

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ – ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» В Г. ЗЕРНОГРАДЕ

На правах рукописи



СУХЕНКО НАДЕЖДА НИКОЛАЕВНА

**ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ И ГИБРИДОВ ГОРОХА
ДЛЯ СОЗДАНИЯ АДАПТИВНЫХ СОРТОВ В УСЛОВИЯХ ЮГА
РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Специальность: 06.01.05 – Селекция и семеноводство
сельскохозяйственных растений

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
кандидат сельскохозяйственных
наук, доцент
Костылева Людмила Михайловна

Зерноград – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 РАСПРОСТРАНЕНИЕ, ЗНАЧЕНИЕ, ОСОБЕННОСТИ РОСТА, ГЕНЕТИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ ГОРОХА (Обзор литературы)	9
1.1 История возникновения, основные регионы возделывания и распространения гороха	9
1.2 Роль гороха в производстве кормов и продуктов питания	15
1.3 Особенности роста и развития растений гороха	18
1.4 Генетика основных морфологических признаков гороха	19
1.5 Создание адаптивных и технологичных сортов гороха	31
1.6 Основные достижения и перспективы селекции гороха	42
2 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	51
2.1 Почвенно-климатические условия	51
2.2 Метеорологические условия в годы проведения исследований	53
2.3 Материал и методика исследований	56
3 СКРИНИНГ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ, АНАЛИЗ ГИБРИДОВ И ЛИНИЙ ГОРОХА С РАЗЛИЧНЫМ МОРФОТИПОМ ЛИСТА (Результаты исследований)	61
3.1 Подбор исходного материала для создания продуктивных сортов гороха	61

<i>3.1.1 Анализ сортообразцов по высоте растений, стеблестой и устойчивости к полеганию растений.....</i>	61
<i>3.1.2 Характеристика коллекционных образцов гороха по урожайности и элементам ее структуры.....</i>	65
<i>3.1.3 Формирование модели сорта на основе оптимальных величин признаков и поиск лучших сортов с помощью кластерного анализа</i>	74
<i>3.1.4 Сравнение признаков усатых и листочковых образцов гороха.....</i>	80
3.2 Наследование количественных признаков гибридов F₁.....	84
3.3 Наследование признаков гороха в F₂.....	93
3.4 Характеристика линий гороха листочковых и усатых морфотипов старших поколений.....	114
3.5 Сравнительный анализ линий гороха двух морфотипов по основным признакам в конкурсном испытании.....	123
3.6 Оценка адаптивности выделившихся линий гороха по урожайности...	130
4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ СОРТОВ ГОРОХА.....	133
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	136
ПРЕДЛОЖЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ.....	139
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	140
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	175

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. Горох посевной является ценной зернобобовой культурой в мире и в Российской Федерации. Широко известны разнообразные достоинства и универсальность этой культуры (Давлетов, 2008; Брежнев, 2009; Соболев, 2009; Кондыков и др., 2011; Лысенко, 2011; Брежнева и др., 2012; Давлетов, Ашиев, 2012; Сащенко, 2013; Шелепина, 2014; Зубов, Катюк, 2014; Гайнуллина, 2015). Горох служит источником растительного белка, витаминов, углеводов и микроэлементов, поэтому его возделывание играет немаловажную роль в решении проблем дефицита питания человека и животных (Gul и др., 2005; Давлетов, 2008; Щетинин, 2008; Амелин и др., 2009; Amarakoon, 2009; Жбанов, 2011; Голопятов и др., 2011; Ефремова, Роганов, 2012; Ашиев, 2014; Михалев, 2014; Gixnarı и др., 2014; Еряшев и др., 2015; Гайнуллина, 2015; Костерин, 2017; Зотиков и др., 2020).

В последние годы в развитии сельскохозяйственного производства наблюдаются негативные тенденции, направленные на ухудшение экологического состояния окружающей среды в связи с потеплением климата, сопровождающееся засухой, что ведет к нестабильности урожайности по годам и снижению качества производимой продукции. Гороху, как культуре, имеющей широкий ареал распространения, отводится роль экологически стабилизирующего фактора растениеводства. Благодаря многообразию сортов, скороспелости, холодостойкости, высокой продуктивности, положительному воздействию на плодородие почв, он возделывается в различных почвенно-климатических условиях (Амелин и др., 2008; Новикова, Фенин, 2011; Кузмичева, 2011; Панарина, 2011; Новикова, 2012а; Амелин, 2012; Ашиев, 2014; Кадермас, 2015; Гончаров и др., 2015; Костерин, 2017; Kosev, Vasileva, 2019; URL: <https://agromage.com/book.php?id=6>).

Современные сорта гороха обладают достаточно высоким потенциалом продуктивности, но его реализация в производстве сдерживается из-за их слабой устойчивости к неблагоприятному воздействию биотических и абиотических факторов среды (Задорин, 2005; Биленко, 2006; Давлетов, 2008; Костылев, Лысенко, 2009; Чекалин, 2009; Брежнев, 2009; Панарина, Амелин, 2010; Панарина, 2011;

Кондыков, 2011; Амелин, 2012; Пономарева, Терехов, 2012; Бугайов и др., 2013; Гайнуллина, 2013; Голопятов, 2014а; Коробова и др., 2016; Коробова и др., 2016а). В связи с сильным варьированием урожая культуры, в целом по всей России отмечена проблема нестабильности производства и качества зерна гороха, что тем самым значительно не покрывает потребностей рынка (Чегамирза, 2004; Зотиков, Боровлев, 2008; Давлетов, 2008; Шурхаева, 2011; Фадеев, 2014; Заболотских, 2014).

В современных селекционных программах актуальной задачей является создание высокотехнологичных и адаптивных сортов и гибридов гороха с оптимальным листовым аппаратом, имеющих ценное народно-хозяйственное значение, обеспечивающих высокие стабильные урожаи в условиях недостаточного увлажнения (Корниенко, 2006; Давлетов, 2008; Пер. рес. тех., 2009; Соболев, 2009; Костылев, Лысенко, 2009; Брежнев, 2009; Давлетов, Гайнуллина, 2012; Давлетов, Ашиев, 2012; Ефремова и др., 2012; Зотиков и др., 2012; Гайнуллина 2013; Давлетов и др., 2014; Соболева и др., 2014; Шелепина, 2014; Georgieva и др., 2016; Коробова и др., 2016; Соболева и др., 2020).

Для решения этой задачи необходимо изучение генофонда коллекции, поиск источников ценных признаков, использование их в селекционном процессе, выявление характера изменчивости признаков и закономерностей их формирования, а также анализ гибридных генотипов адаптивных образцов (Соболев, 2009; Шурхаева, 2011; Обухова и др., 2012; Ашиев, 2014; Kosev, 2014; Омелянюк и др., 2019; Davletov и др., 2020).

Цель наших исследований: изучение хозяйственно-биологических признаков и свойств коллекционных образцов различной селекции и линий гороха, создание на их основе гибридного материала с последующим отбором высокопродуктивных генотипов, приспособленных к условиям южной зоны Ростовской области.

Задачи:

- изучить коллекционные образцы по комплексу количественных признаков, устойчивости растений к полеганию и выделить лучшие;
- разработать оптимальную модель сорта для условий юга России;

- провести гибридизацию, изучить типы наследования количественных признаков гибридов F_1 и F_2 и осуществить отбор продуктивных форм;
- оценить влияние среднего эффекта гена *af* путем сравнения листочковых и усатых морфотипов F_2 ;
- провести биометрический анализ листочковых и усатых форм селекционных линий F_5 – F_7 гороха и выделить лучшие;
- проанализировать результаты конкурсного испытания и параметры адаптивности выделенных линий гороха;
- оценить экономическую эффективность внедрения новых сортов гороха усатого морфотипа.

Научная новизна исследований. В условиях Ростовской области проведено комплексное изучение коллекционных образцов гороха различного эколого-географического происхождения. Определены особенности изменчивости и взаимосвязи признаков продуктивности различных морфотипов гороха и выявлены образцы устойчивые к засушливым условиям южной зоны Ростовской области. Разработана модель сорта с оптимальными параметрами признаков для условий юга Ростовской области. Получены новые рекомбинанты растений гороха с селекционно-ценными признаками и установлены закономерности наследования количественных признаков у гибридов F_1 и F_2 .

Теоретическая и практическая значимость работы. Выделены источники хозяйственно ценных признаков различных морфотипов гороха для создания новых сортов. Сформирована модель сорта гороха, приемлемая для условий юга Ростовской области. Создан новый перспективный гибридный материал гороха с ценными признаками и свойствами. Из гибридных линий F_7 отобраны высокопродуктивные сортообразцы с устойчивостью к полеганию, представляющие большой интерес для селекции и сельскохозяйственного производства.

Методология и методы исследований. Исследования проводили полевым и лабораторным методами согласно общепринятым методикам. Статистическая обработка данных была проведена с помощью биометрических методов. Генетический анализ количественных признаков гибридов F_2 осуществляли с помощью

компьютерных программ поиска моделей расщепления Gen 3 (1997) и Полиген А (1984).

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Скрининг коллекционных образцов гороха по хозяйственно-ценным признакам в засушливых условиях южной зоны Ростовской области.
2. Взаимосвязь изученных признаков с урожайностью и параметры модели сорта гороха.
3. Наследование признаков у гибридов F_1 и F_2 .
4. Хозяйственно-биологическая ценность листочковых и усатых морфотипов старших поколений.
5. Сортоиспытание лучших линий гороха и анализ параметров их адаптивности.
6. Оценка экономической эффективности внедрения новых сортов гороха.

Степень достоверности и апробация работы. Исследования были проведены в 2011–2014 гг. в соответствии с планом научно-исследовательских работ Азово-Черноморской агроинженерной академии (ныне – Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «ДонГАУ» в г. Зернограде). Достоверность результатов была подтверждена системным подходом к исследованию, объемным проанализированным материалом с определением надежности биометрических показателей, полученных при статистической обработке данных.

Результаты исследований по теме диссертации докладывались на научно-практических конференциях молодых ученых и специалистов: г. Зерноград, 2012 г., «Инновационные технологии в растениеводстве» ФГОУ ВПО АЧГАА; г. Зерноград, 2013 г., «Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции» ФГОУ ВПО АЧГАА; г. Зерноград, 2014 г., «Научно-техническое обеспечение АПК Юга России» ФГОУ ВПО АЧГАА (грамота за III место); г. Новосибирск, 2014 г., заочное участие, «Научные перспективы XXI века; пос. Персиановский, 2021 г., «Современные наукоемкие технологии - основа модернизации агропромышленного комплекса» ФГБОУ ВО Донской ГАУ; г. Саратов, 2021 г., «Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного

комплекса в условиях аридизации климата» ФГБНУ РосНИИСК «Россорго».

Публикации. По материалам исследований, представленных в диссертации, опубликовано шесть научных работ, из них три, входящие в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ.

Личный вклад автора. Соискатель на всех этапах проведения исследования самостоятельно и планомерно выполнял следующие операции: подбор и анализ литературных источников и погодных условий в годы исследования; разработка программы научных исследований по теме диссертации, выбор методики и составление схем экспериментов; непосредственное проведение полевого опыта, гибридизации, отбор гибридных растений в поле; уборка вручную анализируемого материала, гибридологический и биометрический анализы количественных и качественных признаков растений. На основании собранных экспериментальных данных соискателем тщательно проведена их математическая обработка, обоснованно и грамотно интерпретированы основные выводы по результатам исследований.

Структура и объем диссертации. Диссертация в объеме 189 страниц текста, включает введение, 4 главы, заключение и предложения селекции, содержит 14 таблиц, 55 рисунков и 10 приложений.

Список литературы включает 315 наименований, в том числе 58 работ зарубежных авторов и 21 ссылку на интернет-ресурсы.

Искреннюю благодарность автор выражает своему научному руководителю кандидату сельскохозяйственных наук, доценту, Костылевой Людмиле Михайловне; доктору сельскохозяйственных наук, профессору, Костылеву Павлу Ивановичу; коллективу кафедры агрономии и биотехнологии Азово-Черноморского Инженерного института ФГБОУ ВО Донского ГАУ; доктору сельскохозяйственных наук, профессору, Давлетову Фирзинату Аглямвичу; кандидату сельскохозяйственных наук, Ашиеву Аркадию Русековичу.

1 РАСПРОСТРАНЕНИЕ, ЗНАЧЕНИЕ, ОСОБЕННОСТИ РОСТА, ГЕНЕТИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИЯ ГОРОХА

(Обзор литературы)

1.1 История возникновения, основные регионы возделывания и распространения гороха

Горох является одной из древнейших культур. Благодаря высокой питательной ценности он обнаружен человеком очень давно (Ковырялов, 1964; Макашева, 1973; Хвостова, 1975; Биленко, 2006; Gixhari и др., 2014; Вахитова, 2015; Костерин, 2015; Kosev, 2015; Shubhra, 2015). Судя по археологическим находкам, история происхождения гороха уходит в каменный век (Вавилов, 1965; Макашева 1973, 1979; Хвостова, 1975; Jaranowski, Mücke, 1985; Вишнякова и др., 2014; Gixhari и др., 2014; URL: https://www.greeninfo.ru/vegetables/pisum_sativum.html/Article/_aID/5827). Они различны как по периодам развития культуры, так и по территориальному принципу. Горные районы Юго-Западной Азии (Афганистан и Индия), Переднеазиатский очаг (Закавказье) и Абиссинский очаг (Эфиопия) по гипотезе Л. И. Говорова, являются первичными центрами происхождения гороха, так как в этих местах сконцентрированы примитивные формы гороха. Археологические находки в нагорьях Иракского Курдистана и Южной Турции свидетельствуют о первичном вхождении гороха в культуру из Передней Азии (Вавилов, 1965; Макашева 1973,1979; Хвостова, 1975; Вишнякова и др., 2014; URL: https://www.greeninfo.ru /vegetables/pisum_sativum.html/Article/_aID/5827). В пользу переднеазиатского происхождения говорит и ареал всех распространенных здесь дикорастущих видов гороха (Вавилов, 1965; Макашева, 1973; Хвостова, 1975; Вишнякова и др., 2014; Костерин, 2017; URL: https://www.greeninfo.ru/vegetables/pisum_sativum.html/Article/_aID/5827).

Современные исследования расширили понимание первичного центра не только в Передней Азии (Иран, Афганистан, Пакистан и Туркменистан), но и всего Средиземноморья (Греция, Италия, Испания и Марокко) (Smýkal, Kenicer,

2011; Вишнякова и др., 2014). Семена гороха были найдены в слоях неолитического периода каменного века при раскопках на территории Греции, Югославии, Ирака, Южной Турции, Западной Германии и Верхней Австрии, которые датируются между 7,5 и 4 тыс. лет до н.э. Обнаружены остатки гороха в озерных жилищах начала бронзового века в Швейцарии и во Франции (Макашева 1973, 1979; Хвостова, 1975; Кетов, 2005; URL: https://www.greeninfo.ru/vegetables/pisum_sativum.html/Article/_aID/5827). Из древних письменных источников известно, что во времена Феофраста (IV–III вв. до н.э.) горох использовали в пищу и на корм животным. Вероятно, из Афганистана через Индию горох попал в Китай в I веке до н.э., о чем свидетельствуют собранные там формы, сходные с афганскими по экологическим признакам. В Англию горох был завезен в средние века, где получил в основном овощное направление в качестве важного источника питания (Макашева, 1973). В литературе имеется описание, что в Америке широкое распространение горох получил после того, как в 1493 году был посеян Х. Колумбом на острове Изабелла (Макашева, 1973; Кетов, 2005; URL: https://www.greeninfo.ru/vegetables/pisum_sativum.html/Article/_aID/5827).

В нашей стране появление гороха было также с древних времен. Археологические находки времен 3–2 тыс. до н. э. в Черновицкой и Ивано-Франковской областях позволяют предположить, что начало продвижения культуры, могло быть с Южных районов России. Такие же находки были в Харьковской области. Много ископаемых остатков семян было найдено под г. Минском (VI–VIII вв. н.э.), в верховьях Днепра (IX–X вв. н.э.), на Старой Ладогге, в лесной зоне (VII в. н.э.), в Псковской области (V–VI вв. н.э.), на территории Новгорода (X–XIV вв.) (Макашева, 1973).

Во многих источниках (Макашева, 1973, 1979; Хвостова, 1975; Биленко, 2006; Давлетов, 2008; Ашиев, 2014) указывается о начале развития овощеводства с X в. н.э., а в XVIII в. широкое распространение горох получил и в полеводстве. Есть упоминания того времени о различных наименованиях гороха: «серый», «белый», «мелкосеменной», «крупносеменной», «скороспелый», «пучковой», «тычковый», «сахарный», «ползунок».

В нашей стране к 1913 г. посевы зерновых бобовых культур составляли 1,6 млн га, из них 800 тыс. га было под горохом. Сорты возделывали местные и завозные, которые были приспособлены к почвам и климату, но с низкими товарными качествами семян (Макашева, 1973; Хвостова, 1975; URL:<http://www.fao.org/3/a-i7136r.pdf>).

В России впервые селекционные исследования по гороху были начаты Д. Л. Рудзинским в 1905 г. на опытной станции при Петровском сельскохозяйственном институте (ныне Российский государственный аграрный университет –МСХА им. К. А. Тимирязева). В широком масштабе селекционные работы развернулись после Октябрьской революции на Вятской (ныне Фаленской), Казанской (Татарский НИИСХ), Шатиловской (Орловской), Омской (СибНИИСХ) и многих других опытных станциях (Макашева, 1973; Хвостова, 1975). До 1991 г. посевная площадь под горохом составляла около 3,3 млн. га (Шелепина, 2014).

Согласно литературным данным (Вербицкий, 1992; Вербицкий, Осокина, 2003), на Дону, к 1871 году полевое кормопроизводство практически отсутствовало. Длительное время горох высевали в очень малом количестве и, существенного продовольственного и кормового значения по области он не имел. В 1909 г. была организована Ростово-Нахичеванская опытная станция и, кормопроизводство получило научную направленность (Вербицкий, 1992; Коробова и др., 2019). На Донецком опытном поле в 1911 году был заложен первый севооборот с включением гороха. Первые опыты показали, что целесообразность его возделывания заключается не только в получении богатого белком концентрированного корма, но и в повышении урожайности следующих за ним в севообороте культур. Тем не менее, отсутствие средств защиты от вредителей и недостаток уборочных машин препятствовали широкому распространению этой культуры. Первая попытка селекционного улучшения гороха на Дону была в 1944 году на Зерноградской государственной селекционной станции, но работа носила периодический характер из-за отсутствия материальной базы и опыта. Значительное увеличение площадей под горохом произошло только с 1962 г., после того как была организована лаборатория

селекции и первичного семеноводства зерновых бобовых культур (Вербицкий, Осокина, 2003).

В Ростовской области горох широко возделывался в основном на зеленый корм. В среднем за 1959–1986 гг. средняя урожайность зеленой массы составляла 28,2 т/га. Средняя урожайность семян за 1960–1979 гг. варьировала от 0,68 до 3,01 т/га. В группу зерновых сортов отбирали раннеспелые, сравнительно низкорослые формы с массой 1000 семян 200–250 г. Анализ почвенно-климатических ресурсов территории Ростовской области с недостаточным и неустойчивым увлажнением позволил выявить соответствие биологических особенностей различных групп спелости условиям выращивания, научно обосновать размещение сортов по почвенно-климатическим зонам с целью наиболее рационального хозяйственного использования (Вербицкий, Осокина, 2003).

Исследования, проведенные Н.М. Вербицким (1992), показали, что самые благоприятные сочетания гидротермических факторов в период посев-всходы имеются в Приазовской, Северо-Западной и Северо-Восточной зонах Ростовской области. В последней зоне преимущества в наибольшей степени имеют раннеспелые сорта. Климат Приазовской зоны области позволяет получать относительно высокие урожаи зерна как раннеспелых, так и среднеспелых сортов – около 2,5–3,0 т/га.

В настоящее время в Ростовской области горох является основной наиболее урожайной культурой из зернобобовых (Ашиев, Хабибуллин, 2020). За период с 1962 года и по сегодняшний день районировано 25 сортов гороха Донской селекции. Основные площади занимают сорта зернового направления: Аксайский усатый 5, Аксайский усатый 7 и Аксайский усатый 55. В 2013–2014 гг. в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в сельскохозяйственном производстве РФ, были внесены сорта селекции Федерального Ростовского аграрного научного центра (ФРАНЦ, бывший ДЗНИИСХ) Альянс, Атаман и Кадет, в 2019 – Премьер и Сотник (Коробова и др., 2019).

Горох посевной (*P. sativum* L.) имеет большое разнообразие эколого-географических групп и обладает весьма обширным ареалом возделывания, преимущественно в широтах с умеренным климатом (Макашева, 1973; Фадеев, 2014).

Наибольшие площади под посевом гороха находятся в Канаде, России, Китае, Франции и Индии, а так же в Австралии, США, Бразилии и Аргентине (Давлетов, 2008; Зотиков, 2009; Кондыков и др., 2010б; Брежнева и др., 2012; Дебелый, 2012; Шелепина, 2014; Костерин, 2015). Горох распространен и в высокогорных районах: Тибет, Памир, Перу, Колумбия, Мексика, Эфиопия и Кавказ (Макашева, 1973).

Производство зерна гороха в мире варьирует на уровне 13–14 млн. т. Лидером по производству зерна гороха на мировом рынке является Канада (Clement и др. 2009; Дебелый, 2012; Гайнуллина, 2013; Ашиев, 2014; Давлетов и др., 2014; Зотиков и др., 2014а; Гончаров и др., 2015; URL: <https://www.openbusiness.ru/biz/business/obzor-rynka-gorokha-v-rossii/>)

В 2017 году FAO (продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН) официально было объявлено о начале популяризации зернобобовых культур по всему миру. Основанием такого интереса стала значимость культур для международной продовольственной безопасности, потому как, в первую очередь, именно бобовые восполняют человеку недостаток белка животного происхождения, во-вторых, они составляют основу рациона во многих странах азиатского региона (Мирзоева, Подлесецкая, 2019).

Мировые площади гороха на 2018 год составили 7,413 млн. га (URL: <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/QC/visualize>). За прошедшие 10 лет объем мировой торговли горохом вырос на 45,6 % и в 2019 году достиг 6 196,8 тыс. тонн (URL: <https://ab-centre.ru/news/rossiyskiy-rynok-goroha---tendencii-i-prognozy>).

Горох является основной зернобобовой культурой в Европе. Россия в настоящее время занимает второе место в мире по посевным площадям и по объему мирового экспорта гороха, обеспечивая 10,4% всех мировых поставок (в 2018 году – 17,4%) (URL: <https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-valovye-sbory-i-urozhaynost-goroha-v-rossii-itogi-2018-goda>). Растущий спрос на культуру обусло-

вил увеличение её площадей за последние годы в нашей стране с 653 тыс. га в 2008 г. до 1 434,7 тыс. га в 2018 году. В 2019 году посевы под горох сократились до 1 252,1 тыс. га (URL: <https://rosstat.gov.ru/>; <https://ab-centre.ru/news/rossiyskiy-rynok-goroha---tendencii-i-prognozy>). С учетом роста цен на горох происходило некоторое увеличение размеров площадей в 2020 году. В пользу увеличения площадей говорит и то, что существенно выросли поставки семян гороха для посева (в январе–апреле 2020 года, по отношению к аналогичному периоду 2019 года) (URL: <https://ab-centre.ru/news/rossiyskiy-rynok-goroha---tendencii-i-prognozy>).

Горох сеют во многих регионах нашей страны: Средне-Волжский, Волго-Вятский, Северо-Западный, Северный, Центральный, Центрально-Черноземный, Северо-Кавказский, Уральский (Дебелый, 2012; Гайнуллина, 2013; Ашиев, 2014; Давлетов и др., 2014; Зотиков и др., 2014а; Гончаров и др., 2015).

По статистическим данным (URL: <https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-valovye-sbory-i-urozhaynost-goroha-v-rossii-itogi-2018-goda>) в 2018 году первым регионом по объемам производства гороха в России был Ставропольский край. Размер площадей около 200,0 тыс. га, валовый сбор составил 324,0 тыс. тонн, при урожайности 16,5 ц/га. Ростовская область находится на втором месте среди регионов по площади посевов гороха (134,7 тыс. га), на третьем – по валовому сбору (166,6 тыс. тонн) и на десятом – по урожайности (12,8 ц/га). Крупными регионами по возделыванию гороха являются: Алтайский край (92,3 тыс. га), Омская область (86,0 тыс. га) и Краснодарский край (83,1 тыс. га). Большие посевы гороха также имеются в Республике Татарстан, Башкортостан, Тамбовской, Новосибирской и Рязанской областях. В Орловской области отмечена самая лучшая урожайность гороха – 30,8 ц/га. Сортами–лидерами по объемам высева в России в 2019 году были Аксайский усатый 55, Ямальский, Фокор, Аксайский усатый 7, Фараон и Спартак (Полухин, Панарина, 2020).

Валовые сборы гороха в России в 2019 году, по данным Росстата, несмотря на сокращение размеров площадей, составили 2 369,5 тыс. тонн. За последние пять лет валовые сборы выросли на 70,7 %. Поставки российского гороха в 2019

году за рубеж значительно снизились. Средняя по годам урожайность гороха в России в 1991–2000 гг. составляла 11,5 ц/га, в 2001–2010 гг. увеличилась до 16,7 ц/га, в 2011–2018 гг. достигла 18,1 ц/га (URL: <https://www.openbusiness.ru/biz/business/obzor-rynka-gorokha-v-rossii/>).

1.2 Роль гороха в производстве кормов и продуктов питания

Основным биологическим источником ценного высококачественного белка в нашей стране является горох. Содержание белка в семенах может изменяться от 17 до 36 % и в зеленой массе – от 14 до 24 % в зависимости от особенностей сорта и условий возделывания (Федотов, 1960; Ковырялов, 1964; Макашева, 1973; Вербицкий, 1983; Пыльнев и др., 2005; Зотиков и др., 2006; Зотиков, 2009; Фадеев, 2014; Шелепина, 2014; Ашиев, 2014).

Зерно нынешних сортов гороха имеет несколько технологических и биохимических показателей, позволяющих использовать его, на кормовые и продовольственные цели, в безотходных технологиях переработки (Шелепина, 2009). Один килограмм семян гороха содержит 158 г переваримого белка. В белке имеются в большом количестве все незаменимые аминокислоты, которые очень важны для нормальной жизнедеятельности организма человека и животных (лизин, метионин, триптофан, треонин, валин, фенилаланин, лейцин, изолейцин, гистидин, аргинин). Этот аминокислотный состав характеризуется высокой сбалансированностью (Федотов, 1960; Ковырялов, 1964; Макашева, 1973; Вербицкий, 1983; Хаджи, 1997; Пыльнев и др., 2005; Зотиков и др., 2009; Давлетов, 2008; Щетинин, 2008; Кондыков и др., 2010а; Кондыков и др., 2010б; Обухова и др., 2012; Фадеев, 2014; Шелепина, 2014; Ашиев, 2014; Голопятов и др., 2014а; Вишнякова и др., 2014а; Зотиков и др., 2014а; Еряшев и др., 2015; Гармашов и др., 2015; Shubhra, 2015; Ашиев и др., 2018).

Зерно гороха содержит значительное количество углеводов, которые определяют вкусовые качества семян, и в наибольшем количестве из них крахмал. Также имеются гемицеллюлоза, клетчатка, пектиновые вещества (Федотов, 1960; Макашева, 1973; Хвостова, 1975; Задорин, 2005; Давлетов, 2008; Zhao и др., 2020). Главными компонентами крахмала являются амилоза и амилопектин. От большего содержания амилозы зависит возможность образования энзимрезистентных крахмалов. Они принадлежат к классу пребиотиков и являются субстратом в желудочно-кишечной микрофлоре, также оказывают влияние на липидный и глюкозный метаболизмы (Юрьев и др., 2005; Сучкова, 2009). Благодаря пространственно-молекулярной структуре амилозы гороха появилось перспективное направление в получении высококачественного сырья для производства биологически разлагаемой пластмассы (Голопятов, Костикова, 2012; Зеленов, 2015б), а из зерна с большим содержанием амилозы получают большое количество спирта (Павловская, 2004; Давлетов, 2008).

Питательная ценность гороха заключается также, благодаря наличию в семенах большого количества ферментов (мальтаза, сахараза, редуктаза и др.) и минеральных веществ. Большое питательное и лекарственное значение для человека имеет потребление свежего и консервированного зеленого горошка, так как зеленые бобы и семена богаты витаминами А, В₁, В₂, В₆, В₉, РР, С, в проростках содержится еще и витамин Е (Федотов, 1960; Макашева 1973, 1979; Сухарев, 2005; Давлетов, 2006; Давлетов, 2008; Золотарева, 2012; Smýkal и др., 2012; Ашиев, 2014; Фадеев, 2014; Михалев, 2014; Al-Saady и др., 2018). В большом разнообразии из зерна гороха можно готовить блюда: супы, гарниры, соусы, котлеты, паштеты, а также использовать в качестве белкового обогатителя муки (Ковырялов, 1964).

В ФНЦ ЗБК (ВНИИЗБК) с соисполнителями (ВНИИ крахмалопродуктов, НИИ новых пищевых веществ) разработана интересная технология для получения белково-углеводных продуктов, при этом используя глубокую обработку зерна. Результаты этих опытов, показали, что такие продукты можно использовать в качестве заменителей дорогого импортного соевого концентрата при приготовлении разнообразных колбасных, кондитерских продуктов и плавленых сыров, что делает их

тем самым значительно дешевле и без ухудшения питательности и вкуса (Пыльнев и др., 2005).

Для различных животных в качестве хорошего концентрированного корма горох используют на зернофураж, что позволит повысить продуктивность и снизить себестоимость. Растения гороха могут быть использованы в качестве зеленого корма или же скошенные на сено в фазу цветения (по питательности приравниваются к люцерне). Большую кормовую ценность представляют зерновые отходы и мякина. Разнообразное использование гороха, как источника высокобелкового растительного сырья, на приготовление силоса, травяной муки, сенажа и комбикормов. Отмечена большая эффективность использования муки из гороха при выпойке молодняка сельскохозяйственных животных. Высокими кормовыми достоинствами отличается гороховая солома, так как она богата зольными элементами: фосфор, кальций, калий и др. (Федотов, 1960; Макашева, 1973; Вербицкий, 1983; Амелин и др., 2009; Кондыков и др. 2010б; Mikić и др., 2011; Шукис, 2013; Шелепина, 2014; Михалев, 2014).

Важную агротехническую роль горох играет в сохранении и повышении плодородия почвы. Благодаря мощному корневому аппарату он может доставать до глубоких слоев почвы, в которой есть питательные вещества, использовать трудно растворимые минеральные соединения, тем самым улучшает химические свойства почвы, а в симбиозе с клубеньковыми бактериями обогащает почву биологическим азотом. Все эти свойства позволяют снизить потребность в минеральных удобрениях, стабилизируют баланс гумуса и повышают фитосанитарную устойчивость севооборота. Поэтому горох является одним из лучших предшественников почти для всех культур. Производственной практикой и научными опытами доказано, что горох значительно повышает урожаи следующих за ним зерновых колосовых культур и сахарной свеклы (Федотов, 1960; Ковырялов, 1964; Макашева, 1973; Вербицкий, 1983; Хангильдин и др., 1986; Хамоков, 1999, 2009; Кетов, 2005; Пыльнев и др., 2005; Соловов, 2006; Наумкина, 2007; Давлетов, 2008; Кондыков и др., 2010б; Неманкин, 2011; Брежнева и др., 2012; Smýkal и др., 2012; Ашиев, 2014; Михалев, 2014; Гурьев, 2014; Кадермас, 2015; Омельянюк, 2015;

Вахитова, 2015; Kosev, 2015; Vasileva, Kosev, 2015; Ouafi и др., 2016; Шор и др., 2017).

Высокая ценность культуры определяется созданием резервов, так как семена гороха способны сохранять пищевые и вкусовые качества в течение 10 лет (Бадина, 1974; Давлетов, 2008).

1.3 Особенности роста и развития растений гороха

Первый период вегетации растений гороха «посев – всходы» длится примерно 6 – 7 дней. Всходы могут быть и позже, если наблюдается недостаток влаги и тепла. Семена диких видов гороха прорастают значительно медленнее семян культурных видов. Эта особенность обуславливается трудно проницаемой для воды толстой семенной кожурой, свойственной диким видам, и физиологическими особенностями семян. Первый и второй этапы органогенеза соответствуют первому периоду. На этих этапах формируются вегетативные органы (корни, стебли, листья) и происходит их рост. Редуцирован самый первый зачаточный лист, у 2-го и 3-го имеется меньше листочков и усики очень слабо развиты. У растений гороха количество листочков в листе постепенно возрастает от самых нижних к верхним ярусам. На ярусах четвертого и пятого порядка происходит закладка развитых листьев с полным количеством листочков и хорошо развитыми усиками (Макашева, 1973).

Длительность второго периода вегетации гороха «всходы–цветение» 20–25 дней у самых раннеспелых сортов гороха при подходящих условиях, у поздних – 45–50 дней. Данный период соответствует 3–8 этапам органогенеза, формируются оси соцветий, происходит дифференциация, рост всех генеративных органов и опыление.

Цветочные почки закладываются снизу вверх. У ранних сортов самые первые цветочные почки начинают зарождаться в 7-8-м узлах, у позднеспелых – на 18-20-

м узлах. В результате если больше плодущих узлов формируется на растении, то цветение гороха продлевается. У форм со штамбовым стеблем при большой численности цветков на каждом узле период цветения и созревания проходит в более короткие сроки.

Длительность 3-го периода вегетации «цветение–созревание» зависит от условий развития и сорта, и может быть от 25 до 75 дней. При наиболее лучших обстоятельствах раннеспелые сорта гороха завершают свой вегетационный период примерно за 45–50 дней. Третий период совпадает с 9–12 этапами органогенеза, происходит формирование, рост и созревание репродуктивных органов (бобов и семян), снижение деятельности верхушечного конуса нарастания (Федотов, 1960; Макашева, 1973; Сащенко, 2013; Ашиев, 2014; Сащенко, Подвигина, 2014).

После того как произошло опыление, завязь усиленно растет. Створки боба увеличиваются в длину и ширину, плод достигает фазы плоского боба, и одновременно формируются органы зародыша семени. Происходит накопление пластических веществ в паренхимной ткани створок боба, откуда эти вещества затем перемещаются в наливающееся зерно. Налив зерна и созревание его по ярусам протекает от нижних ярусов к верхним. Семена значительно увеличиваются в размере. После налива зерна постепенно исчезает хлорофилл в бобах, семенной коже и семядолях; происходит подсыхание створок боба, а затем семян. У некоторых разновидностей хлорофилл в семядолях и в семенной коже остается и в созревших семенах (Федотов, 1960; Макашева, 1973; Ашиев, 2014).

1.4 Генетика основных морфологических признаков гороха

Листовые мутации. Морфологическое разнообразие признаков листа гороха достаточно большое, различающееся наличием или отсутствием листьев и усиков, особенностью ветвления черешка (Хвостова, 1975; Фадеев, 2014). Наследование признаков листа у гороха изучалось довольно подробно и в результате больших трудов генетиков и селекционеров получено много разнообразных му-

тантных форм (Blixt, 1972; Хангильдин, 1984; Villani, DeMason, 2000; Hofer и др., 2001; Кондыков, 2008; Щетинин, 2008; Зеленов, 2011; Фадеев, 2014). Морфофизиологический статус растения существенно изменился с выявлением мутантных рецессивных аллелей и их внедрение в генотипы. Благодаря такой кардинальной перестройке архитектоники листа, произошел стремительный прогресс селекции культуры, направленный на повышение продуктивности и технологичности сортов гороха (Хангильдин, 1984; Вербицкий, 1992; Амелин, 2001; Задорин, 2005; Зеленов и др., 2008а; Щетинин, 2008; Li и др., 2010; Зеленов, 2011; Кондыков, 2012; Кондыков, Бобков, 2012; Cieslarova и др., 2012; Задорин и др., 2014; Фадеев, 2014; Кайгородова, 2014).

Обычный парноперистый тип листа растений гороха с одной или несколькими парами листочков вдоль центральной оси и с умеренно развитыми усиками является результатом действия двух доминантных генов: *Af* – развитие листовых пластинок, *Tl* – усиков на конце листа (Villani, DeMason, 1999, 2000; Yaxley и др., 2001; Давлетов, 2008; Ооржак, 2010; Zhuang и др., 2012; Фадеев, 2014; URL: <https://agromage.com/book.php?id=6>).

Французский ученый П. Вильморен впервые описал форму с добавочными листовыми пластинками вместо усиков и установил рецессивную природу признака непарноперистого акациевидного безусикового листа.

О. White (1917) установил для генов символы *Tl* и *tl*: первый контролирует формирование листа с усиками, второй трансформирует усики в дополнительные листовые пластинки (White, 1917; Хвостова, 1975; Mikić и др., 2011; Давлетов, 2008; Кайгородова, 2014; Ашиев, 2014; Шелепина, 2014). В дальнейшем идентичные мутации листьев гороха выявлены С. Веллензиком, В. В. Хангильдиным и Р.Х. Макашевой (Wellensiek, 1959; Хвостова, 1975; Давлетов, 2008; Шелепина, 2014; Кайгородова, 2014). R. Lamm (1957) выявил трансформированную форму, у которой прибавочные листовые пластинки были на много меньше и находились на длинных черешках. Он внес изменения в символ *tl* на *tl^v* и прибавил *tl^{pet}*. В отношении к обыкновенному и акациевидному листу этот новый признак является ре-

рецессивным. G. Rosen (1944) установил, что на количество листочков в таком непарноперистом листе влияет ген *Up* (Хвостова, 1975; Давлетов, 2008; Шелепина, 2014; Ашиев, 2014; Фадеев, 2014).

На сегодняшний день в мировой селекции широко используется форма гороха с усатым типом листа. По своему характеру она является мутацией безлисточковости. Впервые безлисточковая форма с усатым типом листа была обнаружена В.К. Соловьевой в 1949 году, как спонтанная мутация в сорте Свобода (Хвостова, 1975; Ашиев и др., 2021). В.В. Хангильдин (1966) и J. Goldenberg (1965) независимо друг от друга доказали, что отсутствие листочков контролируется рецессивным геном *af* (*leaf*), который вызывает многократное ветвление и развитие гипертрофированных усиков (Хвостова, 1975; Hofer и др., 2001; Давлетов, 2008; Новикова и др., 2012; Шелепина, 2014; Кайгородова, 2014; Фадеев, 2014). Благодаря мутации безлисточковости был выделен новый перспективный усатый морфотип гороха, что позволило удачно разрешить задачу по созданию устойчивых к полеганию в стадии технической спелости образцов пригодных для механизированной уборки. Редукция листочков вызывает увеличение площади прилистников и увеличение содержания хлорофилла (Задорин, 2005; Лысенко, 2011; Давлетов, 2008; Кайгородова, 2014; Фадеев, 2014; Фадеева, 2012). Исследователи С. Pellew и А. Swerdrup (1923) установили наличие гена *St*, который отвечает за сужение прилистника и меняет его конфигурацию в узкие крылья. Позднее Н. Lamprecht (1960) открыл ген *stim*, который уменьшает и меняет прилистник по конфигурации. Так же был открыт рецессивный ген *cotr*. При его действии прилистники становились более короткие, ланцетовидные и сильнее редуцированы (Говоров, 1937; Хвостова, 1975; Давлетов, 2008; Ашиев, 2014; URL: <https://agromage.com/book.php?id=6>). S.I. Wellensiek получил мутант с очень оригинальными ложковидными прилистниками (*cochleata*) в виде округлых листочков на длинных черешках (Wellensiek, 1959; Хвостова, 1975; Yaxley и др., 2001).

В малом количестве, при гибридизации усатой формы листа с акациевидной, были получены растения с особенным типом сложного листа на Грибовской овощной селекционной станции (Хангильдин, 1966; Хвостова, 1975). Рецессив-

ный ген *af* блокирует образование листовых пластинок и сильнее развиваются усики, а ген *tl(tl^w)* трансформирует усики в дополнительные листовые пластинки.

Таким образом, был получен новый оригинальный тип листа – многократно-непарноперистый, с генотипом *af^{tl^w}*, у которого отсутствуют обычные листовые пластинки, усики укорочены и оканчиваются мелкими листочками (Хвостова, 1975; Давлетов, 2008; Зеленов и др., 2008а; Фадеев, 2014). Изучено, что эта форма характеризуется повышенной активностью фотосинтетических процессов (Щетинин, 2008) и высоким содержанием белка в семенах 27–28 %, но по урожайности зерна уступает стандартным сортам из-за сильной полегаемости стебля по причине отсутствия усиков и слабой приспособленности к стрессовым климатическим факторам (Шелепина, 2014).

Индийским ученым В. Sharma (1981) были получены растения с другой новой формой листа. Она стала результатом химического мутагенеза и имела акациевидный лист, но с преобразованием в усики верхней пары листочков (усиковая акация). Ген *tac^B* отвечает за формирование данной мутации (Кайгородова, 2014).

В 1989 году в ФНЦ ЗБК (ВНИИЗБК) Зеленовым А.Н. из комбинации образца из Индии с морщинистыми семенами «Усиковая акация» с сортом Filbu из Великобритании (усатым с редуцированными прилистниками) выявлена спонтанная мутантная форма гороха с разнообразной морфологией листа, в зависимости от его размещения на стебле. В последующем получен новый морфотип с ярусной гетерофилией, названный «хамелеон» (Пыльнев и др., 2005; Задорин, 2005; Корниенко, 2006; Щетинин, 2008; Зеленов и др., 2008а; Зеленов, 2011а; Амелин и др., 2011а; Задорин, 2013; Задорин и др., 2014; Шелепина, 2014; Зеленов, 2015б). В результате гибридологического анализа исследователями было установлено, что такая форма является транслокантом. Ярусная гетерофилия является результатом взаимодействия двух аллелей *af* и *tac^B*. Два развитых листа нижнего яруса имеют 2–3 листочка и усик, а на следующих 4–х узлах сформированы усатые листья. Вверху в зоне плодоношения листья сформированы многократно разветвленными усиками на которых размещены листочки. На величину проявления указанных признаков влияют условия выращивания и генетические особенности. Фенотипи-

чески гетерофилия наследуется как рецессивный признак по отношению к листочковым и усатым генотипам (Зеленов, 2001; Задорин, 2005; Щетинин, 2008; Зеленов, 2011a; DeMason и др., 2013; Задорин, 2013; Зеленов и др., 2014б; Шелепина, 2014; Фадеев, 2014; Зеленов и др., 2018). Селекционная ценность данной мутации заключается в повышенном биологическом потенциале и высоких физиологических параметрах продукционного процесса, за счет формирования мощного и эффективного фотосинтетического механизма и достаточно сильного сформированного корневого аппарата (Пыльнев и др., 2005; Задорин, 2005; Корниенко, 2006; Зеленов, 2011a; Вишнякова, 2012; Шелепина, 2014).

Была обнаружена спонтанная мутация листа в 2002 году среди растений детерминантного короткостебельного с усатым типом листа сорта Батрак. Она выделялась необычными для растений гороха глубокорассеченными в верхней части листочками и неветвящимися усиками, отходящими от черешка у начала листочков (Зеленов и др., 2008б; Щетинин, 2008; DeMason и др., 2013; Задорин и др., 2014; Фадеев, 2014). Появление такой формы определено комплементарным взаимодействием генов безлисточковости *af* и усиковой акации *tac^A* (Зеленов и др., 2006, 2008б; Шелепина, 2014; Фадеев, 2014). Данная форма имеет рецессивный характер по отношению к любым листовым формам. Рассеченнолисточковый *Rac*-тип превосходит сорт Батрак по продуктивности зерна и биомассы (Щетинин, 2008). При дальнейшей селекционной работе были получены формы растений, которые превосходили по показателям продуктивности родительскую форму *Rac*-тип, что подтверждает перспективность морфотипа. Так же как и исходный сорт, он имеет неосыпающиеся семена и детерминантный тип роста стебля (Зеленов, 2005; Щетинин, 2007; Фадеева, 2012; Кондыков, 2012; Зеленов и др., 2013a; Кайгородова, 2014).

Из сорта Мультик (гетерофильная форма) получен многократно-непарноперистый нестабильный по типу листа образец «мутант Агритек». Среди его посевов был найден мутант с дважды непарноперистыми листьями без усиков (Зеленов и др., 2011). Такой признак является результатом взаимодействия трех рецессивных генов: *af*, *tl* и *tac^B* (усиковая акация – В). Данную форму растения ре-

шили обозначить как «В-Аgrimут» (Sharma, 1981; Щетинин, 2008; Шелепина, 2014).

В скрещивании комбинации многократно непарноперистой формы Пап-485/4 с рассеченнолисточковой *Pac*-тип методом индивидуального отбора получен морфотип с дважды непарноперистыми листьями и усиками у начала основания листочков. Отвечают за их формирование рецессивные аллели *af*, *tl* и *tac*^A. Такая форма была названа «А-Аgrimут» (Saeed, Iqbal, 2003; Шелепина, 2014; Фадеев, 2014).

Активный формообразовательный процесс произошел при скрещивании рассеченнолисточковой и гетерофильной форм. Во втором поколении обнаружено небольшое число растений пятилисточковых акаций. Данный тип листа имеет в нижнем отделе стебля, до первого продуктивного узла, тройчатый лист, а выше – непарноперистый с 5-ю большими листочками. Такая форма контролируется генами *tl* и *tac*^B. Также проявились растения морфотипа усиковой акации, но черешочки 2-х пар базальных листьев на основном черешке сведены и имеют сходство с крыльями бабочки, а из точки прикрепления этих листьев образуется пара усиков. Этому морфотипу листа было дано наименование «Баттерфляй» (Sharma, 1981; Щетинин, 2008; Фадеев, 2014).

Короткостебельность и детерминантность. Первыми исследователями в области генетики гороха (G. Mendel, O. White) было установлено, что длина стебля определяется одним геном *Le* (высокий) и *le* (низкий), но последующие исследования (E. Keebl, C. Pellew; H. Naan; R. Lamm; J. Rasmusson; G. Rosen) открыли очень сложный характер наследования этого признака (White, 1918; Хвостова, 1975). Было установлено, что данный признак контролируется не менее чем двумя системами генов, одна из которых обуславливает длину междоузлий, а вторая – их число (Хвостова, 1975; Безугла и др., 2014). В дальнейшем длина стебля гороха стала рассматриваться как признак, обусловленный большим числом генов, локализованных во всех хромосомах. В настоящее время известно более 6 морфотипов гороха генетически различающихся по высоте растений (Дебелый, 2009; Новикова и др., 2012).

Гены, отвечающие за длину междоузлий: Le_1 , La , Lb , lm , Cry_1 , Cry_2 , Cry^{dw}_2 , Cry^{lw}_2 , Cry^{na}_2 , cy_1 , cy^c_2 , cy^s_2 (Хвостова, 1975; Давлетов, 2008; Ашиев, 2014). Доминантный ген Lm совместно с Le или le дает обычный длинный или короткий стебель, а рецессив lm делает стебель короче наполовину. Полимерные гены La и Cry соответствуют Cry_1 и Cry_2 . В зависимости от влияния аллелей друг на друга может быть несколько типов растений: от высоких до очень низких карликов. С. Келленбергер (1952) установил ген sb (*screwball*), который обуславливает развитие полукарликового стебля с уменьшенными листьями, в дальнейшем этот ген был переименован Н. Lamprecht в sp (*semipumilio*) (Lamprecht, 1953; Хвостова, 1975). Множественные аллели гена T , которые влияют на высоту растения через изменение количества междоузлий, были предложены F. Keebl, С. Pellew (Keebl, Pellew, 1910) и О. White (White, 1918). Ими было доказано, что ген T_1 обуславливает развитие 40–60, T_2 – 20–30, T – 20–40 и t – 10–20 междоузлий на стебле. Н. Lamprecht (1962) определил гены количества междоузлий – mie (*minuere*), miu и $minu$, и 4 гена, от которых зависит их длина: cot , col , coh и $cona$. Рецессивный ген $minu$ понижает высоту стебля и растение целиком (Макашева, 1973; Хвостова, 1975; Давлетов, 2008; Ашиев, 2014).

У растений гороха с традиционным удлиненным стеблем имеется несколько негативных характеристик: склонность к израстанию, длительный репродуктивный период, неравномерность созревания, полегание растений. Всё это является причиной ухудшения качества семян и низкой урожайности. В селекции гороха долгое время в качестве селекционного признака использовался индетерминантный длинный стебель с неограниченным ростом для повышения урожайности за счет увеличения продуктивных узлов (Skaidrīte и др., 2012; Фадеев, 2014; Кайгородова, 2014). Перед селекционерами в 80-е годы прошлого столетия была поставлена задача создания сортов с укороченным стеблем (Давлетов, 2008). Сортам с коротким стеблем свойственны более утолщенные и плотные междоузлия с лучшей проводящей системой стебля и механической тканью, значит и хорошее снабжение ассимилянтами репродуктивных органов (Амелин, 2001; Кайгородова, 2014). Короткостебельность сопровождается увеличением коэффициента хозяйст-

венного использования при относительно стабильной общей биомассе растений в агроценозе (Новикова и др., 2012). В условиях хорошего увлажнения такие сорта формируют высокий потенциал урожайности, но к фазе уборки полегают, так же, как и длинностебельные (Фадеев, 2014). По данным некоторых исследователей (Вербицкий, 1992; Дебелый, 2009; Фадеев, 2014) они отличаются пониженной засухоустойчивостью. Большинство короткостебельных высокопродуктивных сортов нашей и зарубежной селекции было выделено на основе уменьшения длины междоузлий с прочным стеблем (Фадеев, 2014). Многими исследователями: А.И. Клыш, Г. А. Дебелым, О. И. Бежанидзе, Л. В. Куктеш, Н. В. Лукашевич, В. И. Нечаевым и др. было отмечено преимущество признака короткостебельности (Ашиев, 2014).

Путем создания короткостебельных растений с детерминантным типом развития стебля в процессе селекции удалось решить проблемы с полеганием, сроками созревания и нестабильной урожайностью. У таких форм репродуктивный период укорочен и продуктивных узлов ограниченное количество, потому как рост основного стебля прекращается после образования апикального соцветия (Акульчева, 2000; Кондыков и др, 2006; Кондыков и др., 2013; Шелепина, 2014; Кайгородова, 2014; Ашиев, 2014; Фадеев, 2014).

Форма с фасцированным (штамбовым) стеблем относится к одной из разновидностей детерминантного габитуса растений гороха, которая была описана в 1597 г. (Хвостова, 1975; Макашева, 1979; Шелепина, 2014). Штамбовость стебля определена рецессивными аллелями *fa*, *fas*, *det* и *deh* (Ашиев, 2014).

Г. Мендель выявил доминирование обычного стебля над фасцированным и монофакториальное наследование, но лишь в 1917 году О. White (1917) дал обозначение символам для гена, отвечающего за фасциацию *Fa - fa* (Хвостова, 1975). В некоторых литературных источниках упоминается о исследованиях Н. Lamprecht по типу такого габитуса, который контролировался еще одним рецессивным геном *fas*. У фасцированных форм длинный стебель оканчивается ложным зонтиком. Цветение наступает практически одновременно, но в нижней части стебель ослаблен и не может удерживать в вертикальном положении всю репродуктивную

массу, поэтому склонен к полеганию (Blixt, 1972; Хвостова, 1975; Пыльнев и др., 2005; Шелепина, 2014). В. Х. Хангильдин (1975) высказал предположение, что растения с формированием такого стебля не представляют ценности в селекционной работе (Хангильдин, 1975; Шелепина, 2014).

В нынешнее время широко используются в селекции источники трех типов детерминантности растений гороха для повышения технологичности возделывания (Амелин и др., 2011б; Фадеев, 2014). Исследователями ВНИИЗБК была проведена классификация типов по географической точке, в которой впервые были обнаружены соответствующие мутации: самарская, московская и луганская модели.

Селекционером И.А. Поповой (1972) при обработке раствором НЭМ семян сорта овощного гороха Свобода получена мутантная линия с 1-2 продуктивными узлами. Влияет на детерминантный тип роста ген *det*, он находится в тесном сцеплении с геном *r* (морщинистость семян) и наследуется как простой рецессив. Данный факт усложняет применение таковой формы для селекции зерновых сортов с гладкими семенами. Эта модель детерминантности была названа *московской* (Шелепина, 2014; Кайгородова, 2014; Фадеев, 2014). Аналогичные мутации были получены зарубежными исследователями (Фадеев, 2014; Кайгородова, 2014).

