-23654 (Поп.15-79 × Труженик), Л-27259 (К-7779 × Труженик), Л-27602 (КС4/89НПО Дон × Л-23148), Чишминский ранний, Чишминский 75, Чишминский 229, Арендатор, Казанец, Флаванда, Флагман 9, К-8396 Орел 2141, К-7779 (Англия), К-7992 (Корея), К-8289 (Нидерланды), К-8500 (Белоруссия), К-8750 (Португалия), К-8814 (США);

– сочетающие скороспелость с высокой семенной продуктивностью: Чишминский 75, Чишминский 80, Чишминский 95, Л-23654 (Поп.15-79 × Труженик), 8247НО, К-8750 (Португалия);

– высокопродуктивные и высокозасухоустойчивые: Чишминский 229, К-8750 (Португалия);

– устойчивые к полеганию и осыпанию семян: Памяти Хангильдина, Л-27259 (К-7779 × Труженик), Л-27262 (К-7779 × Труженик), Батрак, Казанец, Мультик, Флагман 9, К-8714 (Адыгея);

– с относительно высоким в условиях Республики Башкортостан и стабильным содержанием белка и хорошей разваримостью семян: Л-27602 (КС4/89НПО Дон × Л-23148), Л-29865 (Усач × Чишминский 95).

2. Выявлены достоверные корреляции между хозяйственно-ценными признаками, определяющими продуктивность гороха:

– масса семян с растения зависит от числа бобов на растении ( $r=0,65$ ) и числа семян с растения ( $r=0,59$ );

- период цветения – созревание имеет отрицательную связь с периодом входы – цветение ( $r=-0,53$ ) и положительную связь с полным вегетационным периодом ( $r=0,57$ );
- число бобов на растении и число семян с растения положительно связаны с числом продуктивных узлов ( $r=0,69$  и  $r=0,52$  соответственно);
- число семян с растения зависит от числа бобов на растении ( $r=0,62$ ).

3. Молекулярно-генетический анализ 33 образцов гороха по 5 микросателлитным локусам показал наличие у них выраженной генетической дифференциации. В каждом из 5 изученных микросателлитных локусов идентифицировано от 3 до 7 аллелей, в среднем 4,6 аллелей на локус. Средний уровень полиморфизма по SSR-маркерам среди изученных форм составляет 63%.

4. Выявлены достоверные связи между признаками осыпаемости семян, окраски семян и типа листа с аллелями микросателлитных локусов AB28, AD147. У образцов Чишминский 229 и К-8750 (Португалия), выделившихся как засухоустойчивые и высокопродуктивные, обнаружено специфическое сочетание аллелей – AA200<sup>3</sup><sub>205</sub> D21<sup>2</sup><sub>200</sub> AD147<sup>1</sup><sub>300</sub>, отсутствующее у других изученных образцов. Данное сочетание аллелей по 3 микросателлитным локусам может служить дополнительным критерием при отборе и прогнозировании высокой продуктивности и засухоустойчивости гороха посевного.

5. Для однозначной идентификации исследованных образцов гороха достаточно использовать 5 микросателлитных локусов – AA255, AA200, D21, AD147, AB28. Наибольшую эффективность для генетической паспортизации показали микросателлитные локусы D21, AD147, AB28, характеризующиеся высоким индексом полиморфности (PIC=0,76-0,78).

6. Для зарубежных образцов К-6548 (Индия) и К-8289 (Нидерланды) установлено наличие уникальных аллелей по локусу D21, а для сорта местной селекции Шихан – по локусу AA200, что даёт возможность проводить их быструю идентификацию.

7. Составлены генетические паспорта, позволяющие идентифицировать 33 образца местной, инорайонной отечественной и зарубежной селекции.

### **РЕКОМЕНДАЦИИ СЕЛЕКЦИОННОЙ ПРАКТИКЕ**

1. При селекции гороха на скороспелость, высокую продуктивность в условиях Республики Башкортостан целесообразно вовлекать в гибридизацию образцы Чишминский 75, Чишминский 80, Чишминский 95, Л-23654 (Поп.15-79 × Труженик), 8247НО, К-8750 (Португалия).

2. Для селекции на высокую урожайность и засухоустойчивость рекомендуется использовать образцы Чишминский 229, К-8750 (Португалия).