Исследования признака детерминантности показали различную генетическую природу мутаций (Акульчева, 2000; Фадеев, 2014). Селекционером А.Е. Зубовым (2007) в посевах сорта Куйбышевский в 1983 году была найдена новая форма детерминантности с 2-4 цветками. Мутантная форма была устойчива к полеганию, имела компактное верхушечное расположение бобов, которые созревали одновременно (Усугев и др., 2002; Шелепина, 2014). Эта модель детерминантности названная *самарской* представляет наибольшую селекционную ценность, так как является гладкосемянной. Данная форма была применена как исходный материал для получения первого сорта зернового гороха с детерминантным габитусом Флагман (Зубов, Катюк, 2007; Фадеев, 2014; Шелепина, 2014). Растения отличались более ранним цветением и созреванием. Гену контролирующему детерминантность этой модели предложено присвоить символ *deh*

(*determinante habit*). Установлена неаллельность генов, которые обуславливают детерминантность у зернового и овощного гороха (Шелепина, 2014). Недостатком самарской модели является неполная пенетрантность признака, которая зависит от условий выращивания (Зеленов, 2001; Шелепина, 2014).

На Украине была выявлена *луганская* модель с гладкими семенами, ее детерминантность контролируется геном неаллельным рецессивному гену самарского типа. Но фенотипически и генотипически она более сходна с московской (Безугла и др., 2014; Фадеев, 2014).

При дальнейшем исследовании признака детерминантности был установлен рецессивный моногенный характер наследования всех трёх моделей (Акульчева, 2000). Акульчевой Н.Н. проведено тестирование на аллелизм мутаций детерминантного типа роста (Акульчева, 2000; Фадеев, 2014).

В 1991 году селекционером ФНЦ ЗБК (ВНИИЗБК) В.Н. Уваровым (1998) из комбинации F₃ Детерминантный ВСХИ (детерминант луганского типа *det*) × А-87-15 (форма с фасцированным стеблем) (Уваров, 1998; Шелепина, 2014) получен принципиально другой тип детерминантного габитуса с апикальным цветоносом, похожим на соцветие люпина и получившим название «люпиноид». Особенностью этой формы является наличие многочисленных очередно расположенных цветков на апикальном цветоносе (Кондыков и др., 2012; Шелепина, 2014). Отбор новой формы позволило создать технологичные сорта с большим числом бобов на продуктивном узле и тем самым формировать высокую продуктивность растения. По результатам гибридологического анализа выявлено, что формирование люпиноидного соцветия является результатом комплементарного взаимодействия генов *fas* и *fa* – фасцированный стебель и *stb(det)* – детерминантность луганской модели (Шелепина, 2014). Такая форма широко используется в селекции. (Кондыков и др., 2006; Кондыков и др., 2013; Sinjushin, 2013; Шелепина, 2014). Создана признаковая коллекция форм люпиноидного типа с целью выявления источников хозяйственно ценных признаков и дальнейших перспектив селекции люпиноидов (Амелин и др., 2011б; Корниенко и др., 2012; Кондыков и др., 2013; Фадеев, 2014; Задорин и др., 2014; Зеленов и др., 2014б).

На высоту растения оказывают влияние гены, отвечающие за число плодущих узлов и зацветание растений (Хвостова, 1975; Ашиев, 2014;). Н. Lamprecht (1951) изучал наследование формы растения *ascendens*, свойственное виду *Pisum humile* – *Syn. siriacum* и предложил символ *asc* для обозначения рецессивного гена, вызывающего раскидистый штамб (образование основных ветвей у основания растения вверх под углом 45°). В гибридах между *P. elatius* и *P. sativum* тип *ascendens* наследовался также рецессивно по отношению к габитусу, свойственному *P. sativum* (ветки растут вертикально вверх). Тип *ascendens* контролируется геном *pro*. О. Елин, Н. Lamprecht и В. Хангильдин после рентгенооблучения семян наблюдали образование мутантных растений с множественными ветвями (Хвостова, 1975). Н. Lamprecht (1950) высказал предположение, что этот феномен связан с мутацией одного из полимерных генов *Fr* или *Fru* к рецессиву в генотипе *Fr fru* или *fr Fru*. Наибольшей ветвистостью (5–10 стеблей) обладает генотип *frfru*. Рецессивы обладают плеiotропным действием, снижая высоту растений на 25% и длину бобов на 15%. Они характеризуются неполной пенетрантностью и различной степенью экспрессивности, вызываемой условиями внешней среды (Хвостова, 1975).

Благодаря перераспределению общей урожайности в сторону наиболее важной хозяйственной составляющей – семян, генетический рост продуктивности стал больше при выращивании детерминантных сортов. Из-за своих морфофизиологических особенностей, сорта гороха с детерминантным габитусом могут быть использованы для решения локальных задач (Шелепина, 2000; 2014; Shelepina и др., 2001; Кондыков, 2012).

Соцветие. Генетическая обусловленность числа цветков на цветоножке была открыта довольно давно. Исследователями Р. Vilmorin и А. Meunissier было установлено доминирование двухцветковости плодоноса над тройным расположением цветков (Хвостова, 1975). О. White (1917) предложил гены *Fn* – *fn* для пояснения наследования признака.

В литературных источниках упоминается о работе Лампрехта, где ним был доказан полимерный характер наследования числа цветков на плодоносе и пред-

ложен еще один ген *fna*, влияющий на данный признак. Двойной рецессив *fnfna* контролирует формирование 3-х и более цветков на плодonoсе, а генотипы *Fnfna* и *fnFna* обуславливают парное положение цветков (Хвостова, 1975; Sinjushin, 2013; Ашиев, 2014; Sinjushin, Liberzon, 2016). На экспрессивность признака влияют условия роста и развития. В. Хангильдин (1970) в результате исследований, указывал на идентичность гена *fna* и второго гена фасциированности стебля *fas*. Растения гороха с обычным стеблем и парными цветками имеют генотип *FafnaFn*. Формы с фасциированным стеблем имеют лишь парное расположение цветков – *fafnaFn* или многоцветковое – *fafnafn*. Практически ценный многоцветковый сорт, который дает от трех до восьми бобов на плодonoсе, впервые был получен Р.Х. Макашевой в ходе сложной гибридизации. Наследование признака многоцветковости детерминировано и зависит от присутствия генов модификаторов (Хангильдин, 1970). Рецессивный ген *sifl* обуславливает отсутствие цветков на цветоносах (Хвостова, 1975; Ашиев, 2014).

Вегетационный период. Продолжительность вегетации растений гороха изучалась довольно подробно многими отечественными и зарубежными исследователями: Л. Говоров, Ю. Филипченко, В. Федотов, П. Чекрыгин, Р. Макашева, М. Варлахов, Е. Tschermak, J. Rasmusson, Н. Lamprecht, на которых ссылаются многие авторы в своих научных работах (Говоров, 1937; Федотов, 1967; Хангильдин, 1970; Макашева, 1973; Хвостова, 1975; Ашиев, 2014). О. White (1917) установил ген *Lf*, отвечающий за образование первого цветка на 12–14-м узле, а *lf* - на 9–11 узле (Макашева, 1973; Хвостова, 1975). S.I. Wellensiek (1925) определил влияние числа узлов до первого цветка на длительность периода до зацветания растения. Он отметил, что цветение задерживается примерно на два дня при образовании каждого нецветущего узла. Кроме того, он предположил существование пары аллелей *If* - *if*, дающих в сочетании с *Lf* - *lf* разные сроки длительности периода зацветания. J. Rasmusson (1935) установил ген позднеспелости, тесно сцепленный с геном *A* (антоциановая пигментация) и другой сцепленный с геном *le* (короткие междоузлия). Оба гена *le* и *A*, влияющие на длину периода цветения имеют плейотропный эффект. Мутация, которая сокращает период цветения на 10 дней,

была получена W. Gottschalk (Федотов, 1967; Макашева, 1973; Хвостова, 1975; Ашиев, 2014).

В работе В.В. Хвостовой (1975) говорится, о том что скрещивания раноцветущих и поздноцветущих сортов в свое время проводили E. Keebl, C. Pellew, E. Tschermak и S.I. Wellensiek, и получали в первом поколении неполный тип наследования. На основании этого, S.I. Wellensiek (1925) предложил символы Sn , Sn_2 , для генов, увеличивающих в доминантном состоянии число неплодущих узлов.

Сорта с доминантным геном Sn под воздействием яровизации или длинного светового дня ускоряют начало цветения, а при коротком дне, замедляют его. Сорта же с рецессивным геном sn обычно более скороспелые и не реагируют на яровизацию и фотопериодизм (Макашева, 1973; Хвостова, 1975). Согласно Н. Barber (Barber, Jacson и др., 1958), контроль времени вегетации до цветения осуществляется аддитивной полигенной системой с доминированием позднего начала цветения. Ген Sn наследуется независимо от Le (длины междоузлий) и R (форма семян). Результаты изучения продолжительности периода вегетации до цветения при гибридизации между селекционными сортами указывают на разное поведение признака в зависимости от исходного материала (Хангильдин, 1970; Хвостова, 1975).

1.5 Создание адаптивных и технологичных сортов гороха

Современные сорта не в полной мере удовлетворяют требованиям сельскохозяйственного производства, так как их высокая потенциальная урожайность сильно снижается в производственных условиях (Катюк, 2006; Панарина, Амелин, 2010; Ефремова и др., 2013; Голопятов, 2014а; Голопятов и др., 2014б; Соболева и др., 2014; Филатова, Браилова, 2016). Существенные лимитирующие факторы формирования продуктивности гороха: увеличенный температурный режим, дефицит влаги в условиях выращивания, продолжительность вегетационного периода, полегание стеблестоя и повреждение вредителями. Очень важно добиться

раскрытия биологического потенциала культуры и стабилизации высокого уровня продуктивности, а для этого в каждом регионе необходимо разработать систему сортов, которые будут различны по морфологии, срокам созревания и целям использования (Фадеева, 2001; Катюк, 2006; Панарина, Амелин, 2010; Соболева и др., 2014; Браилова, Филатова, 2019).

Селекционная работа с сортами гороха в основном проводилась в направлении повышения семенной продуктивности, но особенно важным остается решение задачи повышения адаптивных свойств высокоурожайных сортов под воздействием негативных факторов среды (Новикова, 2012а; Амелин, Чекалин, 2019; Nawab и др., 2019; Zhang и др., 2021). Процентная доля сорта в формировании урожайности достигла 60%. Некоторые сорта гороха при подходящих агрометеорологических условиях дают массу зерна на единицу площади более 6,0 т/га. (Амелин, Чекалин, 2019). Однако в ходе селекционного процесса адаптивные свойства сортов имеют обусловленную тенденцию к снижению, что является основной причиной медленного прогресса в производстве культуры. Нынешние сорта гороха при сильной засухе или переувлажнении, поражении корневыми гнилями и вредителями формируют массу зерна на 55–72% меньше, в сравнении с выращиванием в более благоприятных условиях (Амелин, 2012, Фадеев, 2014; Амелин, Чекалин, 2019; Градобоева, 2019).

Производственной практикой обосновано, что сорта со средним и средне-поздним сроками спелости располагают лучшей потенциальной продуктивностью, но чаще из-за неблагоприятных условий в стадии налива зерна и созревания, не могут ее реализовать и происходит снижение урожая. Поэтому нужно вести селекцию гороха на получение сортов с оптимальной длительностью вегетации для разных регионов России (Пыльнев и др., 2005; Ашиев, 2014). Большой смысл имеет не только период вегетации, но и организация всех его составляющих (особенность сорта, климатические условия и др.) (Кобызева и др., 2013; Ашиев, 2014; Najeebullah и др., 2020). При создании сортов с оптимальным периодом вегетации особый интерес имеют образцы с укороченным этапом «всходы – цветение» и дос-

таточно продолжительным временем налива бобов. Так же сорта должны иметь физиологически ограниченный или генетически детерминантный стебель с высокой устойчивостью к полеганию. Данным условиям полностью отвечают: Смарагд (Чехия), Орловчанин 2 (ФНЦ ЗБК), Флагман 5 (Самарский НИИСХ), Першоцвит, Детерминантный ВСХИ (Украина) и многие другие (Пыльнев и др., 2005).

По мнению ряда исследователей, получение высокоурожайных скороспелых форм возможно при сбалансированном увеличении всех составляющих элементов продуктивности (Ашиев, 2014). Необходимо учитывать высокое влияние окружающей среды на количественные признаки (Новикова, 2012а; Kosev, 2015). Например, сорта, пригодные для выращивания в более холодных северных регионах, на Среднем Урале и в Сибири, вместе со скороспелостью должны быть холодоустойчивыми и менее требовательны к теплу в период спелости (Пыльнев и др., 2005; Зотиков, 2009; Балаклиенко, 2012).

Селекция целенаправлена на активизацию основных энергозатратных процессов, которые происходят в растениях гороха: защитно-компенсаторные реакции; образование важной доли биомассы (семена, укосная масса); фиксация атмосферного азота и биосинтез белка. Только на остальные процессы энергетических ресурсов остается меньше (Кондыков, 2012; Новикова, 2012а). Достаточно проблематично совместить в одном генотипе большую массу семян и эффективную симбиотическую азотфиксацию (Кондыков, 2012). Приспособление организма растения к стрессовым факторам представляет собой сложный комплекс процессов, контролируемых системой саморегуляции. Если степень организации выше, то большее число механизмов одновременно участвуют в адаптации организма (Новикова, 2012а; Соболева и др., 2014).

Прогресс селекции сортов на адаптивность может быть достигнут за счет усовершенствования корневого аппарата. Его мощное развитие позволяет взаимодействовать с плодородными слоями почвы и усваивать нужное количество элементов питания даже при малой ионно-обменной активности. Нужно средствами селекции активизировать у растений поглотительные свойства корневого аппарата и технологическими действиями оптимизировать условия его деятельно-

сти, придавая значение в обоих случаях возможности совершенствования азотфиксирующей способности (Амелин, Чекалин, 2019).

По некоторым литературным данным, в защитных системах клеток важное значение могут иметь пигменты растений. Хорошо освоенными пигментами у гороха, участвующими в защитных механизмах на клеточном уровне, являются каротиноиды и антоциан. Значительное количество каротиноидов синтезируется в листочках и прилистниках и немного – в усиках (Чекалин и др., 2010б; Амелин, Чекалин, 2019). Именно с каротиноидами наблюдалось высокое совмещение активности механизмов световой фазы фотосинтеза. Антоциан содержится в пазухах прилистников организма растения и его очень активное формирование обнаруживается на стадии «цветение – плоский боб». Он выделяется большим постоянством к облучению, чем хлорофилл. Существуют данные, что антоциан осуществляет защитный механизм от болезней, индуцированных светом, и может работать как внутренняя ловушка света, выключающая слабую абсорбцию хлорофилла в зелено-оранжевой доле спектра. Образование антоциана связывают с приспособлением растений к заморозкам и низким положительным температурам (Амелин, Чекалин, 2019). По мнению ученых у гороха появилась необходимость перевода на адаптивный характер отбора новых форм, применяя специальные селективные фоны или нетрадиционные методы (Амелин, 2012; Фадеев, 2014; Амелин, Чекалин, 2019).

Методы дисперсионного и регрессионного анализов применяются на первоначальных этапах селекции для анализа показателей стабильности элементов структуры урожая (Фомин, Коробова, 2004; Фадеев, 2014). Есть метод, который используется для оценки адаптивности и селекционной ценности новых высокоурожайных образцов. Он предполагает проверку образцов в разных средах и позволяет выявить их стабильность, специфическую и общую адаптивность (Кильчевский, Хотылева, 1985; Фадеев, 2014).

Разница по устойчивости может отмечаться у сортов одного и того же вида. Если ареал занимаемый видом больше, то значит, что амплитуда отличий между сортами этого вида по уровню устойчивости к неблагоприятным факторам будет

больше. При улучшении пригодности сортов гороха для возделывания по интенсивным технологиям, представляет положительный эффект некоторых рецессивных признаков, но имеется точка зрения (Новикова, 2012а), что они могут снижать фактический урожай и потенциал продуктивности при стрессовых условиях. Согласно итогам многолетних исследований данной темы Орловским ГАУ, наибольшее снижение продуктивности отмечалось у сортов усатых морфотипов в годы с жаркой сухой погодой. В исследованиях И. А. Филатовой (2019) новые перспективные образцы с усатой формой листа отличались генетической гибкостью и выделялись как экологически пластичные, а с листочковой - характеризовались более высокой стрессоустойчивостью и гомеостатичностью (Филатова, 2019).

Физиолого-биохимические и анатомические системы обуславливают устойчивость растений гороха к недостатку влаги и перегреву. В сравнении с листом у усика водный потенциал выше, имеется меньше связанной воды и увеличен остаточный водный дефицит, понижено водоудерживающее свойство в период развития генетаривных органов, маленькое количество устьиц и снижена интенсивность транспирации, но растения обыкновенной листочковой формой листа с наличием существенного количества прочно связанной воды и ее минимальной интенсивностью, способны эффективно поддерживать функциональную способность листьев и постоянство водного обмена, и это дает им преимущество над растениями гороха с усатой формой листа в условиях водного дефицита (Новикова, 2009, 2012а; Новикова, Фенин, 2011). По мнению некоторых исследователей (Кондыков, Кондыкова, 2009; Лысенко, 2011), лучшие безлисточковые сорта по уровню гомеостаза в различные по климату годы не только не уступают сортам листочкового морфопита, но и имеют перед ними преимущество по урожайности. Интенсивность транспирации зависит от морфотипа листа. Транспирация защищает организм растения от перегрева благодаря поддержанию относительно константной температуры листа, что тем самым может служить в качестве показателя жаростойкости сорта. Нужно искать способы повышения экологической устойчивости безлисточковых сортов. Важно увеличение листовой поверхности растения за счет укрупнения прицветников и прилистников. Так же не стоит забывать и о

селекционных программах по созданию листочковых сортов гороха, поскольку они обладают эволюционно сформированным наиболее лучшим потенциалом экологической устойчивости и продуктивности (Новикова, 2012а).

Многие исследователи считают решением этого вопроса и созданием сортов нового поколения с увеличенным энергетическим потенциалом, активный поиск генотипов и вовлечение в гибридизацию тех форм, которые обладают более высоким КПД использования фотосинтетической активной радиации, за счет которой образовывается до 95% сухого вещества (Кондыков, 2012, Амелин, 2012). В 2010 году селекционеры ФНЦ ЗБК и Орловского ГАУ приступили к разработке прогрессивных методов селекции зернобобовых культур основываясь на показателях фотосинтетической деятельности растений (Амелин, 2012). Многолетние исследования А. В. Амелина (2012) показывают, что физиологическим основанием селекции сельскохозяйственных культур является адаптивная система регуляторных механизмов. Они же позволяют за счет различной организации продукционного процесса растений повышать продуктивность в разных климатических условиях. Если поверхность листа меньше, то листовые пластинки и прилистники плотнее и толще, потому что за счет развития клеток губчатой паренхимы, они активнее фотосинтезируют и результативнее снабжают зерна фотоассимилятами. При редукции у растений гороха листочков и прилистников, черешки, стебель, усики и створки бобов, как и основные органы, с такой же активностью могут выполнять первичные процессы фотосинтеза, при этом с повышением фотосинтетической функции (Амелин, 2012; Бугрей, 2020).

Адаптация организмов растений к среде на уровне гена достигается за счет наследственного непостоянства, выраженного в виде множественности копий и повторов. Благодаря этому у растений, в зависимости от условий произрастания, функционирование одних генов угнетается, а других наоборот усиливается. При селекционном же отборе это может значить, что практически любой морфогенотип потенциально рассматривается как перспективный материал. Так или иначе, результативность избранного направления в любом отдельном случае будет отличаться, потому что у компенсаторных механизмов имеются определенные рамки

действия и они не смогут всегда обеспечить ту необходимую степень прочности для биологической системы. В производственных условиях, как и в естественной среде, распространение получают те генотипы, у которых в большей степени морфофизиологические параметры адаптированы к условиям произрастания (Амелин, 2012).

Обладая высокой пластичностью, широко осваиваются в производстве сорта гороха: Фараон (семь регионов), Аксайский усатый 55 и Альбумен (шесть регионов), Батрак (пять регионов), Орловчанин, Варис, Дударь, Фокор (четыре региона), Памяти Хангильдина (три региона), Алтайский универсальный, Тюменец, Ульяновец (Зотиков, 2014б).

В связи с появлением морфологических мутантов высокую значимость при создании высоко адаптивных сортов завоевывает изучение формирования продуктивности и её элементов в зависимости от их генетического разнообразия и особенностей по отношению к воздействию условий среды (Фадеев, 2014). Ряд ученых считает, что в основном все нетрадиционные морфотипы гороха могут обладать высоким потенциалом биологической, а некоторые – и семенной продуктивности. Так, например, перспективной для создания новых сортов является рассеченнолисточковая форма, большинство образцов которой сочетают высокую продуктивность биомассы и повышенное содержание белка в семенах (Зеленов и др., 2013а). Для использования в селекционной работе и внедрения в производство также представляет интерес многократно-непарноперистая форма гороха с высокой интенсивностью фотосинтеза и повышенным содержанием белка, сбалансированного по аминокислотному составу (Зеленов и др., 2014в). Широко ведется селекционная работа по созданию сортов гетерофильной формы «хамелеон», которая превосходит листочковые и усатые морфотипы по основным показателям развития корневой системы, накоплению надземной биомассы, содержанию хлорофилла и фотовосстановительной активности хлоропластов (Зеленов и др., 2008а). Сорт гороха Спартак морфотипа «хамелеон» совместной селекции ФНЦ ЗБК и Орловского ГАУ прошел государственные испытания и рекомендован к

внедрению в производство в шести регионах России (Зотиков, 2014б; Зотиков и др., 2019).

Основной негативный фактор продукционного процесса и формирования урожая семян гороха – полегание растений в посевах, что приводит к нарушению условий аэрации и общего фитосанитарного состояния, снижает устойчивость к стрессовым воздействиям внешней среды, ухудшает посевные и потребительские качества семян и затрудняет механизированную уборку (Кетов, 2005; Щетинин, 2008; Голопятов и др., 2011; Ефремова, Роганов, 2012б; Кондыков, Бобков, 2012; Зеленов и др., 2015а; Shubhra, 2015; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=5931>). Повышение технологичности сортов гороха связано с созданием неполегающих форм. Основой для этого послужило введение в геном растения генов короткостебельности и безлисточковости (Турусов, 2012). Селекция на устойчивость к полеганию включает в себя создание сортов с укороченным, прочным стеблем и более плотными междоузлиями. Преимущество короткостебельных сортов отмечают многие исследователи (Ашиев, 2014).

В ФНЦ ЗБК (ВНИИЗБК) были созданы высокоурожайные сорта Орловчанин, Визир и др., в получении которых использовалась короткостебельная линия ОБЦ-817 с рецессивными генами, вызывающими уменьшение длины междоузлий. Также при скрещивании с короткостебельной безлисточковой линией Ус-16 получены сорта Орлус, Спрут 2, Шустрик (Пыльнев и др., 2005; Задорин, 2005). С помощью метода отбора элитных растений по показателям линейного роста корня и стебля на ранних этапах органогенеза выделены листочковые, короткостебельные доноры с высоким темпом роста зародышевых осей. При гибридизации с одним из них, создан сорт Софья, у которого укороченный жесткий стебель и усатый тип листа (Шелепина, 2009; Зеленов и др., 2014б).

Короткостебельный с неосыпающимися семенами сорт Флагман 10 усатого морфотипа был создан в Самарском НИИСХ. Уменьшение длины стебля в результате селекции физиологически компенсируется в продукционном процессе лучшей устойчивостью к полеганию (Зеленов и др., 2012; Амелин, 2012; Зубов, Катюк, 2014).

В Воронежском НИИСХ были созданы короткостебельные облиственные сорта Битюг, Таловец 60, Дударь и безлисточковые, относительно короткостебельные сорта Таловец 70 и Фокор (Турусов, 2012).

Однако в селекции на устойчивость к полеганию в настоящее время важным остается и использование усатых генотипов, поскольку свойственная им повышенная резистентность растений, за счёт сцепления сильноразвитых усиков, в значительной мере компенсирует негативное влияние гена *af* на продуктивность и обеспечивает им преимущество в агроценозах по сравнению с другими формами (Ооржак, 2010; Костылев, Лысенко, 2009, 2011; Шелепина, 2009, 2014; Калюжна и др. 2010; Хухлаев, 2010; Кондыков, 2011; Лысенко, 2011; Бугрей, Авдеенко, 2012; Ефремова, Роганов, 2012б; Фадеева, 2012; Брежнева и др., 2014; Ашиев, 2014; Василенко и др., 2015; Shubhra, 2015; Постников, 2019). Такие растения, в отличие от листочковых находятся в вертикальном положении дольше на 5–15 дней (Шелепина, 2014). Корневая система безлисточковых форм обладает высокой поглощательной способностью важных питательных веществ (Новикова, Фенин, 2011, Новикова, 2012а).

Селекционерами БНИИСХ в 90-х годах прошлого столетия были начаты исследования по созданию безлисточковых сортов гороха, что позволило в процессе селекции получить ряд перспективных высокопродуктивных линий, устойчивых к полеганию (Давлетов, Гайнуллина, 2011).

Интенсивно велась селекция гороха в Федеральном Ростовском АНЦ (Донской ЗНИИСХ). Большой интерес представляют созданные и внедренные в производство сорта безлисточкового морфотипа с неосыпающимися семенами: Аксайский усатый, Аксайский усатый 5 и Аксайский усатый 7 (Пыльнев и др., 2005; Давлетов, 2008).

Трансформация листочков в усики значительно изменила физиологический статус растения и способствовала, на морфологическом уровне, решению проблемы полегания посевов. Более 60% сортов внесенных в Госреестр на 2014 год имеют усатый тип листа (Зотиков и др., 2014в; [URL:https://reestr.gosortrf.ru/search/](https://reestr.gosortrf.ru/search/)).

Получение безлисточковых короткостебельных сортов ознаменовало новый этап в эволюции гороха. Выбор оптимальной генетической среды в ходе многих циклов скрещиваний позволил погасить негативный эффект рецессивного гена *af* и новые сорта по продуктивности не отличаются от листочковых (Кондыков и др., 2004; Давлетов, 2008). Есть новые усатые сорта, обладающие хорошим уровнем гомеостаза и, имеющие значительные показатели урожайности в засушливые годы. Так к примеру, сорт Фараон, который создан ФНЦ ЗБК вместе с институтом растениеводства им. В. Я. Юрьева (Украина) методом многократного отбора из гибридной популяции F_3 , характеризовался высокой продуктивностью в условиях жесткой засухи (Кондыков, 2012; Кондыков, Бобков, 2012).

Большую селекционную ценность представляют усатые формы с детерминантным типом развития. Создание форм с таким типом роста стебля – один из перспективных способов решения проблем с полеганием растений и длительным репродуктивным периодом. Ограниченный рост стебля и компактное размещение бобов дает преимущество таким формам над обычными (Катюк, 2006; Шелепина, 2009; Амелин и др., 2011б; Кондыков, 2011).

При изучении генотипов с луганским типом детерминантности И. В. Кондыковым был сделан вывод, что они способны проявить свои положительные свойства и в северной части ареала выращивания, то есть там, где сорта с обычным (индетерминантным) типом роста стебля очень сильно израстают и созревают неравномерно. Сорт усатого морфотипа Приазовский (селекции ФРАНЦ (ДЗНИИСХ)) с луганским типом детерминантности стебля обозначен как один из лучших засухоустойчивых, это позволило ему занять соответствующий ареал возделывания – Северо-Кавказский и Нижневолжский регионы. Растения при такой жесткой блокировке развития репродуктивной зоны, имеют стабильно высокую эффективность плодо- и семяобразования и дают относительно высокий урожай в условиях водного дефицита (Кондыков, 2011, 2012).

Во многих научных учреждениях созданы безлисточковые сорта с детерминантным типом роста: ФНЦ ЗБК – Орловчанин 2 и высокопластичный ценный по качеству Батрак (Давлетов, 2008); Самарским НИИСХ – Флагман, Флагман 5,

Флагман 7, Флагман 9; Алтайским НИИСХ – Алтайский универсальный; СибНИИСХиТ – Нарымский 15 и др. (Зеленов и др., 2012; Шелепина, 2014; Зубов, Катюк, 2014).

Селекционная работа по гороху с использованием безлисточковых, детерминантных и гетерофильных форм, направленная на улучшение хозяйственно-ценных признаков, ведется и в Татарском НИИСХ (Зотиков и др., 2012; Фадеева, 2012).

Ульяновским НИИСХ совместно с Татарским НИИСХ создан безлисточковый сорт гороха Указ. Отличается устойчивостью к полеганию, высокой продуктивностью и продовольственными свойствами (Шакирзянова, 2018).

К большим потерям урожая гороха приводит склонность к осыпанию семян и при неблагоприятных погодных условиях потери зерна могут достигать 50%. Селекционерами А. Эглитис и А. Розенталом в разные годы был выделен спонтанный мутант, отличавшийся неосыпаемостью семян. Этот признак обусловлен прочным срастанием семяножки с семенной оболочкой. А.Я. Розентал (1966) осуществил скрещивания этого мутанта с различными сортами. В. Х. Хангильдиным, В. В. Хангильдиным, Н. А. Соболевым, А. М. Шевченко в разные годы было проведено генетическое изучение признака неосыпаемости (Вербицкий, 1992; Давлетов, 2008; Гудкова, Дружинина, 2011, Агаркова и др., 2013; Зеленов, 2013б). В своей статье «О признаке неосыпаемости семян у гороха» А.Н. Зеленов отметил, что В.В. Хангильдин установил моногенный рецессивный характер наследования признака, дал название новому гену *def* и определил его локус в группах сцепления (Зеленов, 2013б). Позднее генетическая характеристика признака неосыпаемости была подтверждена Н.А. Соболевым. В России были созданы сорта Неосыпающийся 1, Арсенал, Труженик и Новокуйбышевский с признаком неосыпаемости (Шелепина, 2014). Это позволило сократить потери зерна гороха при уборке на 0,3–1,8 т/га. С целью создания неосыпающихся сортов селекция в нашей стране предусматривает обязательное включение в гибридизацию в качестве одного из компонентов форм с геном устойчивости к осыпанию (*def*) (Фадеева, 2012). В Воронежской области во ВНИИ сахарной свеклы им. Л.М. Мазлумова были выведены

сорта гороха с признаками неосыпаемости: Рамонский 85, Содружество, Рамонский 90, Россиянин 1, Рамонский 95, Рамонский 485 (Амелина и др., 2018). В настоящее время широкое распространение в производстве получили сорта Татарского НИИСХ безлисточкового морфотипа с неосыпающимися семенами: Варис, Ватан, Казанец, Венец (Фадеева, 2012). Уральским НИИСХ созданы сорта Красноус и Марафон; Алтайским НИИСХ: Аванс, Алтайский усатый; Донским ЗНИИСХ; Атаман, Кадет, Альянс; Краснодарским НИИСХ – Старт и др. (Зотиков и др., 2014в).

Селекция на устойчивость к осыпанию предполагает также использование сортов гороха устойчивых к растрескиванию бобов. Луцильные бобы с развитым пергаментным слоем при перестое урожая или осадков в фазе уборки легко растрескиваются. Были начаты исследования по созданию форм с нерастрескивающимися бобами (Макашева, 1979; Фадеев, 2014). Признак отсутствия пергаментного слоя наследуется рецессивно по типу полимерии (Blixt, 1972; Фадеев, 2014). Однако селекционная работа зернового гороха в данном направлении очень затруднена по генетическим причинам и из-за сильной восприимчивости таких форм к болезням, поэтому они больше используются для создания овощных сортов (Вербицкий, 1992; Фадеев, 2014).

Для создания сортов, в полной мере отвечающих требованиям сельскохозяйственного производства, необходимо вовлечение в селекционную работу инорайонного исходного материала. Известно, что если генетическая основа исходного материала разнообразнее, то и шире его адаптационные возможности (Соболев, 2009).

1.6 Основные достижения и перспективы селекции гороха

Одним из приоритетных направлений в селекции стало создание сортов, сочетающих высокую потенциальную продуктивность и качество урожая с устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессам на уровне сорта, агроценоза, агроэкосистемы и агроландшафта (Ефремова и др., 2013; Филатова, Браилова,

2016; Лысенко, 2020). Критерием для выделения таких генотипов могут служить показатели экологической пластичности и стабильности. Добившись их гармоничного сочетания, можно обеспечить максимальную продуктивность сорта, выращивая его в различных почвенно-климатических зонах (Фомин, Коробова, 2006; Филатова, Браилова, 2016). В научно исследовательском институте им. В. В. Докучаева ведется целенаправленная работа по созданию высокоурожайных сортов, отзывчивых на благоприятные условия выращивания, и стабильных – в меняющихся и стрессовых обстоятельствах (Филатова, Браилова, 2016).

Однако изучено, что константность в агрономическом отношении совсем не означает общего фенотипического постоянства в различных условиях произрастания, а её стоит относить в основном к хозяйственно важным признакам, например таким как, вегетационный период и продуктивность. Стабильность же на самом деле может быть связана с широкой изменчивостью отдельных физиологических и морфологических признаков. Системы классификации генофонда, которые основаны на морфобиологических признаках, могут не соответствовать его дифференциации по экологической стабильности образцов. Выявление основных признаков, определяющих продуктивность и закономерность связей этих признаков, в меняющихся агроклиматических условиях среды, является актуальным направлением в селекции гороха (Соболев, 2009).

В современной селекции необходимо изучать и оценивать новое генетическое разнообразие исходного материала. В связи этим, актуально использование методов ДНК-типирования образцов. Особый интерес представляет определение совместимости разных подходов к классификации генофонда по морфобиологическим признакам, по адаптационным способностям, выявляемым в эколого-географическом исследовании (Соболев, 2009; Гайнулина, 2013; Parihar и др., 2020). Использование молекулярно-генетических маркеров открывает большие перспективы для картирования хромосом, идентификации генов, обеспечивающих селекционно-ценные признаки растений и генетического конструирования новых сортов, а также для определения таксономических взаимоотношений между отдельными видами. Детальная генетическая карта открывает возможность для

углубленных знаний о структуре генотипа, природе мутаций, механизмах действия мутагенов и генетическом контроле отдельных признаков. Эффективным методом создания молекулярных маркеров является RAPD – метод (Кокаева, 1998; Ковеза, 2003; Smýkal и др., 2012; Sharma и др., 2020).

Высокая продуктивность предусматривает у новых создаваемых сортов оптимальное сочетание количества продуктивных узлов и бобов на растении, количество семян с растения и массы 1000 семян (Катюк, 2006; Ефремова и др., 2012а). Во многих исследованиях продуктивность отмечена, как сильно изменчивый признак, но такие элементы структуры урожая, как масса 1000 и число семян в бобе являются менее изменчивыми. Исследователями (Хаджи, 1997; Шурхаева, Фадеева, 2012; Пыльнев, 2014; Ашиев, 2014) выявлена стабильная корреляционная связь между этими двумя показателями, а также отмечена их значительная взаимосвязь с продуктивностью, особенно в засушливые годы. Для производства чрезмерное укрупнение семян нецелесообразно, так как с увеличением массы 1000 семян число бобов и семян снижается, также уменьшается относительное содержание сырого протеина (Пыльнев и др., 2005). Согласно исследованиям А.И. Катюк (2006) в условиях Среднего Поволжья семяобразование является одним из важных элементов семенной продуктивности гороха, и его эффективность зависит от очередности расположения плодущих узлов, их числа на растении и массы 1000 семян. Установлено, что изменение климатических условий в период вегетации растений оказывает влияние на генотипические корреляции элементов продуктивности у всех сортов различных морфотипов. Высокий положительный вклад в семенную продуктивность, независимо от условий выращивания и морфотипа, вносят число зерен в бобе и масса зерен с плодущего узла. Эти признаки носят более информативный характер и поэтому, для улучшения урожайности сортов многообещающими будут селекционные работы на их увеличение (Катюк, 2006; Гуркова, Шукис, 2012). На настоящий период времени получены короткостебельные, устойчивые к полеганию, безлисточковые линии детерминантной формы «люпиноид», у которой может быть до 11 очередно расположенных цветков (Шелепина, 2009; Зеленев и др., 2012).

По мнению Н.Е. Новиковой дальнейший прогресс в селекции гороха представляется повышением общей биологической продуктивности растений за счет интенсификации продукционного процесса, основная роль в котором отводится фотосинтезу (Чекалин и др., 2010а; Новикова, 2002). Основополагающее значение в фотосинтезе отводится листу (Зеленов и др., 2008а; Новикова, 2012а). К примеру форма гороха «хамелеон» удачно сочетает преимущества листочковых и усатых морфотипов, и за счет лучших показателей продукционного процесса, может формировать биомассу намного больше чем у стандартных сортов, также превышая их по содержанию белка в семенах (Кондыков, 2008; Шелепина, 2009; Кондыков, 2011, 2012; Кондыков, Бобков, 2012; Зеленов и др., 2013в, Зеленов и др., 2018). На Украине были районированы гетерофильные сорта Фаргус и Петрониум (Шелепина, 2014). Создан генбанк данной формы, лучшие из образцов были переданы в мировую коллекцию ВИР им. Н. И. Вавилова и селекционные учреждения Украины, Молдовы, Чехии, Великобритании, Индии (Пыльнев и др., 2005). Сотрудниками Орловского ГАУ было проведено изучение образцов гороха различающихся по морфотипу. Результаты показали наиболее высокую интенсивность фотосинтеза листьев первого продуктивного узла в стадию плоского боба у гетерофильной, люпиноидной, многократно-непарноперистой и рассеченно-листочковой форм (Зеленов и др., 2012).

Важное значение для селекции представляют исследования А.П. Лаханова, А.В. Амелина и Н.Е. Новиковой (Зеленов и др., 2012) по эволюции морфофизиологических свойств и признаков стародавних и современных сортов гороха.

Практически четырехкратное возрастание урожайности, достигнутое за 100 лет научной работы, было следствием повышения уборочного индекса с 20 до 50% и реутилизации основных элементов питания из вегетативных органов в 1,5 – 1,8 раза при почти постоянном значении накопления элементов питания в биологическом урожае (Зеленов и др., 2012; Зеленов и др., 2016). Результаты опытов показали, что повышение продуктивности растений связано с уменьшением длины стебля, увеличением его линейной и поверхностной плотности листьев. Линейная плотность стебля определяет степень развития его механической прочности и со-

судистой системы растения, а это тем самым оказывает существенное действие на устойчивость к полеганию (Пыльнев и др., 2005; Зеленов и др., 2012).

Морфологическое разнообразие ростовых мутаций и новых форм листа гороха позволяет расширить их использование в селекционном совершенствовании культуры и это одно из эффективных средств повышения генотипической изменчивости доступной отбору. Но большинство из них отрицательно влияют на семенную и общую биологическую продуктивность растения в связи с накоплением рецессивных аллелей. Поэтому многие исследователи (Щетинин, 2008; Кондыков, 2008, 2011; 2012; Фадеева, 2012; Фадеев, 2012, 2014; Брежнева и др., 2014) считают, что такие мутации нужно активно вовлекать в процесс рекомбинационного геногенеза с целью оптимизации генотипической среды, развития компенсаторных механизмов и повышения адаптивных свойств. Создание форм с новой архитектоникой, обладающих более высоким уровнем общего биологического потенциала способствует дальнейшему увеличению семенной продуктивности гороха.

На Украине по результатам многолетних исследований экологического сортоиспытания (Хухлаев, 2010) изучена реакция разнообразных морфотипов на изменяющиеся условия возделывания и установлено, что в условиях недостаточной влагообеспеченности более урожайными являются среднерослые сорта. Доказано, что в условиях оптимального увлажнения более продуктивны полукарликовые и неполегающие среднерослые генотипы.

Высокоурожайные сорта не отличаются повышенным развитием какого то одного признака, а характеризуются оптимальным их сочетанием. Формирование оптимального габитуса растений позволяет создаваемым сортам результативнее использовать свои генотипические и фенотипические особенности для достижения высокой продуктивности (Ефремова и др., 2012а).

Т.П. Балаклиенко (2012) считает, что в селекционных программах по созданию более урожайных сортов гороха еще на первоначальных этапах отбора значительно иметь сведения об изменчивости и характере наследования хозяйственно-биологических признаков. Так для оценки сорта с точки зрения его ценности в сельскохозяйственном производстве и для селекции необходимо располагать све-

дениями о нижнем пределе потенциальной продуктивности и способности выдерживать засуху или излишнее увлажнение (Балаклиенко, 2012).

По показателям мониторинга современного климата в нашей стране в последние годы тенденция к потеплению существенно усилилась и метеорологические условия возделывания с.-х. культур значительно изменились. Потепление климата влечет за собой увеличение засушливости и вероятности экстремальной гидрометеорологической обстановки, что тем самым неблагоприятно влияет на формирование высоких урожаев сортов гороха (Жученко, 2011; Новикова, 2012а; Ашиев, 2014). Исследованиями многих учёных (Алабушев, 2013; Баталова и др., 2013; Зотиков, 2013; Ашиев, 2014) было выявлено, что в период с 1980 по 2012 годы в нашей стране участилось проявление весенних засух, поэтому направление селекционной работы на засухоустойчивость приобретает первостепенное значение.

Согласно исследованиям В.А. Рыбниковой (1981), Б.К. Попова (1995), Ф.А. Давлетова (1993), А.Р. Ашиева (2014) и других, главным показателем засухоустойчивости считается продуктивность растений. Высокоурожайные сорта проявляют свои преимущества при благоприятных климатических условиях. По степени увеличения урожайности сортов усиливается и мера экологического влияния на них. Высокая урожайность положительно взаимосвязана с мощной активностью синтетических процессов, а устойчивость к стрессу - отрицательно (Новикова, 2012а). На обеспечение экологической устойчивости растения будет недостаточно энергетических ресурсов при их использовании на формирование большего количества семян (Кондыков, 2012; Соболева и др., 2014). Есть достоверные исследования о том, что относительная засухоустойчивость выявлена у сортов с коротким периодом вегетации (Федотов, 1960; Ашиев, 2014). Важно принимать во внимание период максимального вреда от засухи и её тип, поскольку постоянной во всех случаях она быть не может (Говоров, 1937; Макашева, 1973; Вербицкий, 1990; Ашиев, 2014). Степень ответной реакции организма растения на водный стресс, как и на уровень повреждения, обуславливаются суммой факторов: типом засухи, скоростью, продолжительностью и глубиной обезвоживания, физиологическим состоя-

нием, биологическими особенностями растений и др. Одинаковой физиологической реакции на все возможные случаи недостатка влаги не бывает. Среди 18-ти агроэкологических групп у гороха лучше всего устойчивы к засухе пять: сибирская, индийская, атласская, закавказская и анатолийская, при этом самые высокие показатели засухоустойчивости имеет закавказская (Соболева и др., 2014).

Вопросы экологической устойчивости значимы для эволюционно молодых мутантных форм, которые не подвергались отбору в ходе эволюции на устойчивость к стрессам, как традиционные формы. Системы выживания листовочных сортов, которые сформировались в ходе эволюции, с высоким потенциалом экологической устойчивости, являются наиболее надежными (Новикова, 2012а; Соболева и др., 2014). Необходимо проводить скрининг коллекции по признакам засухоустойчивости и использовать в селекции выделившиеся формы (Новикова, 2012а). Результаты многих опытов за длительное время показывают, что листовочные и усатые сорта довольно существенно варьируют по урожайности в разные по климату годы. По некоторым данным в засушливые годы депрессия урожайности сильнее (Новикова, 2012а; Соболева и др., 2014). К неспецифическим системам устойчивости к стрессовым факторам среды относится антиоксидантный механизм защиты растений. Он нейтрализует активные форм кислорода, которые во время негативного влияния, скапливаются в клетках в значительном количестве. Это подвергает нарушению основных биохимических систем. Механизм сохранения клетки от окислительных повреждений включает в себя ферментативный и неферментативный компоненты. Наиболее важные – супероксиддисмутаза, каталаза и пероксидаза. Стабильно устойчивые образцы, отличаются большей результативностью антиокислительных процессов (Новикова, 2012а). Вероятность повышения экологической устойчивости усатых морфотипов определена присутствием у них вариабельности по ряду физиологических признаков, которые связаны с устойчивостью к стрессовым воздействиям. По данным Н.Е. Новиковой (2012) в условиях острой засухи листовочные сорта Темп и Орловчанин отличались самой высокой активностью каталазы, а последний и активностью пероксидазы. Самой высокой устойчивостью к обезвоживанию обладал Фараон и в особо засушливые годы ха-

рактировался высокой активностью пероксидазы и каталазы. Также Новиковой была изучена высокоурожайная линия УсП-393, у усиков которой большое содержание каротиноидов, меньше остаточного водного дефицита и растения имеют хорошую водоудерживающую способность. Необходимо увеличить площадь листовой поверхности за счет повышения размера прицветников и прилистников, и это будет способствовать оптимальному развитию корневой системы, лучшему водному режиму, устойчивой работе фотосинтетического механизма в изменяющихся условиях среды (Новикова, 2012а; Зеленов и др., 2020).

Прогресс в развитии селекции гороха требует введения в работу новых методов биотехнологии, которые позволят повысить эффективность селекционного процесса за счет создания новых морфотипов с важными признаками, длительного хранения отдельных ценных генотипов и гибридов, а также ускорения некоторых этапов селекции путем быстрого размножения нужных сортов и линий (Сащенко, 2013). Использование биотехнологических методов является динамично развивающимся направлением, в результате которого разработаны технологии культивирования тканей и клеток с последующей регенерацией из фертильных растений (Кондыков и др., 2011). Ведутся работы с применением таких методов по исследованию устойчивости к негативным факторам (засуха, засоление), технике и условиям клонирования бобовых культур (Суворова, 2005; Сащенко, 2013; Соболева, Соболев, 2019), получению регенерантов из каллусов, которые могут обеспечить многообразие исходных форм и использованию генетических трансформаций на растениях гороха (Сащенко, 2013). В ФНЦ ЗБК проводятся инновационные исследования клеточной селекции *in vitro* устойчивости генотипов гороха к водному дефициту (Соболева, 2013; Ашиев, 2014).

Значимых результатов в селекции гороха добились в Краснодарском, Самарском, Алтайском, Татарском, Башкирском, Красноярском, Воронежском НИИСХ, ФРАНЦ (ДНИИСХ), ФНЦ ЗБК(ВНИИЗБК), Московском НИИСХ «Немчиновка», Уральском, Ульяновском НИИСХ, Фаленской ГСС, ВНИИСС, НИИСХ Северного Зауралья (Зотиков, Грядунова, 2014в). В ФНЦ ЗБК получены и генетически изучены новые оригинальные листовые мутанты гороха: хамелеон, А-агримут, В-

агримут, рассеченнолисточковый, баттерфляй (Кондыков, 2012). Большой интерес так же представляют сорта ФРАНЦ (ДЗНИИСХ) с ценными свойствами и признаками: Аксайский усатый 5, Усатый кормовой, Ростовский мелкосемянный (Давлетов, 2008).

Давно ведется большая селекционная работа по созданию высокопродуктивных зерновых сортов гороха в Башкирском НИИСХ. Методом многократного индивидуального отбора растений из расщепляющихся гибридных популяций созданы скороспелые сорта – Чишминский 39, Чишминский 210. Используя метод сложной ступенчатой гибридизации были созданы высокопродуктивные сорта гороха листочкового морфотипа с неосыпающимися семенами Чишминский 75, Чишминский 95, Чишминский 80 и Чишминский 229 (Давлетов, 2008).

В Татарском НИИСХ создана группа сортов с усатым типом листа с высокой устойчивостью к полеганию, пригодных для прямого комбайнирования и с ценными хозяйственными свойствами, учитывая потребности производства по типу использования (Фадеева, 2012). Самарским НИИСХ им. Н.М. Тулайкова получены новые сорта гороха Самариус и Флагман 12 с сочетанием признаков: безлисточковость, укороченный стебель, неосыпающиеся семена, детерминантный тип роста, компактное расположение бобов в верхней части стебля (Зотиков и др., 2012). Созданы высокопродуктивные перспективные сорта гороха в Красноярском НИИСХ: Светозар (безлисточковый), Яхонт, Руслан (безлисточковый, неосыпающийся) (Чураков, Валиулина, 2014); в Уральском НИИСХ – Красноуфимский 11 (безлисточковый) (Лихачева и др., 2017); в Сибирском НИИСХ – Омский 9, Зауральский 3 (безлисточковый, неосыпающийся), Демос, Благовест (безлисточковый, неосыпающийся, детерминантный) (Омельянюк, Асанов, 2016); в НИИСХ Северо-Востока – Фаленский усатый (Баталова, 2015); в Краснодарском НИИСХ им. П. П. Лукьяненко – Аргон, Малышок (полукарликовый, неосыпающийся), Газырек, Лавр (безлисточковый, неосыпающийся), Статус (низкорослый, безлисточковый), сорта зимующего гороха – Фэтон, Валентий (Брежнева и др., 2014).

2 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Почвенно-климатические условия

Основные исследования были выполнены в южной зоне Ростовской области в г. Зернограде, в научном севообороте учебно-опытного фермерского хозяйства (УОФХ, ныне - Агротехнологический центр) АЧИИ ФГБОУ ВО Донского ГАУ в 2011–2014 годах. Дополнительные исследования проведены 2017–2020 гг. в лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур в ФГБНУ «АНЦ «Донской» после передачи полученного нами селекционного материала.

Данный регион, в котором находятся оба учреждения, представляет собой равнину со слабоволнистым рельефом и естественной разнотравно-злаковой растительностью (Ермоленко, Бабушкин, 1999). Почвенный покров сельскохозяйственных угодий, площадью 8815,6 тыс. га, представлен, в основном, черноземами и каштановыми почвами (Бельтюков, 2002; URL: http://don-agro.ru/FILES/2020/ZONYSZEM/Sistema_zemled_do_2020_1.docx).

В зоне проведения исследований преимущественно ровный рельеф с пологими склонами южного и северного направлений. Тип почв – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый, кратковременно промерзающий, который является наиболее плодородным и благоприятным для возделывания всех с.-х. растений. Его механический состав, физико-химические свойства вполне пригодны для выращивания гороха.

Сформированы такие черноземы под разнотравно-типчаково-полынными ассоциациями в условиях недостаточного увлажнения (Природные условия и естественные ресурсы, 2002).

Гранулометрический состав почв в целом сходен с составом почвообразующих пород и чаще относится к глинистому и суглинистому. Его особенность – практически полное отсутствие в профиле песчаных частиц, преобладающее со-

держание илистой фракции и крупной пыли, в большей степени, состоящей из кварца, полевых шпатов и слюды.

Структура мелкозернистая, рыхлого сложения, с комковато-орехова-тыми отдельностями, поэтому почва легко поддается обработке, с хорошей воздухопроницаемостью, способна накапливать большие запасы влаги (Агафонов, Полуэктов, 1999; Бельтюков, 2002).

Содержание гумуса в горизонте А 3,0 – 4,2 %. Агрохимические показатели следующие: содержание в пахотном слое общего азота - 0,16–0,33 %, в подпахотном - 50-60 мг/кг почвы, реакция почвы рН – 6,5–7,2, содержание карбонатов кальция в верхнем слое - 0,37-0,57 %, подвижного фосфора – 16,0 мг/кг, обменного калия – 336 мг/кг почвы. Плотность находится в пределах 1,1–1,3 г/см³, постепенно возрастая вниз по профилю до 1,5–1,6 г/см³ (Бельтюков, 2002).

В целом такие характеристики плодородия, состава и структуры почвы вполне удовлетворяют потребности изучаемой с.-х. культуры.

Ростовская область относится к зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения с крайне неравномерным распределением осадков, имеющим кратковременный ливневый характер. Климат – полузасушливый с умеренно жарким летом и умеренно холодной зимой, как по годам, так и в течение года, резкими колебаниями температуры, низкой относительной влажностью воздуха, почвенной и воздушной засухой, суховеями, пыльными бурями, градом и заморозками (Бельтюков, 2002).

Среднемноголетняя сумма осадков составляет 542,8 мм, с очень большими колебаниями в засушливые (429 мм) и влажные (970 мм) годы. По сезонам это распределение следующее: зима – 127,8 мм, весна – 122,4 мм, лето – 170,5 мм и осень – 121,2 мм. Наиболее засушливый месяц – март, 37,0 мм, а наиболее влажный – июнь, 71,3 мм. В сочетании с повышенным температурным режимом создается высокая сухость воздуха и почвы в летний период (Гриценко, 2005). В период с апреля по октябрь как правило бывает 60–65 дней с суховеями, нередко переходящих в «черные бури». ГТК находится в пределах 0,8–0,85 (Бельтюков, 2002).

Сумма активных температур (выше 10 °С) составляет 3304 °С, при среднегодовой +8,9 °С. Наиболее холодным месяцем является январь (-5 °С), а наиболее теплым – июль (+23,8 °С). Продолжительность безморозного периода 180 дней (Бельтюков, 2002; URL: http://don-agro.ru/FILES/2020/ZONSYSEM/Sistema_zemled_do_2020_1.docx).