3. Оценку генетического разнообразия и сортовую идентификацию гороха посевного следует проводить с помощью микросателлитных маркеров.

### **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

*В журналах из перечня ВАК:*

1. Давлетов, Ф.А. Особенности роста и развития сортов и линий гороха различных морфотипов в условиях Южного Урала / Ф.А. Давлетов, К.П. Гайнуллина, А.Р. Ашиев // *Зерновое хозяйство России – Зерноград*, 2011. – № 5. – С. 22-31.
2. Давлетов, Ф.А. Влияние метеорологических условий на результаты гибридизации / Ф.А. Давлетов, К.П. Гайнуллина // *Аграрный вестник Урала*. – Екатеринбург, 2011. – № 4. – С. 5-6.
3. Давлетов, Ф.А. Высокотехнологичный сорт гороха Памяти Хангильдина / Ф.А. Давлетов, К.П. Гайнуллина, А.Р. Ашиев // *Зерновое хозяйство России*. – Зерноград, 2012. – № 5. – С. 28-32.
4. Давлетов, Ф.А. Изучение полиморфизма микросателлитных локусов гороха посевного (*Pisum sativum* L.) / Ф.А. Давлетов, К.П. Гайнуллина // *Вестник*

Башкирского государственного аграрного университета. – Уфа, 2013. – № 2. – С. 10-12.

В других изданиях:

5. Давлетов, Ф.А. Наследование морфологических признаков у гороха / Ф.А. Давлетов, К.П. Гайнуллина // Сб. науч. тр., посвященный 75-летию со дня рождения У.Г. Гусманова «Роль науки в инновационном развитии сельского хозяйства. Часть 2. Инновационные технологии – основа конкурентоспособности сельского хозяйства». – Уфа, 2010. – С. 83-87.
6. Гайнуллина, К.П. Использование метода гибридизации в селекции гороха / Ф.А. Давлетов, К.П. Гайнуллина // Сб. науч. тр., посвященный 75-летию со дня рождения У.Г. Гусманова «Роль науки в инновационном развитии сельского хозяйства. Часть 2. Инновационные технологии – основа конкурентоспособности сельского хозяйства». – Уфа, 2010. – С. 52-55.
7. Давлетов, Ф.А. Горох – культура традиционная и перспективная / Ф.А. Давлетов, К.П. Гайнуллина, Э.А. Гизатуллина // Сельские узоры. – Уфа, 2010. – № 2. – С. 12.
8. Давлетов, Ф.А. Меры борьбы с гороховой зерновкой / Ф.А. Давлетов, К.П. Гайнуллина // Сельские узоры. – Уфа, 2010. – № 5. – С. 31.
9. Давлетов, Ф.А. Результаты селекции гороха в Башкортостане / Ф.А. Давлетов, К.П. Гайнуллина, А.Р. Ашиев // Сб. науч. тр. ГНУ ВНИИЗ и К «Новые сорта сельскохозяйственных культур – составная часть инновационных технологий в растениеводстве». – Орел: ГНУ ВНИИЗБК, 2011. – С. 286-291.
10. Давлетов, Ф.А. Горох Чишминский 229 / Ф.А. Давлетов, К.П. Гайнуллина, А.Р. Ашиев, М.К. Азналин, Д.А. Шарипов // Агротиппорт. – Чишмы, 2011. – 2 с.
11. Давлетов, Ф.А. Горох Чишминский 95 / Ф.А. Давлетов, К.П. Гайнуллина, А.Р. Ашиев, М.К. Азналин, Д.А. Шарипов // Агротиппорт. – Чишмы, 2011. – 2 с.
12. Давлетов, Ф.А. Наследование признаков продуктивности гибридов гороха посевного (*Pisum sativum* L.) / Ф.А. Давлетов, К.П. Гайнуллина, А.Р. Ашиев // Вестник Академии наук РБ. – Уфа, 2013. – Т. 18, № 1. – С. 25-34.

Подписано в печать 14/11/13. Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Печать ризографическая. Тира 100 экз. Заказ 1175.  
Гарнитура «TimesNewRoman». Отпечатано в типографии  
«ПЕЧАТНЫЙ ДОМЪ» ИП ВЕРКО.  
Объем 1 п.л. Уфа, Карла Маркса 12 корп. 5.  
т/ф: 8(347) 27-27-600, 27-29-123