Зима умеренно холодная, с неустойчивым снежным покровом. Этот период характеризуется частой сменой похолоданий и потеплений. Промерзание почвы достигает 20–30 см (Бельтюков, 2002, Гриценко, 2005).

Лето наступает в первой декаде мая и длится в среднем 128–130 дней. За теплый период выпадает больше половины годовой нормы осадков, однако примерно 1,5–2 месяца наблюдается полное их отсутствие. Обычно в это время жарко и сухо, критические температуры воздуха в отдельные дни достигают +40°С, при относительной влажности – ниже 60 % (Гриценко, 2005).

Такие условия негативно сказываются на росте и развитии гороха.

2.2 Метеорологические условия в годы проведения исследований

Погодные условия в годы основных исследований сложились довольно разнообразно, что позволило более объективно изучить подобранный материал и оценить достоинства и недостатки сортов и гибридных популяций гороха (приложение 1).

Весна **2011 с.-х. года** была сравнительно сухой с пониженным температурным режимом. В апреле среднесуточная температура воздуха не превышала +9 °С, а количество осадков составило 41 % от среднемноголетних (17,5 мм) (рисунок 1), что отрицательно отразилось на появлении всходов гороха.

В мае в период от всходов до цветения растений температура воздуха была практически на уровне среднемноголетней +17 °С, но осадков было недостаточно, 28,8 мм при среднемноголетней 51,3 мм.

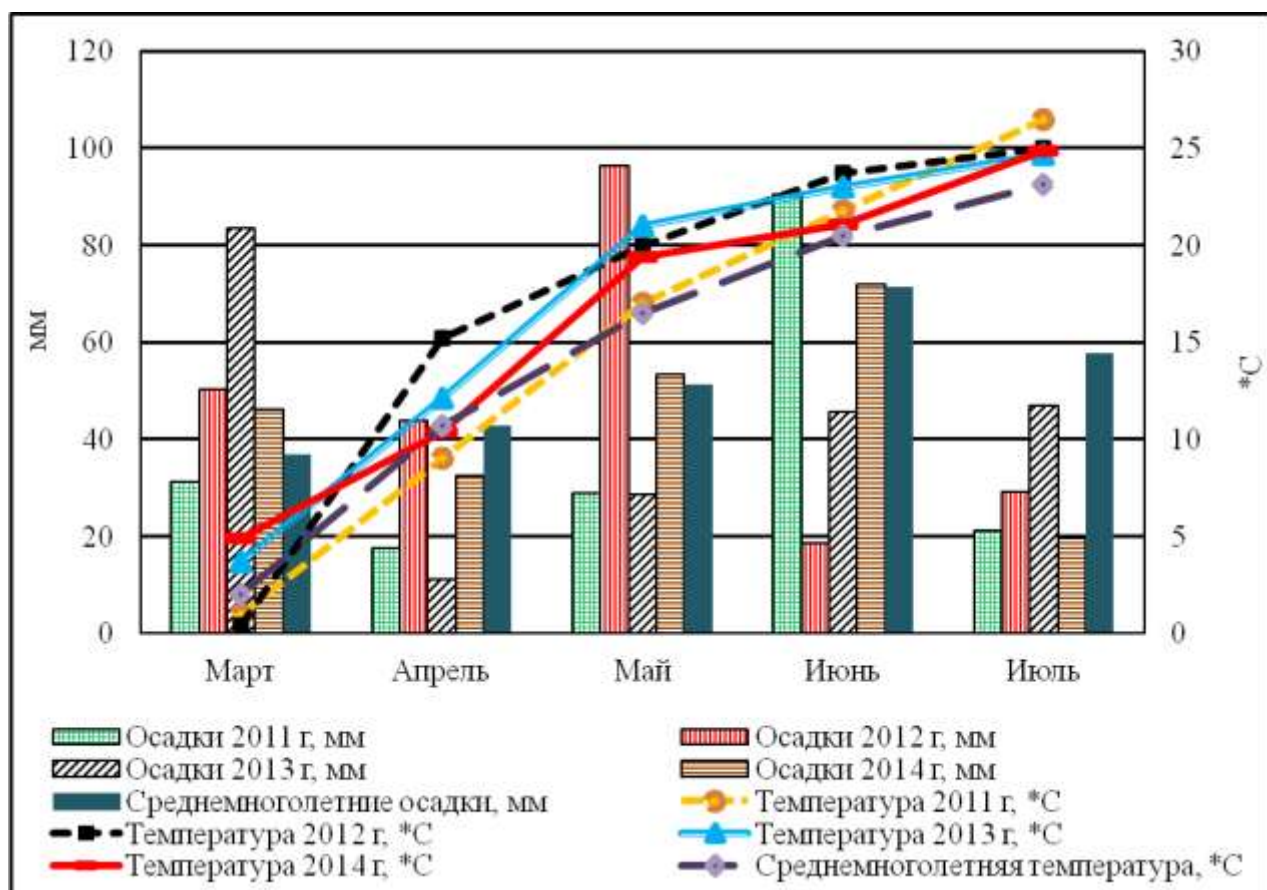


Рисунок 1 – Метеорологические условия в период вегетации гороха, 2011–2014 гг.
(метеостанция, г. Зерноград)

Всего за весну отмечено восемь суховейных дней с низкой влажностью воздуха. Преобладали ветры восточного и юго-восточного направлений. Сумма положительных температур на конец мая (выше 0°C) – 858 °C (при норме – 898 °C).

Лето было жарким с чередованием дождливых и засушливых дней. В июне выпало 90,5 мм, что составило 127 % от нормы. Это значительно улучшило водный режим почвы под горохом и способствовало хорошему цветению и образованию бобов. Температура воздуха в этом месяце в среднем составила 21,8 °C.

Июль был самым жарким за лето при среднесуточной температуре 26,5 °C и максимальной – до 39,1 °C с незначительными ливнеобразными осадками.

Относительная влажность воздуха в среднем за весну и лето составила 64,6 %.

Таким образом, погодные условия в 2011 году сложились достаточно бла-

гоприятно для роста, развития и созревания растений гороха.

Условия для начала вегетации гороха в **2012 с.-х. году** складывались относительно успешно. Хорошим и быстрым всходам гороха в апреле способствовали тепло, свыше 15 °С и достаточная влага в пределах нормы, 43,7 мм. Заморозки, отмеченные в начале апреля, на поверхности почвы не нанесли вреда растениям. Уже к концу месяца температура воздуха составила 29,9 °С, на поверхности почвы она поднималась до 50,8 °С, а в мае была еще выше: 30,9 °С и 63,0 °С соответственно.

Приток тепловой солнечной энергии в мае, а также количество выпавших осадков (187 % к норме) значительно превысили среднемноголетние показатели, что повлияло на активность роста и развитие растений после цветения. Межфазный период «всходы–цветение» у сортообразцов гороха был короче по сравнению с 2011 годом на 1–3 дня.

Летний период года отмечен как жаркий и сухой, с преимуществом ярких солнечных дней и значительным дефицитом осадков в июне (18,4 мм при норме – 71,3 мм), которые носили ливневый характер. Среднесуточная температура воздуха составила в июне 23,7 °С, что на 3,1 °С превышало среднемноголетнюю. Максимальной она была в июле, 38,5 °С. Такие условия оказали отрицательное влияние на налив и созревание зерна бобовой культуры.

Метеоусловия 2013 с.-х. года сложились крайне неблагоприятно для вегетации гороха. В период посева и прорастания семян была теплая и сухая погода, за апрель выпало всего 11,1 мм осадков, в связи с этим всходы появились только через 18 дней. В мае рост и развитие растений проходили в условиях дефицита влаги (28,5 мм) и избытка тепла (+21,0°С).

В июне выпало 45,6 мм осадков (64 % от нормы), средняя за месяц температура воздуха составила 23 °С, самая высокая достигала 36,8 °С, а на поверхности почвы – 65,5 °С.

Июль характеризовался подобными условиями. Всего за два месяца отмечено 17 дней с осадками.

Жаркие сухие погодные условия лета вызвали низкорослость, ускоренное цветение растений, слабый налив и преждевременное созревание семян, что привело к сильному снижению урожайности гороха, по сравнению с предыдущими годами.

Погода весной **2014 с.-х. года** характеризовалась благоприятной для роста и развития растений гороха. Осадков в сумме за март, апрель и май выпало практически на уровне среднемноголетних (131 мм). В мае среднесуточная температура воздуха составила 19,4 °С, что выше нормы на 2,9 °С. Лето отличалось недобором осадков в июле месяце (19,6 мм) при норме 57,7 мм и повышенной температурой воздуха за весь летний период, что отрицательно повлияло на развитие продуктивных органов растений гороха.

Следовательно, за четыре года изучения сортов, образцов и гибридов гороха наиболее благоприятные метеорологические условия для вегетирования растений зернобобовой культуры умеренного климата, сложились только в 2011 году.

2.3 Материал и методика исследований

Объектом исследований послужили 28 коллекционных образцов и сортов ярового гороха донской, самарской, орловской, башкирской, узбекской и мордовской селекции различных морфотипов. Кроме этого, были изучены 17 гибридных популяций начиная с 5-го поколения, полученные м.н.с. А.А. Лысенко в 2005 г. во ВНИИЗК им. И.Г. Калиненко (ныне АНЦ «Донской») от скрещивания сортов донской и самарской селекции и гибриды F₁ и F₂, полученные нами от скрещивания выделившихся в условиях засухи сортов и образцов из коллекционного материала.

В качестве стандарта использовали рекомендованный для возделывания в Ростовской области сорт гороха Аксайский усатый 7 (внесен в Госреестр с 1999 г.)

Далее представлено описание стандартного сорта и некоторых сортов, использованных в гибридизации.

Аксайский усатый 7. Оригинатор: ГНУ ДЗНИИСХ Россельхозакадемии. Родословная: Wassata x {[Сармат x Неосыпающийся 1) x Неосыпающийся 1] x

(Уладовский юбилейный x Рамонский 77)}. Разновидность - *cirrosut-vulgatum* (усатая-обыкновенная). Безлисточковый. Цветки белые. Семена гладкие, желтовато-белые с розовым оттенком. Среднеспелый (65-94 дня). Масса 1000 семян 150-240 г. Содержание белка в зерне 22,4-24,0 (Ерешко, 2010; Зинченко и др., 2014).

Чишминский 229. Оригинатор: ГНУ Башкирский НИИСХ. Родословная: Чишминский 75 x Зеленозерный 1. Среднеспелый (65-76 дня). Лист с 2-3 парами цельнокрайних листочков. Цветки белые. Семена неосыпающиеся, желто-розовые. Масса 1000 семян 240-270 г. Содержание белка 21,0-23,8% (Давлетов, 2011а).

Чишминский 95. Оригинатор: ГНУ Башкирский НИИСХ. Родословная: Шихан x Топаз. Группа разновидности *vulgaris*, разновидность *ekadukum*. Среднеранний (60-80 дней). Лист с 2-3 парами цельнокрайних листочков. Цветки белые. Семена желто-розовые, гладкие, неосыпающиеся. Масса 1000 семян 230-280 г. Содержание белка 22-23 % (Давлетов, 2008).

Чишминский 80. Оригинатор: ГНУ Башкирский НИИСХ. Родословная: Зеленозерный 1 x Шихан. Разновидность *ekadukum*. Сорт раннеспелый, продолжительность вегетационного периода с колебаниями от 53 до 81 дней. Лист с тремя парами цельнокрайних листочков. Цветки белые. Семена гладкие, желто-розовые, неосыпающиеся. Масса 1000 семян 238-283 г. Содержание белка 20,1-22,0 % (Давлетов, 2008).

Аксацкий усатый 55. Оригинатор: ГНУ ДЗНИИСХ. Родословная: Аксацкий усатый 5 x Milewska (Польша). Среднеспелый (65-90 дней). Листовые пластинки отсутствуют. Прилистники хорошо развиты, пятнистость имеется. Цветки белые. Семена гладкие. Семядоли желтые. Масса 1000 семян 170-234 г. Содержание белка 26,2-27,4% (Ерешко, 2010).

Опыты закладывали согласно методике Б.А. Доспехова (2011) с учетом рекомендаций методики ГСИ сельскохозяйственных культур (1987).

Посев гороха проводили в 2011–2014 гг. в оптимальные для зоны сроки на полях УОФХ АЧИИ.

Делянки располагали рендомизированно, в 2-х кратной повторности. Учетная площадь делянки – 1 м². Делянки отделяли друг от друга незасеянными дорожками шириной 40 см. Все сорта и образцы в течение 2-х лет высевали вручную, рядовым способом с шириной междурядий – 20 см для лучшего размножения. На третий год изучения, выделенные и размноженные линии гороха F₇, высевали сеялкой СНП–16 на делянках площадью 10 м² в 2-х кратной повторности.

Стандартный сорт высевали через каждые 10 номеров. Норма высева– 25 шт. на один погонный метр, при ручном посеве и 1,0 млн шт./га – при сеялочном посеве. Глубина заделки семян – 6–7 см.

В 2012 году была проведена гибридизация методом кастрации пыльников пинцетом. Полученные в результате скрещиваний гибридные растения F₁ были высеяны в 2013 году на однорядковых делянках.

Для анализа селекционного материала использованы полевые и лабораторные методы исследований.

В течение вегетации проведены следующие наблюдения, учеты и оценки:

- фенологические наблюдения: всходы, бутонизация, цветение и полная спелость. За начало каждой из фаз принимался день, когда она наблюдается у 10–15 % растений, а за полное наступление фазы – когда в нее вступили примерно 75 % растений. На основании этого определяли продолжительность вегетационного периода изучаемого материала (Методика ГСИ, 1987);

- учет всходов при полном их появлении и выживаемости растений перед уборкой на выделенных площадках в двух повторениях;

- промеры высоты и стеблестоя растений перед уборкой, согласно методике ГСИ (1987);

- проводили оценку полегания путем вычисления коэффициента полегания (частное от деления высоты в травостое на высоту вытянутого растения), по методике И.Ф. Сергеева (1971).

Уборку делянок коллекционного и гибридного питомников гороха осуществляли вручную, при полной технической спелости зерна и стандартной влажности 14 %. После уборки в лабораторных условиях был проведен структурный анализ

и расчет биологической урожайности по отобранному снопу с закрепленных площадок (Вавилов П.П. и др., 1983); определяли количество растений на единице площади, число бобов на одном растении, число семян в бобе, общую массу семян на растении, в бобе, массу 1000 семян. Биологическую урожайность вычисляли, учитывая густоту стояния и массу семян с одного растения (Макашева, 1986; Методика ГСИ, 1987);

Массу 1000 семян определяли согласно ГОСТ 10842-89 – Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян (с Изменением № 1);

Биохимическая оценка коллекционных образцов и гибридных линий гороха на содержание белка в семенах проведена по методу Кьельдаля (Ермаков и др., 1987)

В 2014 лучшие чистые линии были переданы в «АНЦ «Донской» для дальнейшего испытания в контрольном питомнике и КСИ.

Закладку опыта в конкурсном сортоиспытании (2017–2020 гг.) проводили согласно общепринятой методике ГСИ (1987). Площадь делянки 15 м², повторность 6-ти-кратная, посев осуществлен сеялкой ССФК – 7 с шириной захвата 1,05 м. Уборка урожая – механизировано комбайном «Wintersteiger Classic».

Математическую обработку данных выполняли согласно методике Б.А. Доспехова (2011) и с помощью компьютерных программ Statistica 10.0 и Excel, используя следующие статистические показатели: средняя арифметическая (\bar{x}), стандартное отклонение (σ), ошибка средней арифметической ($S \bar{x}$), коэффициент вариации ($V, \%$), коэффициент корреляции (r).

Для анализа в F_1 типа наследования определяли степень доминирования (hp) и коэффициент истинного гетерозиса ($H_{ист.}$).

Степень доминирования определяли по формуле В. Griffing (1956):

$$hp = (F_1 - P_{cp}) / (P_l - P_{cp}) \quad (1),$$

где F_1 – среднее значение гибрида;

P_{cp} – средняя арифметическая обоих родительских форм;

P_l – средняя арифметическая родителя с лучшими компонентами.

Для интерпретации выводов использовали следующую шкалу:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<-1,0	-1,0	-1<hp<-0,5	-0,5<hp<0	0	0<hp<0,5	0,5<hp<1	1,0	>+1

где **1** – депрессия; **2** – доминирование худшего родителя; **3** – неполное доминирование худшего родителя; **4** – частичное доминирование худшего родителя; **5** – промежуточное наследование; **6** – частичное доминирование лучшего родителя; **7** – неполное доминирование лучшего родителя; **8** – доминирование лучшего родителя; **9** – сверхдоминирование (Veil, Atkins, 1965).

Коэффициент истинного гетерозиса рассчитывали по формуле Д.С. Омарова (1975):

$$H_{ист} = [(F_1 - P_n) / P_n] \times 100 (\%) \quad (2),$$

где F_1 – среднеарифметическая гибрида;

P_n – среднеарифметическая лучшего родителя.

Генетический анализ количественных признаков в F_2 проводили согласно методике А.Ф. Мережко (1984), для этого использовали компьютерные программы поиска моделей расщепления Gen 3 (Костылев, Иванов, 1997) и Полиген А (Мережко, 1984), суть которых заключается в определении числа генов и типа наследования по виду кривых распределения частот признаков.

Экспериментальные данные конкурсного сортоиспытания обрабатывали с помощью дисперсионного анализа (Доспехов, 2011). Расчет параметров экологической пластичности (b_i , σ^2) проводили по методике S.A. Eberhart and W.A. Russell в изложении В.А. Зыкина (1984). Стрессоустойчивость ($Y_{min} - Y_{max}$) и компенсаторную способность $[(Y_{max} + Y_{min})/2]$ сортов определяли по А.А. Россилли и С. Хемблину (Rossielle A.A., Hemblien S., 1981) в изложении А.А. Гончаренко (2005). Расчет показателей экономической эффективности осуществляли в соответствии с методикой Л.Н. Анипенко и др. (2006).

3 СКРИНИНГ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ, АНАЛИЗ ГИБРИДОВ И ЛИНИЙ ГОРОХА С РАЗЛИЧНЫМ МОРФОТИПОМ ЛИСТА

(Результаты исследований)

3.1 Подбор исходного материала для создания продуктивных сортов гороха

3.1.1 Анализ сортообразцов по высоте растений, стеблестую и устойчивости к полеганию растений

В коллекционном питомнике изучаемые образцы и сорта различались по морфотипу: 12 листочковых, 16 усатых (безлисточковых).

Высота растений – один из важных признаков для гороха, так как при её увеличении возрастает и фотосинтетическая поверхность, что способствует повышению урожайности. Несколько факторов оказывают влияние на высоту стебля: генетические особенности сорта, климатические условия среды и технология возделывания. При обычном морфотипе развития стебля рост растений может продолжаться до полного созревания и более высокорослые растения склонны к полеганию (Давлетов, 2008). Многие селекционеры и физиологи считают, что оптимальная высота растения нынешних сортов должна соответствовать пределам 60–90 см (Фадеев, 2014).

В годы исследований (2011–2013) мы наблюдали очень сильное межсортовое варьирование признака «высота растений», особенно в 2011 г.: от 30,3 до 130,9 см ($V = 31,9 \%$) (приложение 2). На такую изменчивость повлияли поздний срок посева, недружные всходы и сложившиеся погодные условия на начальных фазах развития растений. Средняя высота составила 63,7 см. В последующие два года коэффициент варьирования по данному признаку был несколько меньше и составил $V = 21,5 \%$.

В 2012 году, более благоприятном по климату, все растения в среднем были повыше, 72,9 см, варьируя по сортам и образцам от 31,6 до 107,6 см.

Сухая и жаркая погода во время вегетации растений в 2013 году сильно повлияла на развитие стеблей растений. Высота всех образцов в этот год в среднем была меньше, 52,0 см и варьировала от 27,7 до 74,9 см. Коэффициент вариации у образцов в среднем по годам составил 23,6 %. Ф.А. Давлетов с соавторами (2014) считают, что в условиях повышенного притока тепла ростовые процессы затормаживаются, а развитие ускоряется, и растения формируются низкорослыми (Давлетов и др., 2014).

В среднем за три года в коллекции преобладали образцы с высотой 60–70 см, их было 39,3 % (рисунок 2).

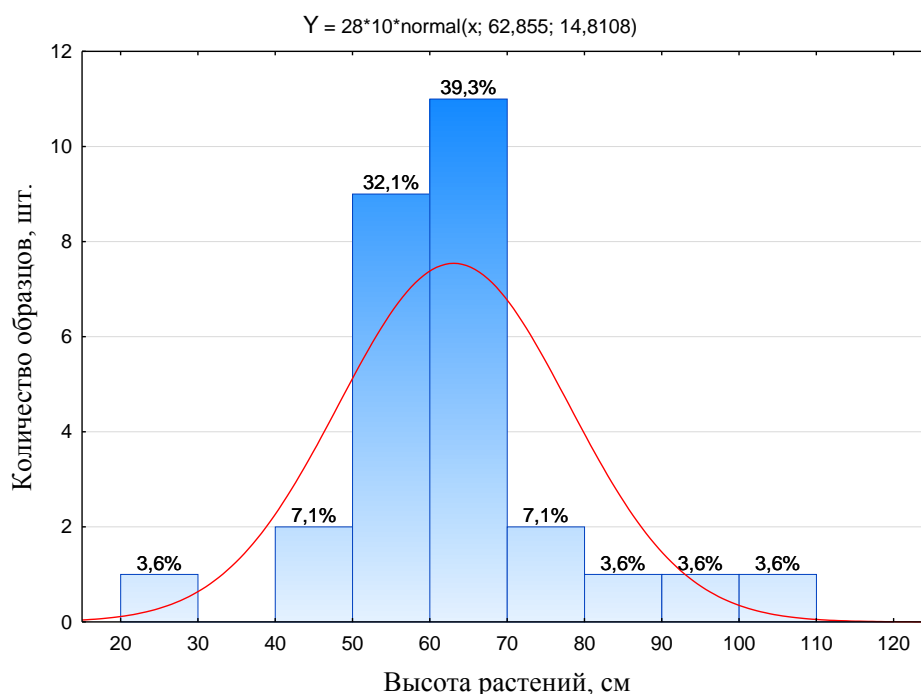


Рисунок 2 – Распределение образцов коллекции гороха по высоте растений, см (2011–2013 гг.)

В эту же группу входил и стандарт Аксайский усатый 7 (64,8 см). У трех образцов высота растения была в пределах 70-90 см.

Наиболее высокорослыми (более 90 см) в среднем за три года исследований были два сорта (7,2 %). Остальные образцы имели высоту на уровне или ниже стандарта. Для селекционной работы нами были выделены 12 образцов как источники короткостебельности с длиной стебля до 60 см: Батрак, К-8930, Л-27269,

И-014-1081, Памяти Хангильдина, Флагман 10, Флагман 9, Флагман 7, Чишминский 80, Чишминский 95, Transcaucasicum и Аксайский усатый 10. Стабильно низким по высоте за все годы исследований был образец башкирской селекции Л-27269 (29,9 см).

Высота стеблестоя растений за три года экспериментов в среднем по образцам составляла 29,7 см, однако степень изменчивости признака была очень высока – 32,6 %. Сильное варьирование данного признака наблюдалось в 2011 году – от 12 до 88 см ($V=63,3\%$). Наиболее высокий стеблестой (выше стандарта) был отмечен у трех сортов донской селекции: Ростовский мелкосемянный, Усатый кормовой, Аксайский усатый 55 и у образца из Тюмени – И-014-1081.

Измерения высоты стеблестоя перед уборкой позволило охарактеризовать место скрепления усиков у отдельных растений («подушки»), образуемое плотный, не позволяющий им полегать, слой. По соотношению этой высоты к общей длине растений мы вычислили коэффициент устойчивости к полеганию (K_n). Это значимый технологический параметр, от которого зависит процент потерь урожая зерна и товарные качества семян. Коэффициент полегания стеблестоя на момент уборки не должен быть ниже 0,4. Чем больше этот показатель, тем сорт устойчивее к полеганию (Давлетов, 2008; URL: <http://skifagros.ru/rekomendacii-dlya-POSEVA./album/tehnolo-giya-vozdelyvaniya-goroaha>).

У растений листочковых и безлисточковых морфотипов в 2011 году отмечено сильное полегание. Стандарт Аксайский усатый 7 имел коэффициент устойчивости к полеганию 0,46. Наибольшая величина была у И-014-1081 (0,82) и Аксайский усатый 10 (0,78). Минимальной устойчивостью к полеганию обладал сорт Мелкосемянный 2 (0,17). В последующие два года исследований более высокая полегаемость растений наблюдалась у листочковых образцов.

В 2012 году, высокий коэффициент устойчивости к полеганию имел сорт Усатый кормовой (0,71) и те же два образца (0,79 и 0,77 соответственно), что и в предыдущем году. Образцы И-014-1081 (0,74) и Флагман 7 (0,72) отмечены нами как лучшие по данному показателю по результатам опытов 2013 года.

Варьирование признака в среднем за три года изучения по всему питомнику составило от 0,24 до 0,78 ($V = 25,8 \%$). Слабую устойчивость к полеганию имели 29 % изученных образцов, они непригодны для механизированной уборки, их $K_{\text{п}} = 0,20\text{--}0,39$ (рисунок 3).

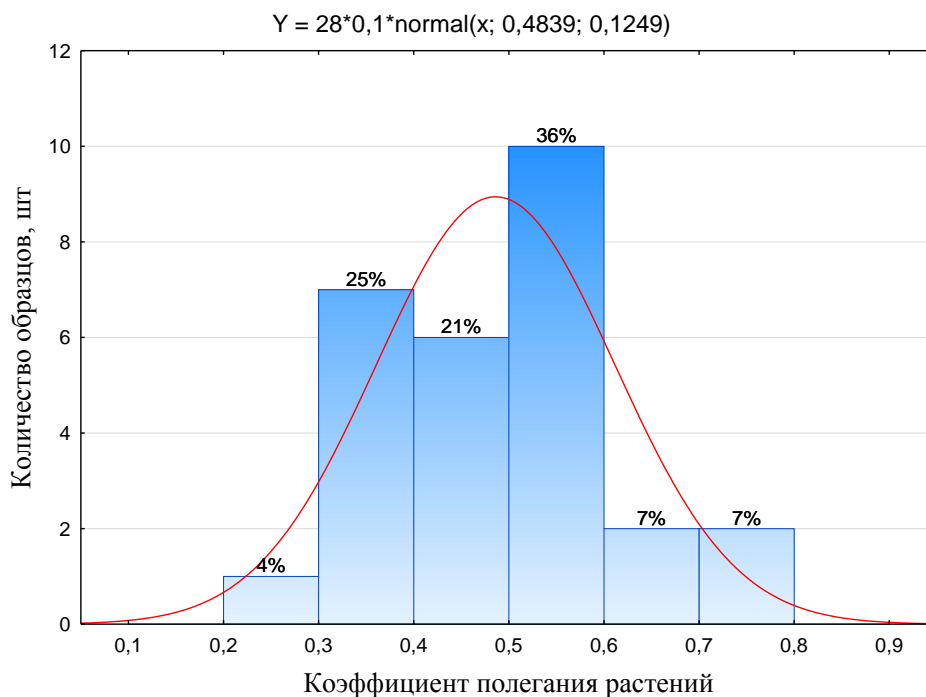


Рисунок 3 – Распределение сортообразцов гороха по устойчивости к полеганию растений, 2011–2013 гг.

В большей части коллекции (64 %) устойчивость к полеганию была в пределах от 0,4 до 0,7. Высокое значение коэффициента (не менее 0,7) было у двух образцов усатого морфотипа.

В качестве исходного материала при селекции на устойчивость растений к полеганию выделены следующие сорта и образцы: Аксайский усатый 10, Аксайский усатый 55, К-8930, И-014-1081, Памяти Хангильдина и Флагман 10.

3.1.2 Характеристика коллекционных образцов гороха по урожайности и элементам ее структуры

Составляющими признаками урожайности гороха являются: количество бобов на растении, количество зерен с одного боба и с растения, масса зерен с растения, масса 1000 зерен и густота стояния на единице площади.

Количество бобов на растении обусловлено высотой стебля, количеством продуктивных узлов и бобов на фертильном узле (Макашева, 1973). Анализ данных показывает, что на изучаемый признак существенное негативное воздействие оказывают повышенная температура и отсутствие осадков.

В 2011 году число бобов, сформировавшихся на растении, варьировало в пределах от 2,7 до 7,2 штук, в среднем 4,8 шт. (приложение 3). Коэффициент вариации составил 24,9 %. Максимум был отмечен у сорта башкирской селекции Чишминский 229. В наших опытах наиболее благоприятные условия для формирования этого признака наблюдали в 2012 году. Число бобов на одном растении по коллекции варьировало от 3,0 до 7,9 шт. (в среднем 5,0 шт.). Коэффициент вариации был на уровне прошлого года – 25,7 %. Наибольшие величины этого признака показали сорта: Усатый кормовой – 7,9 шт., Кормовой 5 – 7,5 шт., Вахшский 1 – 7,2 шт.

В противоположность 2012, в 2013 году значения количества бобов были минимальны. Их число на растении варьировало от 1,9 до 7,1 шт. (в среднем 4,0 шт.). Изменчивость признака у сортообразцов была выше, чем в предыдущие годы ($V = 29,7 \%$). Наибольшее число бобов на растении отмечено у сортов: Transcaucasicum – 7,1 шт., Кормовой 5 – 6,7 шт. и Чишминский 229 – 5,8 шт.

Распределение образцов гороха по количеству бобов на растении в среднем за 2011–2013 гг. было двухвершинным, т.е. они разделились на две группы по этому признаку (рисунок 4). Большинство образцов (57 %) в том числе и стандарт, находились в интервале 3,5–4,5 штук. Десять образцов (36 %) сформировали количество бобов в пределах 4,5–7,0 шт.

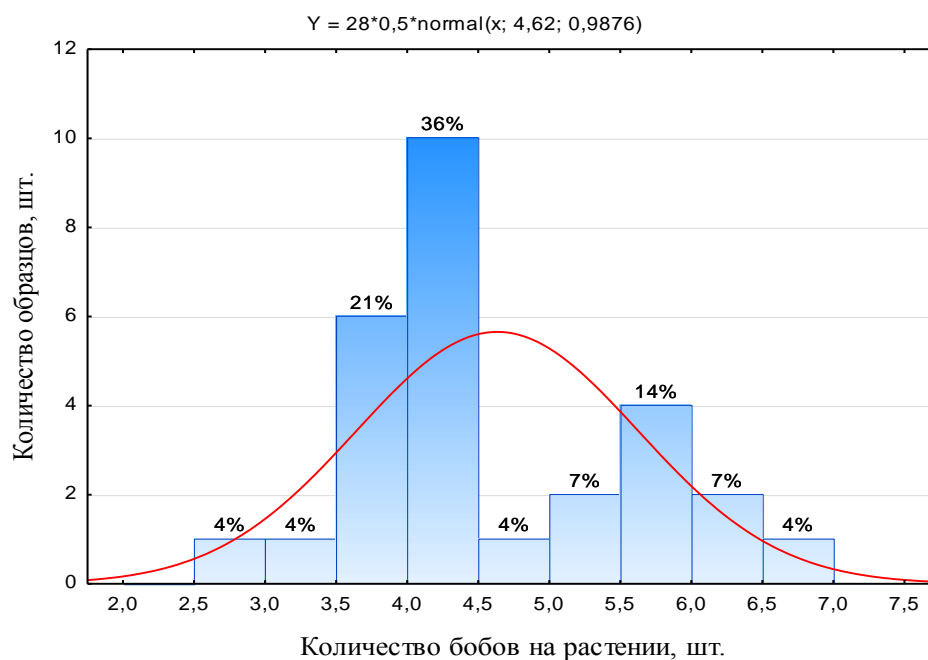


Рисунок 4 – Распределение образцов гороха по количеству бобов на растении, шт., 2011–2013 гг.

Максимальные значения за три года исследований отмечены у трех сортов башкирской селекции – Кормовой 5 (6,8 шт.), Чишминский 229 (6,2 шт.), Чишминский 80 (5,9 шт.) и у одного сорта донской селекции Усатый кормовой (6,5 шт.). Их можно рекомендовать в качестве исходного материала для селекции на повышенное число бобов на растении.

Количество семян в одном бобе обуславливает продуктивность растения и, тем самым, оказывает большое влияние на формирование урожая. Озернённость бобов во многом зависит от генетических особенностей сорта и агроклиматических условий (Ашиев, 2014). При выборе исходного материала для селекционной работы необходимо принимать во внимание не всегда только среднее число бобов на растении, но и наибольшее их количество. Это наследственный признак и зависит от количества семяпочек, которые закладываются в завязи, и также от потенциала сорта в реализации этой возможности. Он является показателем потенциального числа семян, образующихся при наиболее благоприятных условиях развития (Макашева, 1973).

В благоприятных погодных условиях 2011 года количество семян в бобе варьировало от 3,0 до 5,7 шт. (в среднем 4,2 шт.). По данному признаку выделились два сорта листочкового морфотипа Вахшский 1 (5,7 шт.) и Мелкосемянный 2 (5,6 шт.).

Результаты опытов 2012 года показывают, что варьирование числа зерен в одном бобе было в пределах от 2,6 до 5,8 шт. (в среднем 4,1 шт.). Сорта Зеленозерный 1 (5,0 шт.) и Приазовский (5,8 шт.) превысили стандарт Аксайский усатый 7 (4,9 шт.). Коэффициент вариации в эти два года составил 18,0–18,4%.

Меньше всего межсортовое варьирование признака ($V = 13,6 \%$) при среднем его значении (3,9 шт.) было в 2013 году. Количество семян в бобе варьировало от 3,0 – у сорта Чишминский 80 до 5,0 штук – у сорта Мелкосемянный 2.

Количество зерен в одном бобе у коллекционных образцов в среднем за все годы исследований изменялось от 3,1 до 5,2 шт. Распределение образцов гороха показывает, что большинство (54 %) образцов коллекции в условиях засухи сформировали немного семян в одном бобе (3,0–4,0 шт.) (рисунок 5). Меньше всего их было у пяти из них (18 %).

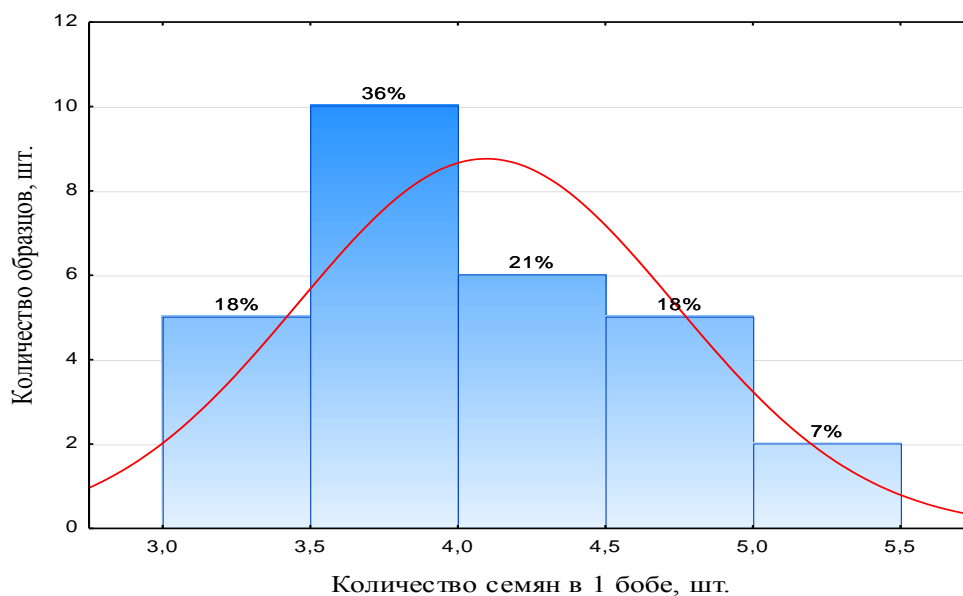


Рисунок 5 – Распределение образцов гороха по количеству семян в одном бобе, шт. (2011–2013 гг.)

Свыше 4,5 штук в среднем насчитали у семи образцов (25 %). Хорошая озерненность боба и превышение над стандартным сортом Аксайский усатый 7

(4,7 шт.) были у сортов: Мелкосемянный 2 (5,2 шт.), Приазовский (5,1 шт.), Вахшский 1 (5,0 шт.) и Зеленозерный 1 (4,9 шт.).

Количество зерен на растении является одним из основных составляющих продуктивности и производным от количества бобов на цветоносе и семян в бобе (Макашева, 1973; Костылев, Лысенко, 2011; Ашиев и др., 2019).

В 2011 году признак «количество семян на растении» варьировал сильнее всего: от 10,4 до 39,7 шт. (в среднем 20,4 шт.), степень изменчивости составила – 33,7 %. Максимальное число зерен на растении в данном году сформировали сорта Усатый кормовой – 30,5 шт, Мелкосемянный 2 – 35,4 шт. и Вахшский 1 – 39,7 шт.

Коэффициент вариации по результатам исследований 2012 года был в пределах от 11,4 до 34,5 семян (в среднем 20,0 шт., $V = 27,4 \%$). Наибольшее количество семян отмечено у сортов Вахшский 1 – 34,5 шт. и Усатый кормовой – 32,4 шт.

Значительная доля образцов коллекционного питомника в 2013 году исследований характеризовалась слабым образованием зерен на растении. Колебания признака происходили в диапазоне от 9,9 до 24,8 шт. (в среднем 15,3 шт.), степень изменчивости составила 29,4 %. Максимальное количество семян в бобе в этот год образовалось у сорта Кормовой 5 (24,8 шт.), что превысило его значения в более благоприятные по климату годы.

Среднее число зерен на растении за анализируемые годы по образцам изменялось от 12,7 – у сорта Флагман 7 до 28,7 шт– у Мелкосемянного 2. У большей части коллекции (75 %) было 14–22 семян на растении (рисунок 6). Стандартный сорт Аксайский усатый 7 имел 20,8 штук. Однако были выделены три сорта, которые характеризовались лучшей озернёностью (более 26 семян с растения).

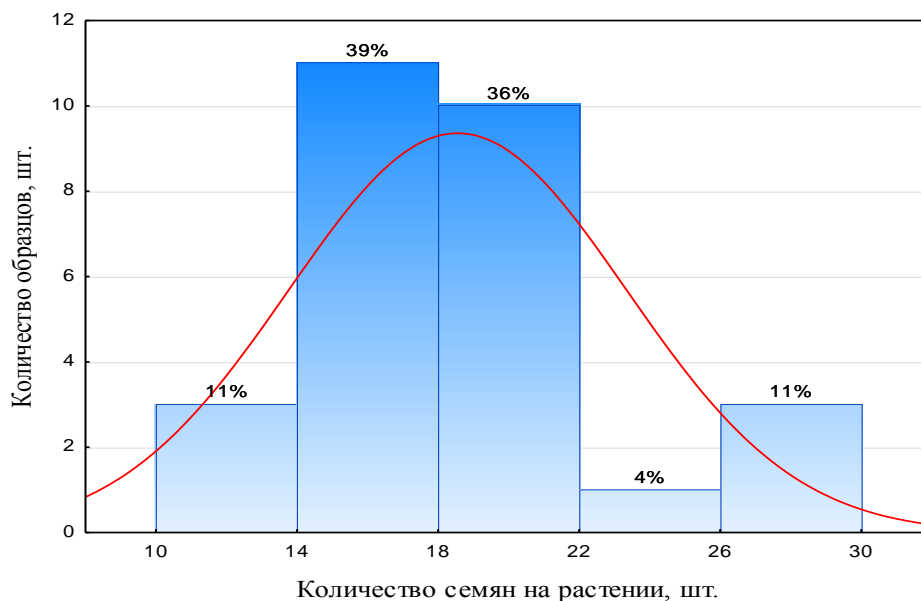


Рисунок 6 – Распределение образцов гороха по количеству семян с растения, шт. (2011–2013 гг.)

Соотношение числа продуктивных узлов и бобов на узле, числа зерен в бобе и массы 1000 зерен определяет *продуктивность растения* (масса зерен с растения). В определении семенной продуктивности буферную роль могут играть элементы, характеризующиеся наиболее высокими показателями коэффициента вариации, например число фертильных узлов на одном растении. По В.В. Хангильдину, такая буферность осуществляется изменением числа семян в бобе и числа плодущих узлов, но относительное значение каждого из этих элементов будет изменяться в зависимости от конкретных условий, а также от агроэкологической принадлежности сорта. При скрещивании в большинстве случаев на проявление продуктивности большое влияние оказывает материнское растение (Макашева, 1973; Ашиев, 2014).

По нашим данным, в 2011 году наибольшую массу семян с растения имели сорта: стандарт Аксайский усатый 7 – 6,16 г, Аксайский усатый 55 – 6,26 г, Чишминский 95 – 6,63 г и Чишминский 229 – 6,71 г (приложение 4).

Продуктивность растений в 2012 году в среднем по образцам снизилась на 10,8 % по сравнению с предыдущим годом. Выделены 15 образцов, превысивших

стандартный сорт. Из них максимальной продуктивностью обладали сорта: Сармат (6,06), Памяти Хангильдина (6,09) и Чишминский 229 (5,07). В не столь благоприятном по метеорологическим условиям опытном 2013 году наблюдалось сильное снижение продуктивности и варьирование по данному признаку ($V=33,79\%$). Максимальная масса семян с растения составила 3,51 г, которую имел сорт Кормовой 5, также был выделен сорт Чишминский 229 с массой семян 3,33 г.

Коэффициент вариации по массе зерен с растения за годы исследований составил 18,8 % с лимитами 2,0– 5,5 г и средним значением 3,48 г.

Из графика распределения образцов гороха по данному признаку видно, что низкопродуктивными (меньше 3,0 г) были 25 % образцов (рисунок 7). Самая низкая продуктивность отмечена у образца Transcaasicum – 2,36 г.

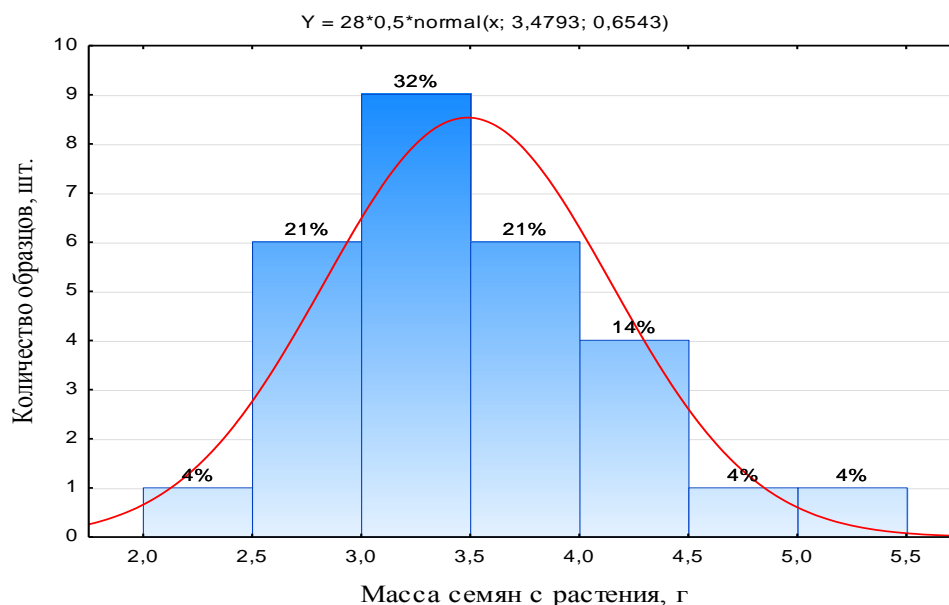


Рисунок 7 – Распределение образцов гороха по массе семян с растения, г (2011–2013 гг.)

В пределах от 3,01 до 4,0 г имели семенную продуктивность 53 % или 15 образцов. Продуктивность стандартного сорта Аксайский усатый 7 составила 3,98 г. Средней продуктивностью обладали 14 % сортообразцов с массой семян от 4,00 г до 4,50 г. В эту группу входили сорта: Чишминский 80 (4,00 г), Сармат (4,42 г), Аксайский усатый 55 (4,26 г) и Усатый кормовой (4,04 г). Большую массу семян с

растения, свыше 4,5 г, сформировали два сорта: Чишминский 95 (4,74 г) и Чишминский 229 (5,04 г).

Масса 1000 семян. Крупность зерна характеризуется массой 1000 семян. Этот признак является наиболее наследуемым и одним из главных в структуре урожая (Макашева и др., 1986; Браилова и др., 2020). По исследованиям Николая Михайловича Вербицкого (1969,1992), крупность семян является менее варьиремым признаком, чем остальные. По массе 1000 семян разделяют на три категории: крупные – более 250 г, средние – 151–250 г и мелкие – менее 150 г. Считается, что повышение крупности семян свыше 270 г нежелательно, так как при этом резко снижается число бобов и зерен на растении (Шпаар и др., 2000). Оптимальной крупностью для образцов зернового типа считается 210–250 г (Макашева и др., 1986).

У изученных образцов гороха в 2011 году масса 1000 семян варьировала от 111,1 до 306,1 г ($V\% = 23,3\%$). Большинство образцов коллекции сформировали зерно среднее и крупное, т.е. более 151 г. Стандартный сорт и ещё 10 образцов имели оптимальную крупность семян в пределах от 215,9 до 241,5 г. Максимальная масса 1000 семян в данном году была у сортов Чишминский 80 (302,0 г) и Чишминский 229 (306,1). В 2012, более засушливом году, произошло снижение массы 1000 семян и крупносемянных образцов было на много меньше. Однако образец И-014-1085, несмотря на засушливые условия, сформировал семена крупнее, в сравнении с предыдущим годом. По результатам второго года исследований более крупное зерно имели три сорта: Чишминский 95 (268,3 г), Чишминский 229 (260,0 г) и Флагман 10 (263,5 г). Период вегетации гороха в 2013 году был критически засушливым, в связи с чем отмечено образование мелких семян у 11 образцов коллекции (в том числе стандарт) и средних – у 17. Коэффициент вариации по признаку составил 25,3 %. По данному году исследований нами были выделены лучшие сортообразцы: Чишминский 95 (190,2 г), Чишминский 80 (191,0 г), Л-27602 (191,6 г).

В среднем за годы исследований большинство образцов коллекции (68 %) имели зерно с массой 1000 семян 180–240 г (рисунок 8).

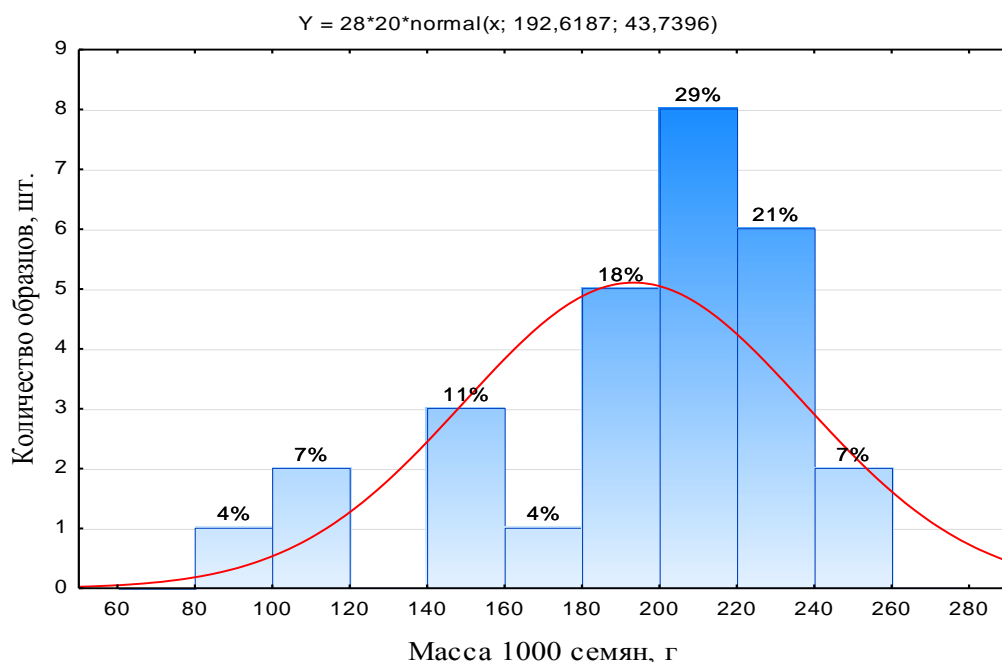


Рисунок 8 – Распределение образцов гороха по массе 1000 семян, г (2011–2013 гг.)

Семена массой 140–180 г сформировали четыре сорта (15 %). Очень мелкозёрными были 11 % образцов, из них минимальная масса 1000 зерен за все годы опытов была у Вахшского 1. Выделено восемь образцов (28 %) с массой 1000 семян от 220 до 260 г.

Превзошли стандартный сорт Аксайский усатый 7 (161,0 г) по крупности семян 21 образец коллекции. Нами отобраны образцы, у которых масса 1000 зерен была более 220 г: Аксайский усатый 10, Флагман 9, Флагман 10, Памяти Хангильдина, Чишминский 80, Чишминский 95 и Л-29100. Максимальной крупностью зерна, в условиях недостатка влаги, характеризовался сорт Чишминский 229 (252,0 г).

Решающим совокупным показателем ценности сорта считается *урожайность* зерна.

Результаты трехлетних опытов показали, что большая урожайность сформировалась в 2011 году (392,68 г/м²) в среднем по коллекционным образцам, (приложение 5). В данном году у трех сортов отмечено превышение над стандартным сортом: Чишминский 95, Чишминский 229 и Аксайский усатый 55. Во

второй год опытов лучшими показали себя сорта Сармат ($300,17 \text{ г/м}^2$) и Чишминский 229 ($296,90 \text{ г/м}^2$). Самый низкий урожай получен в засушливом, 2013 году ($118,26 \text{ г/м}^2$) и варьирование было очень сильным ($V=36,5 \%$).

Урожайность в коллекционном питомнике в среднем за три года варьировала в пределах от $165,80$ – $356,31 \text{ г/м}^2$ (рисунок 9). Большая часть образцов (61 %) формировала урожайность в пределах от 220 до 260 г/м^2 .

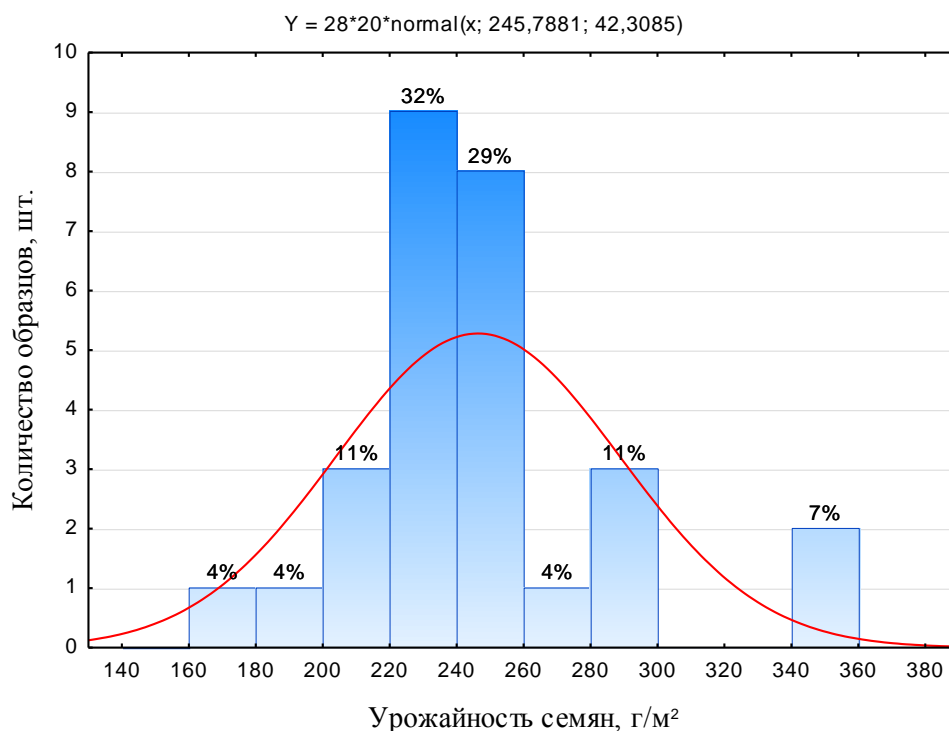


Рисунок 9 – Распределение образцов гороха по урожайности семян, г (2011-2013 гг.)

При сравнении со стандартом Аксайский усатый 7 ($269,1 \text{ г/м}^2$) по результатам трех лет исследований более адаптированными к условиям Зерноградского района оказались сорта башкирской селекции – Чишминский 80 ($294,3 \text{ г/м}^2$), Чишминский 229 ($352,0 \text{ г/м}^2$), Чишминский 95 ($356,3 \text{ г/м}^2$) и донской – Сармат ($287,3 \text{ г/м}^2$) и Аксайский усатый 55 ($299,9 \text{ г/м}^2$), сформировавшие наибольшую урожайность (таблица 1).

Все выделенные сорта также отличались высоким содержанием белка в зерне.

Таблица 1 – Источники продуктивности гороха в коллекционном питомнике,
(2011–2013 гг).

Сорт	Высота растений, см	Количество бобов на растении, шт.	Количество семян с 1 боба, шт.	Масса 1000 семян, г	Урожайность, г/м ²	Содержание белка, %
Аксайский усатый 7, стандарт	64,8	4,4	4,7	161,0	269,1	28,1
Чишминский 95	58,6	5,2	3,7	246,0	356,3	29,4
Чишминский 229	68,2	6,2	3,4	252,0	352,0	27,0
Аксайский усатый 55	62,4	4,4	4,7	191,8	299,9	27,0
Чишминский 80	57,6	5,9	3,1	238,5	294,3	27,9
Сармат	71,2	4,8	4,6	209,8	287,3	27,2
Среднее, \bar{x}	63,8	5,2	4,0	216,5	309,8	27,8
Станд. отклонение, S	5,34	0,76	0,72	35,6	35,9	0,9
Коэфф. вариации, V , %	8,37	14,8	17,9	16,5	11,6	3,30

Хуже всех в наших условиях чувствовал себя сорт листочкового типа – Transcaasicum (165,8 г/м²). Средняя урожайность по коллекции составила 245,8 г/м².

3.1.3 Формирование модели сорта на основе оптимальных величин признаков и поиск лучших сортов с помощью кластерного анализа

Анализ взаимосвязей урожайности с изученными признаками показывает, что при увеличении высоты растений с 20–30 см до 70–80 см урожайность семян растет, а затем резко снижается (рисунок 10).

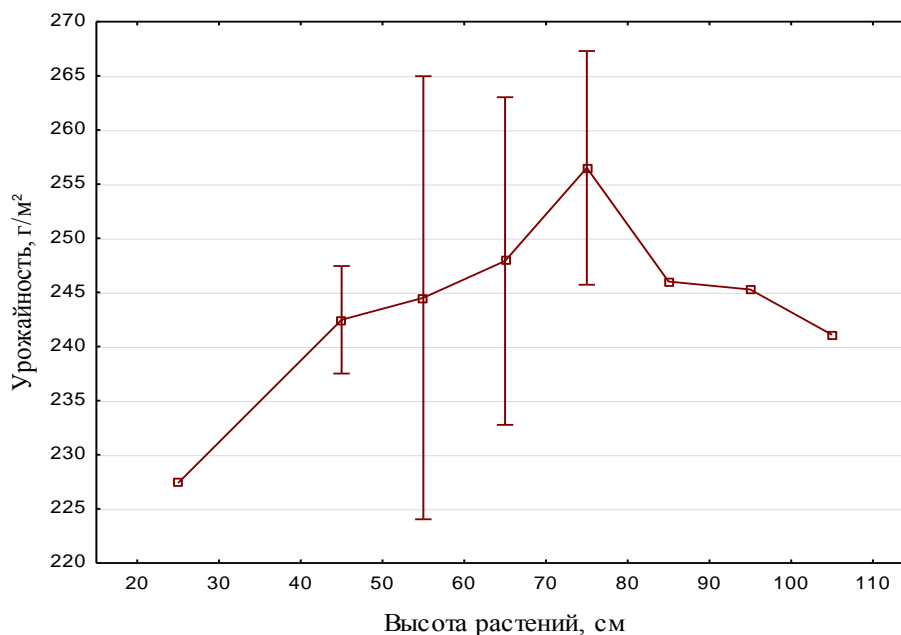


Рисунок 10 – Взаимосвязь между урожайностью и высотой растений

Это позволяет считать, что в селекционном процессе при создании высокопродуктивных сортов нужно отбирать растения гороха с высотой в пределах от 70 до 80 см, потому как у сортов с такой длиной стебля формируется наибольшая урожайность. Это модельный параметр. Вместе с тем если длина стебля превышает 80 см, то возможно полегание посевов и потери зерновой массы во время уборки.

По результатам корреляционного анализа между признаками «урожайность» и «количество бобов на растении» установлена положительная средняя связь ($r=0,52\pm 0,17$).

Сорта с большим количеством бобов на растении, как правило, показали себя наиболее урожайными (рисунок 11).

При этом максимальная урожайность семян формировалась при среднем числе бобов от 6 до 6,5 штук. Эту величину можно принять как модельную.

Признак «число зерен в бобе» является также элементом структуры урожайности. При изучении коллекционных образцов оказалось, что наибольшая урожайность формируется при небольшом количестве зерен в бобе – 3,0–3,5 шт. (рисунок 12).

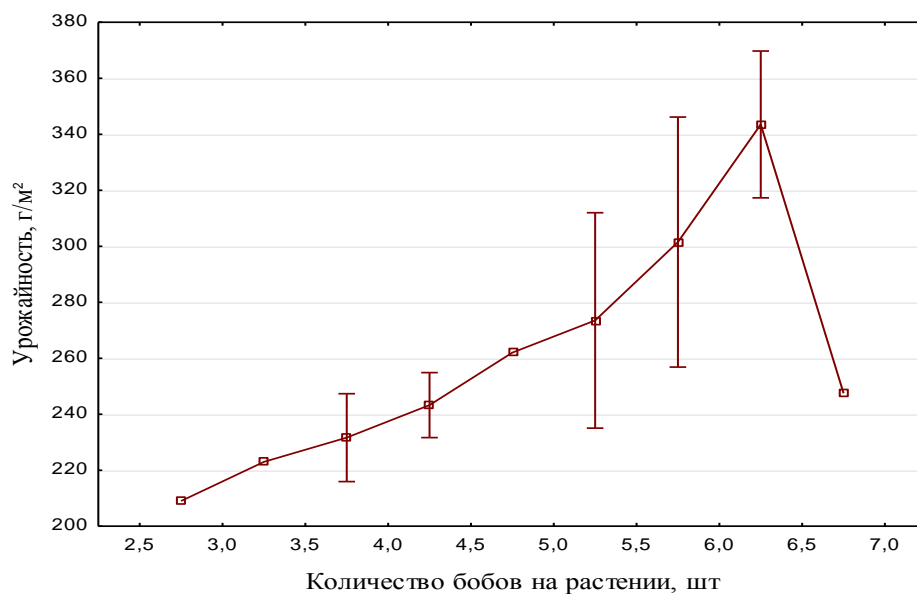


Рисунок 11 – Взаимосвязь между урожайностью и количеством бобов на растении

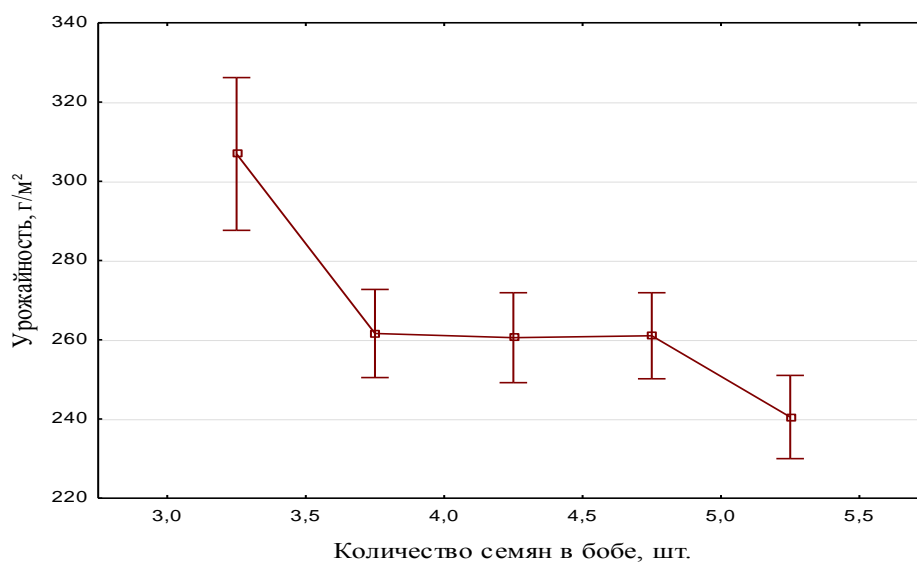


Рисунок 12 – Взаимосвязь между урожайностью и количеством семян в бобе

Корреляция между этими признаками отрицательная ($r = -0,31 \pm 0,19$) и недостоверная. Возможно, это связано с конкретным составом данного коллекционного материала.

В других выборках генетической плазмы знак корреляции может и измениться на противоположный. Но, вероятнее предположить, что число зерен в бобе менее важно, нежели их масса и общее количество на растении.

Установлена положительная достоверная взаимосвязь между урожайностью и массой семян с растения ($r=0,87\pm 0,10$). С увеличением массы семян на растении с 2,0 до 5,5 г урожайность образцов гороха повышается с 209 до 352 г/м² (рисунок 13).

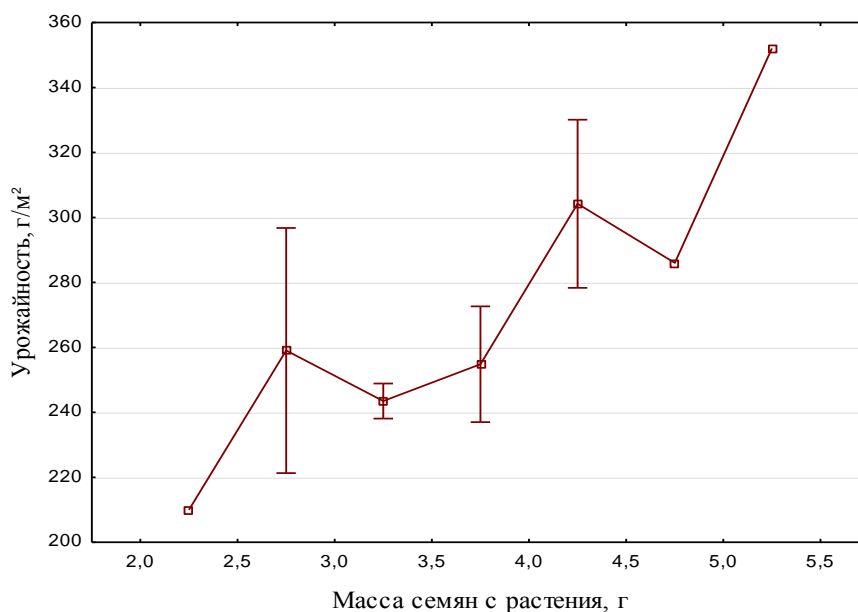


Рисунок 13 – Взаимосвязь между урожайностью и массой семян с растения

Одним из важнейших признаков, влияющих на урожайность, технологические свойства и семенные качества, является масса 1000 семян. Крупное зерно в большем количестве содержит белка и жира, необходимых для дружного прорастания.

Известно, что масса 1000 семян наименее варьирующий хозяйственно-ценный признак. Продуктивность растения складывается как за счет увеличения числа семян в нем, так и за счет их крупности (Цильке, 1983; Качур, 1985).

Корреляционный анализ показал среднюю положительную взаимосвязь урожайности с массой 1000 семян ($r=0,55\pm 0,16$). Наиболее лучшую урожайность сформировали сорта в классах с самыми крупными семенами, более 240 г (рисунок 14).

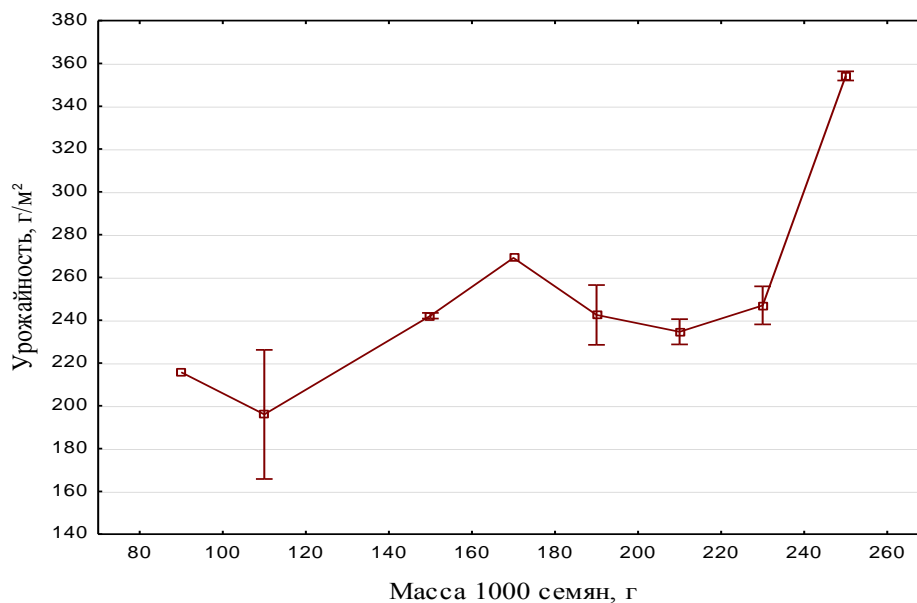


Рисунок 14 – Взаимосвязь между урожайностью и массой 1000 семян

На втором месте по оптимальности массы 1000 семян находится класс 160–180 г. Следовательно, урожайные сорта гороха могут иметь различные варианты массы 1000 зерен в зависимости от направления использования.

Изучив анализ по корреляционным связям, можно сказать, что из рассмотренных нами признаков, составляющих структуру урожая, в большей степени урожайность семян связана с числом бобов и семян на растении, массой 1000 семян и массой с одного растения, и меньше всего урожайность зависит от числа семян в одном бобе.

В помощь селекционеру для более эффективного и экономичного создания сорта, необходимо провести подбор значений различных признаков для получения модельного сорто типа, который наиболее допустимо будет приближен к идеальному.

В ходе исследований коллекционного материала нами были проанализированы данные по 28 образцам и, с использованием программы Statistica 10 подобраны оптимальные параметры признаков модельного сорта, при которых формируется более высокая урожайность гороха (таблица 2).

Таблица 2 – Параметры модели сорта гороха

Хозяйственно-биологические признаки	Модель сорта	Сорта близкие к модели	
		Чишминский 229	Чишминский 95
Урожайность зерна, г/м ²	350,0	352,0	356,3
Высота растений, см	75,0	68,2	58,6
Количество бобов на растении, шт.	6,3	6,2	5,2
Количество зерен с 1 боба, шт.	3,8	3,4	3,7
Масса зерен с растения, г	5,25	5,04	4,74
Масса 1000 зерен, г	250	252	246

С целью тщательного сравнения различных образцов и отбора таких, которые идентичны сформулированной модели, в наших исследованиях использован кластерный анализ, который предназначен для разделения комплекса блоков на однородные группы (классы или кластеры) и неоднородной классификации данных. Он позволяет использовать сортировку образцов одновременно по целому набору показателей (Лысенко, 2011).

Для анализа кластеров было использовано шесть признаков гороха: высота растений, масса семян с растения, число бобов на растении, число семян в одном бобе, масса 1000 семян, урожайность, а также разработанные параметры модельного сорта (С29), представленные выше в таблице 2. Результаты кластерного анализа представлены на рисунке 15.

Морфологическая характеристика сортообразцов гороха была похожей в отдельных кластерах. Все образцы были разделены на большое количество групп схожих форм.

Изучив большое число кластеров, нами была выбрана группа образцов, которые на дендрограмме располагались близко к модельному сорту (С29).

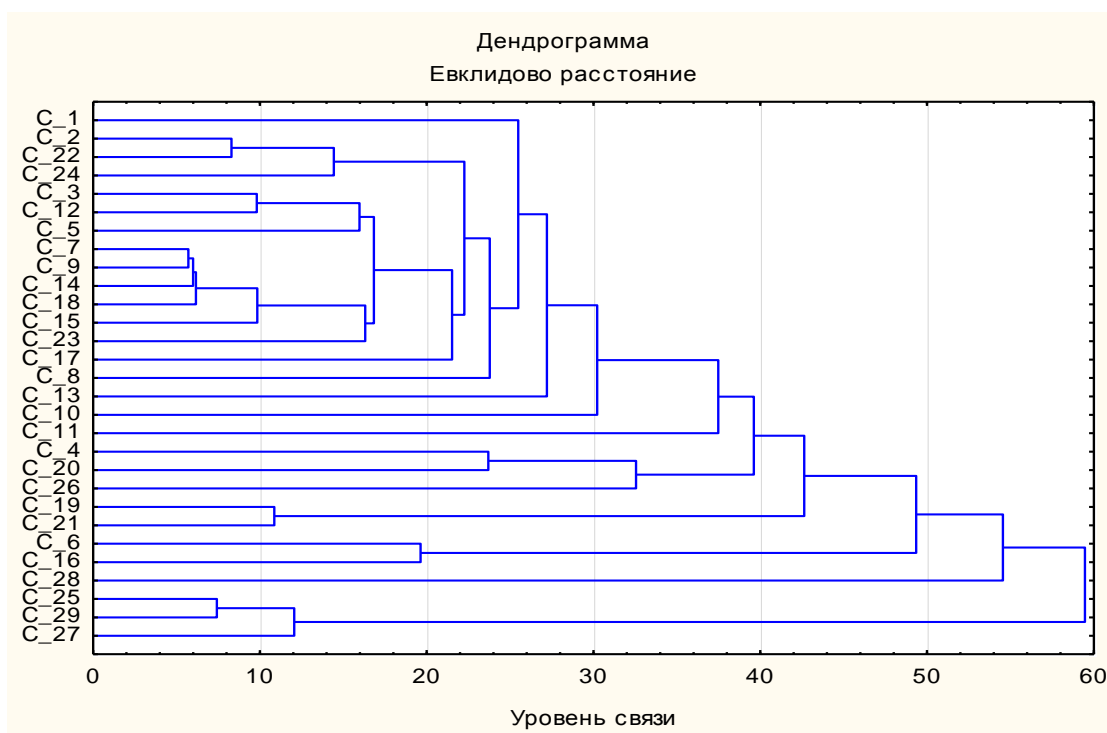


Рисунок 15 – Кластерный анализ сортов образцов гороха коллекционного питомника по комплексу признаков

Примечание: C_1 – Аксайский усатый 7, St; C_2 – Аксайский усатый 10; C_3 – Аксайский усатый 5; C_4 – Аксайский усатый 55; C_5 – Батрак; C_6 – Вахшский 1; C_7 – Зеленозерный 1; C_8 – Зерноградский 9; C_9 – И-014-1081; C_10 – И-014-1085; C_11 – К-8930; C_12 – Кормовой 5; C_13 – Л-27269; C_14 – Л-27602; C_15 – Л-29100; C_16 – Мелкосемянный 2; C_17 – Памяти Хангильдина; C_18 – Приазовский; C_19 – Ростовский мелкосемянный; C_20 – Сармат; C_21 – Усатый кормовой; C_22 – Флагман 10; C_23 – Флагман 7; C_24 – Флагман 9; C_25 – Чишминский 229; C_26 – Чишминский 80; C_27 – Чишминский 95; C_28 – Transcaucasicum; C_29 – модель.

Ближе всего по морфо-биологическим признакам к новой модели из всех исследованных сортов оказались Чишминский 229 (C25) и Чишминский 95 (C27). Эти сорта следует вовлекать в процесс гибридизации, с целью получения более продуктивных форм гороха в селекционной работе.

3.1.4 Сравнение признаков усатых и листочковых образцов гороха

Сравнение листочковых и усатых сортов коллекции между собой показало определенные различия по ряду признаков. Так, средняя высота растения у листочковых форм за все три года изучения (2011–2013) была значительно выше, чем у усатых – на 10,0–13,7 см (в среднем на 11,4 см) (рисунок 16).

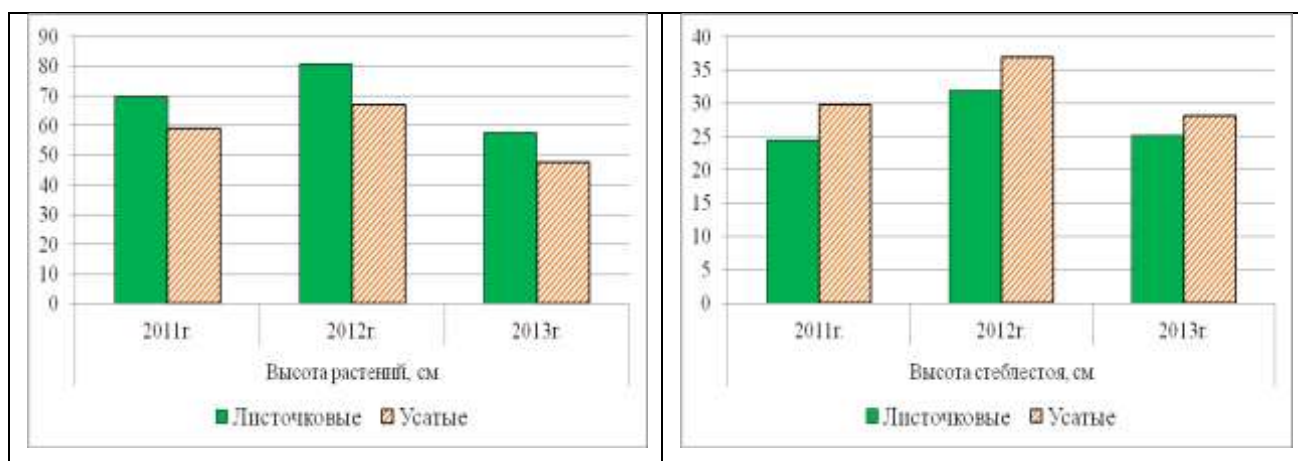


Рисунок 16 – Средняя высота растений и стеблестоя сортообразцов гороха двух морфотипов листа

В то же время высота стеблестоя, наоборот, у листочковых форм была ниже на 3,0–5,3 см (в среднем на 4,4 см). Это связано с большей устойчивостью к полеганию усатых форм, которые, сцепляясь между собой усиками, обеспечивают более высокий стеблестой.

Рисунок 17 показывает нам, что у безлисточковых образцов коэффициент устойчивости к полеганию существенно выше (на 0,15–0,17), по сравнению с листочковыми.

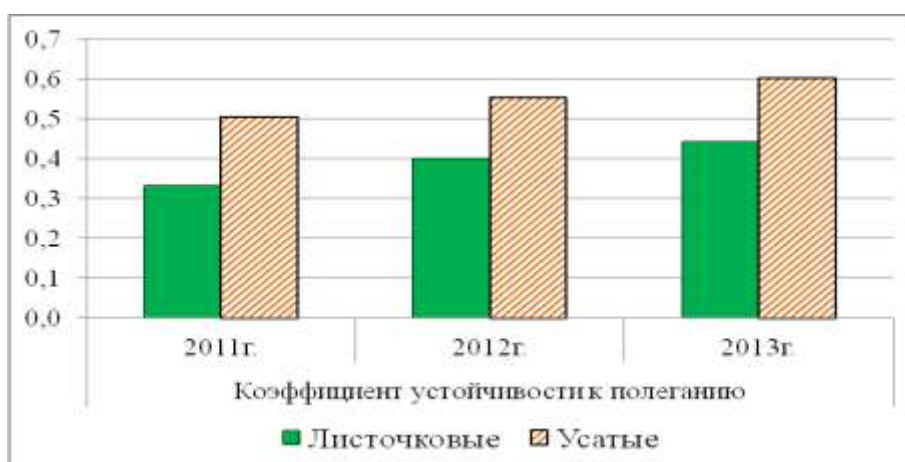


Рисунок 17 – Средние коэффициенты устойчивости к полеганию сортообразцов гороха двух морфотипов листа

Если у листочковых форм этот показатель варьировал по годам от 0,33 до 0,44, то у усатых – от 0,5 до 0,6.

Масса 1000 семян у образцов с редуцированными (усатыми) листьями была несколько выше (на 12–26 г), чем у листочковых, варьируя по годам от 153 до 238 г, а у листочковых – от 141 до 212 г (рисунок 18).

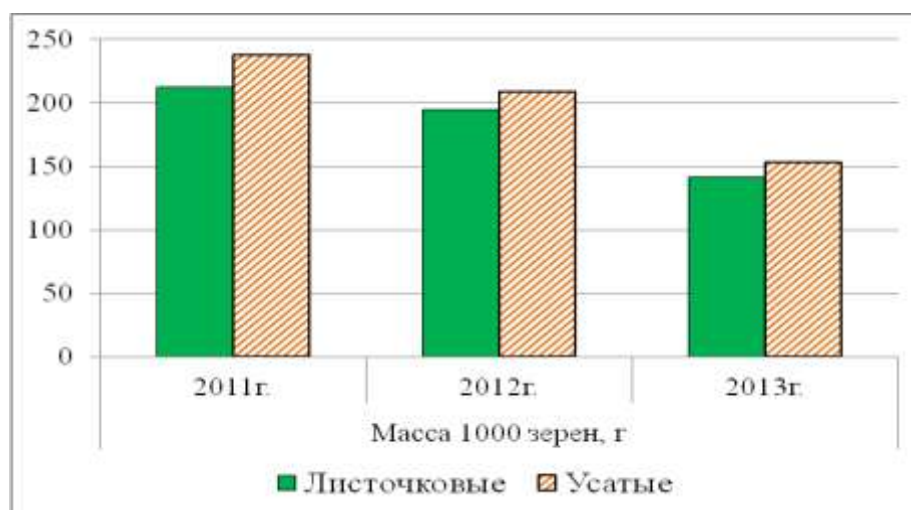


Рисунок 18 – Средняя масса 1000 зерен сортообразцов гороха двух морфотипов листа

Однако количество бобов и зерен на растении, наоборот, было больше у листочковых форм (рисунок 19).

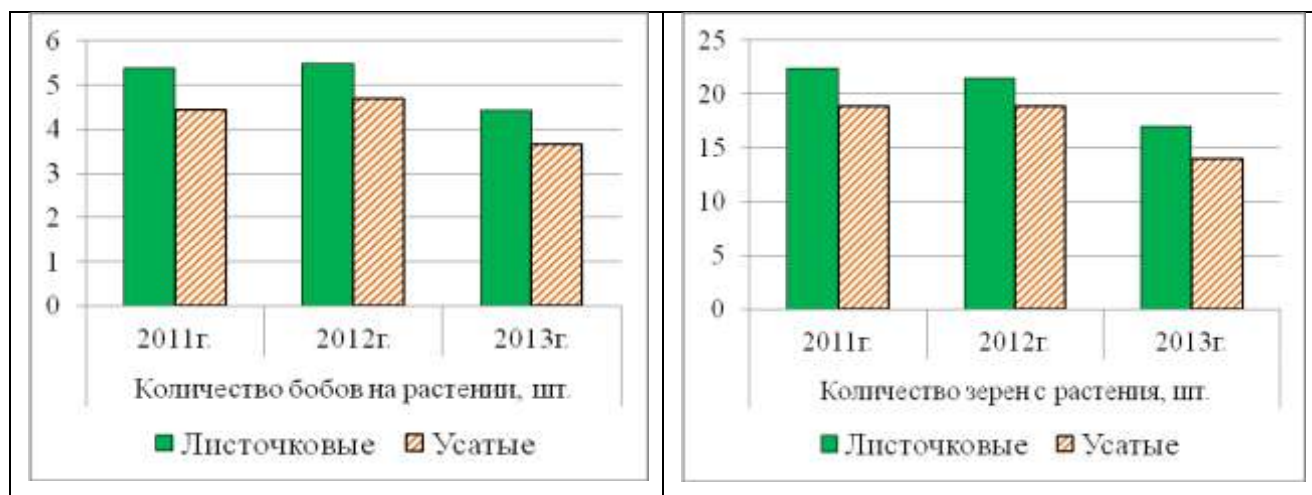


Рисунок 19 – Среднее количество бобов и зерен на одном растении у сортообразцов гороха двух морфотипов листа

Листочковые сорта формировали 4,4–5,5 бобов, т.е. на 0,7–0,8 больше, чем усатые – 3,7–4,7 штук. Соответственно и количество зерен на растении тоже было больше – на 3,0–3,5 шт. Величина этого признака варьировала по годам у листоч-

ковых форм от 17,0 до 22,4 шт. (в среднем 20,3 шт.), у усатых – от 14,0 до 18,9 шт. (в среднем 17,3 шт.).

В конечном итоге, масса зерна с растения в двух группах была примерно на одном уровне, но в 2011 году у усатых форм она была чуть выше (на 0,06 г), а в 2012 и 2013 гг. – чуть ниже (на 0,03–0,08 г) (рисунок 20).

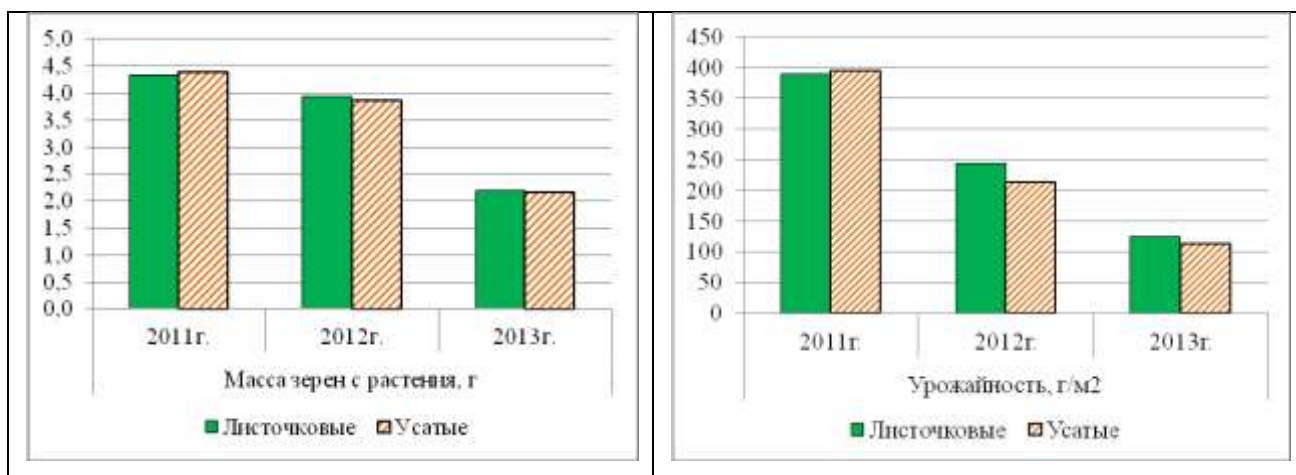


Рисунок 20 – Средняя масса зерна с растения и урожайность сортов гороха двух морфотипов листа

Подобная картина наблюдалась и по формированию урожайности: на 10,7–29,5 г/м² она была выше у листочковых форм в 2012–2013 году, а в благоприятном 2011 году – практически на одном уровне, всего на 5,5 г/м² превосходство имели усатые формы.

Таким образом, согласно нашим исследованиям, в засушливых условиях зерноградского района Ростовской области, сорта гороха листочковых и безлисточковых морфотипов ведут себя по-разному. Поэтому в качестве исходного материала следует использовать образцы обоих морфотипов.

3.2 Наследование количественных признаков гибридов F₁

В качестве родительских форм были использованы сорта и образцы, различающиеся по морфотипу растений и величине продуктивности (таблица 3).

Таблица 3 – Характеристика выделенных для скрещивания сортообразцов гороха, 2011 г.

Сорт, образец	Морфотип	Количество, шт			Масса зерен с растения, г	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, г/м ²
		бобов	зерен в бобе	зерен на растении			
Аксайский усатый 7, St	усатый	5,0	5,1	25,5	6,2	221,7	554,6
И - 014 -1085	многократ- нонепарно- пер., дет.	4,8	3,0	14,0	3,1	216,9	276,4
Л – 27269	усатый	4,6	4,1	18,4	4,0	229,8	361,3
Флагман 10	усатый	4,2	3,9	16,2	4,5	280,1	407,5
Флагман 9	усатый, дет.	3,9	3,9	14,7	4,0	270,4	360,7
Чишминский 80	листочко- вый	6,8	3,1	21,1	5,4	302,0	488,3
Чишминский 95	листочко- вый	6,0	3,9	23,3	6,6	279,6	596,9
Чишминский 229	листочко- вый	7,2	3,3	23,7	6,7	306,1	604,2
Сармат	листочко- вый	4,2	4,3	18,2	4,1	230,0	364,2
Аксайский усатый 55	усатый	4,9	5,0	24,6	6,3	241,5	563,6
Приазовский	усатый, дет.	3,9	5,0	19,2	4,2	238,6	374,6
\bar{x}		5,05	4,05	19,9	5,0	256,1	450,2
S		1,14	0,76	4,03	1,27	32,5	114,7
$V, \%$		22,6	18,9	20,2	25,3	12,7	25,5

Обычный листочковый морфотип имеют сорта: Чишминский 229, Чишминский 95, Чишминский 80 и Сармат; безлисточковый морфотип – Флагман 10, Аксайский усатый 55, Л-27269, Флагман 9 и Приазовский, а последние два так же и стебель с детерминантным типом развития. Детерминантную форму развития стебля и многократнонепарноперистый тип листа имеет образец И-014-1085.

В 2012 году составлен план гибридизации и проведены скрещивания по 10 комбинациям. Способ кастрации: вручную, пинцетом, способ опыления – принудительный, также вручную, сразу после удаления тычинок с повтором через два дня. Как правило, скрещивали усатые формы с листочковыми.

Полученный гибридный материал высеяли на следующий год, провели браковку псевдогибридов, а по окончании вегетации провели генетический анализ количественных признаков у этих гибридных комбинаций F_1 . Все гибриды F_1 в 2013 году имели листочковый морфотип (доминантный признак).

Биометрический анализ гибридов F_1 по признакам продуктивности показал наличие сильного варьирования значений ($V=24,0-54,6\%$) по комбинациям (таблица 4). Максимальный коэффициент изменчивости получен по признаку «масса семян с одного растения».

Таблица 4 – Статистические показатели изученных признаков в F_1 гороха, 2013 г.

Признак	Объем выборки, n	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	$(x_{\min} - x_{\max})$	V, %
Высота растений, см	63	58,3±1,00	41,0÷78,0	13,6
Количество междуузлий, шт	63	18,9±0,22	15,0÷23,0	9,3
Количество бобов на растении, шт.	63	5,7±0,29	2,0÷11,0	40,8
Количество зерен в бобе, шт.	357	4,1±0,07	1,0÷6,5	30,5
Количество зерен на 1-м растении, шт.	63	22,8±1,37	3,0÷53,0	47,4
Масса зерна с 1-го растения, г	63	3,6±0,25	0,4÷9,5	54,6
Масса 1000 зерен, г	10	158,5±12,7	100,0÷231,4	24,0

Поэтому генетический анализ наследования этих признаков, в результате которого была определена степень доминирования, представляет большой интерес (таблица 5).

Как видно из таблицы, тип наследования признаков в данных комбинациях очень различается, степень доминирования варьирует от -1,00, характеризующая полное доминирование родительской формы с меньшим значением признака, до 45,0, указывающая на сверхдоминирование.

Таблица 5 – Степень доминирования признаков гороха у гибридов F₁

Комбинация скрещивания	Высота растений	Количество				Масса	
		междоузлий	бобов на растении	семян в бобе	семян на растении	1000 семян	семян с растения
1	2	3	4	5	6	7	8
Чишминский 229 × Флагман 10	1,11	4,00	1,34	-0,19	0,83	-0,64	0,06
Л-27269 × Чишминский 80	1,92	0,58	17,67	0,94	5,5	-0,40	1,20
Аксайский усатый 55 × Чишминский 95	2,94	3,12	4,64	-0,57	8,81	-0,59	1,42
И-014-1085 × Чишминский 229	-1,00	0,83	0,31	0,57	0,52	-0,57	-0,56
Приазовский × Чишминский 229	1,00	45,0	2,47	-0,03	5,89	0,08	5,88
Флагман 9 × Сармат	0,62	3,00	2,38	-0,64	0,76	5,78	1,34
Чишминский 95 × Аксайский усатый 55	3,06	1,00	3,00	0,29	7,00	0,57	3,09
Флагман 10 × Чишминский 80	5,47	0,62	1,00	23,5	4,20	0,40	11,33
Чишминский 80 × Приазовский	6,33	1,86	17,7	1,26	8,38	-0,56	5,98
Сармат × Чишминский 229	-0,94	-1,00	-1,00	0,97	5,00	1,26	8,11

Ниже приведен более подробный анализ наследования высоты растений, количества междоузлий и признаков продуктивности.

Наследование высоты растений и количества междоузлий. Высота растения имеет большое значение в селекции сортов гороха. В настоящее время растет интерес селекционеров к более низкорослым высокопродуктивным формам, формирующим стебель длиной до 50 см с укороченными междоузлиями. Из совокупности влияния многих генов формируется высота растений гороха. Одни – контролируют длину междоузлий, а другие – их число. Вследствии этого таковой признак принято считать полигенным.

Сверхдоминирование ($h_p > 1$) по признаку «высота растений» было отмечено в шести из десяти комбинаций, у двух гибридов выявлены неполное и полное доминирование большего значения признака ($h_p = 0,62 - 1,00$) и в двух других –

полное доминирование родительской формы с меньшим значением ($h_p = -0,94 - -1,00$).

У гибридов Чишминский 80 × Приазовский и Флагман 10 × Чишминский 80 определен большой гетерозис, но всё же по абсолютным значениям признака все комбинации несущественно отличались друг от друга, варьируя в пределах от 54,7 до 62,7 см (рисунок 21).

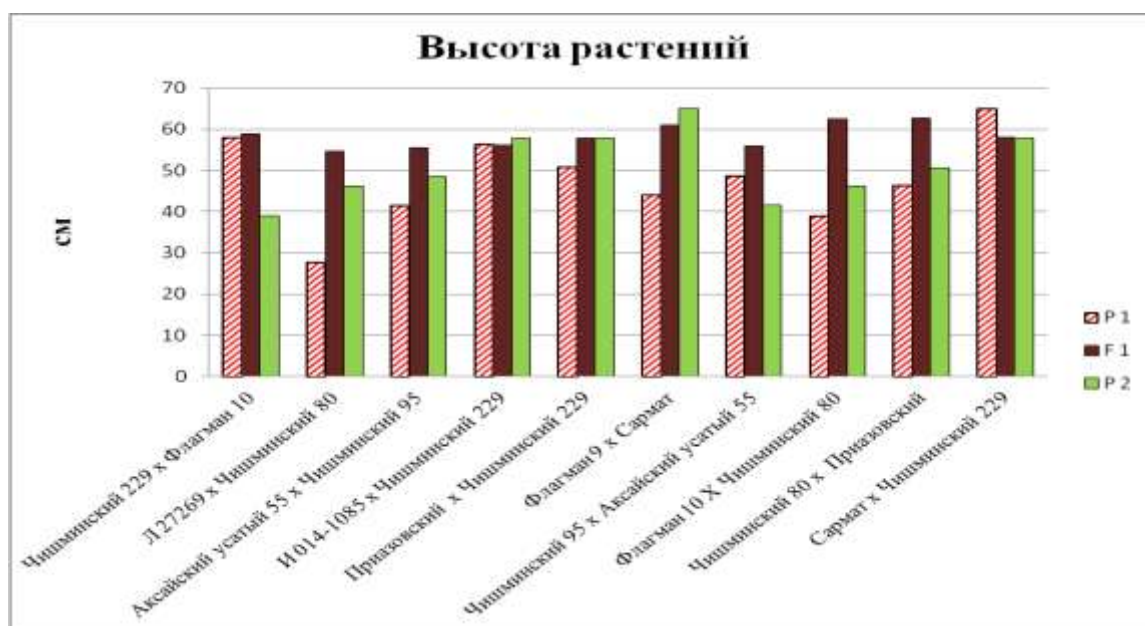


Рисунок 21 – Наследование признака «высота растений» у гибридов F₁ гороха

Гены, контролирующие число и длину междоузлий, находятся во всех семи парах хромосом. Доминантные гены *La*, *Cry* и рецессивные *le*, *lm*, *na* оказывают наиболее значимый эффект укорачивания междоузлий. Ген *le* уменьшает высоту растения на 40–60 % и образуется зигзагообразная форма, так же прилистники развиваются длиннее чем междоузлия. Гены локуса *Lf* отвечают за степень ветвистости междоузлий. Формирование меньшего числа узлов контролируют рецессивные гены *mine*, *miu* (Чекалин и др., 2009а).

В наших исследованиях число междоузлий у пяти гибридов сверхдоминировало (рисунок 22). Степень доминирования варьировала от -1,0 до 45,0. В комбинациях Л-27269 × Чишминский 80, И-014-1085 × Чишминский 229 и Флагман 10 × Чишминский 80 наблюдалось неполное положительное доминирование признака ($h_p = 0,58-0,83$).

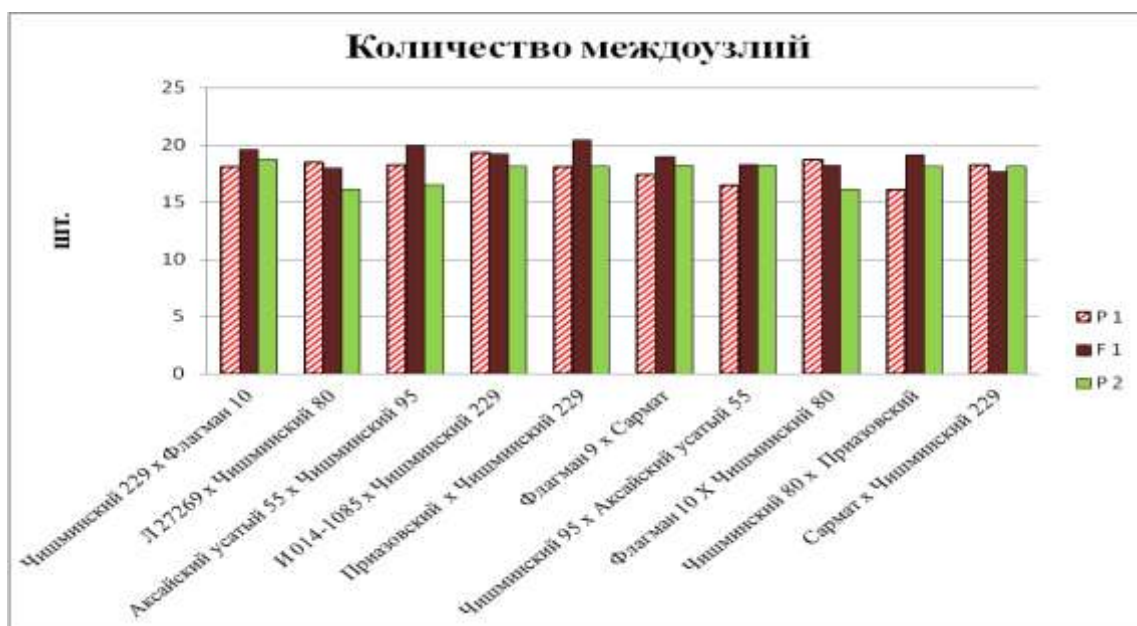


Рисунок 22 – Наследование признака «количество междоузлий» у гибридов F_1 гороха

У гибрида Чишминский 95 × Аксайский усатый 55 наблюдалось полное доминирование большего значения ($h_p = 1,00$).

Наследование количества бобов на растении. Главные элементы которые обуславливают продуктивность растения - это количество бобов на растении, количество семян в бобе и на растении, масса 1000 семян. К одному из основных признаков влияющих на урожайность относится количество бобов на растении. Показатель этого признака у родительских сортов варьировал от 2,9 до 5,8 шт., а у гибридов – от 4,2 до 7,2 (рисунок 23).

Гибрид Флагман 10 × Чишминский 80 характеризовался полным доминированием значения большего родителя ($h_p = 1$), а Сармат × Чишминский 229 – полным доминированием значения меньшего ($h_p = -1$). В комбинации И-014-1085 × Чишминский 229 отмечено частичное доминирование большего значения признака ($h_p = 0,31$). В других семи гибридных комбинациях по числу бобов наблюдалось сверхдоминирование. Степень доминирования варьировала от $h_p = 1,34$ в F_1 Чишминский 229 × Флагман 10 до $h_p = 17,67$ в F_1 Л-27269 × Чишминский 80 и Чишминский 80 × Приазовский.

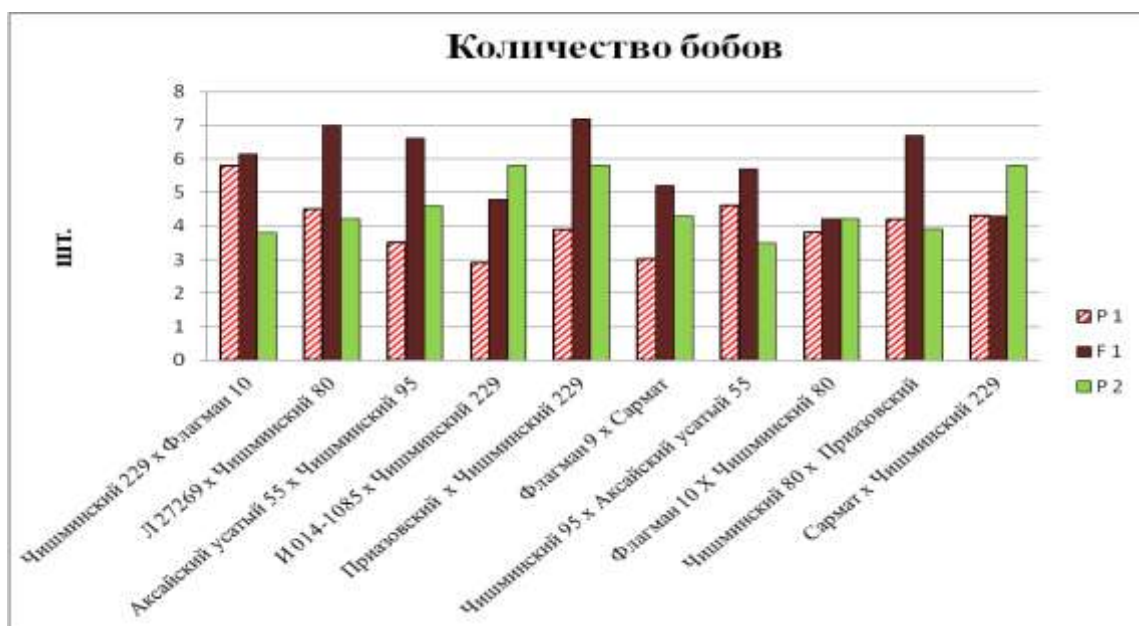


Рисунок 23 – Наследование признака «количество бобов на растении» у гибридов F₁ гороха

Больше всего бобов на растении было отмечено у гибридов F₁ Л-27269 × Чишминский 80 (7,0 шт.) и F₁ Приазовский × Чишминский 229 (7,2 шт.). По данному признаку значения истинного гетерозиса в этих гибридных комбинациях были 55,5 % и 24,2 % соответственно (приложение 6).

Наследование количества зерен в бобе. Тип наследования по признаку «число семян в 1 бобе» был разнообразного характера: от неполного отрицательного доминирования до сверхдоминирования (рисунок 24).

У большей родительской формы средняя величина признака составила 4,86 шт., у меньшей – 2,96 шт., в комбинации варьирование значений было в пределах от 3,19 до 4,84 шт.

Отрицательное неполное доминирование отмечено у гибридов Аксайский усатый 55 × Чишминский 95 ($h_p = -0,57$) и Флагман 9 × Сармат ($h_p = -0,64$), частичное – у гибридов Чишминский 229 × Флагман 10 ($h_p = -0,19$) и Приазовский × Чишминский 229 ($h_p = -0,03$).

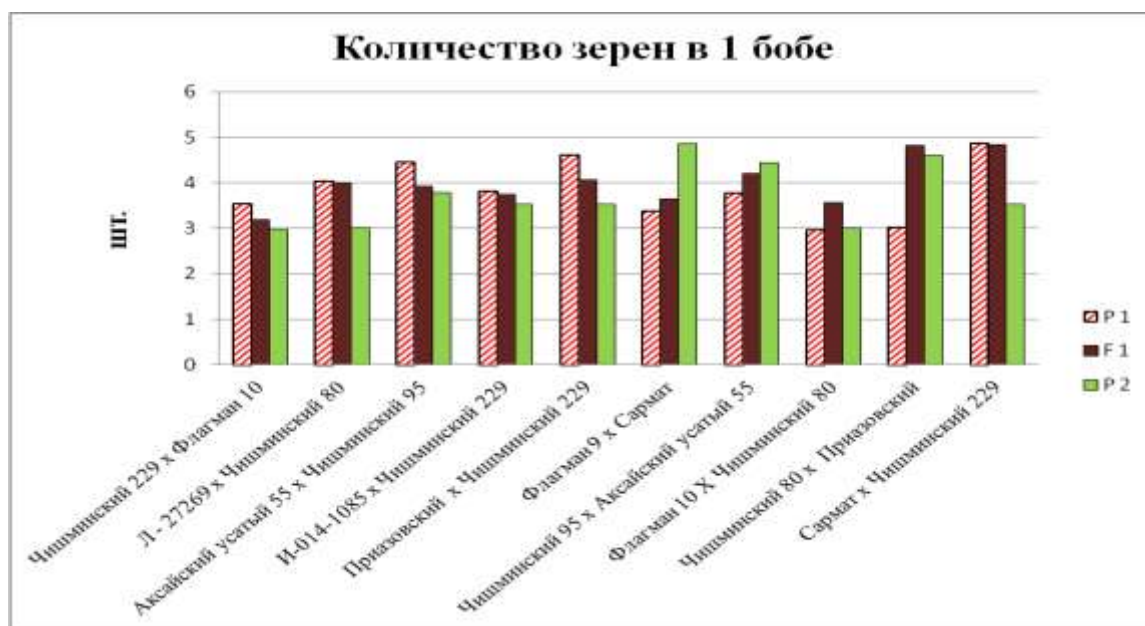


Рисунок 24 – Наследование признака «количество зерен в бобе» у гибридов F₁ гороха

Положительное неполное доминирование установлено у гибридов Л-27269 × Чишминский 80 ($h_p = 0,94$), И-014-1085 × Чишминский 229 ($h_p = 0,57$), Сармат × Чишминский 229 ($h_p = 0,97$), частичное – у гибрида Чишминский 95 × Аксайский усатый 55 ($h_p = 0,29$).

Были выделены две гибридных комбинации: Чишминский 80 × Приазовский и Флагман 10 × Чишминский 80, у которых наблюдался гетерозис и сверхдоминирование ($h_p = 1,26$ и $23,46$ соответственно), $H_{ист} = 4,5–19,0$ %. Наибольшее количество зерен в бобе (4,84 шт.) имели растения гибридов Чишминский 80 × Приазовский и Сармат × Чишминский 229.

Наследование количества семян с одного растения. Гибридологический анализ растений по признаку «количество семян с одного растения» показал, что в семи комбинациях наблюдался гетерозис ($h_p = 4,2–8,81$; $H_{ист} = 2,05–92,2$ %). У гибрида Чишминский 80 × Приазовский значение признака было наибольшим (32,3 шт.) и, превышение над лучшей родительской формой составило более 15 зерен с растения (рисунок 25).

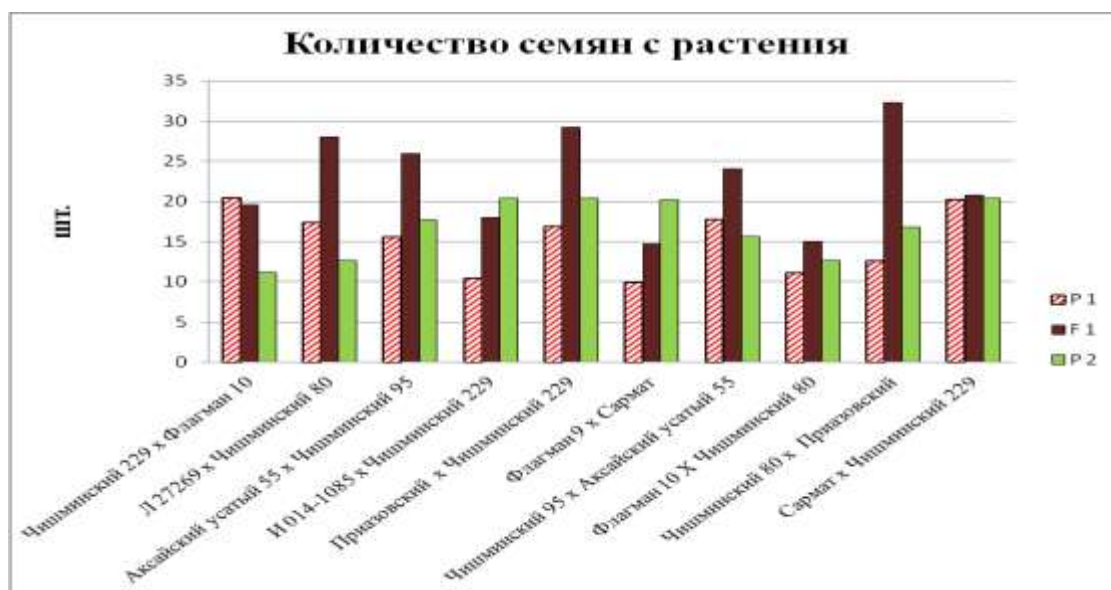


Рисунок 25 – Наследование признака «количество семян с растения» у гибридов F₁ гороха

У гибридов Приазовский x Чишминский 229 и Л-27269 x Чишминский 80 среднее число зерен с растения составило 29,2 и 28,0 шт. соответственно, а величины их родительских форм были в пределах от 12,6 до 20,4 шт. В комбинациях И-014-1085 x Чишминский 229 ($h_p = 0,52$), Чишминский 229 x Флагман 10 ($h_p = 0,83$) и Флагман 9 x Сармат ($h_p = 0,76$) наблюдалось неполное доминирование значения лучших родителей.

Наследование массы 1000 зерен. Крупность семян определяется, четырьмя полимерными генами. Как указывают в своей работе Чекалин Н.М. с коллегами (2009а), что в результате исследований проведенных Э. Чермаком по генетическому контролю массы зерен, ним установлены гены *Sg-1-4*, которые отвечают за большую массу. Хангильдиным В.В. (1975) были предложены 7 аддитивных генов: *Sg-1-7*. Описаны гены снижения и повышения массы семени: соответственно *par* и *ma*. Доказано, что в основном влияние массы зерен на продуктивность положительное, но с увеличением массы семени коэффициент регрессии признаков снижается (Чекалин и др., 2009а).

В наших исследованиях по массе 1000 семян в 8 гибридных комбинациях были отмечены промежуточные между родительскими значения признаков (рисунок 26).

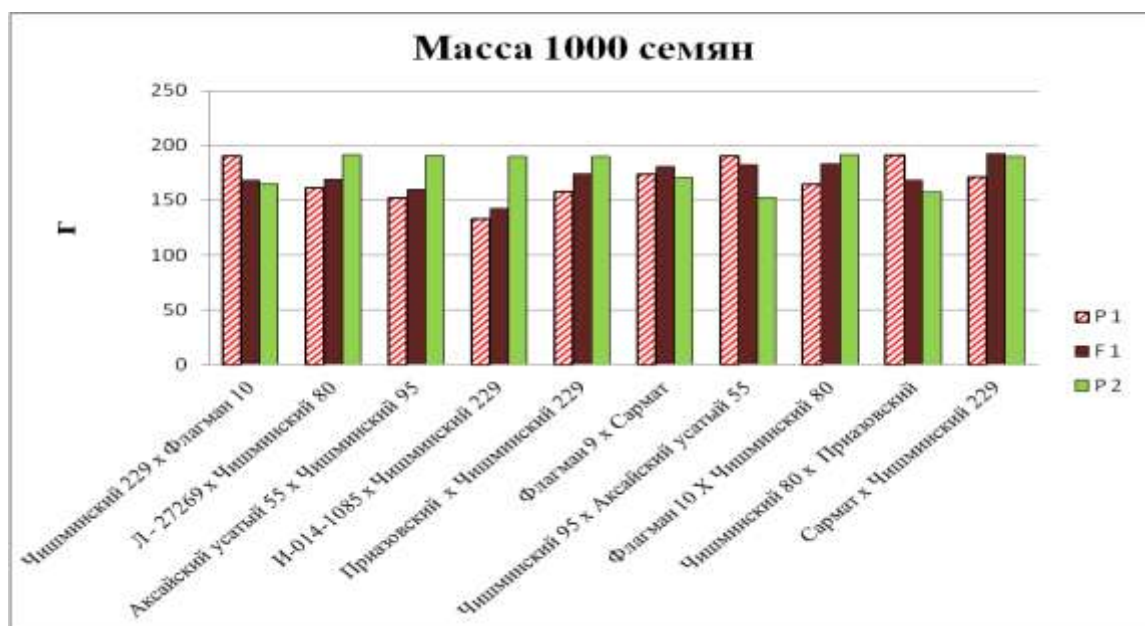


Рисунок 26 – Наследование признака «масса 1000 семян» у гибридов F₁ гороха

Степень доминирования у этих гибридов варьировала от -0,64 до 0,71, т.е. от неполного отрицательного до неполного положительного.

В комбинациях Флагман 9 × Сармат ($H_{ист} = 3,9\%$) и Сармат × Чишминский 229 ($H_{ист} = 1,1\%$) наблюдался гетерозис и степень доминирования составила 5,78 и 1,26 соответственно. Самые крупные семена сформировали гибриды: Сармат × Чишминский 229 (192 г), Флагман 10 × Чишминский 80 (183 г), Чишминский 95 × Аксацкий усатый 55 (182 г) и Флагман 9 × Сармат (180 г).

Наследование массы зерен с одного растения. Результаты исследований по продуктивности растений представляли значительный интерес.

Значения гибридов по признаку «масса семян с 1-го растения» варьировали от 1,83 до 5,13 г, а родительских сортов - от 1,41 до 3,33 г (рисунок 27). У восьми гибридов отмечен гетерозис по данному признаку ($h_p = 1,20-11,33$).

Комбинация Чишминский 80 × Приазовский была наиболее продуктивной и имела массу семян с растения 5,13 г, вместе с тем у её родительских сортов значения не превышали 3 г. Коэффициент истинного гетерозиса у этого гибрида составил 71,6 %.

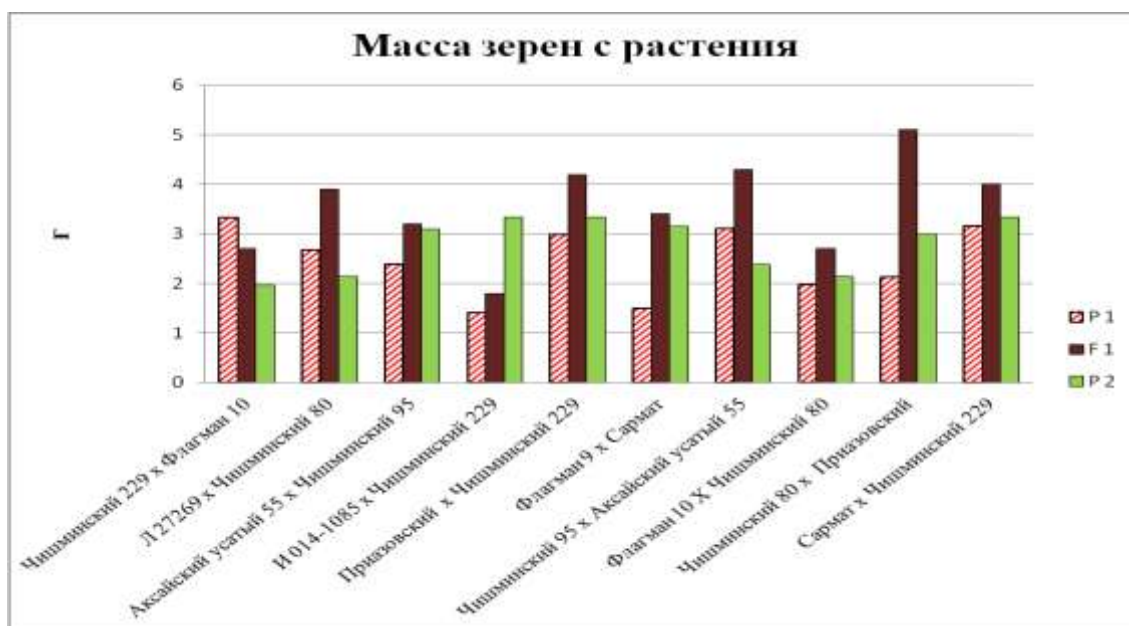


Рисунок 27 – Наследование признака «масса зерен с растения» у гибридов F₁ гороха

Промежуточное наследование признака ($h_p=0,06$) отмечено в комбинации Чишминский 229 x Флагман 10 и неполное доминирование меньшего родителя – у гибрида И-014-1085 x Чишминский 229 ($h_p=-0,56$).

Таким образом, гибридологический анализ гибридов первого поколения показал разные типы наследования по изучаемым признакам продуктивности: от гибридной депрессии до сверхдоминирования. Гетерозис был отмечен у большей части гибридных комбинаций по количеству бобов и семян на растении и массе семян с одного растения. Вследствие чего можно допустить вероятность появления трансгрессивных форм во 2-м и последующих поколениях.

3.3 Наследование признаков гороха в F₂

Исследования второго поколения расщепляющихся гибридных популяций происходило в неблагоприятных по влагообеспеченности условиях 2014 года, что тем самым существенно сказалось на значениях анализируемых признаков растений гороха.

Расщепление по высоте растений. Родительские формы по признаку «высота растений» распределились на три группы: 1) очень низкорослые, 2) низкорослые, 3) среднерослые. Максимальная высота отмечена у сорта Сармат (70 см), а самая минимальная – у сорта Флагман 9 (54 см).

В результате проведенного анализа растений F_2 было установлено, что при скрещивании низкорослых сортов с очень низкорослыми или среднерослыми в большинстве случаев наблюдали моногенную схему расщепления в соотношении 3:1, а в комбинациях между очень низкорослыми и среднерослыми – дигенное 9:6:1, при доминировании меньших значений признака.

В скрещивании сорта Чишминский 95, имеющего высоту растений 56,5 см с более высоким сортом Аксайский усатый 55 (66,1 см) средняя высота гибридных растений составила 58,8 см. Наблюдалось неполное отрицательное доминирование меньших значений признака и моногенное расщепление 3:1 (рисунок 28).

Различие между родительскими формами было по одной паре аллельных генов, так как 25 % частот гибрида приходилось на долю меньшего родителя. Степень доминирования (hp) составила -0,53, сила гена – 9,6 см.

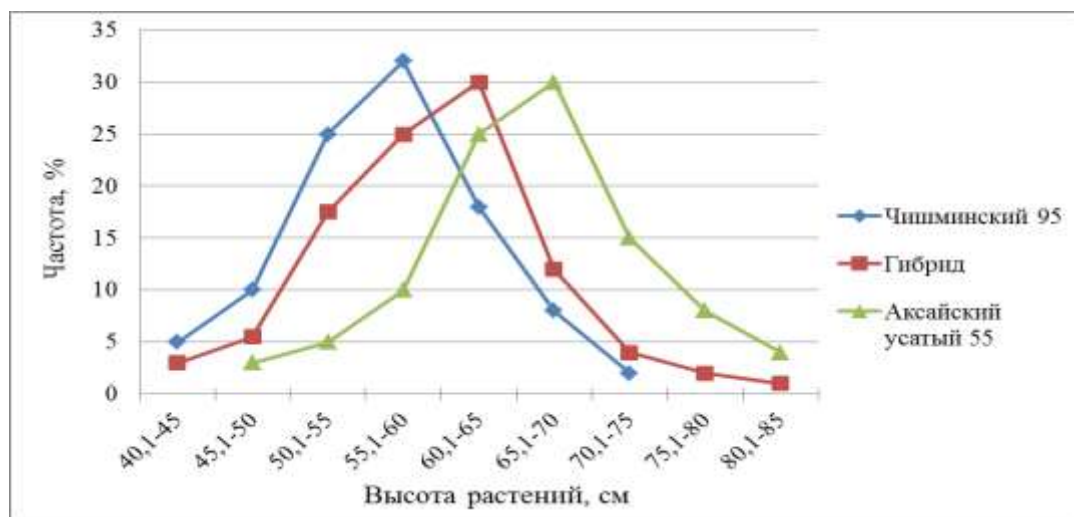


Рисунок 28 – Распределение частот признака «высота растений» в комбинации F_2 Чишминский 95 × Аксайский усатый 55 и его родительских форм

Длина стебля в комбинации второго поколения от скрещивания сортов Приазовский (62,9 см) и Чишминский 229 (68,8 см) имела промежуточное значение

65,1 см. На рисунке 29 показано, что кривая распределения частот изучаемого признака расположена в границах изменчивости родительских форм, а вершина кривой – в одном классе с вершиной низкорослого родительского сорта Приазовский. Расщепление происходило в соотношении 3:1, то есть было моногенным, сила гена составила 6 см.

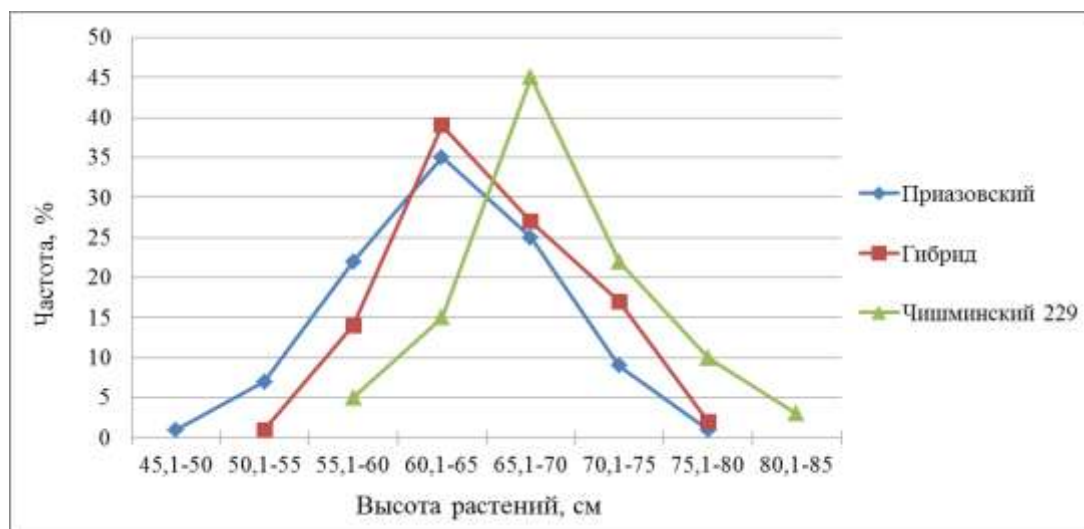


Рисунок 29 – Распределение частот признака «высота растений» в комбинации F₂ Приазовский × Чишминский 229 и его родительских форм

Степень доминирования в данной комбинации составила -0,26, что говорит о частичном преобладании в популяции низкорослых растений.

При гибридизации низкорослого сорта Чишминский 80 (56,6 см) со среднерослым сортом Приазовский (62,9 см) средняя высота гибрида составила 59,0 см. Наблюдалось частичное отрицательное доминирование ($hp = -0,25$). Вершина кривой распределения частот признака находилась в одном классе (55,1–60,0 см) с вершиной родителя с меньшим значением Чишминский 80 и сама кривая была асимметричной (рисунок 30). Расщепление было моногенным при соотношении 3:1, сила гена составила 6,3 см.

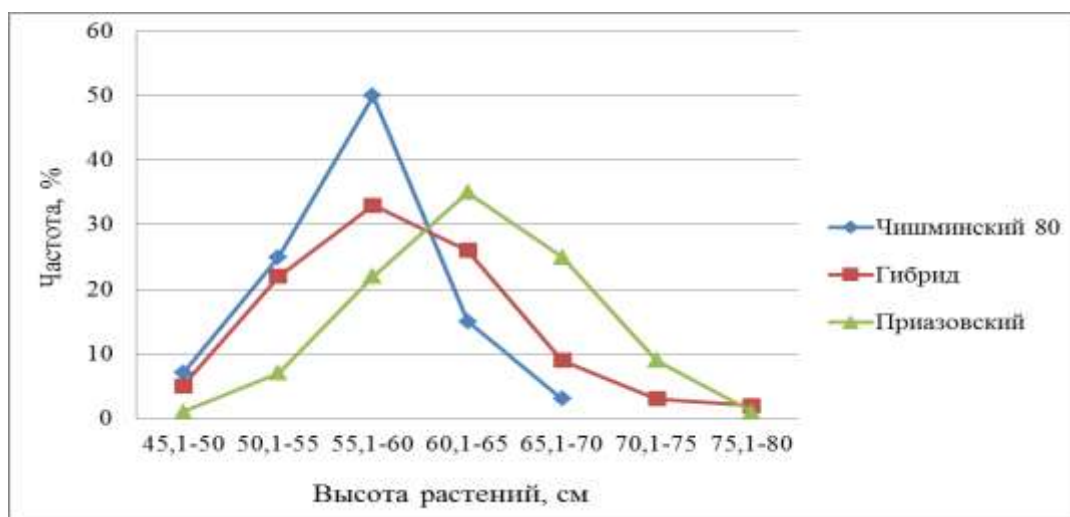


Рисунок 30 – Распределение частот признака «высота растений» в комбинации F_2 Чижминский 80 \times Приазовский и его родительских форм

В комбинации от скрещивания низкорослого сорта Флагман 9 (54,0 см) со среднерослым сортом Сармат (69,8 см) отмечены различия между родительскими формами по 2-м парам аллельных генов (рисунок 31).

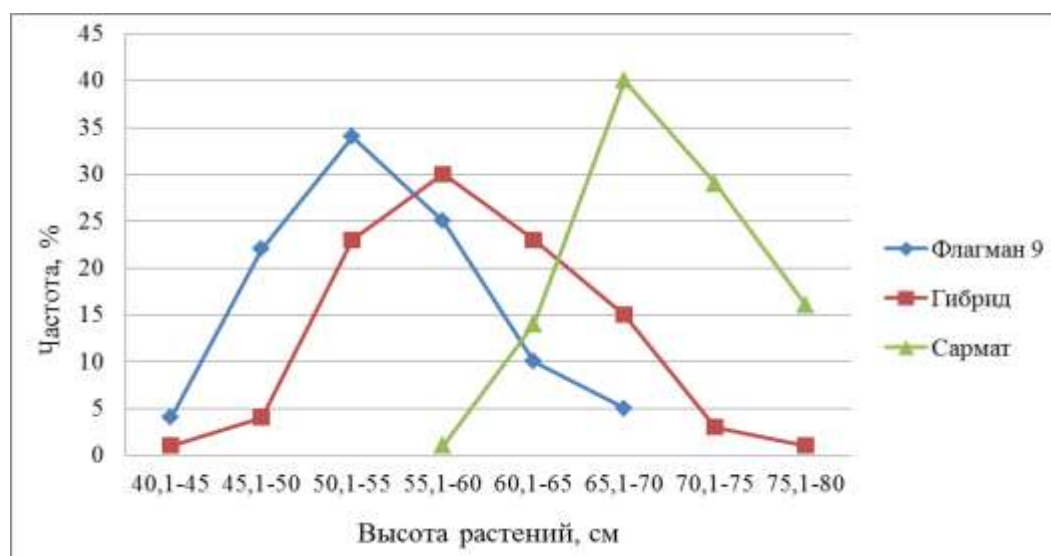


Рисунок 31 – Распределение частот признака «высота растений» в комбинации F_2 Флагман 9 \times Сармат и его родительских форм

Вершина кривой распределения частот (КРЧ) признака «высота растений» у гибрида смещена влево к вершине меньших значений признака. Кривая распределения частот характеризуется правосторонней асимметрией, что говорит о непол-

ном доминировании меньшей родительской формы, как и в вышеупомянутых комбинациях.

Результаты обработки данных этого гибрида с помощью программы «Полиген А» показали, что на долю краевых частот комбинации отводится около 6,25 % частот меньшей родительской формы, это свидетельствует о дигенной схеме наследования признака «высота растений», расщепление было 9:6:1. У гибрида средняя длина стебля была 59,1 см, степень доминирования составила -0,35, сила гена -7,9 см.

Следовательно, генетический анализ показал, что в гибридах второго поколения высота растений наследуется различно в зависимости от определенной комбинации и величины значения признака у родителей. Всем комбинациям свойственно преобладание в гибридах F₂ растений с меньшими значениями признака, чем средних между двумя родительскими сортами. Доминировали меньшие значения признака, однако степень доминирования различалась. Отличия в этих гибридах обуславливались одной – двумя парами генов. Таким образом, различие по высоте у исследованной группы сортов определялось малым количеством генов, что дает возможность в селекционной работе легче их комбинировать с генами других признаков.

Расщепление по числу бобов на растении. Наши исследования по признаку «число бобов на растении» показали, что родительские формы, как и по высоте растений, различались по степени проявления признака. Безлисточковые сорта с детерминантным типом роста стебля Приазовский и Флагман 9 характеризовались минимальными величинами данного признака, в среднем отмечено 3,6 боба на растении. Максимальное количество бобов сформировали родительские сорта Чишминский 80 (6,4 шт.) и Чишминский 229 (6,9 шт.). В итоге проведенного анализа по этому признаку установлен различный характер типов наследования.

На рисунке 32 представлена комбинация, полученная от скрещивания родительских форм с проявлением среднего значения признака.

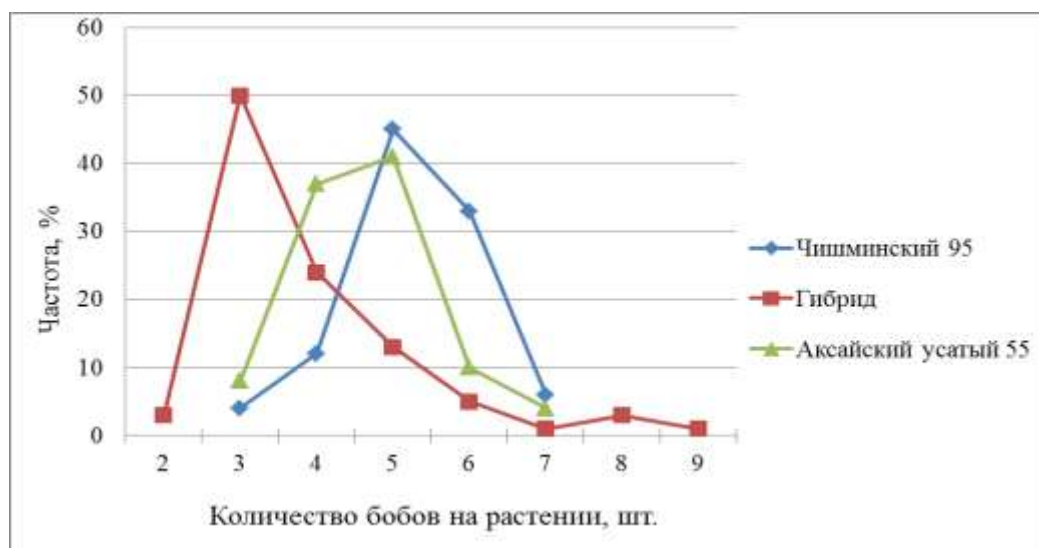


Рисунок 32 – Распределение частот признака «количество бобов на растении» в F_2 Чишминский 95 × Аксайский усатый 55 и его родительских форм

У сорта Чишминский 95 в 2014 году сформировалось 5,3, а у сорта Аксайский усатый 55 – 4,7 боба на растении. У гибрида в среднем сформировалось значительно меньше бобов (3,9 шт.). Выявлены отрицательное доминирование и гибридная депрессия по этому признаку ($hp = -3,6$). График распределения частот признака у гибрида имеет значительную правостороннюю асимметрию ($As = 1,72$).

Появились также отрицательные и положительные трансгрессии, это указывает на присутствие аллельных различий между родительскими формами по данному признаку. Оба сорта имели и доминантные, и рецессивные аллели гена, но в разных локусах по схеме дигибридного скрещивания $AAbb \times aaBB$. При этом один ген имел силу на 0,6 боба больше, чем другой. Расщепление происходило в соотношении 9:3:3:1, в результате чего появилось значительное число растений с двумя-тремя бобами и малое – с 8–9 бобами на растении.

Максимальные различия по количеству бобов на растении были у сортов Приазовский и Чишминский 229. У гибрида F_2 от их скрещивания тип расщепления был абсолютно иным (рисунок 33).

Сорт Чишминский 229 в среднем сформировал 6,9 бобов на растении, а у сорта Приазовский их было существенно меньше (3,6 бобов).

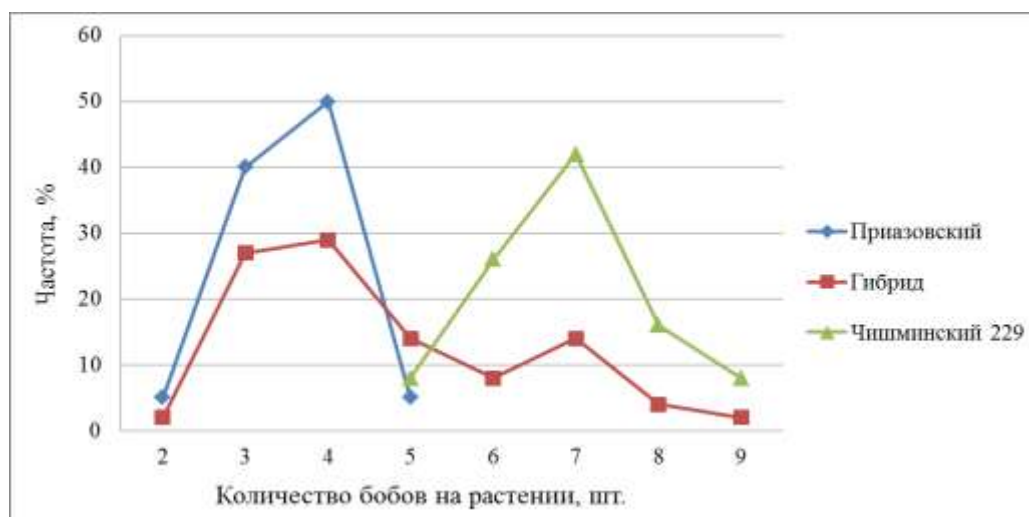


Рисунок 33 – Распределение частот признака «количество бобов на растении» в F_2 Приазовский \times Чишминский 229 и его родительских форм

В комбинации отмечено в среднем 4,7 боба, при этом значения данного признака варьировали по растениям от двух до девяти. КРЧ гибрида была двух-вершинной и положительно асимметричной ($As = 0,87$), это свидетельствует о моногибридном расщеплении 3:1. Установлено отрицательное доминирование ($hp = -0,33$). На долю и краевых частот гибрида приходится около $\frac{1}{4}$ частот рецессивной родительской формы. Сила действия гена составила 3,4 боба на растении.

Подобный тип наследования определен при генанализе количества бобов на растении в комбинации от скрещивания сортов Чишминский 80 и Приазовский (рисунок 34).

У сорта Чишминский 80 в среднем было 6,4 боба на растении, у сорта Приазовский их было значительно меньше (3,6 шт.). У гибрида оказалось в среднем 3,8 боба, признак варьировал по растениям от 2-х до 9-ти штук. В пределах изменчивости родительских форм (2–9 шт.) находится кривая распределения частот гибрида, а ее вершина находится в том же классе, что и вершина меньшего родительского сорта, это свидетельствует об отрицательном неполном доминировании ($hp = -0,82$) меньших значений признака. Наблюдалась положительная асимметрия ($As = 1,12$). Доля краевых частот гибрида от сорта Чишминский 80 составила $\frac{1}{4}$, то есть наблюдалось расщепление в соотношении 3:1 и наследование количе-

ства бобов в этой комбинации было по одной паре аллельных генов. Сила гена 2,8 боба на растении.

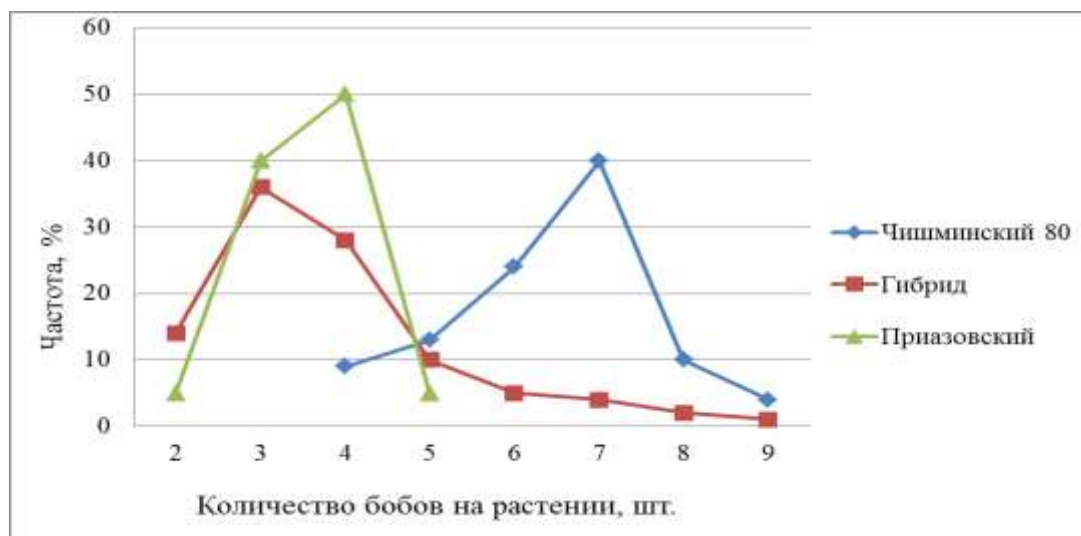


Рисунок 34 – Распределение частот признака «количество бобов на растении» в F_2 Чишминский 80 × Приазовский и его родительских форм

Схема наследования в комбинации Флагман 9 × Сармат схожа с таковой гибрида Чишминский 95 x Аксайский усатый 55. Как и в предыдущем случае, КРЧ выходят за границы распределения родительских сортов. Среднее число бобов на растении у гибрида было 3,5 шт, у сорта – Сармат 5,0 шт., Флагман 9 – 3,6 шт. Кривая распределения частот гибрида была четырехвершинной, большая вершина кривой находится левее от таковой меньшего родительского сорта – Флагман 9, что свидетельствует об отрицательном доминировании ($hp = -1,15$) и гибридной депрессии (рисунок 35). Кривая характеризуется положительной асимметрией ($As = 0,91$). На долю положительно трансгрессивных форм гибрида приходится около 6,25 % частот, что соответствует дигибридному расщеплению 9:3:3:1. Родительские сорта имели и рецессивные, и доминантные аллели, но в разных локусах, причем сила доминантных аллелей различалась на 1,3 боба с растения. Перекомбинирование этих аллелей привело к появлению трансгрессивных форм, как с меньшим, так и с большим проявлением признака.

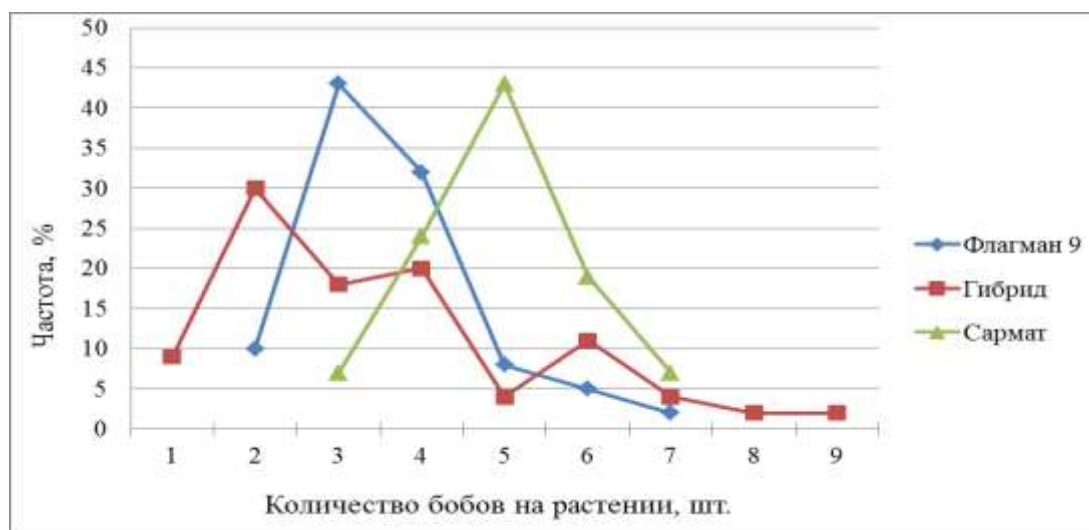


Рисунок 35 – Распределение частот признака «количество бобов на растении» в F_2 Флагман 9 \times Сармат и его родительских форм

Наибольший интерес представляют гомозиготные, с двумя рецессивными генами, растения, несущие 8–9 бобов на растении. Они отобраны для дальнейшего использования в селекционном процессе.

Следовательно, в проанализированных нами гибридных комбинациях число бобов на растении детерминируется аллельными различиями по одной или двум парам генов.

Расщепление по количеству семян в бобе. Родительские формы незначительно отличались по данному признаку. Самые меньшие значения признака выявлены у сортов Чишминский 229, Чишминский 80 и Флагман 9. Среднее число семян в бобе в 2014 году у них было 3,2, 3,1 и 3,2, соответственно. Сорты Приазовский (5,0) и Аксайский усатый 55 (4,9) сформировали наибольшее число зерен в бобе. У других родительских сортов отмечалось промежуточное значение признака от 3,6 до 4,6 зерен в бобе. Анализ гибридов второго поколения показал разные типы наследования.

В комбинации Чишминский 95 \times Аксайский усатый 55 установлена моногенная схема расщепления признака (3:1) с доминированием значений меньшего родителя (рисунок 36).

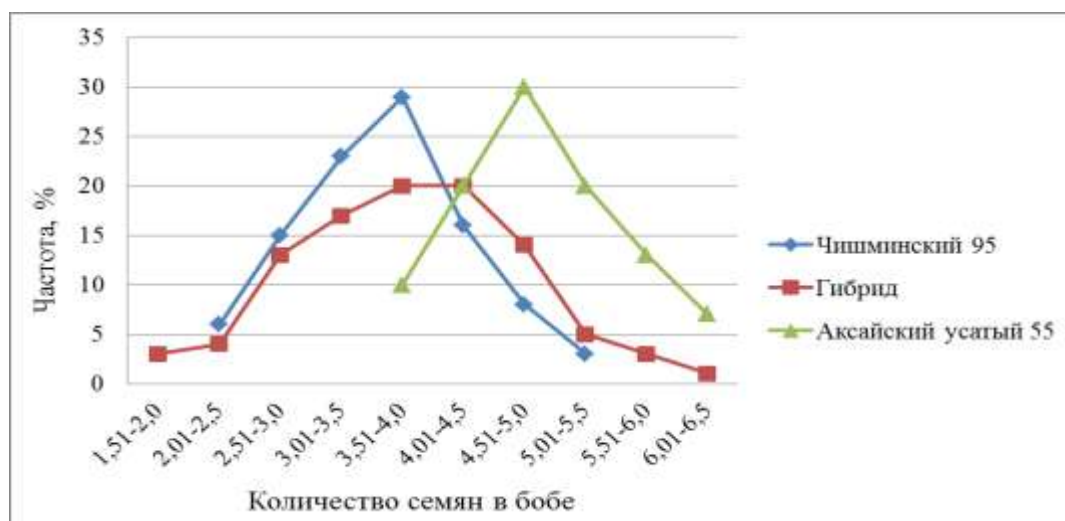


Рисунок 36 – Распределение частот признака «число семян в бобе» в F_2 Чишминский 95 × Аксайский усатый 55 и его родительских форм

Средняя величина признака у сорта Чишминский 95 составила 3,6 шт., Аксайский усатый 55 – 4,9 шт., гибрида – 3,8 шт. КРЧ у гибрида была в пределах обоих родителей, а вершина ее находилась в одном классе с вершиной сорта с меньшим значением признака. Доминирование было неполным, отрицательным ($h_p = -0,67$). Сорта различались аллельным состоянием одной пары генов. Сила гена в среднем составила 1,3 семян в бобе.

Аналогичные конфигурации графиков наблюдали и у гибрида F_2 Флагман 9 × Сармат (рисунок 37).

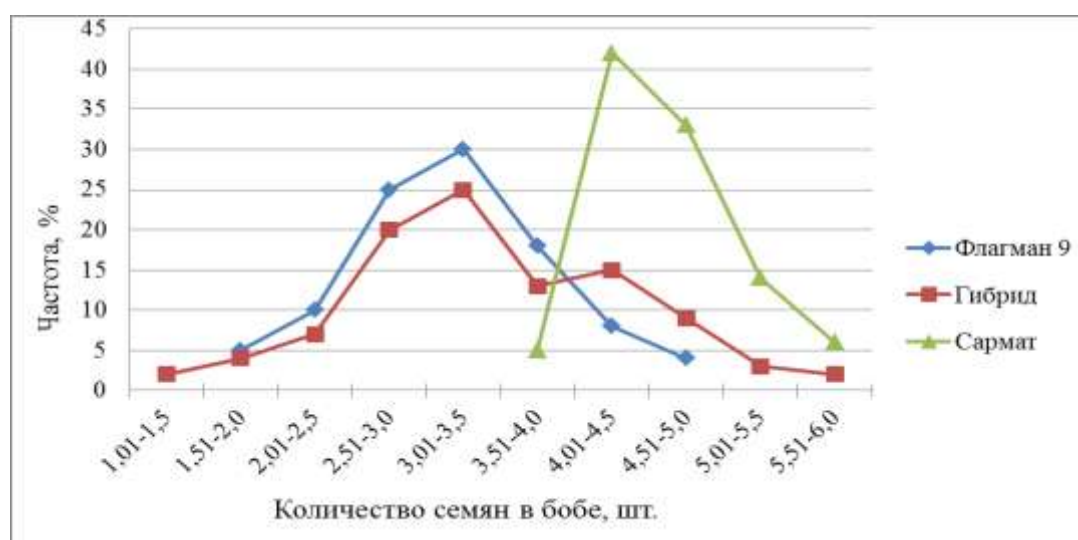


Рисунок 37 – Распределение частот признака «число семян в бобе» в F_2 Флагман 9 × Сармат и его родительских форм

КРЧ гибрида была положительно асимметричной ($A_s=0,23$), а ее вершина находилась в том же классе, что и сорт Флагман 9, формировавший в среднем 3,2 зерна в бобе. У сорта Сармат, имевшего 4,6 зерен, эта величина признака определялась рецессивными аллелями гена. Степень доминирования составила $-0,64$, т.е. оно было неполным отрицательным. На долю краевых частот гибрида приходилось $\frac{1}{4}$ частот меньшего родителя, что указывает на различия по одной паре генов и сегрегации растений в гибридной популяции в соотношении 3:1. Сила гена составила 1,4 зерна в бобе.

У гибридов двух других комбинаций конфигурации графиков были несколько иными (рисунок 38, 39).

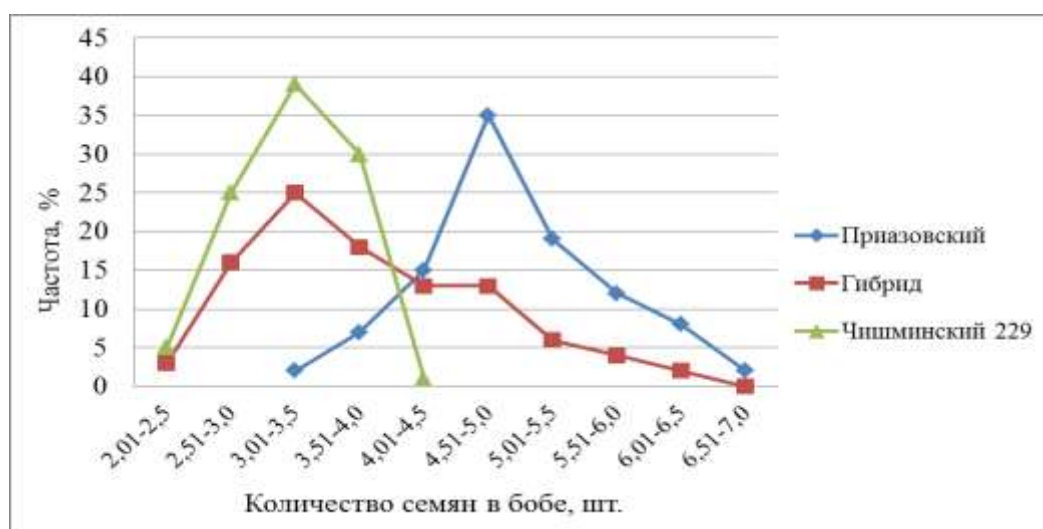


Рисунок 38 – Распределение частот признака «число семян в бобе» в F_2 Приазовский \times Чишминский 229 и его родительских форм

Вместе с тем различия у них между родительскими парами сортов хоть и имелись наиболее существенные, однако также обусловлены одной парой аллельных генов.

Сорт Приазовский имел в среднем 5,0 зерен в бобе, Чишминский 229 – 3,2, гибрид – 3,8. Частично доминировали меньшие величины признака ($h_p = -0,30$). Кривая частот распределения гибрида входила в пределы варьирования обеих родительских форм и имела две вершины. Большая вершина находилась в одном

классе с вершиной менее продуктивного родителя с доминантными генами, меньшая – напротив, более озерненного. Сила гена составила 1,8 зерен в бобе.

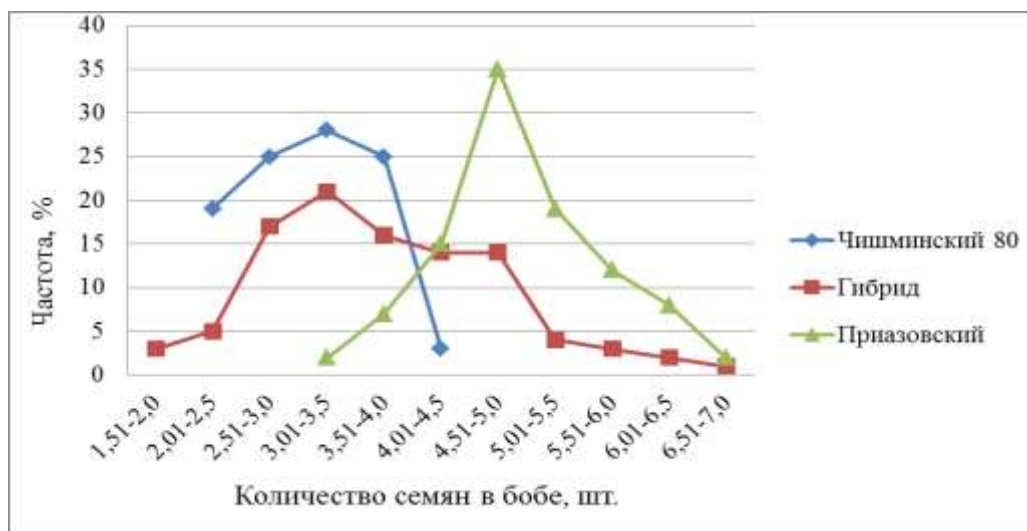


Рисунок 39 – Распределение частот признака «число семян в бобе» в F_2 Чишминский 80 × Приазовский и его родительских форм

Сорт Чишминский 80 формировал в среднем 3,1 семян в бобе, Приазовский – 5,0, гибрид – 3,8. Наблюдалась положительная асимметрия ($As=0,27$), свидетельствующая о частичном доминировании меньших величин признака ($hp= -0,29$). Значения кривой распределения частот гибрида не выходили за пределы варьирования родительской пары. Большая вершина находилась в одном классе с менее продуктивным родителем Чишминский 80 с доминантными генами, меньшая – с более озерненным сортом Приазовский. Сила гена составила 1,9 зерен в бобе.

Таким образом, у всех рассмотренных гибридов доминировали меньшие проявления признака «число семян в бобе», установлены моногенные различия родительских форм. Растения с бобами, содержащими 6–7 семян, были отобраны в посев следующего года.

Расщепление по массе 1000 семян. Родительские формы изученных гибридов по массе 1000 семян разделились на две группы: 1) 200–202 г, 2) 231–256 г.

У гибрида Чишминский 95 × Аксайский усатый 55 материнская форма имела более крупные семена с массой 1000 штук 243,3 г, отцовская – 200,2 г. Гибрид

имел промежуточные значения признака 223,4 г. Доминирование почти отсутствовало ($hp=0,08$). КРЧ признака у гибрида была практически симметричной ($As=0,02$), а ее вершина находилась между родительскими вершинами (рисунок 40). Расщепление было моногенным, в соотношении 1:2:1. Сила гена составила 43,1 г.

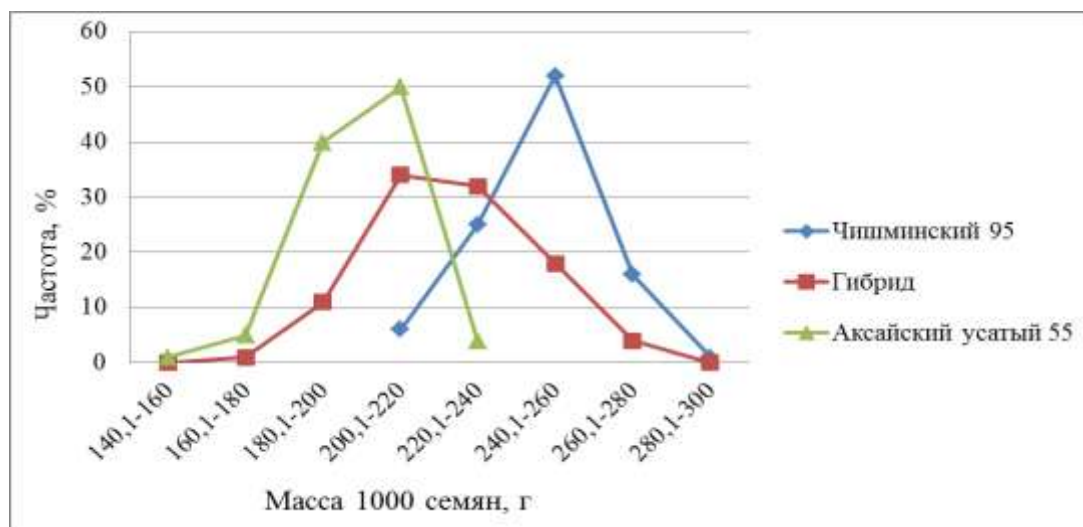
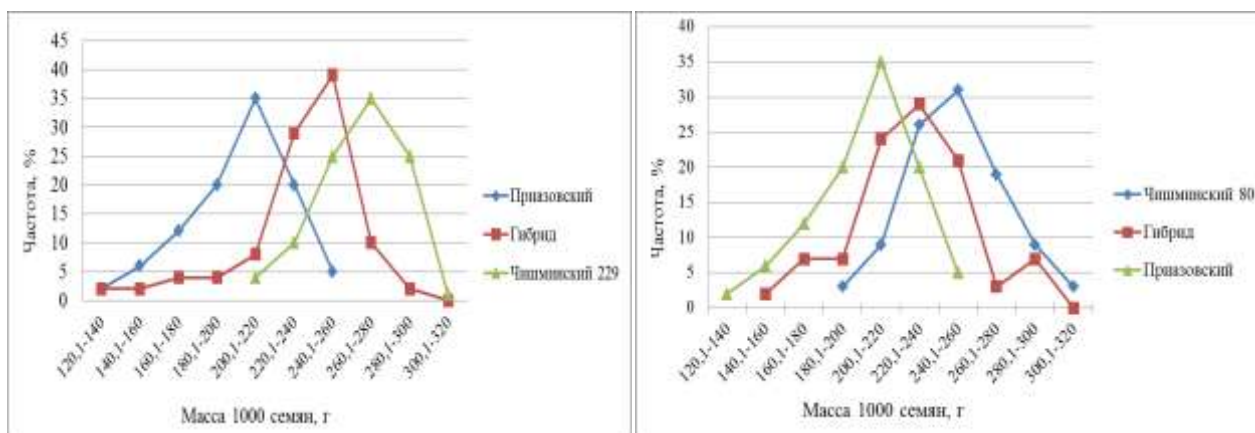


Рисунок 40 – Распределение частот признака «масса 1000 семян» в F_2 Чишминский 95 × Аксайский усатый 55 и его родительских форм

Подобное расщепление наблюдали и в двух других комбинациях (рисунок 41а) и 41б)). Так у гибрида Приазовский × Чишминский 229, родительские формы которого, имели массу 1000 семян 202 и 256 г, соответственно, гибрид показал промежуточные величины признака – 233,2 г.



а)

б)

Рисунок 41 – Распределение частот признака «масса 1000 семян» в F_2 а) Приазовский × Чишминский 80 и б) Чишминский 80 × Приазовский и их родительских форм

Доминирование было незначительным ($hp=0,16$). Вершина КРЧ массы 1000 семян у гибрида находилась в центре между вершинами родителей. Установлен моногенный характер расщепления, в соотношении 1:2:1. Сила гена составила 54 г.

В комбинации Чишминский 80 × Приазовский средняя масса 1000 зерен была 226 г, а родительские сорта сформировали семена крупностью 249 и 202 г, соответственно. Доминирование здесь не выявлено ($hp=0,04$). Вершина кривой распределения частот изучаемого признака у гибрида была между вершинами родительских сортов. От нее по обе стороны отмечались две небольшие вершины. В данном случае расщепление было моногенным (соотношение 1:2:1) при силе гена 47 г.

У сортов родителей Флагман 9 и Сармат зерно сформировалось крупностью 240 и 200 г, соответственно. У гибрида масса 1000 зерен составила 214 г. По этому признаку расщепление различалось в некоторой степени лишь у этой комбинации. Установлено частичное отрицательное доминирование ($hp= -0,28$). Вершина КРЧ по признаку у гибрида была практически между вершинами родительских партнеров (рисунок 42). Наблюдалась положительная асимметрия, $As=0,41$. Расщепление было моногенным, в соотношении 1:2:1. Сила гена составила 40 г.

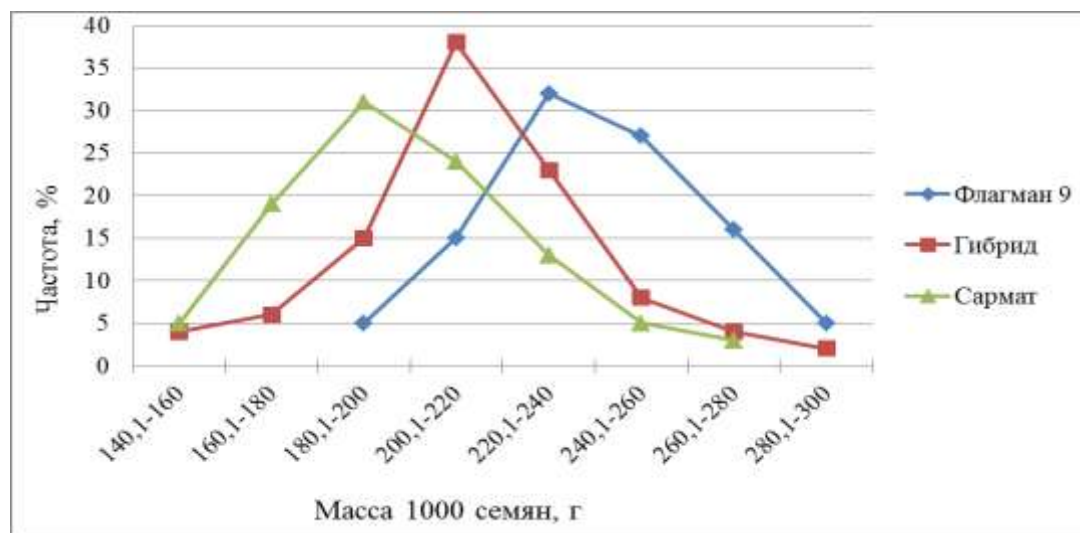


Рисунок 42 – Распределение частот признака «масса 1000 семян» в F_2 Флагман 9 × Сармат и его родительских форм

Таким образом, при изучении наследования исследуемых признаков во втором поколении удалось выявить следующие закономерности:

- 1) наследование всех изученных нами признаков определяется небольшим количеством генов, то есть одной – двумя парами аллелей генов;
- 2) при скрещивании сортов с различными значениями признака доминирование чаще отсутствовало или было отрицательным.

Сравнительный анализ F_2 по двум морфотипам листа. Многими селекционерами проведено большое количество исследований для сравнительного анализа продуктивности сортов различающихся по морфотипу листа, однако без анализа влияния разных групп генов оценить существенность различий невозможно. Тип листа у гороха контролируется геном *Tl* и *Af*. Если в генотипе оба гена в доминантном состоянии, то развивается обычный непарноперистый лист (листочковый тип), если ген *af* в рецессиве (*Tlaf*) – листочки редуцированы, т.е. развивается безлисточковая форма (Хангильдин, 1966). Оптимальным было бы изучение и анализ изогенных по гену *af* (*afilia* – *безлисточковость*), создание которых – дело сложное и длительное. Тем не менее, в работе С.А. Гостимского и З.Г. Кокаевой (2005) отмечено, что зарубежные ученые доказали преимущество листочковых форм по отношению к усатым при благоприятных условиях выращивания.

Однако в условиях юга Ростовской области, при наличии засухи безлисточковые формы, по утверждению Н.М. Вербицкого (1992), часто имеют некоторое экологическое преимущество в результате меньшего испарения влаги, что очень важно и на данный момент. Метеоусловия 2014 с.-х.года, когда был произведен посев второго поколения гибридов гороха, отличались недобором осадков и повышенным температурным режимом. В связи с этим одной из наших задач в работе было сравнение гибридов F_2 , имеющих различия по аллельному состоянию гена *af*.

При скрещивании образцов с разным морфотипом листа во втором поколении гибридных популяций наблюдали моногенное расщепление в соотношении 1:3, т.е. преобладали листочковые формы. По остальным признакам, как уже сказано выше, расщепление происходило независимо. А значит, сравнение двух

морфотипов популяции внутри каждой гибридной комбинации F_2 представляет интерес, так как даст возможность оценить результаты гибридологического анализа точнее, нежели при сравнении отдельных комбинаций разного морфотипа.

Тщательное изучение влияния признака в популяциях на продуктивность, требует знаний закономерностей передачи его от родителей к потомкам. Просто при сравнении генотипов это выяснить невозможно, так как они в каждом поколении составляются заново. Поэтому используется другая мера оценки, характеризующая работу генов, а не генотипов. Такую новую меру Д.С. Фолконер (1985) назвал «средний эффект гена». Согласно определению, который дал данному понятию Д.С. Фолконер «средний эффект гена – это среднее отклонение от популяционного среднего у особей, которые получили этот ген от одного из родителей, при условии, что ген, полученный от другого родителя, как бы случайно выбран из потока гамет» (Фолконер Д.С., 1985). Другими словами – это разница средних эффектов замещающих друг друга генов, например Af на af .

Анализируя гибридные популяции, было выяснено влияние среднего эффекта гена af на средние значения изучаемых количественных признаков гороха. В семи гибридных популяциях были выделены растения с двумя типами листа.

По высоте растений все комбинации с редуцированным типом листа оказались низкорослыми, по сравнению с листочковыми формами (рисунок 43). Их средняя высота по всем гибридам, составила 39,8 см и была на 4,3 см ниже, чем у листочковых (44,1 см). Максимальная высота отмечена в комбинации И-014-1085 х Чишминский 229 в обоих морфотипах (49,0 см – листочковый, 45,5 см – уса-тый). Это свидетельствует о сцеплении генов, детерминирующих высоту стебля, с геном af .

При сопоставлении среднего числа междоузлий в двух группах каждой гибридной популяции было выявлено, что соотношение значений признака изменялось (рисунок 44).

Однако в большинстве случаев (5 из 7) незначительное преимущество по данному признаку имели листочковые формы.

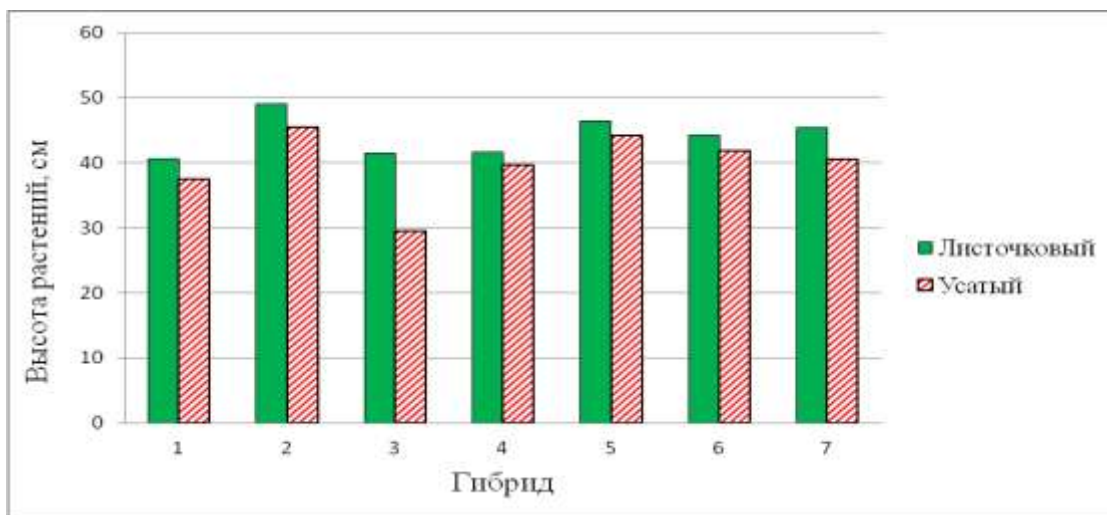


Рисунок 43 – Средняя высота растений гибридов гороха F_2 в двух группах (листочковые и усатые)

Примечание: 1) Аксайский усатый 55 × Чишминский 95, 2) И-014-1085 × Чишминский 229, 3) Л-27269 × Чишминский 80, 4) Приазовский × Чишминский 229, 5) Флагман 9 × Сармат, 6) Чишминский 80 × Приазовский, 7) Чишминский 95 × Аксайский усатый 55

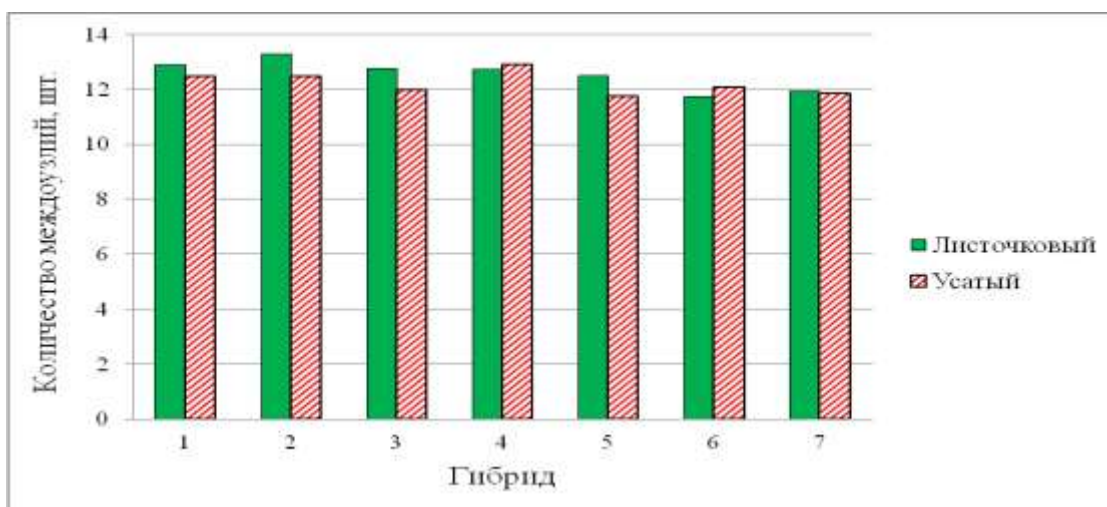


Рисунок 44 – Среднее количество междоузлий у гибридов гороха F_2 в двух группах (листочковые и усатые)

Примечание: 1) Аксайский усатый 55 × Чишминский 95, 2) И-014-1085 × Чишминский 229, 3) Л-27269 × Чишминский 80, 4) Приазовский × Чишминский 229, 5) Флагман 9 × Сармат, 6) Чишминский 80 × Приазовский, 7) Чишминский 95 × Аксайский усатый 55

Более заметная разница между двумя группами гибридов второго поколения гороха выявлена по среднему числу бобов на растении (рисунок 45).

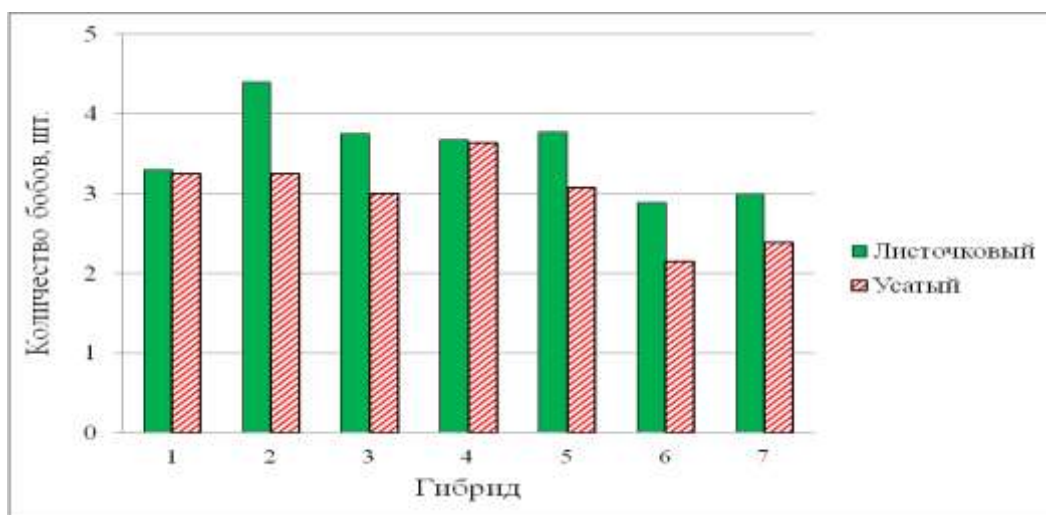


Рисунок 45 – Среднее количество бобов на растении у гибридов гороха F₂ в двух группах (листочковые и усатые)

Примечание: 1) Аксайский усатый 55 × Чишминский 95, 2) И-014-1085 × Чишминский 229, 3) Л-27269 × Чишминский 80, 4) Приазовский × Чишминский 229, 5) Флагман 9 × Сармат, 6) Чишминский 80 × Приазовский, 7) Чишминский 95 × Аксайский усатый 55

Практически у всех гибридов с листочковой формой листа (пять комбинаций) отмечено большее количество бобов на растении чем с усатой на 0,6 – 1,2 штук, а у комбинаций Приазовский × Чишминский 229 и Аксайский усатый 55 × Чишминский 95 – оно было практически равным. Тем не менее разница по гибридам в среднем составила 0,56 штук: 2,98 – у безлисточковых и 3,54 – у листочковых. Это также, как и в первых случаях, подтверждает сцепление генов.

Подобную картину наблюдали по признаку «число семян в бобе». В пяти гибридных комбинациях (№ 1, 2, 3, 4, 7) листочкового морфотипа их количество существенно больше, чем у безлисточковых (рисунок 46).

Значительное увеличение данного признака отмечено только в комбинации усатого морфотипа Чишминский 80 × Приазовский (№6).

У гибрида Флагман 9 × Сармат (№5) количество семян в бобе были одинаковыми. В среднем листочковые формы сформировали 3,4 зерен в бобе, в то время как усатые – 3,1, т.е. превышение было небольшим – 0,3 штуки.

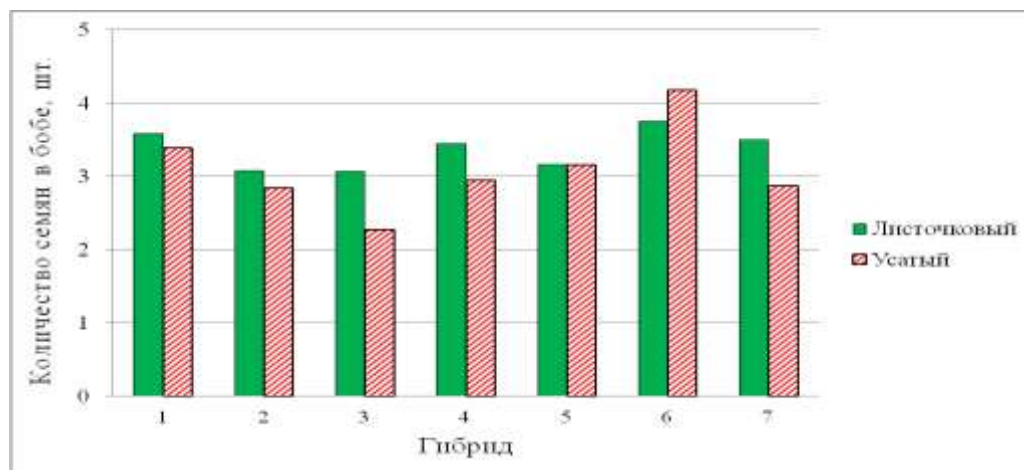


Рисунок 46 – Среднее количество семян в бобе у гибридов гороха F_2 в двух группах (листочковые и усатые)

Примечание: 1) Аксайский усатый 55 × Чишминский 95, 2) И-014-1085 × Чишминский 229, 3) Л-27269 × Чишминский 80, 4) Приазовский × Чишминский 229, 5) Флагман 9 × Сармат, 6) Чишминский 80 × Приазовский, 7) Чишминский 95 × Аксайский усатый 55

Сравнение среднего количества семян на растении гороха показало наиболее существенную разницу между генотипами растений с листочковыми и усатыми листьями: 11,8 и 9,1 штук, соответственно, то есть на 2,7 штук. Все гибриды с листочковым типом листа были наиболее озерненными (рисунок 47).

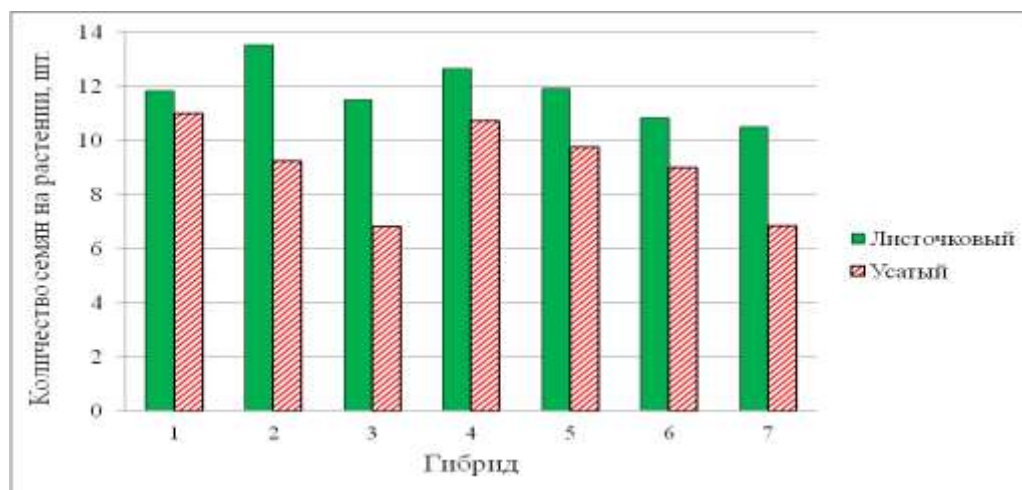


Рисунок 47 – Среднее количество семян на растении у гибридов гороха F_2 в двух группах (листочковые и усатые)

Примечание: 1) Аксайский усатый 55 × Чишминский 95, 2) И-014-1085 × Чишминский 229, 3) Л-27269 × Чишминский 80, 4) Приазовский × Чишминский 229, 5) Флагман 9 × Сармат, 6) Чишминский 80 × Приазовский, 7) Чишминский 95 × Аксайский усатый 55

В частности существенная разница наблюдалась у гибридов И-014-1085 × Чишминский 229 (№2), Л-27269 × Чишминский 80 (№3) и Чишминский 95 × Аксайский усатый 55(№7).

Максимальное количество семян на растении (13,5 шт.) и большая разница между морфотипами были отмечены у гибрида №2.

Поскольку число семян и их масса на растении тесно взаимосвязаны, гistogramмы их средних значений были схожими (рисунок 48).

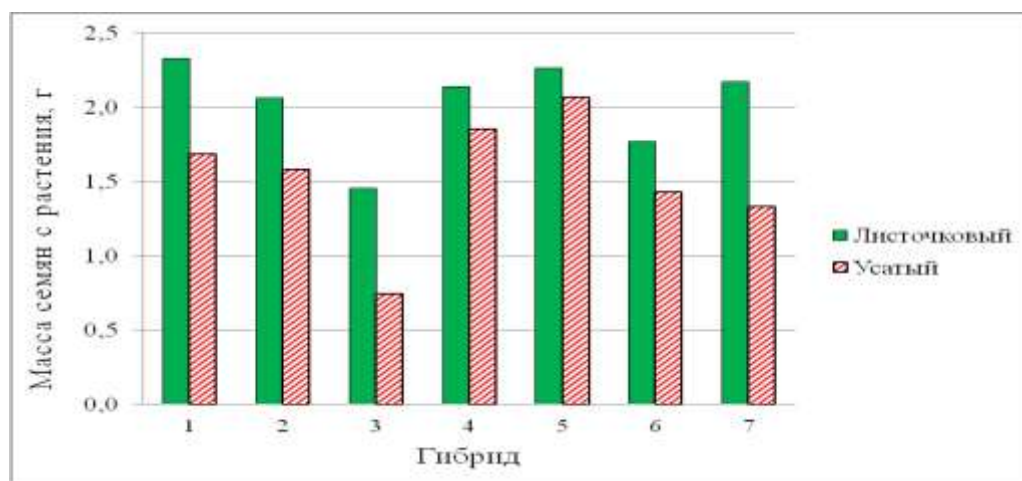


Рисунок 48 – Средняя масса семян на растении у гибридов гороха F₂ в двух группах (листочковые и усатые)

Примечание: 1) Аксайский усатый 55 × Чишминский 95, 2) И-014-1085 × Чишминский 229, 3) Л-27269 × Чишминский 80, 4) Приазовский × Чишминский 229, 5) Флагман 9 × Сармат, 6) Чишминский 80 × Приазовский, 7) Чишминский 95 × Аксайский усатый 55

В исследованиях нами были отмечено, что по продуктивности более высокие средние значения (на 0,50 г) имели комбинации с листочковой формой листа. Средние значения массы семян с растения у гибридов с листочковыми и усатыми листьями были – 2,03 и 1,53 г, соответственно.

У гибрида Чишминский 95 × Аксайский усатый 55 (№7) разница составляла 0,84 г.

Шесть гибридных комбинаций листочкового морфотипа сформировали наиболее крупные семена, среди безлисточковых форм – одна, И-014-1085 × Чишминский 229 (рисунок 49).

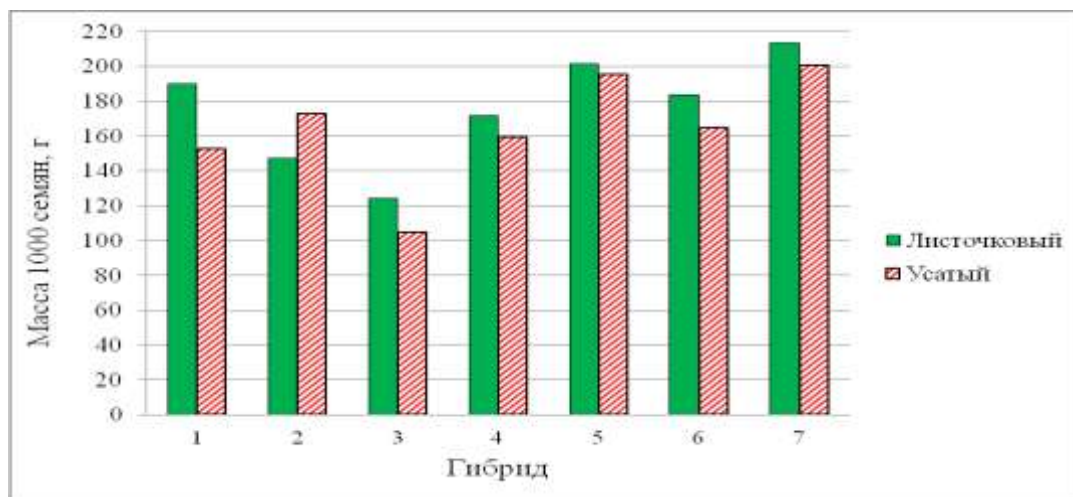


Рисунок 49 – Средняя масса 1000 семян у гибридов гороха F_2 в двух группах (листочковые и усатые)

Примечание: 1) Аксайский усатый 55 x Чишминский 95, 2) И-014-1085 x Чишминский 229, 3) Л-27269 x Чишминский 80, 4) Приазовский x Чишминский 229, 5) Флагман 9 x Сармат, 6) Чишминский 80 x Приазовский, 7) Чишминский 95 x Аксайский усатый 55

Наибольшую массу 1000 семян (около 200 г) имели комбинации №5 (Флагман 9 × Сармат) и №7 (Чишминский 95 × Аксайский усатый 55).

Среднее значение этого признака у гибридов с листочковым типом листа составило 175,9 г, с усатым – 164,5 г, т.е. на 11,4 г больше.

Подводя итог, можно отметить, что по всем расщепляющимся гибридным комбинациям имеются различия в признаках, чаще в пользу листочковых форм, хотя и в различной степени, наибольшие из них – по высоте растений (44,1 и 39,8 см), количеству семян на растении (11,8 и 9,1 шт.) и массе 1000 семян (176 и 165 г) (рисунок 50). Менее значительные различия были по количеству междоузлий (12,5 и 12,2 шт.), количеству бобов (3,5 и 3,0) и семян в бобе (3,4 и 3,1 шт.), а также массе семян с растения (2,0 и 1,5 г).

В настоящее время, практически во всем мире, главный курс при создании высокопродуктивных сортов взят на селекцию сортов гороха безлисточкового морфотипа. И, как отмечено в работе И.В. Бугрей (2003), уже созданы сорта, у которых в значительной степени нарушены нежелательные отрицательные взаимосвязи массы семян с растения и редуцированного типа листа.

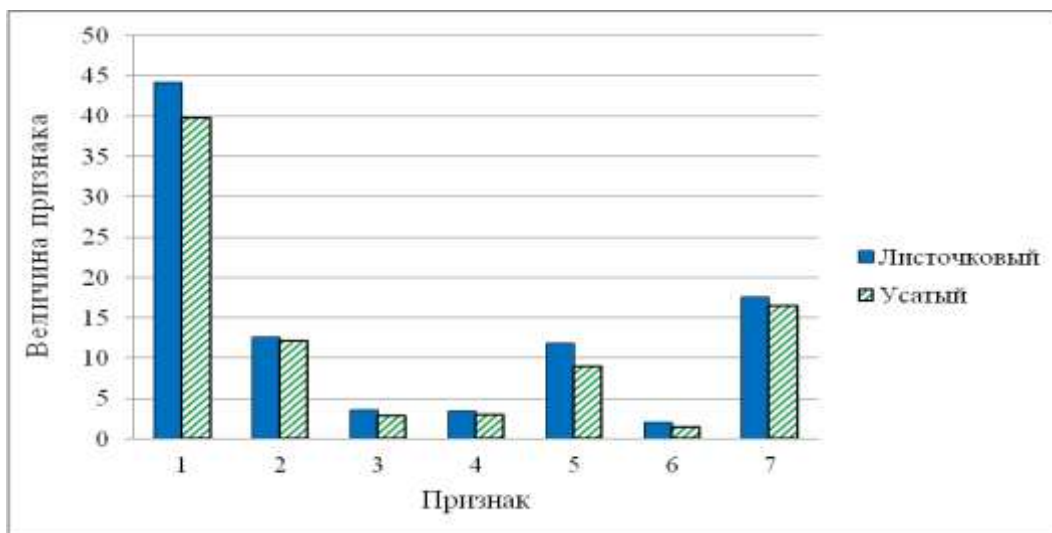


Рисунок 50 – Сравнительные средние величины изученных признаков у гибридов гороха F_2 двух морфотипов (листочковые и усатые)

Примечание: 1) высота растений, 2) количество междуузлий, 3) количество бобов, 4) количество семян в бобе, 5) количество семян на растении, 6) масса семян с растения, 7) масса 100 семян

Исследованиями Филатовой И.А. (2020) получены данные о равноценном уровне генетического потенциала современных усатых сортов гороха с высокопродуктивными листочковыми.

Полученные нами результаты также позволяют сделать вывод о том, что создание наиболее продуктивных сортов гороха с усатым типом листа вполне реально, так как плейотропные эффекты гена *af* практически не оказывают негативного влияния при свободных рекомбинациях с другими генами, контролирующими признаки урожайности гороха.

3.4 Характеристика линий гороха листочковых и усатых морфотипов старших поколений

Существует различное мнение по поводу преимуществ возделывания сортов гороха с тем или иным морфотипом листа. Одни считают (Лысенко, 2011), что сорта гороха с редуцированными в разной степени листьями широко могут использоваться в производстве, так как, благодаря сцепленности усиков разных растений между собой, вся биомасса оказывается более устойчивой к полеганию, а,

значит меньше потерь и больше урожай. Кроме того, адаптивные сорта усатого морфопита могут не уступать листочковым и даже превосходить их по урожайности в разные по метеорологическим условиям годы (Новикова, 2012; Кондыков, 2009). Другие ученые предполагают, что рациональней производителям сеять сорта как с обычными, так и с усатыми листьями, в силу того, что площади под горохом в России довольно обширны и находятся в разных климатических зонах, да и метеоусловия в одной зоне сильно варьируют по годам (Амелин, 2001; Вишнякова, 2005).

Наши исследования подтверждают предположение последних. В результате сравнения усатых и листочковых морфотипов 17 линий гороха V–VII поколений (ранние поколения изучались м.н.с. А.А. Лысенко в АНЦ «Донской», и любезно предоставлены нам для дальнейшей работы) было выявлено, что в среднем за три года изучения гибриды с обычным типом листа незначительно превосходили безлисточковые по высоте растений на 4,9 см (таблица 6). Однако линия Аксайский усатый 10 × Зерноградский 9 (с усатым морфотипом, далее – ус.) отмечена как более высокорослая (79,5 см), а самой низкорослой была линия Флагман 7 × Сармат (с листочковым морфотипом, далее – лист.).

Высота растений линий обоих морфотипов, как и высота стеблестоя, в 2012 году была выше, чем в другие годы (приложение 7).

Так как тип стебля у гороха не прямостоячий, а в большей степени ползучий (особенно индетерминантные формы), то большое значение к уборке имеет высота стеблестоя, позволяющий определить устойчивость к полеганию.

В среднем за три года опытов по этому признаку больших различий между двумя морфотипами мы не увидели (28,6 см – ус. и 31,6 см – лист.). Максимальной высотой стеблестоя отличились линии: Аксайский усатый 10 × Зерноградский 9 (ус.) – 52,0 см и Аксайский усатый 55 × Сармат (лист.) – 50,7 см.

Таблица 6 – Высота растений, стеблестоя и коэффициент устойчивости к полеганию линий F₅–F₇ гороха различных морфотипов (2011–2013 гг.)

Сорт, линия	Высота растений, см	Высота стеблестоя, см	Коэффициент устойчивости к полеганию
Аксайский усатый 7, стандарт	64,8	36,3	0,57
<i>Листочковый морфотип</i>			
Аксайский усатый 7 × Сармат	70,9	18,7	0,27
Аксайский усатый 10 × Зерноградский 9	63,9	22,1	0,35
Аксайский усатый 10 × Сармат	77,0	21,5	0,28
Аксайский усатый 55 × Сармат	69,1	50,7	0,72
Приазовский × Сармат	63,9	19,4	0,31
Сармат × Аксайский усатый 10	59,6	29,9	0,50
Сармат × Аксайский усатый 55	71,6	28,6	0,40
Флагман 7 × Зерноградский 9	76,9	46,3	0,59
Флагман 7 × Сармат	52,8	20,1	0,38
Среднее	67,3	28,6	0,42
Коэффициент вариации, %	11,9	41,9	36,1
Ошибка средней, %	4,2	14,8	12,8
<i>Усатый морфотип</i>			
Аксайский усатый 10 × Зерноградский 9	79,5	52,0	0,64
Аксайский усатый 10 × Сармат	59,7	29,9	0,50
Аксайский усатый 55 × Сармат	62,4	25,5	0,43
Приазовский × Сармат	62,9	24,6	0,40
Сармат × Аксайский усатый 10	56,1	25,3	0,45
Сармат × Аксайский усатый 55	65,8	25,9	0,41
Флагман 7 × Зерноградский 9	56,8	28,0	0,50
Флагман 7 × Сармат	55,9	41,4	0,73
Среднее	62,4	31,6	0,51
Коэффициент вариации, %	12,5	31,3	23,5
Ошибка средней, %	4,7	11,8	8,9

Одним из важнейших критериев оценки сорта на приспособленность к механизированной уборке является устойчивость растений к полеганию. В наших исследованиях таким показателем служит коэффициент полегания. В среднем у обеих форм он был более 0,4, что отвечает необходимым требованиям, но тем не менее у линий усатого морфопита значение составило 0,51, тогда как у листочко-

вых - 0,42. Отмечены линии Флагман 7 × Сармат (ус.) и Аксайский усатый 55 × Сармат (лист.), которые проявили наибольшую устойчивость к полеганию (0,73 и 0,72, соответственно).

У индетерминантных (обычных по типу развития) растений гороха длина стебля, как правило, влияет на число бобов. Ф.А. Давлетовым (2008) было отмечено, что сильное уменьшение закладки генеративных органов спровоцировано подавлением роста и развития вегетативной массы из-за воздействия высоких температур и недобора осадков. Мы отметили среднеположительную взаимосвязь этих признаков ($r = 0,49 \pm 0,22$).

Линии с листочковым типом листа в первый год изучения в среднем имели 4,3 шт. бобов на растении, с усатым – 3,8 шт. (рисунок 51).

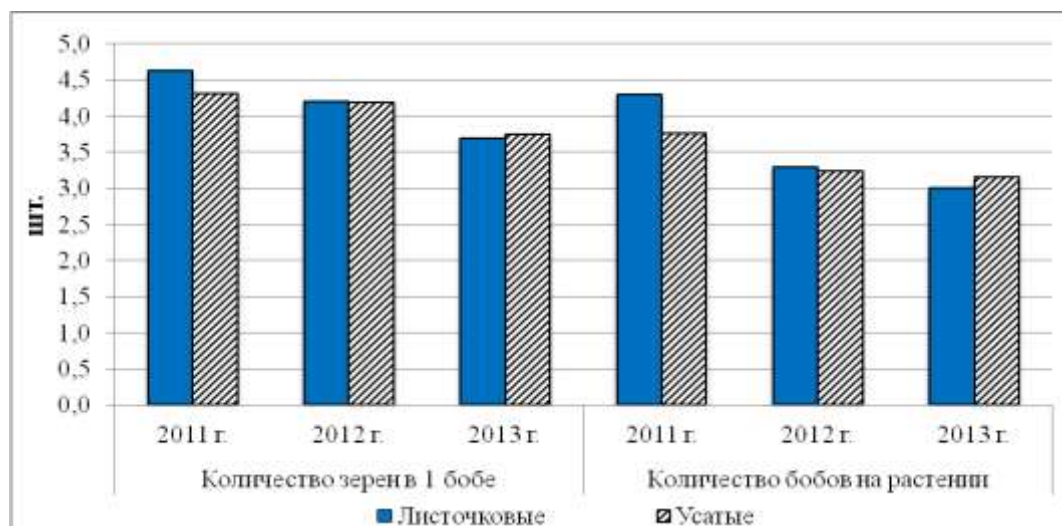


Рисунок 51 – Количество бобов на растении и зерен в одном бобе линий гороха листочкового и усатого морфотипов, шт. (2011–2013 гг).

По причине низкой влагообеспеченности во время начальной вегетации гороха в 2012–2013 годы, на растениях сформировалось меньше бобов и значительной разницы между усатыми и листочковыми генотипами не установлено (приложение 8).

Такого же рода результаты были получены и по признаку «количество семян в 1-м бобе». В среднем за три года небольшое преимущество по обоим признакам имели листочковые формы (таблица 7).

Таблица 7 – Количество бобов на растении, зерен в бобе и на растении линий F₅–F₇ гороха различных морфотипов, штук (2011–2013 гг.)

Сорт, линия	Бобов на растении	Зерен в бобе	Зерен на растении
Аксайский усатый 7, стандарт	4,4	4,7	20,8
<i>Листочковый морфотип</i>			
Аксайский усатый 7 × Сармат	3,7	4,5	17,3
Аксайский усатый 10 × Зерноградский 9	3,6	3,3	11,5
Аксайский усатый 10 × Сармат	3,4	3,6	12,2
Аксайский усатый 55 × Сармат	4,9	4,5	22,2
Приазовский × Сармат	3,3	4,7	15,4
Сармат × Аксайский усатый 10	3,2	4,4	14,3
Сармат × Аксайский усатый 55	3,2	4,1	13,3
Флагман 7 × Зерноградский 9	4,1	4,0	16,9
Флагман 7 × Сармат	2,9	4,5	13,3
Среднее	3,6	4,2	15,2
Коэффициент вариации, %	16,6	10,8	21,7
Ошибка средней, %	5,9	3,8	7,7
<i>Усатый морфотип</i>			
Аксайский усатый 10 × Зерноградский 9	3,6	3,5	12,3
Аксайский усатый 10 × Сармат	3,4	3,5	11,8
Аксайский усатый 55 × Сармат	4,0	4,4	17,8
Приазовский × Сармат	3,1	4,5	13,9
Сармат × Аксайский усатый 10	3,7	4,5	16,9
Сармат × Аксайский усатый 55	3,3	4,1	13,3
Флагман 7 × Зерноградский 9	2,9	4,2	12,3
Флагман 7 × Сармат	3,0	4,0	11,9
Среднее	3,4	4,1	13,8
Коэффициент вариации, %	11,3	9,9	16,9
Ошибка средней, %	4,3	3,7	6,4

По озерненности растений максимальное число семян отмечено во все годы исследований и, соответственно, в среднем (22,2 шт. – лист., 17,8 шт. – ус.), в комбинации Аксайский усатый 55 × Сармат, обоих морфотипов.

Сравнение в группах показало в первые два года преимущество у линий листочкового типа (в 2011 году в среднем – 19, в 2012 – 14,1 штук) а в 2013 гг. – количество зерен у обеих форм было практически на уровне с небольшим перевесом у усатых (11,4 и 11,8 соответственно) (рисунок 52).

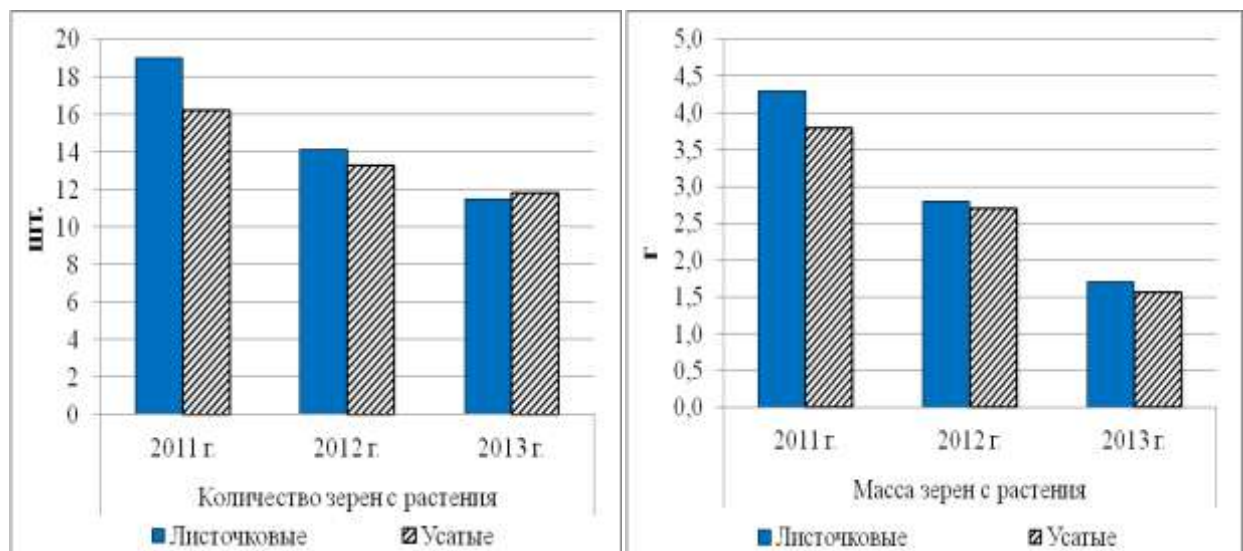


Рисунок 52 – Количество (шт.) и масса зерен (г) с одного растения линий гороха листочкового и усатого морфотипов (2011–2013 гг.)

Продуктивность растений или масса зерна с одного растения считается наиболее важным элементом структуры, от которого зависит урожайность. По годам наблюдалась дифференциация как по линиям в отдельности, так и по двум группам морфотипов. В целом небольшой перевес был у листочковых форм, особенно заметно это было в более благоприятном по влажности 2011 г. (разница составила 0,8 г). Средняя за три года масса семян с растения у листочковых форм составила 3,0 г, что на 0,3 г больше, чем у безлисточковых

Были выделены высокопродуктивные линии в обеих группах. Так, среди листочковых форм отличилась линия Аксайский усатый 7 х Сармат (3,7 г), а среди усатых – Сармат × Аксайский усатый 10 (3,3 г) (таблица 8).

Принято считать, что масса 1000 семян – это сортовой, наиболее стабильный признак и высоконаследуемый. Однако о стабильности можно говорить в случае сравнения разных сортов между собой в одинаковых условиях. Что касается ее при сравнении в одной популяции или сорте в разные по метеоусловиям годы, то здесь варьирование может быть очень сильное. Так, в условиях более влажного 2011 года безлисточковые формы имели в среднем зерно крупностью 235 г, листочковые – 233 г, а в 2012 году масса 1000 зерен уменьшилась в обеих группах на 27,5 г и 29,1 г соответственно (рисунок 53).

Таблица 8 – Масса зерен с растения, масса 1000 зерен и урожайность линий F₅–F₇ гороха различных морфотипов (2011–2013 гг.)

Сорт, линия	Масса, г		Урожайность, г/м ²
	зерен с растения	1000 зерен	
Аксайский усатый 7, стандарт	4,0	161,0	269,1
<i>Листочковый морфотип</i>			
Аксайский усатый 7 × Сармат	3,7	193,8	331,4
Аксайский усатый 10 × Зерноградский 9	2,6	219,4	205,9
Аксайский усатый 10 × Сармат	2,7	214,6	203,3
Аксайский усатый 55 × Сармат	3,2	136,0	230,0
Приазовский × Сармат	3,2	197,2	250,1
Сармат × Аксайский усатый 10	2,8	192,5	221,5
Сармат × Аксайский усатый 55	3,0	220,7	238,8
Флагман 7 × Зерноградский 9	3,2	177,6	283,4
Флагман 7 × Сармат	2,7	194,5	246,8
Среднее	3,0	194,0	245,7
Коэффициент вариации, %	11,7	13,4	16,4
Ошибка средней, %	4,1	4,7	5,8
<i>Усатый морфотип</i>			
Аксайский усатый 10 × Зерноградский 9	2,3	189,2	196,9
Аксайский усатый 10 × Сармат	2,6	201,6	215,2
Аксайский усатый 55 × Сармат	3,1	169,4	265,1
Приазовский × Сармат	2,8	193,8	236,1
Сармат × Аксайский усатый 10	3,3	179,3	273,2
Сармат × Аксайский усатый 55	2,5	188,3	179,6
Флагман 7 × Зерноградский 9	2,4	198,3	217,3
Флагман 7 × Сармат	2,5	205,6	173,2
Среднее	2,7	190,7	219,6
Коэффициент вариации, %	12,5	6,3	16,8
Ошибка средней, %	4,7	2,4	6,3

В неблагоприятном по погодным условиям 2013 году, все линии сформировали семена существенно мельче, в сравнении с предыдущими годами, но тем не менее, масса 1000 зерен была больше у листочковых форм на 15,9 г. Следствием некоторого преимущества по данному признаку образцов с редуцированными листьями в первые два года исследований является меньшее количество семян в одном бобе.

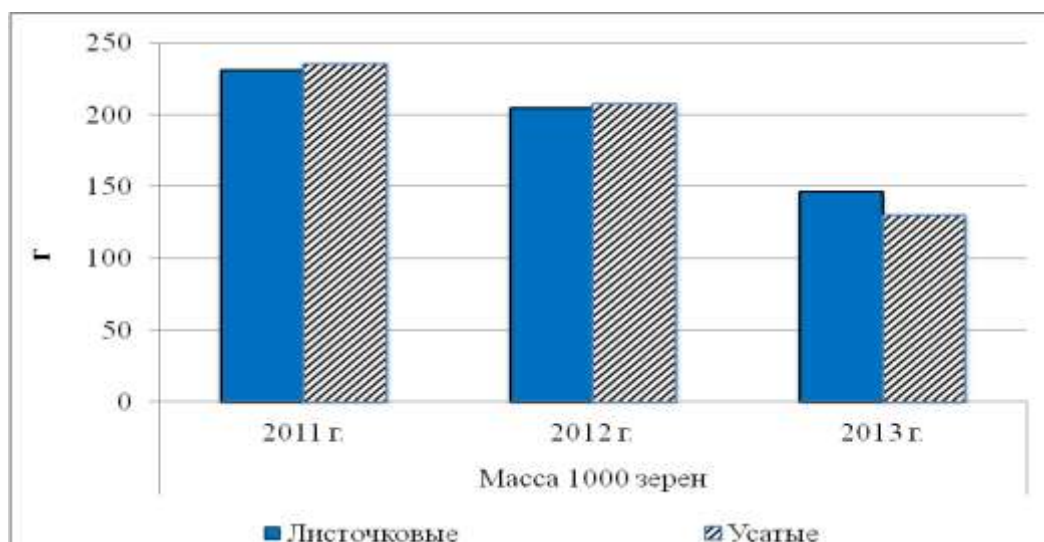


Рисунок 53 – Масса 1000 зерен линий гороха различных морфотипов, г
(2011–2013 гг.)

В среднем за три года крупность семян у листочковых форм составила 194,0 г, что больше чем у усатых на 3,3 г. Однако в каждой группе было отмечено варьирование значений данного признака. Более крупными семенами по сравнению со стандартом были практически все линии обоих морфотипов, за исключением линии Аксайский усатый 55 × Сармат (лист.). Максимальная масса 1000 зерен отмечена у линии Сармат × Аксайский усатый 55 (220,7 г, лист.)

Отрицательная средняя корреляционная связь ($r = -0,53 \pm 0,22$) установлена между количеством семян в одном бобе и массой 1000 зерен. Оптимальным соотношением этих признаков (4,5 г и 193,8 г) характеризовалась линия листочковой формы Аксайский усатый 7 × Сармат.

Основной хозяйственно-ценный и комплексный признак – это урожайность. Установлено достоверное влияние изученных признаков на урожайность разной степени. Так тесная положительная корреляция ($r = 0,81 \pm 0,15$) отмечена между урожайностью и продуктивностью растения. Средне положительно влияют на урожайность число бобов на растении ($r = 0,53 \pm 0,22$), число семян в одном бобе ($r = 0,56 \pm 0,21$) и семян на растении ($r = 0,69 \pm 0,19$).

В среднем за три года урожайность зерна у листочковых форм составила 245,7 г/м², т.е. была на 26,1 г больше, чем у усатых (таблица 8). При сравнении

одних и тех же комбинаций разных морфотипов отмечено превышение урожайности у пяти листочковых форм: Аксайский усатый 7 × Сармат, Приазовский × Сармат, Сармат × Аксайский усатый 55, Флагман 7 × Черноградский 9 и Флагман 7 × Сармат и у трех усатых: Аксайский усатый 10 × Сармат, Аксайский усатый 55 × Сармат и Сармат × Аксайский усатый 10. Максимальная урожайность была у линии с обычными листьями Аксайский усатый 7 × Сармат (331,4 г/м²) превысившей стандарт на 62,3 г/м².

При сравнении урожайности по группам отмечен незначительный перевес у линий листочковых морфотипов во все годы исследований (рисунок 54).



Рисунок 54 – Урожайность гибридных линий гороха, г/м² (2011–2013 гг).

Более детальная сравнительная оценка урожайности линий по годам приведена в приложении 9. Анализ данных позволил убедиться в благоприятности метеоусловий 2011 года, когда урожайность по всем линиям была более высокой. На основании этих данных были выделены линии, которые имели урожайность выше стандарта, но, к сожалению, несущественно превышали его (таблица 9).

По количеству бобов на растении, зерен в одном бобе и на растении, а также продуктивности ни одна из линий, указанных в таблице 9, не превысила значений стандарта. Они выделились по крупности семян, а самую большую массу 1000 зерен сформировала линия листочкового морфотипа Аксайский усатый 7 × Сармат. Значительная прибавка урожая (0,62 т/га), по сравнению со стандартом Аксайский усатый 7, была только у этой линии.

Таблица 9 – Характеристика высокоурожайных линий гороха F₅-F₇, 2011–2013 гг.

Признак	Сорт, линия, морфотип				НСР ₀₅
	Аксацкий усатый 7, ст.	Усатый	Листочковый		
		Сармат × Аксацкий усатый 10	Флагман 7 × Зерноградский 9	Аксацкий усатый 7 × Сармат	
Число бобов на растении, шт.	4,4	3,7	4,1	3,7	-
Зерен в 1 бобе, шт.	4,7	4,5	4,0	4,5	-
Зерен на растении, шт.	20,8	16,9	16,9	17,3	-
Масса зерна с растения, г	4,0	3,3	3,2	3,7	0,73
Масса 1000 зерен, г	161,0	179,3	177,6	193,8	19,7
Урожайность, т/га	2,69	2,73	2,83	3,31	0,66

Таким образом, в результате исследований нам не удалось отметить большого преимущества по урожайности и элементам ее структуры между линиями разных морфотипов, что вновь подтверждает, необходимость ведения селекции как обычного листочкового типа, так и усатого.

Все изученные линии гороха были переданы нами в 2014 году в лабораторию селекции и семеноводства зернобобовых культур ФГБНУ «АНЦ «Донской» для дальнейшей селекционной работы, где они прошли изучение и оценку в селекционном и контрольном питомниках, а в 2017–2020 гг. испытывались в КСИ.

3.5 Сравнительный анализ линий гороха двух морфотипов по основным признакам в конкурсном испытании

В 2017–2019 годах в конкурсном испытании лаборатории зернобобовых культур АНЦ «Донской» было изучено 10 усатых и 8 листочковых линий, из них 15 линий (8 усатых и 7 листочковых), изучены и проанализированы автором в 2011–2013 гг. и описаны выше.

Эти линии проявили константность и сохранили сочетание большого количества бобов и семян на растении.

Годы испытаний отличались по метеоусловиям, что значительно сказалось на формировании как вегетативной, так и генеративной массы растений гороха.

Наиболее благоприятным по погодным условиям для гороха был 2017 год, а экстремально засушливым был 2018 год.

В среднем длина стебля у линий усатого морфотипа (1 группа) в 2017 году составила 79,8 см. Это выше стандарта Аксайский усатый 5 (73,1 см), но меньше чем у листочковых (2 группа) - 87,4 см. Линии варьировали в пределах от 54,9 до 95,1 и от 74,7 до 101,7 см, соответственно групп (приложение 10).

В 2018–2019 годах исследований высота растений была существенно ниже у обеих групп, в среднем она составила по годам 49,3 и 57,8 см у усатых линий и 51,1 и 62,5 см – у листочковых. Стандарт при этом имел высоту растений 46,0 и 55,3 см по годам соответственно. Средняя высота растений за три года по двум морфотипам была 62,3 и 67,0 см (таблица 10).

Таблица 10 – Характеристика лучших линий гороха в КСИ (2017–2019 гг.)

№ линии	Гибридная комбинация, сорт	Высота растений, см	Число бобов на растении, шт.	Число семян в бобе, шт.	Масса 1000 семян, г	Урожайность семян, т/га
1	2	3	4	5	6	7
Стандарт	Аксайский усатый 5	58,1	3,7	4,6	174,1	2,57
<i>Усатый морфотип</i>						
Г-1001	Приазовский × Сармат	61,8	4,2	4,6	200,4	2,59
Г-1002	Аксайский усатый 7 × Сармат	62,9	4,1	4,7	180,1	2,77
Г-1003	Сармат × Аксайский усатый 10	62,0	4,4	4,8	191,3	2,88
Г-1004	Аксайский усатый 10 × Сармат	65,8	3,6	4,2	199,1	2,59
Г-1005	Флагман 7 × Сармат	60,3	4,2	4,7	186,3	2,67
Г-1006	Аксайский усатый 10 × Черноградский 9	75,1	4,3	3,5	185,4	2,32
Г-1007	Флагман 7 × Черноградский 9	51,3	3,6	4,2	208,2	2,73
Г-1008	Аксайский усатый 55 × Сармат	64,2	4,7	4,4	145,8	2,47
Г-1009	Сармат × Аксайский усатый 55	60,9	4,2	4,4	194,5	2,57
Г-1014	Аксайский усатый 7 × Сармат	58,9	4,4	4,5	173,8	2,72
	Среднее	62,3	4,2	4,4	186,5	2,63

Продолжение таблицы 10						
1	2	3	4	5	6	7
<i>Листочковый морфотип</i>						
Г-1010	Аксайский усатый 7 × Сармат	66,8	4,9	4,7	172,6	2,80
Г-1011	Аксайский усатый 55 × Сармат	59,8	3,4	4,9	196,7	2,73
Г-1012	Усатый кормовой × Зерноградский 9	69,3	4,8	4,3	143,6	2,78
Г-1013	Сармат × Аксайский усатый 10	62,1	4,1	4,5	195,0	2,84
Г-1015	Флагман 7 × Сармат	60,3	3,3	4,7	193,1	2,71
Г-1016	Сармат × Аксайский усатый 55	77,0	3,2	4,3	220,1	2,65
Г-1017	Аксайский усатый 10 × Сармат	72,8	4,4	4,0	185,0	2,54
Г-1018	Аксайский усатый 10 × Зерноградский 9	67,7	3,5	3,8	184,4	2,53
	Среднее	67,0	4,0	4,4	186,3	2,70
	НСР₀₅	9,65	1,26	0,52	21,3	0,32

Длина стебля у Аксайского усатого 5 составила 58,1 см. Одна из низкорослых линий первой группы Г-1014, высота которой составила 58,9 см, была максимально близка к стандарту. Минимальная высота отмечена у линии Г-1007 (51,3 см), а наибольшая - у Г-1006 (75,1 см). Из листочковых форм по высоте выделились линии Г-1016 (77,0 см) и Г-1017 (72,8 см).

Количество бобов на растении у линий усатого типа в 2017 г. варьировало от 6,0 до 7,2, в среднем – 6,7, у линий листочкового типа – от 4,6 до 9,7 штук, в среднем – 6,4 штук. Различия составили на 0,3 шт., что соответствует наименьшей существенной разнице. Стандарт сформировал в среднем шесть бобов на растении. Значимо большее количество по сравнению с ним имели все линии усатого морфотипа, кроме одной, Флагман 7 × Зерноградский 9 и четырех линии листочкового типа.

Условия засушливых 2018 и 2019 годов резко сократили формирование бобов на растениях, как у линий усатого морфотипа, так и листочкового. Средние значения по годам составили соответственно 2,80 и 2,96 шт. на растении. У стан-

дарта в оба года сформировалось практически одинаковое количество бобов (2,53–2,57).

Разница по погодным условиям отразилась на средних показателях количества бобов на растении, как в группах, так и отдельно по линиям, что в целом привело к несущественным различиям между ними по этому признаку.

Количество семян в бобе было более стабильно по годам, и средние показатели по группам варьировали от 4,02 шт. – у усатых, в 2019 году до 4,73 – у листочковых, в 2017 году. У Аксайского усатого 5 значения этого признака составили 4,3–4,6 шт. Максимальное количество бобов было отмечено в 2017 году у линии усатого морфотипа Сармат × Аксайский усатый 10.

Масса 1000 семян – зависимый от метеоусловий признак. Наиболее благоприятным для налива оказался 2018 г., когда масса 1000 зерен составила в среднем по группам 202,4 и 206,6 г. В засушливом 2019 г. зерно было щуплым и в среднем по группам не превысила 159,5 г.

В среднем за три года самыми крупнозерными были три линии усатого морфотипа Г-1001 (200,4), Г-1004 (199,1) и Г-1007 (208,2 г) и две – листочкового: Г-1011 (196,7) и Г-1016 (220,1 г), достоверно превысившие стандартный сорт (174,1 г). Средние значения массы 1000 зерен по группам практически были одинаковыми (186,5 и 186,3 г).

Анализ линий по урожайности еще раз подчеркнул значение количества выпавших осадков в период вегетации гороха. Более высокая урожайность у всех линий была отмечена в 2017 году.

В этот год урожайность зерна у усатых линий варьировала от 3,00 до 4,17 т/га, в среднем по группе – 3,66 т/га, у листочковых она составила 3,34–4,20, в среднем – 3,86 т/га. Различия между группами были незначительными, на 0,2 т/га, но существенно отличались от стандартного сорта (3,45 т/га). Значимую прибавку по сравнению с ним имели 12 линий (6 – усатого и 6 – листочкового морфотипа) и только одна линия Г-1006, достоверно уступила Аксайскому усатому 5 на 0,45 т/га.

Из линий с редуцированными усатыми листьями наибольший интерес представлял образец Г-1003 с урожайностью 4,17 т/га, а из листочковых – Г-1013 (4,20 т/га), происходящих из одной и той же гибридной комбинации Сармат × Аксайский усатый 10. Прибавка к стандарту составила 0,72 и 0,75 т/га соответственно, при $НСР_{05} = 0,21$ т/га.

Значительно ниже урожайность была в последующие годы, что снизило и средние показатели.

За три года КСИ достоверную прибавку к стандарту (2,57 т/га) в среднем имела только одна линия гороха усатого морфотипа Сармат × Аксайский усатый 10 (2,88 т/га). Близкими по значению к ней были две линии листочкового типа: Г-1010 (2,80 т/га) и Г-1013 (2,84 т/га). Остальные линии были на уровне стандарта.

Отсюда следует, что при сравнении признаков гороха в двух группах образцов в среднем за три года (2017–2019 гг.) видимые различия имелись только по высоте растений (рисунок 55).



Рисунок 55 – Высота растений и признаки продуктивности линий гороха двух морфотипов в КСИ, 2017–2019 гг.

По остальным признакам, в том числе и по урожайности, различия практически отсутствовали. Однако были выделены отдельные линии, показавшие существенные различия при сравнении, как со стандартом, так и между собой.

Таким образом, в условиях Ростовской области вполне возможно создавать сорта усатого гороха, не уступающие по продуктивности листовковым. Поэтому в 2020 году с целью создания новых урожайных сортов, представляющих интерес для сельскохозяйственного производства, было продолжено дальнейшее испытание только линий усатого морфотипа.

Средняя высота растений в этот год у линий была 80,0 см, пределы варьирования по сортам составили 75,6–86,7 см, (таблица 11). Сорт–стандарт имел высоту 73,1 см.

Таблица 11 –Линии гороха усатого морфотипа в КСИ, 2020 год

№ линии	Гибридная комбинация, сорт	Высота растений, см	Число бобов на растении, шт.	Число семян в бобе, шт.	Масса 1000 семян, г	Урожайность семян, т/га
Стандарт	Аксайский усатый 5	73,1	4,4	3,9	163,9	2,11
Г-1002	Аксайский усатый 7 х Сармат	86,7	5,3	3,1	119,2	2,07
Г-1003	Сармат х Аксайский усатый 10	82,7	5,3	4,0	128,8	2,59
Г-1005	Флагман 7 х Сармат	82	4,4	4,0	128,4	2,31
Г-1006	Аксайский усатый 10 х Зерноградский 9	79,2	6,0	4,5	118,5	1,48
Г-1007	Флагман 7 х Зерноградский 9	79,1	5,4	4,3	143,1	2,07
Г-1008	Аксайский усатый 55 х Сармат	78,6	4,1	3,6	178,6	1,73
Г-1009	Сармат х Аксайский усатый 55	76,3	4,9	3,7	132,2	1,80
Г-1014	Аксайский усатый 7 х Сармат	75,6	4,6	3,8	190,9	2,33
	Среднее	80,0	5,0	3,9	142,5	2,05
	НСР ₀₅	4,1	0,6	0,4	26,6	0,34

Количество бобов на растении у образцов варьировало от 4,1 – у линии Г-1008 до 6,0 штук – у Г-1006, при среднем значении 5 бобов на растении. Стандартный сорт формировал в этот год 4–5 бобов (4,4 шт.).

Среднее количество семян в бобе по все линиям составило 3,9 шт., такое же, как у Аксайского усатого 5. Выделены две линии, Г-1006 (4,5 шт.) и Г-1007 (4,3 шт.), значимо превысившие стандарт по этому признаку.

Масса 1000 семян формировалась в пределах 118,5–190,9 г, что в среднем составило 142,5 г. Это значение ниже, чем у стандарта Аксайский усатый 5 (163,9 г). Только у линии Г-1014 (190,9 г) зерно было существенно крупнее, чем у стандартного сорта.

Урожайность зерна в 2020 году была низкой и варьировала от 1,48 до 2,59 т/га. В среднем по питомнику это составило 2,05 т/га, у стандарта она была 2,11 т/га. Достоверная прибавка к нему (+0,48 т/га) была только у линии Г-1003 (Сармат × Аксайский усатый 10).

На основании четырехлетних данных выделены четыре линии усатого морфотипа с урожайностью 2,58–2,81 т/га, превысившие стандарт Аксайский усатый 5 с урожайностью 2,43 т/га (таблица 12).

Таблица 12 – Характеристика лучших выделившихся линий гороха,
(2017-2020 гг.)

№ линии	Гибридная комбинация, сорт	Высота расте- ний, см	Число бо- бов на рас- тении, шт.	Число семян в бобе, шт.	Масса 1000 семян, г	Урожайность семян, т/га
Стан- дарт	Аксайский усатый 5	61,8	3,8	4,5	170,1	2,43
Г-1002	Аксайский уса- тый 7 х Сармат (усатый)	68,8	4,4	4,3	164,9	2,60
Г-1003	Сармат х Ак- сайский усатый 10 (усатый)	67,2	4,6	4,6	175,7	2,81
Г-1005	Флагман 7 х Сармат (уса- тый)	65,7	4,2	4,5	171,9	2,58
Г-1014	Аксайский уса- тый 7 х Сармат (усатый)	63,0	4,4	4,3	178,1	2,63
	Среднее	66,3	4,5	4,5	172,6	2,68
	НСР ₀₅	7,2	0,7	0,5	37,3	0,20

При наименьшей существенной разности $НСР_{05} = 0,20$ т/га значимую прибавку имели две линии усатого типа Г-1003 и Г-1014. По остальным анализируемым признакам достоверное превышение над стандартом было отмечено только по высоте растений (линия Г-1002) и количеству бобов на растении (линия Г-1003).

По результатам конкурсного сортоиспытания линия Г-1003 (Сармат × Аксайский усатый 10) в 2019 году была передана в ГСИ под названием Зерноградский усатый.

3.6 Оценка адаптивности выделившихся линий гороха по урожайности

В нашем исследовании представляет интерес оценка адаптивности лучших образцов гороха. Ее оценивают с помощью разных показателей и, в первую очередь – это коэффициент линейной регрессии (b_i), характеризующий экологическую пластичность сорта. Кроме него, мы определили компенсаторную способность $[(Y_{\max} + Y_{\min})/2]$, которая отражает среднюю урожайность сорта в контрастных (благоприятных и неблагоприятных) условиях и характеризует генетическую гибкость сорта (Гончаренко А.А., 2005). Показатель стрессоустойчивости ($Y_{\min} - Y_{\max}$), позволяет оценить уровень устойчивости сортов к стрессовым условиям произрастания. Стрессоустойчивость сорта тем выше, чем разрыв между значениями меньше, а значит, шире диапазон его приспособительных возможностей (Кононенко Л.А., Числова Л.С., 2007). Для оценки стабильности урожаев образцов гороха в различных условиях был проведён расчет дисперсии отклонений фактических урожаев от теоретических (σ_d^2).

Максимальную среднюю урожайность в годы исследований имела линия Г-1003, и ее компенсаторная способность (3,12) характеризует высокую генетическую гибкость (таблица 13), так как, чем выше степень соответствия между генотипом сорта и различными условиями выращивания, тем больше этот показатель.

Однако стрессоустойчивость у этой линии (-2,11) была самой низкой, а значит, она требовательна к условиям выращивания.

Таблица 13 – Параметры адаптивности линий гороха по показателю
«урожайность»

Сорт, линия	Урожайность по годам, т/га				Средняя по сорту	$\frac{Y_{\max} + Y_{\min}}{2}$	Ymin – Ymax	b _i	σ^2_d
	2017	2018	2019	2020					
Аксайский усатый 5, стан- дарт	3,45	2,26	1,91	2,11	2,43	2,68	-1,54	0,85	0,76
Г-1003 (Сармат × Аксайский уса- тый 10)	4,17	2,40	2,06	2,59	2,81	3,12	-2,11	1,14	1,86
Г-1014 (Аксай- ский усатый 7 × Сармат)	3,80	2,22	2,15	2,33	2,63	2,98	-1,65	0,96	0,64
Г-1002 (Аксай- ский усатый 7 × Сармат)	3,87	2,35	2,10	2,07	2,60	2,97	-1,80	1,04	2,57
Г-1005 (Флагман 7 × Сармат)	3,80	2,18	2,02	2,31	2,58	2,91	-1,78	1,01	0,43
Средняя за год	3,82	2,28	2,05	2,28	2,61				
Индекс условий среды, I _j	12,11	-3,26	-5,60	-3,26					

У трех других линий значения компенсаторной способности были примерно одинаковыми. Лучшими по устойчивости к стрессам были стандартный сорт и линия Г-1014, у которых наблюдался минимальный разрыв (-1,54–1,65 т/га).

В результате проведенного расчета установлено, что Аксайский усатый 5 обладает самой высокой стабильностью ($b_i=0,85$), реагируя на изменение условий среды слабее, чем остальные. Наиболее близка к нему по этому показателю линия Г-1014 ($b_i=0,96$). Их можно отнести к экологически пластичному (узкоадаптивному) типу. Линии Г-1002 ($b_i=1,04$) и Г-1005 ($b_i=1,01$) характеризуются высокой экологической пластичностью, т.к. их урожайности могут меняться в соответствии с изменениями условий среды. Большей отзывчивостью по сравнению с остальными обладает линия Г-1003 ($b_i=1,14$), её требования к метеоусловиям будут выше.

Минимальной изменчивостью, а значит и большей стабильной урожайностью, характеризуются линии Г-1014 ($\sigma_d^2=0,64$) и Г-1005 ($\sigma_d^2=0,43$), у которых дисперсия отклонений фактических урожаев от теоретических минимальна.

Следовательно, в условиях юга Ростовской области эти новые сорта-линии могут вполне составить конкуренцию выделываемым сортам.

4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ СОРТОВ ГОРОХА

Окончательным этапом исследовательской работы по созданию сорта, позволяющим определить ее эффективность, является экономическая оценка вложенных затрат и предполагаемых полученных доходов, на основании которой можно делать выводы о дальнейшей перспективе новых сортов в производстве.

Расчёт предполагаемой экономической эффективности от внедрения будущих высокопродуктивных сортов гороха мы проводили согласно общепринятым методикам (Нечаев В.И. 2000), при использовании таких показателей, как урожайность, суммарные производственные затраты денежно-материальных средств на один гектар посевной площади, цена реализации за одну тонну зерна на 2020 г., себестоимость и стоимость продукции, вычисляя на их основании условно чистый доход и производственную рентабельность.

Суммарные производственные затраты были определены по технологическим картам, включающих в себя все технологические приёмы, используемые при возделывании стандартного (районированного в Ростовской области) и внедряемых сортов гороха, нормативы и сроки проведения работ, рациональные составы агрегатов и обслуживающий персонал, нормы выработки, расход ГСМ и другие. При возделывании различных сортов урожайность, стоимость валовой продукции в реализованных ценах и, соответственно, затраты, обычно отличаются, что и обуславливает разную эффективность (Анипенко Л.Н., 2006).

Важнейшим компонентом, позволяющим оценить эффективность с.-х. производства является *себестоимость* продукции, т.е. затраты предприятия, в денежном выражении, на ее получение и реализацию (Чешев А.С., 1991). Она отображает хозяйственную, производственную и финансовую сторону предприятия.

Стоимость валовой продукции зависит от урожайности и цены реализации, которая ежегодно может меняться. Результат отклонения этой стоимости от себестоимости продукции позволяет определить *условно чистый доход*, который по-

сле продажи зерна расценивается как *прибыль*, т.к. – это разница между выручкой и расходами.

Окупаемость всех текущих затрат на производство продукции, определяемую как отношение прибыли от реализации продукции к ее себестоимости, выраженное в процентах, называют *рентабельностью* (Анипенко Л.Н., 2006).

И, наконец, завершающим расчетным показателем является *годовой экономический эффект* от внедрения нового сорта, т.е. разница между условно чистым доходом внедряемого и стандартного сортов.

Анализ полученных вычислений показал, что выращивание новых сортов усатого морфотипа более выгодно, чем возделываемого сорта Аксайский усатый 5 (таблица 14).

Таблица 14 – Экономическая эффективность от внедрения новых сортов гороха, 2017–2020 гг.

Сорт, линия	Урожайность, т/га	Стоимость продукции, руб./га	Затраты, руб./га	Условно чистый доход, руб./га	Рентабельность, %	Экономический эффект, руб/га
Аксайский усатый 5, стандарт	2,43	46218	22000	24218	110,1	-
Зерноградский усатый (Г-1003)	2,81	53295	23321	29974	128,5	5756
Г-1014 (Аксайский усатый 7 × Сармат)	2,63	49875	22250	27625	124,2	3407
Г-1002 (Аксайский усатый 7 × Сармат)	2,60	49353	22205	27148	122,3	2930
Г-1005 (Флагман 7 × Сармат)	2,58	48973	22112	26861	121,5	2643

При возделывании сорта Аксайский усатый 5 условно чистый доход составил 24218 руб./га, в то время как выращивание новых сортов позволило бы получать от 26861 до 29974 руб./га прибыли. Уровень рентабельности этих сортов составит 121,5 – 128,5 %, что на 11 – 18 % больше нежели от возделываемого сорта.

Наибольший положительный экономический эффект от внедрения, который

составит 5756 руб./га, даст новый высокоурожайный сорт гороха Зерноградский усатый (Г-1003).

Однако следует обратить внимание и на более адаптивный в условиях юга Ростовской области сорт-линию Г-1014 (Аксайский усатый 7 × Сармат), с рентабельностью 124,2 % и экономическим эффектом 3407 руб/га, который превосходит по всем показателям стандарт и незначительно уступает новому сорту Зерноградский усатый.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате анализа 28 коллекционных сортообразцов гороха усатого и листочкового морфотипов, установлены: значительная дифференциация по высоте растений – 29,9–104,1 см (62,8 см в среднем), количеству бобов – 2,8–6,8 шт. (4,6 шт.), количеству зерен в бобе – 3,1–5,2 шт. (4,1 шт.), массе 1000 зерен – 87,8–252,0 г (192,6 г); урожайности – 165,8–356,3 г/м² (245,79 г/м² в среднем). Самыми продуктивными оказались сорта донской селекции – Сармат (287,3 г/м²) и Аксайский усатый 55 (299,9 г/м²) и башкирской – Чишминский 80 (294,3 г/м²), Чишминский 95 (356,3 г/м²), Чишминский 229 (352,0 г/м²); более высокие коэффициенты устойчивости к полеганию – у сортов гороха усатого типа, особенно И-014-1081 (0,79) и Аксайский усатый 10 (0,71).

2. Разработаны оптимальные параметры признаков модели сорта, при которых формируется максимальная урожайность зерна гороха 350,0 г/м²: высота растений – 75,0 см, количество бобов на растении – 6,3 шт., количество зерен в бобе – 3,8 шт., масса зерен с растения – 5,3 г, масса 1000 зерен – 250 г. Кластеризация сортообразцов по основным морфологическим признакам позволила выделить два сорта гороха, наиболее близких к новой модели: Чишминский 229 и Чишминский 95.

3. От скрещивания пяти лучших сортов с усатым типом листа и четырех – с листочковым, получено 10 гибридных комбинаций. В F₁ степень наследования варьировала от гибридной депрессии – до сверхдоминирования. По высоте растений коэффициент доминирования (*hp*) колебался в пределах -1,0–6,33, по числу бобов на растении – -1,0–17,7, по числу семян в бобе – -0,64–23,5, по количеству зерен на растении – 0,52–8,81, по массе 1000 семян – -0,64–5,78, по массе зерна с растения = -0,56–11,33. В большинстве гибридных комбинаций отмечены высокие коэффициенты истинного гетерозиса по количеству бобов, семян на растении и массе семян с одного растения.

4. В F₂ установлены различные типы наследования: от доминирования меньших значений, через отсутствие доминирования, до доминирования больших

значений признака. Чаще всего наблюдалось отрицательное доминирование признака или его отсутствие. По высоте растений получено моногенное 3:1 и дигенное расщепление – 9:6:1, с доминированием меньших значений признака, по числу бобов на растении – отрицательное доминирование и гибридная депрессия с аллельными различиями по 1–2 генам, по числу семян в бобе – моногенные различия с отрицательным доминированием, по массе 1000 семян – отсутствие доминирования при моногенном расщеплении в соотношении 1:2:1.

5. С целью выявления среднего эффекта замещения гена при сравнении гибридных популяций F_2 листочкового и усатого морфотипов, обнаружено, что наибольшие различия между группами были: по высоте растений (44,1 и 39,8 см соответственно), количеству семян на растении (11,8 и 9,1 шт.) и массе 1000 семян (176 и 165 г). Незначительные различия отмечены по количеству междоузлий (12,5 и 12,2 шт.), бобов (3,5 и 3,0 шт.), семян в бобе (3,4 и 3,1 шт.) и массе семян с растения (2,0 и 1,5 г).

6. Сравнительное изучение 17-ти лучших линий гороха V–VII поколений показало, что листочковые формы превышают усатые по высоте растений на 4,9 см, количеству бобов на растении – на 0,2 шт., количеству зерен в бобе – на 0,1 шт., количеству зерен с растения – на 1,4 шт., массе зерен с растения – на 0,3 г, массе 1000 зерен – на 3,3 г, урожайности – на 26,1 г/м².

7. Анализ данных конкурсного испытания в АНЦ «Донской» позволил отметить заметные различия двух морфотипов лишь по высоте растений, листочковые формы были на 4,7 см выше усатых. По остальным признакам, в том числе и по урожайности, различия практически отсутствовали. Выделены продуктивные безлисточковые линии гороха Г-1003 и Г-1014 с урожайностью 2,63–2,81 т/га, достоверно превысившие стандарт ($НСР_{05} = 0,20$ т/га) и линии Г-1002 и Г-1005, урожайность которых была на 0,15–0,17 т/га больше, чем у Аксайского усатого 5.

8. Оценка параметров адаптивности выделенных в КСИ линий гороха, позволила утверждать, что Г-1003 обладает самой высокой генетической гибкостью (3,12) и отзывчивостью на условия выращивания ($b_i = 1,14$). Линии Г-1002 и Г-1005 характеризуются высокой экологической пластичностью ($b_i = 1,04$ и $b_i = 1,01$

соответственно), а линия Г-1005 – минимальной изменчивостью ($\sigma^{d2}=0,43$).

9. Расчет экономической эффективности показал, что внедрение новых сортов позволило бы получать от 26861 до 29974 руб./га прибыли. Уровень рентабельности этих сортов может составить 121,5 – 128,5 %, что на 11 –18 % больше нежели от возделываемого сорта. Наибольший положительный экономический эффект от внедрения (5756 руб./га) даст новый высокоурожайный сорт гороха Зерноградский усатый (Г-1003).

ПРЕДЛОЖЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ

1. При селекции высокоурожайных сортов гороха рекомендуется использовать в скрещиваниях устойчивые к полеганию сорта усатого морфотипа И-014-1081 и Аксайский усатый 10, а также близкие к новой модели сорта: Чишминский 229 и Чишминский 95.
2. Экологически пластичные линии усатого морфотипа Г-1002 (Аксайский усатый 7 × Сармат) и Г-1005 (Флагман 7 × Сармат) и стрессоустойчивую стабильную по урожайности Г-1014 (Аксайский усатый 7 × Сармат), предлагается использовать для дальнейшей селекционной работы.
3. Продолжить государственное испытание сорта Зернорадский усатый (линия Г-1003 – Сармат × Аксайский усатый 10).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаркова, С.Н. Влияние рецессивных аллелей генов на показатели продукционного процесса и урожайность гороха / С.Н. Агаркова, Н.Е. Новикова, Р.В. Беляева, Е.В. Головина, З.Р. Цуканова, Н.Н. Сулиманова, Н.И. Митькина // Земледелие. – 2013. – №1. – С. 43–46.
2. Агафонов, Е.В. Почвы и удобрения в Ростовской области / Е.В. Агафонов, Е.В. Полуэктов // пос. Персиановский, 1999. – 87 с.
3. Акульчева, Н.Н. Особенности морфобиологии и перспективы использования различных моделей детерминантного габитуса в селекции гороха : авторе. дис. ... канд. с.-х. наук / Н.Н. Акульчева. – Брянск, 2000. – 22 с.
4. Алабушев, А.В. Адаптивный потенциал сортов зерновых культур / А.В. Алабушев // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – №2. – С. 47–51.
5. Амелин, А.В. Устойчивость сортов гороха полевого к абиотическим факторам среды / А.В. Амелин, И.В. Кондыков, Е.И. Чекалин, Г.А. Борзенкова // Экологическая физиология и биохимия растений. Интродукция растений. Материалы всероссийской конференции. Часть 6. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. – 2008. – С. 7–10.
6. Амелин, А.В. Адаптивные способности растений гороха и их изменения в результате селекции / А.В. Амелин, Е.И. Чекалин // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 2(30). – С. 4–14.
7. Амелин, А.В. Качественный состав семян гороха полевого и его изменения в ходе селекции на семенную продуктивность / А.В. Амелин, И.В. Кондыков, Е.И. Чекалин, И.И. Кузнецов // Вестник ОрелГАУ. – 2009. – № 3. – С. 35–37.
8. Амелин, А.В. Качество зерна у различных по морфотипу сортов гороха / А.В. Амелин, Н.О. Костикова, И.В. Кондыков, В.И. Панарина, О.В. Уварова, С.В. Бобков // Вестник ОрелГАУ. – 2011а. – № 1. – С. 86–90.

9. Амелин, А.В. Морфофизиологические основы повышения эффективности селекции гороха: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / А.В. Амелин. – Москва, 2001. – 46 с.
10. Амелин, А.В. Скрининг признаковой коллекции образцов гороха с многоцветковым апикальным цветоносом (морфотип люпиноид) / А.В. Амелин, И.В. Кондыков, В.Н. Уваров, Е.И. Чекалин, Н.А. Бутримова, Л.Н. Кузнецова // Вестник ОрелГАУ. – 2011б. – № 5. – С. 104–107.
11. Амелин, А.В. Физиологические основы селекции гороха / А.В. Амелин // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – №1. – С. 46–52.
12. Амелина, К.В. Из истории селекции гороха в Рамони / К.В. Амелина, М.Н. Сащенко, Т.Н. Козьякова, С.Ю. Демидова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – №1. – С. 12–15.
13. Анипенко, Л.Н. Экономическая эффективность использования селекционных достижений в растениеводстве / Л.Н. Анипенко, В.Е. Кириченко // Ростов-на-Дону: «Книга», 2006. – 80 с.
14. Ашиев, А.Р. Изучение взаимосвязей урожайности с морфобиологическими признаками коллекционных образцов гороха посевного / А.Р. Ашиев, К.Н. Хабибуллин // Зерновое хозяйство России. – 2020. – №3(69). – С. 3–7.
15. Ашиев, А.Р. Изучение генетического потенциала сортообразцов гороха разных морфотипов в условиях Ростовской области / А.Р. Ашиев, К.Н. Хабибуллин, П.И. Костылев, Н.Г. Игнатьева // Зерновое хозяйство России. – 2018. – №1(55). – С. 48–52.
16. Ашиев, А.Р. Исходный материал гороха (*Pisum sativum* L.) и его селекционное использование в условиях Предуральской степи Республики Башкортостан: дис. ... канд. с.-х. наук / Ашиев Аркадий Русекович. – Казань, 2014. – 184 с.
17. Ашиев, А.Р. Кластерный анализ коллекционного материала гороха с генами усатого типа листа (*af*) и неосыпаемости семян (*def*) / А.Р. Ашиев, К.Н. Хабибуллин, М.В. Скулова, А.В. Чегунова // Зерновое хозяйство России. – 2021. – №2(74). – С. 40–44.

18. Ашиев, А.Р. Элементы структуры урожая у листочковых и усатых образцов гороха: изменчивость, взаимосвязи и перспективы их использования в селекционном процессе / А.Р. Ашиев, К.Н. Хабибуллин, М.В. Скулова // *Зерновое хозяйство России*. – 2019. – №3(63). – С. 40–43.
19. Бадина, Г.В. Возделывание бобовых культур и погода / Г.В. Бадина. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. – 242 с.
20. Балаклиенко, Т.П. Испытание коллекции гороха в условиях Среднего Урала / Т.П. Балаклиенко // Развитие научного наследия Н.И. Вавилова в современных селекционных исследованиях. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 125-летию со дня рождения Н.И. Вавилова. – Казань: Центр инновационных технологий, 2012. – С. 66–71.
21. Баталова, Г.А. Некоторые аспекты устойчивости к лимитирующим факторам в селекции овса / Г.А. Баталова // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2013. – №2. – С. 52–58.
22. Баталова, Г.А. Селекция зерновых культур и гороха для условий северо-востока европейской территории России / Г.А. Баталова // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2015. – №2(14). – С. 20–26.
23. Безугла, О.М. Генетична колекція гороху (*Pisum sativum* L.) / О.М. Безугла, Л.Н. Кобизева, А.О. Василенко, І.М. Безуглий // *Селекція і насінництво*. – 2014. – Випуск 105. – С. 104–122.
24. Бельтюков, Л.П. Сорт, технология, урожай / Л.П. Бельтюков. – Ростов-на-Дону: «Книга», 2002. – 173 с.
25. Биленко, Ю.И. Создание и оценка селекционного материала гороха в условиях Южного Урала : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Ю.И. Биленко. – Омск, 2006. – 16 с.
26. Браилова, И.С. Коллекция гороха – источник хозяйственно ценных признаков / И. С. Браилова, И.А. Филатова // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2019. – №3(31). – С. 27–33.
27. Браилова, И.С. Оценка перспективных сортообразцов гороха по качеству и взаимосвязь биохимических показателей с урожайностью и массой 1000

зерен / И.С. Браилова, И.А. Филатова, Н.И. Юрьева, Ю.В. Белоусова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – №3(35). – С. 20–25.

28. Брежнев, А.В. Создание и оценка исходного материала для селекции сортов ярового гороха с комплексом хозяйственно-ценных признаков: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.В. Брежнев. – Краснодар, 2009. – 24 с.

29. Брежнева, В.И. Достижение в селекции зимующего гороха / В.И. Брежнева, А.Н. Мирошниченко, А.В. Брежнев [Электронный ресурс] // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – №78(04). – С. 665–674. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/78.pdf> (Дата обращения: 20.02.2013).

30. Брежнева, В.И. Результаты селекции ярового и зимующего гороха / В.И. Брежнева, А.В. Брежнев, А.Н. Мирошниченко // Земледелие. – 2014. – №3. – С. 14–17.

31. Бугайов, В.Д. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов гороха посевного в условиях правобережной лесостепи Украины / В.Д. Бугайов, Н.И. Кондратенко, М.В. Демидюк // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – №2(6). – С.100–106.

32. Бугрей, И.В. Строение листа «усатых» сортов гороха / И.В. Бугрей // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – №11(101). – ч.1. – С. 163–166.

33. Бугрей, И.В. Потенциал продуктивности листочковых сортов гороха [Электронный ресурс] / И.В. Бугрей, А.П. Авдеенко // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №2. – Режим доступа: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=5931> (Дата обращения: 16.05.2014).

34. Бугрей, И.В. Физиологическая и хозяйственная оценка зерновых сортов гороха с листочковым и видоизмененным (усатым) типами листа: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / И.В. Бугрей. – п. Рассвет, 2003. – 24 с.

35. Вавилов, Н.И. Проблема происхождения культурных растений в современном понимании / Н.И. Вавилов // Избранные труды. – М.–Л., 1965. –Т.5. – С. 131–142.

36. Вавилов, П.П. Бобовые культуры и проблема растительного белка / П.П. Вавилов, Г.С. Посыпанов. – М.: Россельхозиздат, 1983. – 256 с.
37. Василенко, А.О. Потенціал зразків гороху за цінними господарськими ознаками / А.О. Василенко, Т.В. Сокол, І.М. Безуглий, Л.М. Шевченко, Т.А. Шелякіна // Селекція і насінництво. – 2015. – Випуск 108. – С. 12–19.
38. Вахитова, Р.К. Формирование урожая гороха посевного в зависимости от элементов технологии возделывания в условиях Предуралья Республики Башкортостан: дис. ... канд. с.-х. наук / Вахитова Римма Камиловна. – Уфа, 2015. – 167 с.
39. Вербицкий, Н.М. Горох на Дону: Исследования, опыт, рекомендации / Н.М. Вербицкий. – Ростов н/Д: Кн. изд-во, 1983. – 96 с.
40. Вербицкий, Н.М. Селекция гороха в условиях недостаточного и неустойчивого увлажнения Северного Кавказа: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Н.М. Вербицкий. – Л., 1990. – 39 с.
41. Вербицкий, Н.М. Селекция гороха в условиях Северного Кавказа (монография) / Н.М. Вербицкий. – Ростов-на-Дону, 1992. – 259 с.
42. Вербицкий, Н.М. Осокина Е.И. Селекция гороха на Дону / Н.М. Вербицкий, Е.И. Осокина // Генетика и селекция растений на Дону. Вып. 3. – Ростов-на-Дону: Изд-во «АКРА», 2003. – С. 178–213.
43. Вербицкий, Н.М. Исходный материал для селекции гороха в Ростовской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Н.М. Вербицкий. – Л., 1969. – С. 3–16.
44. Вишнякова, М.А. Генетические ресурсы зернобобовых из «горячих точек» мирового биоразнообразия в коллекции ВИР. Средиземноморье / М.А. Вишнякова, Т.Г. Александрова, С.В. Булынец, Т.В. Буравцева, М.О. Бурляева, Г.П. Егорова, Е.В. Семенова, И.В. Сеферова, И.И. Яньков // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Генетическое разнообразие зернобобовых в коллекции ВИР как исходный материал для селекции. – СПб.: ВИР, 2014. – Т. 175. – Вып. 3. – С. 5–33.

45. Вишнякова, М.А. Исходный материал для селекции на качество зерна и зеленой массы в коллекции генетических ресурсов зернобобовых ВИР / М.А. Вишнякова, М.О. Бурляева, Е.В.Семенова, И.В. Сеферова, А.Е. Соловьева и др. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014а. – №2(10). – С. 6–16.
46. Вишнякова, М.А. Перспективы использования генетических ресурсов зернобобовых в современной системе сельскохозяйственного природопользования / М. А. Вишнякова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – №3. – С. 25–29.
47. Вишнякова, М.А. Эколого-географическое разнообразие генофонда зернобобовых ВИР и его значение для селекции / М.А. Вишнякова // Материалы школы молодых ученых: Экологическая генетика культурных растений. – Краснодар, 2005. – С. 117–133.
48. Гайнуллина, К.П. Оценка селекционного материала гороха посевного (*Pisum sativum* L.) с использованием микросателлитных маркеров / К. П. Гайнуллина // Повышение эффективности сельскохозяйственной науки в современных условиях. Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Орел, 2015. – С. 31–34.
49. Гайнуллина, К.П. Генетическое разнообразие исходного материала для селекции гороха (*Pisum sativum* L.) в условиях Предуральской степи Башкортостана: автореф. дис. ... канд. биол. наук / К.П. Гайнуллина. – Санкт-Петербург, 2013. – 19 с.
50. Гармашов, В.М. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность и качество гороха / В.М. Гармашов, И.М. Корнилов, Н.А. Нужная, С.А. Гаврилова, А.В. Беспалов, В.Н. Говоров // Кормопроизводство. –2015. – №2. – С. 29–33.
51. Говоров, Л.И. Горох / Л.И. Говоров // Культурная флора СССР. – М.-Л., 1937. – Т. 4. – С. 231–320.
52. Голопятов, М.Т. Влияние факторов интенсификации на урожай и качество сортов и линий гороха нового поколения / М.Т. Голопятов, И.В. Кондыков, В.Н. Уваров // Аграрная Россия. – 2011. – № 3. – С. 38–42.

53. Голопятов, М.Т. Продуктивность сортов и линий гороха нового поколения при разных уровнях питания / М.Т. Голопятов // Земледелие. – 2014а. – № 4. – С. 26–27.
54. Голопятов, М.Т. Роль техногенных факторов в стабилизации урожая зерна гороха сортов нового поколения / М.Т. Голопятов, В.Н. Уваров, Б.С. Кондрашин // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014б. – №1(9). – С. 3–7.
55. Голопятов, М.Т. Влияние техногенных и биологических факторов на урожай и качество морщинистых высокоамилозных сортов гороха / М.Т. Голопятов, Н.О. Костикова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 2. – С. 61–66.
56. Гончаренко, А.А. Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных культур и факторы риска при их возделывании. Кн.1 / А.А. Гончаренко, соавт.: Н.В. Войтович и др. – Немчиновка, 2005. – 204 с.
57. Гончаров, С.В. Некоторые аспекты селекционных программ по гороху посевному / С.В. Гончаров А.В. Титаренко, Н.А. Коробова // Зерновое хозяйство России. – 2015. – № 3. – С. 14–17.
58. Гостимский, С.А. Изучение организации и изменчивости генома растений с помощью молекулярных маркеров / С.А. Гостимский, З.Г. Кокаева, Ф.А. Коновалов // Генетика. – 2005. – Т.41. – №4. – С. 480–490.
59. Государственный реестр селекционных достижений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://reestr.gossortrf.ru/search/> (Дата обращения: 20.04.2021)
60. Градобоева, Т.П. Корневые гнили гороха в условиях Кировской области / Т.П. Градобоева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – №3(31). – С. 51–58.
61. Гриценко, А.А. Агрометеорологические условия в Зерноградском районе Ростовской области (1930-2002 год) / А.А. Гриценко. – г. Ростов-на-Дону, 2005. – 80 с.
62. Гудкова, Г.Н. Морфолого-анатомическое строение семяножки осыпавшихся и неосыпавшихся сортов гороха / Г.Н. Гудкова, В.С. Дружинина //

Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2011. – №2. – С. 35–39.

63. Гуркова, Е.В. Селекция зернобобовых и крупяных культур в Алтайском НИИСХ / Е.В. Гуркова, Е.Р. Шукис // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – №2. – С. 43–46.

64. Гурьев, Г.П. Некоторые аспекты формирования симбиотического аппарата у гороха / Г.П. Гурьев // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – №1. – С. 11–16.

65. Давлетов, Ф.А. Влияние метеорологических условий на результаты гибридизации / Ф.А. Давлетов, К.П. Гайнуллина // Аграрный вестник Урала. – 2011. – №4(83). – С. 5–6.

66. Давлетов, Ф.А. Изучение полиморфизма микросателлитных локусов гороха посевного (*Pisum sativum* L.) / Ф.А. Давлетов, К.П. Гайнуллина // Актуальные проблемы генетики и молекулярной биологии в рамках фестиваля науки. Тезисы докладов. – Уфа, 2012. – С. 11.

67. Давлетов, Ф.А. Оценка селекционной ценности новых линий гороха посевного / Ф.А. Давлетов, А.Р. Ашиев // Развитие научного наследия Н.И. Вавилова в современных селекционных исследованиях. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 125-летию со дня рождения Н.И. Вавилова. – Казань, 2012. – С. 90–93.

68. Давлетов, Ф.А. Селекция зернового гороха в условиях Республики Башкортостан / Ф.А. Давлетов. – Уфа, 1993. – 64 с.

69. Давлетов, Ф.А. Сорты зернового гороха для ресурсосберегающих технологий производства / Ф.А. Давлетов // Аграрная тема. – 2011а. – №7(24). – С. 28–29.

70. Давлетов, Ф.А. Селекция неосыпающихся сортов гороха в условиях Южного Урала / Ф.А. Давлетов. – Из-во. Гилем. – Уфа, 2008. – 236 с.

71. Давлетов, Ф.А. Изучение генетического разнообразия коллекционного материала гороха посевного (*Pisum sativum* L.) в условиях Республики Башкорта-

стан / Ф. А. Давлетов, К. П. Гайнуллина, А.Р. Ашиев, Л.Ю. Новикова // *Зерновое хозяйство России*. – 2014. – №4. – С. 44–52.

72. Дебелый, Г.А. Зернобобовые культуры в мире и Российской Федерации / Г.А. Дебелый // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2012. – №2. – С. 31–35.

73. Дебелый, Г.А. Зернобобовые культуры в Нечерноземной зоне РФ / Г.А. Дебелый. – М.: Немчиновка, 2009. – 258 с.

74. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов // 6-е изд., стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. – Москва: Альянс, 2011. – 350 с.

75. Ерешко, А.С. Сорта полевых культур Северного Кавказа / А.С. Ерешко. – Зерноград, 2010. – 284 с.

76. Ермаков, А.И. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош и др. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 3-е изд. – 430 с.

77. Ермоленко, В.П. Научные основы земледелия и растениеводства фермерских хозяйств на Дону / В.П. Ермоленко, В.М. Бабушкин. – М., 1999. – 207 с.

78. Еряшев, А.П. Накопление тяжелых металлов в зерне гороха при применении средств защиты растений и «Альбита» / А.П. Еряшев, К.Н. Нищев, Б.Ф. Малин, В.Н. Нефёдов, П.А. Еряшев // *Кормопроизводство*. – 2015. – №2. – С. 34–37.

79. Ефремова, И.В. Селекция сортов гороха в Воронежском НИИСХ им. В.В. Докучаева / И.В. Ефремова, Н.П. Васильева, Е.А. Кочеров, С.В. Мамедов // *Сборник научных докладов Всероссийской Школы молодых ученых и специалистов. Перспективные технологии для современного сельскохозяйственного производства*. – 2012а. – С. 66–72.

80. Ефремова, И.В. Селекционная оценка сортообразцов гороха конкурсного сортоиспытания / И.В. Ефремова, А.В. Роганов // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2012б. – № 2. – С. 39–42.

81. Ефремова, В.В. Адаптивно-значимые признаки у изучаемых сортов озимой мягкой пшеницы [Электронный ресурс] / В.В. Ефремова, Ю.Т. Аистова,

Е.Г. Самелик, Л.В. Назаренко // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – №85(01). – С. 1–13. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/01/pdf/07.pdf> (Дата обращения 12.06.2020)

82. Жбанов, Д.В. Разработка элементов сортовой агротехнологии гороха в Южной лесостепи ЦЧР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Д.В. Жбанов. – Воронеж, 2011. – 24 с.

83. Жученко, А.А. Адаптивная стратегия устойчивости развития сельского хозяйства России в XXI столетии / А.А. Жученко // Теория и практика. – М., 2009–2011. – Т.1. – С. 503–578.

84. Заболотских, В.В. Влияние минимизации обработки почвы на урожайность гороха и агроэкологические параметры чернозема южного карбонатного Северного Казахстана: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В.В. Заболотских. – Красноярск, 2014. – 19 с.

85. Задорин, А.М. Гетерофильная форма гороха и ее селекционные свойства / А.М. Задорин // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – №4. – С. 16–18.

86. Задорин, А.М. Перспективные морфотипы гороха / А.М. Задорин, В.Н. Уваров, А.Н. Зеленов, А.А. Зеленов // Земледелие. – 2014. – №4. – С. 24–25.

87. Зеленов, А.А. Проблема не полегаемости гороха и селекционные пути её решения / А.А. Зеленов, А.Н. Зеленов, Н.Е. Новикова // Повышение эффективности сельскохозяйственной науки в современных условиях. Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Орел, 2015а. – С. 48–53.

88. Зеленов, А.Н. Биологический потенциал и перспективы селекции расчлещённолисточкового морфотипа гороха / А.Н. Зеленов, В.И. Зотиков, Т.С. Наумкина, Н.Е. Новикова, В.Ю. Щетинин, Г.А. Борзёноква, С.В. Бобков, А.А. Зеленов, Е.Ф. Азарова, О.В. Уварова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013а. – №4. – С. 3–11.

89. Зеленов, А.Н. Вавиловские принципы в селекции гороха XXI века / А.Н. Зеленов, И.В. Кондыков, В.Н. Уваров // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2012. – №4. – С. 19–27.
90. Зеленов, А.Н. Генисточники для селекции гороха на повышение биоэнергетического потенциала растения и методы работы с ними / А.Н. Зеленов, А.М. Задорин, В.Н. Уваров, А.А. Зеленов // *Земледелие*. – 2016. – №4. – С. 29–33.
91. Зеленов, А.Н. Достоинства и перспективы использования многократно непарноперистой формы гороха / А.Н. Зеленов, Т.С. Наумкина, В.Ю. Щетинин, А.М. Задорин, А.А. Зеленов // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2014в. – №3(11). – С. 12–19.
92. Зеленов, А.Н. Непрерывная трансформация генома у гороха / А.Н. Зеленов, Н.Е. Павловская, В.Ю. Щетинин, Н.Н. Корниенко // *Доклады РАСХН*. – 2011. – №5. – С. 12–15.
93. Зеленов, А.Н. О признаке неосыпаемости семян у гороха / А.Н. Зеленов // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2013б. – №2(6). – С. 79–85.
94. Зеленов, А.Н. Орловский антропогенный генцентр гороха / А.Н. Зеленов, И.В. Кондыков, В.Н. Уваров // *110 лет Шатиловской сельскохозяйственной опытной станции, 1896-2006: сб. науч.-иссл. работ*. – Орел: Полиграфическая фирма «Картуш», 2006. – С. 46–57.
95. Зеленов, А.Н. Орловский центр создания нового генетического разнообразия гороха / А.Н. Зеленов, Т.С. Наумкина, А.М. Задорин, В.Н. Уваров, А.А. Зеленов // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Успехи отечественной селекции зернобобовых культур на современном этапе*. – СПб.: ВИР, 2014б. – Т.175. – Вып. 3. – С. 49–57.
96. Зеленов, А.Н. Особенности аминокислотного состава белка листовых мутантов гороха / А.Н. Зеленов, Н.В. Шелепина, М.В. Мамаева // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2013в. – №1(5). – С. 21–25.
97. Зеленов, А.Н. Первые результаты создания сортов гороха морфотипа хамелеон / А.Н. Зеленов, А.М. Задорин, А.А. Зеленов // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2018. – №2. – С. 10–17.

98. Зеленов, А.Н. Перспективы возделывания нетрадиционных морфотипов гороха / А.Н. Зеленов, В.И. Зотиков, В.Ю. Щетинин, И.В. Кондыков // Кормопроизводство. – 2008а. – №3. – С. 27–29.
99. Зеленов, А.Н. Потенциал гетерофильной формы гороха и пути его реализации / А.Н. Зеленов // Аграрная Россия. – 2011а. – №3. – С. 13–16.
100. Зеленов, А.Н. Рассеченолисточковый мутант гороха / А.Н. Зеленов // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: матер. Симпозиума в 5 т. – М., 2005. – Т.2. – С. 276–278.
101. Зеленов, А.Н. Селекционная ценность рассеченнолисточковой формы гороха / А.Н. Зеленов, В.Ю. Щетинин, Д.В. Соболев // Аграрная наука. – 2008б. – №2. – С. 19–20.
102. Зеленов, А.Н. Селекция гороха на высокую урожайность семян: автореф. дис. ... в виде науч. докл. д-ра с.-х. наук / А.Н. Зеленов. – Брянск, 2001. – 60 с.
103. Зеленов, А.Н. Селекция усатых сортов гороха в ФНЦ зернобобовых и крупяных культур / А.Н. Зеленов, А.М. Задорин, А.А. Зеленов, М.Е. Кононова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – №1(33). – С. 4–10.
104. Зеленов, А.Н. Стратегия и тактика современной селекции гороха / А.Н. Зеленов // Селекция, семеноводство и генетика. – 2015б. – №1. – С. 32–35.
105. Зинченко, В.Е. Сорта полевых культур / В.Е. Зинченко, А.И. Грабовец, М.А. Фоменко, А.В. Крохмаль и др. – Ростов-на-Дону, 2014. – 148 с.
106. Золотарёва, С.В. Оценка и создание исходного материала для селекции гороха овощного в Центральном районе Нечернозёмной зоны России: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / С.В. Золотарёва – Москва, 2012. – 23 с.
107. Зотиков, В.И. Зернобобовые культуры в экономике России / В.И. Зотиков, Т.С. Наумкина, В.С. Сидоренко // Земледелие. – 2014а. – №4. – С. 6–8.
108. Зотиков, В.И. Зернобобовые культуры России [Электронный ресурс] / В.И. Зотиков, Т.С. Наумкина, В.С. Сидоренко. – Орел, ФГБНУ «ВНИИЗБК», 2016. – Режим доступа: <http://www.fao.org/3/a-i7136r.pdf> (Дата обращения: 20.07.2017).

109. Зотиков, В.И. Инновационные достижения в селекции зернобобовых и крупяных культур / В.И. Зотиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014б. – №2(10). – С. 3–6.
110. Зотиков, В.И. Научное обеспечение производства зернобобовых и крупяных культур в РФ: состояние и перспективы / В.И. Зотиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – №2. – С. 10–17.
111. Зотиков, В.И. Научное сотрудничество - основа успеха / В.И. Зотиков, Н.В. Грядунова // Земледелие. – 2014в. – №4. – С. 3–5.
112. Зотиков, В.И. Научные итоги выполнения межведомственной координационной программы фундаментальных и приоритетных прикладных исследований по селекции зернобобовых и крупяных культур за 2006 -2010 гг. / В.И. Зотиков, Л.В. Никулина, Н.В. Грядунова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – №1. – С. 20–27.
113. Зотиков, В.И. Пути увеличения производства растительного белка в России / В.И. Зотиков, А.А. Боровлев // Сб. научных трудов: Повышение устойчивости производства сельскохозяйственных культур в современных условиях. – Орел, 2008. – С. 36–49.
114. Зотиков, В.И. Развитие производства зернобобовых и крупяных культур в России на основе использования селекционных достижений / В.И. Зотиков, А.А. полухин, Н.В. Грядунова, В.С. Сидоренко, Н.Г. Хмызова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – №4(36). – С. 5–17.
115. Зотиков, В.И. Реализация биологического потенциала и особенности семеноводства современных сортов гороха посевного / В. И. Зотиков, З.Р. Цуканова, А.А. Молошонок / Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – №2(30). – С. 20–26.
116. Зотиков, В.И. Роль зернобобовых и крупяных культур в зерновом балансе страны / В.И. Зотиков // Вестник ОрелГАУ. – 2009. – №3. – С. 49–51.
117. Зубов, А.Е. Методы и результаты селекции гороха в Самарском НИИ-ИСХ / А.Е. Зубов, А.И. Катюк // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т.16. – №5(3). – С. 1127–1130.

118. Зубов, А.Е. Селекция урожайных высококачественных и технологичных сортов гороха / А.Е. Зубов, А.И. Катюк // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – №8. – С. 12–14.

119. Зыкин, В.А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: метод. рекомендации / В.А. Зыкин, В.В. Мешков, В.А. Сапега. – Новосибирск, 1984. – 24 с

120. Изменение № 1 к ГОСТ 10842-89 – Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян. – Введ. 1995–01–06. – Изд. офиц. – Москва: Стандартинформ, 2009. – 4 с.

121. Кадермас, И.Г. Формирование фотосинтетического и симбиотического аппаратов растений и их вклад в повышение продуктивности агроценозов гороха посевного (*Pisum sativum L.*): дис. ... канд. биол. наук / Кадермас Ирина Геннадьевна. – Омск, 2015. – 142 с.

122. Кайгородова, И.М. Создание исходного материала гороха овощного (*Pisum sativum L.*) разных групп спелости для селекции на пригодность к механизированной уборке: дисс. ... канд. с.-х. наук / Кайгородова Ирина Михайловна. – Москва, 2014. – 165 с.

123. Калюжна, Е.А. Новий генетичний матеріал в селекції штаamboво-детермінантних форм гороху посівного на Уладово-Люлинецькій дослідно-селекційній станції / Е.А. Калюжна, В.В. Українець, Г.В. Українець, С.С. Климчук, Г.Ф. Казьмірук, К.Б. Боднарченко // Корми і кормовиробництво. – 2010. – Вип. 66. – С. 14–19.

124. Катюк, А.И. Формирование продуктивности сортов гороха разных морфотипов в условиях Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.И. Катюк. – Пенза, 2006. – 21 с.

125. Качур, О.Т. Взаимосвязь массы зерна колоса и его крупности с продуктивностью растения озимой пшеницы / О.Т. Качур // Теорет. основы селекции и семеноводства пшеницы в Западной Сибири. – Новосибирск, 1985. – С. 73–78.

126. Кетов, А.А. Сравнительная продуктивность и элементы технологии возделывания различных морфотипов гороха в условиях Курганской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.А. Кетов. – Курган, 2005. – 16 с.

127. Кильчевский, А.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов растений, дифференцирующей способности среды. Сообщение 1, Обоснование метода / А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева // Генетика. – 1985. – Т.21. – №9. – С. 1481–1490.

128. Кобызева, Л.Н. Перспективный исходный материал зернобобовых культур в НЦГРРУ для создания сортов различных групп спелости / Л.Н. Кобызева, А.В. Тертышный, Е.А. Гончарова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – №2(6). – С. 96–99.

129. Ковеза, О.В. Идентификация, клонирование и исследование молекулярных маркеров генома гороха: автореф. дис. ... канд. биол. наук / О.В. Ковеза. – Москва, 2003. – 25 с.

130. Ковырялов, Ю.П. Горох - важная из зернобобовых культур / Ю. П. Ковырялов. – Волгоград: Нижне-Волж. кн. изд-во, 1964. –16 с.

131. Кокаева, З.Г. Использование RAPD-метода для исследования внутривидового полиморфизма генома гороха: автореф. дис. ... канд. биол. наук / З.Г. Кокаева. – Москва, 1998. – 25 с.

132. Кондыков, И.В. Значение ростовых мутаций в прогрессе селекции гороха / И.В. Кондыков, Н.Н. Кондыкова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса Поволжья и сопредельных регионов. Мат. научно-практ. конф., посвященной 100-летию Пензенского научно-исследовательского института сельского хозяйства. – Пенза, 2009. – С. 98–106.

133. Кондыков, И.В. Качество зерна гороха полевого (пелюшки) в аспекте потребительской диверсификации культуры / И.В. Кондыков, В.И. Зотиков, Н.О. Костикова, А.В. Амелин, Н.Н. Кондыкова // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2010а. – №2(5). – С. 16–19.

134. Кондыков, И.В. О приоритетах в селекции гороха / И.В. Кондыков // Вестник ОрелГАУ. – 2011. – №5(32). – С. 96–103.

135. Кондыков, И.В. О стабилизации уровня семенной продуктивности у гороха / И.В. Кондыков // Повышение устойчивости производства сельскохозяйственных культур в современных условиях. – Сборник научных материалов. – Орел, 2008. – С. 309–315.
136. Кондыков, И.В. Основные достижения и приоритеты в селекции гороха / И.В. Кондыков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – №1. – С. 37–46.
137. Кондыков, И.В. Основные направления и результаты селекции гороха и фасоли во ВНИИЗБК / И.В. Кондыков, А.Н. Зеленев, М.П. Мирошникова и др. // Научное обеспечение производства зернобобовых и крупяных культур. – Орел, 2004. – С.11–19.
138. Кондыков, И.В. Перспективы использования морфотипа люпиноид в селекции гороха / И.В. Кондыков, В.И. Уваров, Н.А. Бутримова, Н.Н. Кондыкова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – №1(5). – С. 15–21.
139. Кондыков, И.В. Результаты использования новых методов создания и оценки селекционного материала гороха / И.В. Кондыков, Г.В. Соболева, Н.Е. Новикова, В.Н. Уваров, Н.А. Бутримова // Аграрная Россия. – 2011. – № 3. – С. 27–29.
140. Кондыков, И.В. Современные европейские сорта гороха – урожайность и содержание белка / И.В. Кондыков, С.В. Бобков, О.В. Уварова и др. // Зерновое хозяйство России. – 2010б. – №5(11). – С. 16–19.
141. Кондыков, И.В. Урожайность и качество зерна у сортов гороха с различным сочетанием рецессивных мутантных генов / И.В. Кондыков, С.В. Бобков // Аграрная Россия. – 2012. – №8. – С. 2–6.
142. Кононенко, Л.А. Оценка пластичности и стабильности сортов кориандра по содержанию эфирного масла в плодах / Л.А. Кононенко, Л.С. Числова // Масличные культуры. Науч.–тех. бюлл. ВНИИ масличных культур. –2007. – вып. 1(136). – С. 92–94.
143. Корниенко, Н.Н. Идентификация сортообразцов гороха морфотипа хамелеон и определение степени внутрисортного полиморфизма по запасным

белкам семян: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н.Н. Корниенко. – Воронеж, 2006. – 23 с.

144. Корниенко, Н.Н. Компонентный состав запасных белков линий гороха с многоцветковым апикальным цветоносом / Н.Н. Корниенко, С.В. Бобков, И.В. Кондыков, Н.А. Бутримова // Вестник ОрелГАУ. – 2012. – №3. – С. 56–58.

145. Коробова, Н.А. Сравнительная характеристика районированных сортов гороха Донской селекции / Н.А. Коробова, А.П. Коробов, А.А. Лысенко, Е.В. Пучкова, Ю.В. Шапошникова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – №3(31). – С. 34–41.

146. Коробова, Н.А. Экологическая пластичность и урожайность различных морфотипов гороха / Н.А. Коробова, А.А. Козлов, А.П. Коробов, Е.В. Пучкова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – №3. – С. 50–52.

147. Коробова, Н.А. Экологическая пластичность и урожайность сортов зернового гороха / Н.А. Коробова, А.П. Коробов, А.А. Козлов, А.А. Лысенко // Достижения науки и техники в АПК. – 2016а. – Т.30. – № 2. – С. 85–88.

148. Костерин, О.Э. При царе горохе (*Pisum sativum* L.): непростая судьба первого генетического объекта / О.Э. Костерин // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015. – Т.19. – №1. – С. 158–169.

149. Костерин, О.Э. Эволюция и геногеография дикорастущих форм рода Горох (*Pisum* L.): дис. ... д-ра биол. наук / Костерин Олег Энгельсович. – Новосибирск, 2017. – 325 с.

150. Костылев, П.И. Компьютерная программа генетического анализа количественных признаков / П.И. Костылев, В.В. Иванов // Селекция и семеноводство. – 1997. – №4. – С. 16–19.

151. Костылев, П.И. Наследование числа бобов и семян на растении у гибридов гороха / П.И. Костылев, А.А. Лысенко // Зерновое хозяйство России. – 2011. – №2. – С. 29–37.

152. Костылев, П.И. Сравнение листочковых и усатых морфотипов гороха в расщепляющихся гибридных популяциях / П.И. Костылев, А.А. Лысенко // Тру-

ды Кубанского государственного аграрного университета. – 2009. – № 5(20). – С. 216–220.

153. Кузмичева, Ю.В. Энергосберегающие приемы повышения продуктивности сортов гороха посевного (*Pisum sativum* L.) на основе растительно-микробных взаимодействий: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Ю.В. Кузмичева – Орел, 2011. – 22 с.

154. Лихачева, Л.И. Результаты селекции гороха в «Уральском НИИСХ» / Л.И. Лихачева, В.С. Гималетдинова, Е. Г. Козионова // Пермский аграрный вестник. – 2017. – №4. – С. 87–91.

155. Лысенко, А.А. Сравнительная продуктивность сортов гороха различных морфотипов и создание на их основе нового селекционного материала: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.А. Лысенко. – зерноград, 2011. – 23 с.

156. Лысенко, А.А. Урожайность сортов зернового гороха при изменении погодных условий в Приазовской зоне Ростовской области / А.А. Лысенко // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – №2(34). – С. 13–20.

157. Макашева, Р.Х. Международный классификатор СЭВ рода *Pisum sativum* L. / Р.Х. Макашева и др. // Науч.-техн. совет стран - членов СЭВ по коллекциям диких и культ. видов растений и др. – Л.: ВИР, 1986. – 52 с.

158. Макашева, Р.Х. Горох / Р.Х. Макашева. – Л.: Колос, 1973. – 312 с.

159. Макашева, Р.Х. Зерновые бобовые культуры. Горох / Р.Х. Макашева // Культурная флора СССР. – Л.: Колос, 1979. – Т.4. – Ч.1. – 325 с.

160. Маланкина, Е.Л. Горох: история культуры [Электронный ресурс] / Е.Л. Маланкина. – Режим доступа: https://www.greeninfo.ru/vegetables/pisum_sativum.html/Article/_aID/5827 (Дата обращения: 15.09.2013).

161. Мережко, А.Ф. Система генетического изучения исходного материала для селекции растений / А.Ф. Мережко. – Ленинград: ВИР, 1984. – 70 с.

162. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур Гос. комис. по сортоиспытанию с.-х. культур при М-ве сел. хоз-ва СССР / Под общ. ред. М.А. Федина. – М., 1987 – 267 с.

163. Мирзоева, Т.В. Экономические аспекты выращивания гороха в условиях современности / Т.В. Мирзоева, Д.А. Подлесецкая // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2019. – №4. – С. 34–37.

164. Михалев, И.В. Азотфиксирующая деятельность, урожайность и качество семян сортов кормовых бобов и гороха в зависимости от макро- и микроудобрений в лесостепи ЦЧР: дис. ... канд. с.-х. наук / Михалев Игорь Владимирович. – Воронеж, 2014. – 223 с.

165. Наумкина, Т.С. Селекция гороха (*Pisum sativum* L.) на повышение эффективности симбиотической азотфиксации: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Т.С. Наумкина. – Орел, 2007. – 45 с.

166. Неманкин, Т.А. Анализ генетической системы гороха (*Pisum sativum* L.), контролирующей развитие арбускулярной микоризы и азотфиксирующего симбиоза: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Т.А. Неманкин. – Санкт-Петербург, 2011. – 18 с.

167. Нечаев, В.И. Организационно-экономические основы сортосмены при производстве зерна / В.И. Нечаев. – М.: АгриПресс, 2000. – 480 с.

168. Новикова, Н.Е. Влияние интрогрессии мутантных генов на формирование урожайности сортов гороха / Н.Е. Новикова, С.Н. Агаркова, Р.В. Беляева, Е.В. Головина, З.Р. Цуканова, Н.Н. Сулимова, Н.И. Митькина // Вестник ОрелГАУ. – 2012. – №3. – С. 20–26.

169. Новикова, Н.Е. Влияние морфотипа листа у гороха на показатели водного обмена, определяющие устойчивость растений к засухе / Н.Е. Новикова, Д.М. Фенин // Вестник ОрелГАУ. – 2011. – №3. – С. 13–17.

170. Новикова, Н.Е. Водный обмен у растений гороха с разным морфологическим типом листа / Н.Е. Новикова // Сельскохозяйственная биология. – 2009. – №5. – С. 73–77.

171. Новикова, Н.Е. Проблемы засухоустойчивости растений в аспекте селекции гороха / Н.Е. Новикова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012а. – №1. – С. 53–57.

172. Новикова Н.Е. Физиологическое обоснование роли морфотипа растений в формировании урожайности сортов гороха: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Н.Е. Новикова. – Орёл, 2002. – 46 с.

173. Обзор рынка гороха в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.openbusiness.ru/biz/business/obzor-rynka-gorokha-v-rossii/> (Дата обращения: 15.07.2017).

174. Обухова, А.В. Доноры в селекции гороха усатого морфотипа на высокую семенную продуктивность / А.В. Обухова, Н.А. Поползухина, Л.В. Омелянюк, И.Г. Кадермас // Омский научный вестник. – 2012. – №2(114). – С.164–167.

175. Омаров, Д.С. К методике учета и оценки гетерозиса у растений / Д.С. Омаров // Сельскохозяйственная биология. – 1975. – Т.10. – №1. – С. 123–127.

176. Омелянюк, Л.В. Основы селекции сортов гороха в СИБНИИСХ / Л.В. Омелянюк, А.М. Асанов // Достижения науки и техники в АПК. – 2016. – Т.30. – №10. – С. 86–89.

177. Омелянюк, Л.В. Результаты оценки качества зерна линий гороха из конкурсного сортоиспытания в ФГБНУ «Омский АНЦ» / Л.В. Омелянюк, И.В. Пахотина, А.М. Асанов, Е.Ю. Игнатъева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – №2(30). – С. 36–42.

178. Омелянюк, Л.В. Селекция гороха и сои для условий Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Л.В. Омелянюк – Тюмень, 2015. – 32 с.

179. Ооржак, А.С. Сравнительная характеристика близкоизогенных по генам *af* и *tl* линий гороха / А.С. Ооржак // Естественные и сельскохозяйственные науки. Вестник Тувинского госуниверситета. – 2010. – №2. – С. 16–19.

180. Павловская, Н.Е. Белковый комплекс семян зернобобовых культур и перспективы повышения его качества / Н.Е. Павловская // Научное обеспечение производства зернобобовых и крупяных культур. – Орел, 2004. – С. 55–66.

181. Панарина, В.И. О влиянии погодных условий, ценотического взаимодействия и морфотипа растений на потенциальное и реальное плодо- и семяобразование современных сортов гороха / В.И. Панарина, А.В. Амелин // Вестник ОрелГАУ. – 2010. – №3(24). – С. 21–25.

182. Панарина, В.И. Эндо- и экзогенные факторы регуляции плодо- и семяобразования у современных сортов гороха: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В.И. Панарина. – Орел, 2011. – 23 с.

183. Перспективная ресурсосберегающая технология производства гороха: методические рекомендации / В.И. Зотиков, М.Т. Голопятов, А.С. Акулов и др. – Москва: ФГНУ Росинформагротех, 2009. – 60 с.

184. Полухин, А.А. Основные проблемы селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур и пути их решения / А.А. Полухин, В.И. Панарина // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – №3(35). – С. 5–11.

185. Пономарева, С.В. Влияние погодных условий на урожайность и показатели структуры урожая сортов гороха / С.В. Пономарева, М.Б. Терехов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2012. – №3(28). – С. 7–9.

186. Посевные площади, валовые сборы и урожайность гороха в России. Итоги 2018 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://abcentre.ru/news/posevnye-ploschadi-valovye-sbory-i-urozhaynost-gorooha-v-rossii-itogi-2018-goda> (Дата обращения 2.12.2020).

187. Попов, Б.К. Основные исследования по селекции гороха / Б.К. Попов // Эффективные приемы воспроизводства плодородия почв, совершенствования технологий возделывания, создание и внедрение новых сортов сельскохозяйственных культур. – Уфа, 1995. – С. 231–236.

188. Попова, И.А. Характеристика некоторых мутантных линий овощного гороха / И.А. Попова // Химический мутагенез и создание селекционного материала. – Москва: Наука, 1972. – С. 261–264.

189. Постников, П.А. Оценка гороха как предшественника для яровой пшеницы / П.А. Постников // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – №1(29). – С. 15–21.

190. Практикум по селекции и семеноводству полевых культур: учебное пособие / под ред. В. В. Пыльнева. – СанктПетербург: Лань, 2014. – 418 с.

191. Природные условия и естественные ресурсы: Южный округ. Ростовская область / науч. ред.: Ю.П. Хрусталева и др. // Сев.-Кавказ. науч. центр высшей школы: Ростов. гос. ун-т. – Ростов н/Д: Батайск. кн. изд-во, 2002. – 430 с.
192. Пыльнев, В.В. Частная селекция полевых культур / В.В. Пыльнев, Ю.Б. Коновалов, Т.И. Хупацария и др. – М.: КолосС, 2005. – 552 с.
193. Рекомендации для посева [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://skifagros.ru/rekomendacii-dlya-poseva./album/tehnologiya-vozdelyvaniya-goroha> (Дата обращения 08.04.2021).
194. Розентал, А.Я. Новая форма гороха / А.Я. Розентал // Бобовые и зерновые бобовые культуры. – Москва, 1966. – С. 73–76.
195. Российский рынок гороха тенденции и прогнозы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ab-centre.ru/news/rossiyskiy-rynok-goroha---tendencii-i-prognozy> (Дата обращения 2.12.2020).
196. Рыбникова, В.А. Урожайные сорта гороха в условиях засухи / В.А. Рыбникова // Селекция и семеноводство. – 1981. – №5. – С. 26–28.
197. Сащенко, М.Н. Влияние экзогенных факторов среды на морфогенез и регенерационную способность селекционного материала гороха посевного (*Pisum sativum* L.): автореф. дис. ... канд. биол. наук / М.Н. Сащенко. – Рамонь, 2013. – 23 с.
198. Сащенко, М.Н. Возрастные изменения растений гороха в онтогенезе / М.Н. Сащенко, О.А. Подвигина // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – №2(10). – С. 17–26.
199. Сельскохозяйственные культуры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/QC/visualize> (Дата обращения 12.12.2020).
200. Сергеев, И.Ф. К методике определения полеглости хлебов. / И.Ф. Сергеев // Селекция и семеноводство. – 1971. – №5. – С. 33–34.
201. Система земледелия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://don-agro.ru/FILES/2020/ZONSYSEM/Sistema_zemled_do_2020_1.docx (Дата обращения 02.02.2021).

202. Соболев, Д.В. Разнообразие гороха (*Pisum sativum* L.) восточноевропейской селекции в эколого-географическом изучении: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Д.В. Соболев. – СПб., 2009. – 23 с.
203. Соболева, Г.В. Влияние осмотического стресса на процессы роста и морфогенеза в длительно пассируемых каллусных культурах гороха (*Pisum sativum* L.) / Г.В. Соболева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – №1(5). – С. 8–15.
204. Соболева, Г.В., Оценка гибридных популяций гороха по осмоустойчивости и создание на их основе линий перспективных в селекции на засухоустойчивость / Г.В. Соболева, А.А. Зеленов, А.Н. Соболев // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – №4(36). – С. 18–23.
205. Соболева, Г.В. Результаты селекции гороха на засухоустойчивость / Г.В. Соболева, Г.Н. Суворова, С.В. Бобков, В.Н. Уваров // Земледелие. – 2014. – №4. – С. 21–23.
206. Соболева, Г.В. Скрининг различных морфотипов гороха по устойчивости к осмотическому стрессу в селективных системах *in vitro* / Г.В. Соболева, А.Н. Соболев // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – №3(31). – С. 22–27.
207. Соловов, И.И. Изучение исходного материала гороха (*Pisum sativum* L.) и использование его в селекции на повышение симбиотической активности в условиях северной части Центрально-Черноземного региона России: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / И.И. Соловов. – Орел, 2006. – 18 с.
208. Суворова, Г.Н. Технологии клонирования зернобобовых и крупяных культур / Г.Н. Суворова, С.В. Бобков, Г.В. Соболева // Методические рекомендации. – Москва: Россельхозакадемия, 2005. – 20 с.
209. Сухарев, Д.Н. Ботанико-фармакогностическое изучение различных сортов гороха посевного: автореф. дис. ... канд. фарм. наук / Д.Н. Сухарев. – Москва, 2005. – 24 с.
210. Сучкова, Т.Н. Физиолого-биохимические особенности накопления углеводов и белков в семенах высокоамилозных сортов и линий гороха (*Pisum*

sativum L.): автореф. дис. ... канд. биол. наук / Т.Н. Сучкова. – Воронеж, 2009. – 22 с.

211. Турусов, В.И. Крупный научный центр российского земледелия / В.И. Турусов // Земледелие. – № 4. – 2012. – С. 3–5.

212. Уваров, В.Н. Селекция сортов гороха интенсивного типа зернового использования: дис. в виде науч. доклада ... канд. с.-х. наук / В.Н. Уваров. – Брянск, 1998. – 40 с.

213. Фадеев, Е.А. Изменчивость морфоструктурных показателей растений гибридов первого поколения при скрещивании родителей с различным типом листа и боба / Е. А. Фадеев // Развитие научного наследия Н.И. Вавилова в современных селекционных исследованиях. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 125-летию со дня рождения Н.И. Вавилова. – Казань: Центр инновационных технологий, 2012. – С. 182–187.

214. Фадеев, Е. А. Селекционная ценность исходного материала гороха (*Pisum sativum L.*) с различной морфологией листа и боба: дис. ... канд. с.-х. наук / Фадеев Евгений Александрович. – Казань, 2014. – 168 с.

215. Фадеева, А.Н. Основные достижения и направления селекции гороха в Татарском НИИСХ / А.Н. Фадеева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – №1. – С. 65–67.

216. Фадеева, А.Н. Создание исходного материала для селекции гороха в условиях северной части Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. биол. наук. / А.Н. Фадеева. – Санкт-Петербург, 2001. – 20 с.

217. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/> (Дата обращения 12.12.2020).

218. Федотов, В.С. Генетические основы селекции гороха / В.С. Федотов // Труды второй научной конференции по зерновым бобовым культурам на востоке лесостепной полосы. – Казань, 1967. – С. 505–522.

219. Федотов, В.С. Горох / В.С. Федотов. – М., 1960. – 258 с.

220. Филатова, И.А. Урожайность и экологическая адаптивность перспективных сортообразцов гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – №4(32). – С. 35–40.
221. Филатова, И.А. Факториальные составляющие продуктивности гороха с усатым и листочковым морфотипом / И. А. Филатова // Зерновое хозяйство России. – 2020. – №4(70). – С. 36–39.
222. Филатова, И.А. Экологическая пластичность и стабильность сортов и сортообразцов гороха в условиях Каменной степи / И.А. Филатова, И.С. Браилова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – №3(19). – С. 41–45.
223. Фолконер, Д.С. Введение в генетику количественных признаков / Д.С. Фолконер; пер. с англ. А. Г. Креславского, В. Г. Черданцева; под ред. Л. А. Животовского. – М.: Агропромиздат, 1985. – 486 с.
224. Фомин, В.С. Этапы селекции в Каменной Степи / В.С. Фомин, Н.А. Коробова // Селекция и семеноводство. – 2004. – № 4. – С. 2–4.
225. Фомин, В.С. Адаптивность сортов Центрально-Черноземного селекцентра / В.С. Фомин, Н.А. Коробова // Вестник РАСХН. – 2006. – № 3. – С. 25–27.
226. Хаджи, А.Б. Селекционно-генетическая характеристика сортообразцов гороха и идентификация наиболее ценных генотипов: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.Б. Хаджи. – Краснодар, 1997. – 24 с.
227. Хамоков, Х.А. Агробиологические аспекты реализации потенциальной активности бобоворизобиальной системы зернобобовых культур в предгорьях Северного Кавказа: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Х.А. Хамоков. – п. Персиановский, 2009. – 41 с.
228. Хамоков, Х.А. Продуктивность и симбиотическая активность гороха в степной зоне КБР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Х.А. Хамоков. – Нальчик, 1999. – 20 с.
229. Хангильдин, В.В. Ген *leaf*, вызывающий отсутствие листовых пластинок у гороха. Взаимодействие генов *leaf-tlw* / В.В. Хангильдин // Генетика. – 1966. – №6. – С. 88–96.

230. Хангильдин, В.В. Исследование новых мутантных генов у гороха посевого. Сообщ. II. Гены *leaf*, *tl*, *le* и их влияние на конкурентоспособность и семенную продуктивность растений / В.В. Хангильдин // Генетика. – 1984. – т. XX – №8. – С. 1325–1330.

231. Хангильдин, В.В. Некоторые вопросы генетики гороха: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В.В. Хангильдин. – Л., 1970, с. 5–19.

232. Хангильдин, В.Х. Индустриальная технология возделывания гороха в Башкирской АССР: рекомендации / В.Х. Хангильдин, К.З. Халиуллин, В.П. Трапезников. – Уфа, 1986. – 8 с.

233. Хангильдин, В.Х. Основные направления и генетические основы селекции / В.Х. Хангильдин, В.В. Хангильдин // Генетика и селекция гороха. – Новосибирск: Наука, 1975. – 328 с.

234. Хвостова, В.В. Генетика и селекция гороха / В.В. Хвостова. – Новосибирск: Наука, 1975. – 268 с.

235. Хухлаев, И.И. Селекция гороха на Юге Украины / И.И. Хухлаев // Збірник наукових праць СГІ. – Одеса, 2010. – вип.15(55). – С. 135–141.

236. Цильке, Р.А. Генетические основы селекции мягкой яровой пшеницы на продуктивность в Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Р.А. Цильке. – Новосибирск, 1983. – 17 с.

237. Чегамирза, К. Молекулярно-генетическое картирование локусов качественных и количественных признаков у гороха: автореф. дис. ... канд. биол. наук / К. Чегамирза. – Москва, 2004. – 26 с.

238. Чекалин, Е.И. Изменение показателей архитектоники, роста и развития растений гороха полевого в процессе селекции на высокую урожайность семян // Е.И. Чекалин, А.В. Амелин, И.В. Кондыков // Вестник ОрелГАУ. – 2010а. – №5. – С. 56–58.

239. Чекалин, Е.И. Морфофизиологические особенности гороха полевого и его перспективы в селекции на семенную продуктивность: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Е.И. Чекалин. – Орел, 2009. – 24 с.

240. Чекалин, Е.И. Содержание пигментов в листьях и прилистниках у разных по степени окультуренности сортообразцов гороха полевого / Е.И. Чекалин, А.В. Амелин, И.В. Кондыков // Вестник ОрелГАУ. – 2010б. – № 3 (24). – С. 2–4.
241. Чекалин, Н.М. Селекция и генетика ячменя / Н.М. Чекалин, В.Н. Тищенко, М.Е. Баташова // Селекция и генетика отдельных культур. – Полтава, 2009а. – 175 с.
242. Чекалин, Н.М. Селекция и генетика отдельных культур [Электронный ресурс] / Н.М. Чекалин, В.Н. Тищенко, М.Е. Баташова. – Режим доступа: <https://agromage.com/book.php?id=6> (Дата обращения 02.03.2018).
243. Чешев, А.С. Экономическая оценка сельскохозяйственных угодий Ростовской области / А.С. Чешев. – Ростов-на-Дону: изд-во Ростовского ун-та, 1991. – 240 с.
244. Чураков, А.А. Результаты и перспективы селекции гороха усатого морфотипа в Красноярском крае / А.А. Чураков, Л.И. Валиулина // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 6. – С. 24–26.
245. Шакирзянова, М.С. Новые и перспективные сорта гороха селекции Ульяновского научно-исследовательского института сельского хозяйства / М. С. Шакирзянова // Зерновые и бобовые культуры. – 2018. – №1. – С. 22–27.
246. Шелепина, Н.В. Качество зерна сортов гороха современной селекции / Н.В. Шелепина // Вестник КрасГАУ. – 2009. – №4. – С. 213–216.
247. Шелепина, Н.В. Морфобиологические и биохимические особенности новых форм гороха и перспективы их селекционного использования: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Н.В. Шелепина. – Брянск, 2000. – 18 с.
248. Шелепина, Н.В. Научно-практическое обоснование эффективных способов переработки зерна современных сортов и форм гороха: дис. ... д-ра с.-х. наук / Шелепина Наталья Владимировна. – Орел, 2014. – 400 с.
249. Шор, В.Ч. Зернобобовые культуры – источник белка в кормлении сельскохозяйственных животных / В.Ч. Шор, М.В. Евсеенко, Ю.И. Пешко // Земледелие и защита растений. – 2017. – №1(110). – С. 50–53.

250. Шпаар, Д. Зернобобовые культуры / под общ. ред. Д. Шпаара. – Мн.: «ФУАинформ», 2000. – 264 с.

251. Шукис, Е.Р. Кормовые культуры на Алтае / Е.Р. Шукис. – Барнуал, ГНУ Алтайский НИИСХ, 2013. – 181 с.

252. Шурхаева, К.Д. Закономерности изменчивости количественных признаков генофонда гороха / К.Д. Шурхаева, А.Н. Фадеева // Развитие научного наследия Н.И. Вавилова в современных селекционных исследованиях. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 125-летию со дня рождения Н.И. Вавилова. – Казань: Центр инновационных технологий, 2012. – С. 197–201.

253. Шурхаева, К.Д. Оценка генофонда гороха и перспективы его селекционного использования в условиях Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / К.Д. Шурхаева. – Казань, 2011. – 22 с.

254. Щетинин, В.Ю. Перспективы улучшения рассеченнолисточкового морфотипа гороха / В.Ю. Щетинин // Селекция и семеноводство полевых культур: Юбилейный сборник научных трудов. – Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2007. – Ч.2. – С. 25–28.

255. Щетинин, В.Ю. Селекционная ценность нетрадиционных морфотипов гороха: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В.Ю. Щетинин. – Брянск, 2008. – 24 с.

256. Юрьев, В.П. Резистентные крахмалы: Медико-физиологические и физико-химические представления / В.П. Юрьев, М.Г. Гаппаров, Н.К. Генкина и др. // Вопросы питания. – 2005. – №6. – С. 11–16.

257. Al-Saady, N.A. Seed Diversity of Indigenous Field Peas (*Pisum sativum* L.) [Electronic resource] / N.A. Al-Saady, S.K. Nadaf, A.H. Al-Lawati, S.A. Al-Hinai // Germplasm Collection in Oman Journal of Agricultural Science. – 2018. – Vol.10. – No.11. – P. 523–531. – Access mode: <https://oapgrc.gov.om/Documents/Seed%20Diversity%20of%20Indigenous%20Field%20Peas%20Germplasm%20Collection%20in%20Oman.pdf> (Дата обращения 10.03.2021)

258. Amarakoon, R. The effect of cooking on nutritive quality of selected legumes: Doctoral Thesis / R. Amarakoon. – Zlin, Czech Republic, 2009. – 105 p.

259. Barber, H.N. Gibberelic acid and the physiological genetics of flowering peas / H.N. Barber, W.D. Jacson, J.C. Murfet // *Nature*. – 1958. – V. 182. – P. 1321–1322.
260. Beil, G. M. Inheritance of quantitative characters in grain sorgum / G.M. Beil, R.E. Atkins // *Jowa J Sci*. – 1965. – Vol. 39. – №3. – P. 345–348.
261. Blixt, S. Mutation genetics in *Pisum* / S. Blixt // *Agri Hort. Gen.* – 1972. – Bd. 30. – Hf. 1–4. – 293 p.
262. Būmane, S. Zirņu šķirņu un hibrīdu saimniecisko īpašību izvērtējums / S. Būmane, M. Vitjažkova, A. Pogulis // *Zinātniski praktiskās konferences: Zinātne Latvijas lauksaimniecības nākotnei: pārtika, lopbarība, šķiedra un enerģija*. – Jelgava, 2012. – P. 51–55.
263. Cieslarova, J. Molecular analysis of temporal genetic structuring in pea (*Pisum sativum L.*) cultivars bred in the Czech Republic and in former Czechoslovakia 152 since the mid-20th century / J. Cieslarova, M. Hybl, M. Griga, P. Smykal // *Czech J. Genet. Plant Breedg.* – 2012. – Vol. 48. – №2. – P. 61 – 73.
264. Clement, S.L. Plant Breeding. Pea weevil, *Bruchus pisorum L.* (Coleoptera: Bruchi day resistance in *Pisum sativum* x *Pisum fulvum* interspecific crosses / S. L. Clement, K.E. McPhee, L.R. Elberson, M.A. Evans. – NS., 2009. – Vol. 128 – P. 478–485.
265. Davletov, F.A. Inheritance of Seed Size By Hybrid Populations of Pea (F_1 , F_2) [Electronic resource] / F.A. Davletov, K.P. Gainullina, F.R. Safin // In the collection: *BIO Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources»*. – 2020. – Access mode: https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/pdf/2020/01/bioconf_fies2020_00090.pdf (Дата обращения 02.02.2021)
266. DeMason, D.A. Cohen Unifoliata-Afila interactions in pea leaf morphogenesis / D.A. DeMason, V.J. Chetty, L.S. Barkawi, L. Xing, J.D. Cohen // *American Journal of Botany*. – 2013. – 100(3). – P. 478–495.

267. Georgieva, N. Evaluation of genetic divergence and heritability in pea (*Pisum sativum L.*) / N. Georgieva, I. Nikolova, V. Kosev // J. BioSci. Biotechnol. – 2016. – 5(1). – P. 61–67.
268. Gixhari, B. Genetic Diversity of Albanian Pea (*Pisum sativum L.*) Landraces Assessed by Morphological Traits and Molecular Markers / B. Gixhari, M. Pavelková, H. Ismaili, H. Vrapı, A. Jaupi, P. Smýkal, J. Czech // Genet. Plant Breed. – 2014. – Vol.50. – №2. – P. 177–184.
269. Goldenberg, J. B. «Afilia», a new mutation in pea (*Pisum sativum L.*) / J. B. Goldenberg // Boletin genetico. – 1965. – №1. – P. 27–31.
270. Griffing, B. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems / B. Griffing // Austral. J. Biol.Sci. – 1956. – №9. –P. 463–493.
271. Gul, I. Heritability and Correlation Studies in Pea (*Pisum arvense L.*) Lines / I. Gul, M. Sumerli, B. Tuba Bicer, Y. Yılmaz // Asian Journal of Plant Sciences. – 2005. – №4(2). – P.154–158.
272. Hofer, J. Genetic Control of Leaf Morphology: A Partial View / J. Hofer, C. W. Gourlay, N. Ellis // Annals of Botany. – 2001. – Vol. 88. – P. 1129–1139.
273. Jaranowski, J. Mutation Breeding in Peas. Mutation Breeding Review / J. Jaranowski, A. Micke. – Vienna, 1985. – №2. – 23 p.
274. Keebl, E. The mode of inheritance of stature and time of flowering in peas (*Pisum sativum*) / E. Keebl, C. Pellew // J. Genetics. – 1910. – V. 1. – P. 46–56.
275. Kellenbarger, S. Inheritance and linkage data of some characters in peas / S. Kellenbarger // J. Genetics. – 1952. – V. 51. – №1. – P. 41–46.
276. Kondykov, I. Use of exotic germplasm in pea breeding / I. Kondykov, A. Zelenov, V. Uvarov // Biotechnology in Legume Breeding. Book of abstracts. – Šumperk, Czech Republic, 2012. – 65 p. – P. 44.
277. Kosev, V. Adaptive capabilities and productive potential of initial material from peas (*Pisum sativum*) / V. Kosev, V. Vasileva // Indian Journal of Agricultural Sciences. – 2019. – №89(1). – P. 138–144.

278. Kosev, V. Breeding potential of the field pea (*Pisum sativum L.*) cultivars and their progenies / V. Kosev // J. BioSci. Biotech. – 2014. – №3(3). – P. 219–226.
279. Kosev, V. Genetic analysis on some yield traits of pea (*Pisum sativum L.*) crosses / V. Kosev // J. BioSci. Biotech. – 2015. – №4(2). – P. 149–156.
280. Lamm, R. Three new genes in *Pisum* / R. Lamm // Hereditas. – 1957. – V. 43. – P. 541–548.
281. Lamprecht, H. Ein neuer Fall von multipler Allele bei *Pisum* / H. Lamprecht // Agri hort. genet. – 1953. – Bd. 11. – P. 28–39.
282. Lamprecht, H. Genanalytische Studien zur Artberechtigung von *Pisum humile* Boiss, et Noe / H. Lamprecht // Agri hort. genet. – 1951. – Bd. 9. – S. 107–134.
283. Lamprecht, H. Studien zur Vererbung des Hohenwachstums bei *Pisum* sowie Koppelungsstudien / H. Lamprecht // Agri hort. genet. – 1962. – Bd. 20. – S. 23–62.
284. Lamprecht, H. The degree of ramification in *Pisum* caused by polymeric genes / H. Lamprecht // Agri hort. genet. – 1950. – V. 8. – p. 6.
285. Lamprecht, H. Über Blattfarben von Phanerogamen / H. Lamprecht // Agri hort. genet. – 1960. – Bd. 18 – S. 135–168.
286. Li, X. Genetic Analysis of *ele* Mutants and Comparative Mapping of *ele 1* Locus in the Control of Organ Internal Asymmetry in Garden Pea / X. Li, L.L. Zhuang, M. Ambrose, C. Rameau, X.H. Hu, J. Yang, D. Luo // Journal of integrative Plant Biology. – 2010. – Vol.52. – N6. – P. 528–535.
287. Mikic, A. Genetic Background and Agronomic Value of Leaf Types in Pea (*Pisum sativum*) / A. Mikic, V. Mihailovic, B. Cupina, V. Kosev, T. Warkentin, K. McPhee, M. Ambrose, J. Hofer, N. Ellis // Ratar. Povrt. – Field Veg. Crop Res. – 2011. – №48. – P. 275–284.
288. Najeebullah, M. Association pattern among yield and its related attributes for early peas (*Pisum sativum L.*) [Electronic resource] / M. Najeebullah, M. Iqbal, K. Nadeem, M. Iqbal, S. A. Shah Chishti, G. Hammad, R. H. Shabbir, G. Nabi, M. Zubair, Z. Qadeer, U. Shahzad // International Journal of Biosciences. – 2020. – Vol.16. – No.3. – P. 83–87. – Access mode: [https://www.researchgate.net/ profile/Muhammad-](https://www.researchgate.net/profile/Muhammad-)

[Zubair72/publication/340844501_Association_pattern_among_yield_and_its_related_tributes_for_early_peas_Pisum_sativum_L/links/5ea04f69299bf1f16571e7d6/](https://www.researchgate.net/publication/340844501_Association_pattern_among_yield_and_its_related_traits_for_early_peas_Pisum_sativum_L/links/5ea04f69299bf1f16571e7d6/) (Дата обращения 10.03.2021)

289. Nawab, N.N. Peas 2009: A High Yielding Pea Variety for Early, Mid and Late Growing Seasons in Punjab [Electronic resource] / N.N. Nawab, S. Niaz, A. Rashid // International Journal of Agriculture & Biology. – 2019. – Access mode: <https://www.researchgate.net/profile/Nausherwan-Nawab/publication/332571704>

[Peas 2009 A high yielding pea variety for early mid and late growing seasons in Punjab/links/5cbcd181a6fdcc1d49a879f5/Peas-2009-A-high-yielding-pea-variety-for-early-mid-and-late-growing-seasons-in-Punjab.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Nausherwan-Nawab/publication/332571704/links/5cbcd181a6fdcc1d49a879f5/Peas-2009-A-high-yielding-pea-variety-for-early-mid-and-late-growing-seasons-in-Punjab.pdf) (Дата обращения 20.05.2020)

290. Ouafi, L. Agro-morphological diversity within field pea (*Pisum sativum L.*) genotypes / L. Ouafi, F. Alane, H. Rahal-Bouziane, A. Abdelguerfi // African journal of agricultural research. – 2016. – Vol. 11(40). – P. 4039–4047.

291. Parihar, A. K. Genetic Advancement in Dry Pea (*Pisum sativum L.*): Retrospect and Prospect [Electronic resource] / A.K. Parihar, G.P. Dixit, A. Bohra, D. Sen Gupta, Anil K. Singh, N. Kumar, D. Singh, N.P. Singh // Accelerated Plant Breeding. – 2020. – Vol. 3. – P. 283–341. – Access mode: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-47306-8_10 (Дата обращения 10.02.2021)

292. Pellew, C. New observations on the genetics of peas / C. Pellew, A. Swerdrup // J. Genetics. – 1923. – V. 13. – P. 125–131.

293. Rasmusson, J. Studies on the inheritance of quantitative characters in *Pisum*. I. Preliminary note on the genetics of flowering / J. Rasmusson // Hereditas. – 1935. – V. 20. – P. 161–180.

294. Rosen, G. Artkreuzungen in der Gattung *Pisum*, insbesondere zwischen *Pisum sativum L.* und *P. abyssinicum Braun* / G. Rosen // Hereditas. – 1944. – V. 30. – №3. – P. 261–400.

295. Saeed, A. Bioremoval of cadmium from aqueous solution by black gram husk (*Cicer arietinum*) / A. Saeed, M. Iqbal // Water Res. – 2003. – V. 37. – №14. – P. 3472–3480.

296. Sharma, B. Discovery of one more allele of the Tac locus of *Pisum sativum* / B. Sharma, K. Sushil // Pulse Crops Newsletter. – 1981. – V. 1. – №3. – P. 21–22.
297. Sharma, A. Marker-Assisted Selection in Pea Breeding [Electronic resource] / A. Sharma, B.S. Sekhon, R. Kumar, S. Sharma, R. Mahajan // Accelerated Plant Breeding. – 2020. – V. 2. – P. 137–154. – Access mode: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-47298-6_6 (Дата обращения 20.01.2021)
298. Shelepina, N.V. Biochemical features of untraditional morphotypes of sowing peas / N.V. Shelepina, A.N. Zelenov, P.I. Shumilin // Towards the sustainable production of healthy food, feed and novel products. 4 European Conference on gran legumes. – Cracov, Poland, 2001. – 529 p. – P. 217.
299. Shubhra, N.K. Genetics of Lodging Resistance and Yield related traits in Pea (*Pisum sativum* L.): Doctor of Philosophy in Genetics and Plant Breeding / N.K. Shubhra. – Varanasi, India, 2015. – 155 p.
300. Sinjushin, A.A. Contribution to Genetic Control of Flower Number in pea (*Pisum sativum* L.) / A.A. Sinjushin, A. Liberzon // Ratar. Povrt. – 2016. – №53(3). – P. 116–119.
301. Sinjushin, A.A. Mutation Genetics of Pea (*Pisum sativum* L.): What Is Done and What Is Left to Do / A.A. Sinjushin // Ratar.Povrt. – 2013. – №50(2). – P. 36–43.
302. Smýkal, P. Phylogeny, phylogeography and genetic diversity of the *Pisum* genus / P. Smýkal, G. Kenicer, A.J. Flavell, J. Corander, O. Kosterin, R. J. Redden et al. // Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization. – 2011. – V. 9. – P. 4–18.
303. Smýkal, P. Pea (*Pisum sativum* L.) in the Genomic Era / P. Smýkal, G. Auber, J. Burstin, C.J. Coyne, N.T.H. Ellis, A.J. Flavell et al. // Agronomy. – 2012. – №2. – P. 74–115.
304. Vasileva, V. Root biomass accumulation in some varieties and hybrids of pea (*Pisum sativum* L.) / V.Vasileva, V. Kosev // J. BioSci. Biotechnol. – 2015. – №4(1). – P. 51–56.

305. Villani, P.J. Roles of the Af and Tl Genes in Pea Leaf Morphogenesis: Shoot Ontogeny and Leaf Development in the Heterozygotes / P.J. Villani, D.A. DeMason // *Annals of Botany Company*. – 2000. – №85. – P. 123–135.
306. Villani, P.J. The Af Gene Regulates Timing and Direction of Major Developmental Events during Leaf Morphogenesis in Garden Pea (*Pisum sativum*) / P.J. Villani, D.A. DeMason // *Annals of Botany*. – 1999. – №83. – P. 117–128.
307. Wellensiek, S.I. Genetic monograph on *Pisum* / S.I. Wellensiek // *Genetica*. – 1925. – V. 2. – P. 343–476.
308. Wellensiek, S.I. Neutronic mutations in peas / S.I. Wellensiek // *Euphytica*. – 1959. – V. 38. – №3. – P. 209–215.
309. White, O.E. Inheritance studies in *Pisum*. The inheritance of height in peas / O.E. White // *Contributions*. – 1918. – V. 20 – P. 316–322.
310. White, O.E. Studies of inheritance in *Pisum*. 2. The present state of knowledge of heredity on variation in peas / O.E. White // *Proc. Amer. Philos. Society*. – 1917. – V. 56. – P. 487–488.
311. Yaxley, J.L. Leaf and Flower Development in Pea (*Pisum sativum* L.): Mutants *cochleata* and *unifoliata* / J.L. Yaxley, W. Jablonski, J.B. Reid // *Annals of Botany Company*. – 2001. – № 88. – P. 225–234.
312. Yuryev, V.P. Structural and thermodynamic features of low- and high-amylose starches. A review. In: *Starch and Starch containing origins - structure, properties and new technologies* / V.P. Yuryev, A. Cesaro, W. Bergthaller (Eds.) // Nova Science Publishers. – New York, 2002. – Ch. 2. – P. 23–56.
313. Zhang, C. Crop Performance Evaluation of Chickpea and Dry Pea Breeding Lines Across Seasons and Locations Using Phenomics Data [Electronic resource] / C. Zhang, R.J. McGee, G.J. Vandemark, S. Sankaran // *Front Plant Sci*. – 2021. – v.12. – Access mode: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7947363/> (Дата обращения 12.04.2021)
314. Zhao, T. Phenotypic diversity of pea (*Pisum sativum* L.) varieties and the polyphenols, flavonoids, and antioxidant activity of their seeds / T. Zhao, W. Su, Y. Qin, L. Wang, Y. Kang // *Ciência Rural*. – 2020. – v.50. – n.5. – P. 1–16.

315. Zhuang, L.L. Lathyroides, Encoding a Wuschel-Related Homeobox Transcription Factor, Controls Organ Lateral Growth, and Regulates Tendril and Dorsal Petal Identities in Garden Pea (*Pisum sativum L.*) / L.L. Zhuang, M. Ambrose, C. Rameau, L. Weng, J. Yang, X. H. Hu, D. Luo, X. Li // *Molecular Plant*. – 2012. – Vol.5. – №6. – P.1333–1345.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Метеорологические условия в период вегетации гороха, 2011–2014 гг.

(метеостанция, г. Зерноград)

Год	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль
	Количество осадков, мм				
2011	31,1	17,5	28,8	90,5	21,0
2012	50,3	43,7	96,2	18,4	29,2
2013	83,3	11,1	28,5	45,6	46,8
2014	46,0	32,3	53,2	71,9	19,6
Средненоголетние	37,0	42,7	51,3	71,3	57,7
	Температура воздуха, *С				
2011	1,0	9,0	17,0	21,8	26,5
2012	0,4	15,2	20,0	23,7	25,0
2013	3,7	12,1	21,0	23,0	24,7
2014	4,9	10,4	19,4	21,1	24,9
Средненоголетняя	2,0	10,7	16,5	20,5	23,1

Характеристика коллекционных образцов гороха по высоте, стеблестоя и устойчивости к полеганию
(2011–2013 гг.)

Сорт, образец	Высота растений, см				Высота стеблестоя, см				Коэффициент устойчивости к полеганию (K_n)			
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Сред.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Сред.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Сред.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Аксайский усатый 7, ст.	73,5	68,7	52,1	64,8	33,6	42,0	34,3	36,6	0,46	0,61	0,66	0,58
К – 8930 МС 1Д	41,9	49,0	35,4	42,1	25,4	26,5	23,0	25,0	0,61	0,54	0,65	0,60
И- 014-1085	61,1	74,2	56,3	63,9	16,3	28,4	23,6	22,8	0,27	0,38	0,42	0,36
И- 014-1081	58,6	70,2	47,5	58,8	48,0	55,3	35,2	46,2	0,82	0,79	0,74	0,78
Памяти Хангильдина	47,9	73,2	48,4	56,5	31,2	42,0	30,6	34,6	0,65	0,57	0,63	0,62
Л – 27269	30,3	31,6	27,7	29,9	12,0	18,0	16,8	15,6	0,40	0,57	0,61	0,52
Л – 29100	64,9	78,7	60,1	67,9	16,6	24,2	32,6	24,5	0,26	0,31	0,54	0,37
Л – 27602	60,9	77,3	52,9	63,7	27,2	31,0	34,4	30,9	0,45	0,40	0,65	0,50
Флагман 10	44,6	52,3	38,9	45,3	24,2	30,0	25,6	26,6	0,54	0,57	0,66	0,59
Флагман 9	51,4	74,5	44,0	56,6	22,5	38,0	26,4	29,0	0,44	0,51	0,60	0,52
Флагман 7	54,9	62,1	46,6	54,5	18,4	32,0	33,6	28,0	0,34	0,52	0,72	0,52
Батрак	49,4	60,5	48,2	52,7	25,5	30,0	33,0	29,5	0,52	0,50	0,68	0,57
Чишминский 80	59,3	67,3	46,2	57,6	19,0	29,6	23,8	24,1	0,32	0,44	0,52	0,43
Чишминский 95	60,4	66,9	48,6	58,6	14,0	33,0	23,6	23,5	0,23	0,49	0,49	0,40
Чишминский 229	68,2	78,4	57,9	68,2	18,0	38,6	26,8	27,8	0,26	0,49	0,46	0,41
Зеленозерный 1	60,7	78,2	53,1	64,0	14,0	27,0	31,2	24,1	0,23	0,35	0,59	0,39
Transcovcasicum	46,0	71,0	54,9	57,3	26,6	39,0	21,0	28,9	0,58	0,55	0,38	0,50

Продолжение приложения 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вахшский 1	69,3	80,7	43,1	64,4	25,0	28,0	21,6	24,9	0,36	0,35	0,50	0,40
Мелкосемянный 2	74,7	87,4	63,8	75,3	12,6	19,6	21,8	18,0	0,17	0,22	0,34	0,24
Кормовой 5	56,5	67,1	56,7	60,1	14,6	24,6	23,8	21,0	0,26	0,37	0,42	0,35
Сармат	62,8	85,7	65,0	71,2	26,3	26,6	21,4	24,8	0,42	0,31	0,33	0,35
Аксайский усатый 10	48,6	55,7	48,1	50,8	38,0	43,0	27,6	36,2	0,78	0,77	0,57	0,71
Аксайский усатый 5	68,8	76,7	46,3	63,9	24,8	35,0	28,2	29,3	0,36	0,46	0,61	0,48
Аксайский усатый 55	72,3	73,5	41,5	62,4	46,6	48,0	21,8	38,8	0,64	0,65	0,53	0,61
Приазовский	66,1	73,6	50,7	63,5	13,0	29,0	21,0	21,0	0,20	0,39	0,41	0,33
Зерноградский 9	86,4	104,0	73,1	87,8	18,8	41,0	31,0	30,3	0,22	0,39	0,42	0,35
Усатый кормовой	113,0	94,8	74,9	94,2	69,0	67,0	27,0	54,3	0,61	0,71	0,36	0,56
Ростовский мелкосемянный	130,9	107,6	73,7	104,1	88,0	48,2	32,6	56,3	0,67	0,45	0,44	0,52
Среднее	63,7	72,9	52,0	62,9	27,5	34,8	26,9	29,7	0,43	0,49	0,53	0,48
V, %	31,9	21,5	21,5	23,6	63,3	31,3	19,2	32,6	43,1	28,4	22,5	25,8
Ошибка средней, %	6,1	4,1	4,1	4,5	12,2	6,0	3,7	6,3	8,3	5,5	4,3	5,0

Характеристика коллекционных образцов гороха по количеству бобов с растения, семян с одного боба и с растения
(2011–2013 гг.)

Сорт, образец	Количество бобов на растении, шт.				Количество семян с 1 боба, шт.				Количество семян с растения, шт.			
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Сред.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Сред.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Сред.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Аксайский усатый 7, ст.	4,95	4,50	3,60	4,35	5,09	4,94	4,14	4,72	25,5	22,4	14,5	20,8
К - 8930 МС 1Д	4,90	4,10	4,10	4,37	4,59	4,49	4,22	4,43	21,8	18,6	16,7	19,0
И- 014-1085	4,80	3,90	2,90	3,87	2,95	3,84	3,81	3,53	14,0	15,3	10,4	13,2
И- 014-1081	4,03	5,50	3,40	4,31	3,95	3,83	3,56	3,78	15,9	21,1	11,8	16,3
Памяти Хангильдина	2,74	6,90	3,10	4,25	3,89	3,64	3,90	3,81	10,4	24,5	12,3	15,7
Л - 27269	4,55	4,00	4,50	4,35	4,05	4,11	4,03	4,06	18,4	15,5	17,3	17,1
Л - 29100	3,29	4,40	3,20	3,63	4,12	3,75	3,88	3,92	13,5	16,6	12,7	14,3
Л - 27602	4,19	4,50	3,60	4,10	3,47	3,36	3,82	3,55	14,5	14,9	13,4	14,3
Флагман 10	4,20	4,90	3,80	4,30	3,88	3,03	2,96	3,29	16,2	14,8	11,1	14,0
Флагман 9	3,87	4,50	3,00	3,79	3,92	4,46	3,38	3,92	14,7	20,2	9,9	14,9
Флагман 7	3,80	3,50	2,70	3,33	3,76	4,15	4,07	3,99	13,6	14,0	10,5	12,7
Батрак	4,72	4,40	3,60	4,24	3,85	3,27	3,53	3,55	18,4	14,8	12,2	15,1
Чишминский 80	6,81	6,70	4,20	5,90	3,12	3,05	3,01	3,06	21,1	20,0	12,6	17,9
Чишминский 95	6,03	5,10	4,60	5,24	3,90	3,29	3,78	3,66	23,3	16,7	17,7	19,2
Чишминский 229	7,20	5,70	5,80	6,23	3,27	3,50	3,53	3,43	23,7	19,5	20,4	21,2
Зеленозерный 1	3,00	3,50	1,90	2,80	4,82	5,04	4,80	4,89	14,2	17,6	8,9	13,6
Transcovcasicum	4,14	6,10	7,10	5,78	3,50	3,56	3,38	3,48	14,4	21,8	23,9	20,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вахшский 1	6,96	7,20	2,40	5,52	5,67	4,74	4,55	4,99	39,7	34,5	10,6	28,3
Мелкосемянный 2	6,28	5,60	4,70	5,53	5,64	4,89	4,99	5,17	35,4	27,6	23,1	28,7
Кормовой 5	6,09	7,50	6,70	6,76	3,28	2,59	3,60	3,16	20,1	18,6	24,8	21,2
Сармат	4,24	5,80	4,30	4,78	4,35	4,60	4,86	4,60	18,2	26,5	20,2	21,6
Аксайский усатый 10	5,20	3,00	3,70	3,97	3,35	4,03	4,14	3,84	17,7	11,4	15,4	14,8
Аксайский усатый 5	5,24	4,50	3,70	4,48	5,12	4,36	3,57	4,35	26,8	19,5	12,8	19,7
Аксайский усатый 55	4,90	4,80	3,50	4,40	5,03	4,70	4,45	4,73	24,6	22,8	15,6	21,0
Приазовский	3,85	3,80	3,90	3,85	5,02	5,80	4,61	5,14	19,2	19,4	16,8	18,5
Зерноградский 9	3,80	3,70	3,30	3,60	5,06	4,04	4,26	4,45	18,8	15,0	13,8	15,9
Усатый кормовой	6,60	7,90	5,00	6,50	4,66	4,00	4,42	4,36	30,5	32,4	21,5	28,1
Ростовский мелкосемянный	5,20	5,10	5,10	5,13	4,94	4,82	3,39	4,38	26,2	24,0	17,1	22,4
Среднее	4,84	5,04	3,98	4,62	4,22	4,07	3,95	4,08	20,4	20,0	15,3	18,6
V, %	24,90	25,72	29,70	21,38	18,36	18,04	13,63	14,93	33,73	27,36	29,40	24,29
Ошибка средней, %	4,79	4,95	5,72	4,11	3,53	3,47	2,62	2,87	6,49	5,27	5,66	4,68

Характеристика коллекционных образцов гороха по массе
семян с растения и массе 1000 семян (2011–2013 гг.)

Сорт, образец	Масса семян с растения, г				Масса 1000 семян, г			
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Сред.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Сред.
Аксайский усатый 7, ст.	6,16	3,60	2,19	3,98	221,7	160,7	100,6	161,0
К - 8930 МС 1Д	4,16	2,94	2,08	3,06	177,8	158,1	126,8	154,2
И- 014-1085	3,07	3,52	1,41	2,67	216,9	230,1	132,8	193,3
И- 014-1081	4,16	4,84	1,63	3,54	263,1	229,4	146,2	212,9
Памяти Хангильдина	2,86	6,09	2,16	3,70	266,2	248,6	171,6	228,8
Л - 27269	4,01	3,16	2,67	3,28	229,8	203,9	161,0	198,2
Л - 29100	3,40	3,97	2,21	3,19	266,9	239,2	159,8	222,0
Л - 27602	3,15	3,20	2,52	2,96	220,5	214,8	191,6	209,0
Флагман 10	4,53	3,90	1,97	3,47	280,1	263,5	164,4	236,0
Флагман 9	4,01	4,43	1,50	3,31	270,4	219,3	173,6	221,1
Флагман 7	3,49	3,35	1,59	2,81	240,1	239,3	143,4	207,6
Батрак	4,20	3,07	1,88	3,05	234,2	207,4	158,6	200,1
Чишминский 80	5,43	4,45	2,13	4,00	302,0	222,5	191,0	238,5
Чишминский 95	6,63	4,48	3,10	4,74	279,6	268,3	190,2	246,0
Чишминский 229	6,71	5,07	3,33	5,04	306,1	260,0	189,8	252,0
Зеленозерный 1	3,49	3,82	0,63	2,65	257,2	217,0	166,4	213,5
Transcovcasicum	1,91	2,62	2,54	2,36	131,1	120,2	74,8	108,7
Вахшский 1	4,34	3,58	0,31	2,74	111,1	103,8	48,6	87,8
Мелкосемянный 2	3,93	2,82	1,73	2,83	117,0	102,2	81,8	100,3
Кормовой 5	3,96	3,83	3,51	3,77	204,9	205,9	151,0	187,3
Сармат	4,05	6,06	3,15	4,42	230,0	228,7	170,8	209,8
Аксайский усатый 10	4,92	2,65	2,50	3,36	278,6	232,5	184,2	231,8
Аксайский усатый 5	5,68	3,70	1,87	3,75	215,9	189,7	138,4	181,3
Аксайский усатый 55	6,26	4,14	2,38	4,26	241,5	181,6	152,2	191,8
Приазовский	4,16	4,21	2,99	3,79	238,6	217,0	157,6	204,4
Зерноградский 9	4,51	3,22	2,65	3,46	237,1	214,7	189,4	213,7
Усатый кормовой	5,09	4,50	2,54	4,04	163,7	138,9	122,4	141,7
Ростовский мелкосемянный	3,90	3,82	1,88	3,20	153,3	159,2	109,4	140,6
Среднее	4,36	3,89	2,18	3,48	226,9	202,7	148,2	192,6
V, %	26,53	22,82	33,79	18,80	23,28	22,77	25,32	22,71
Ошибка средней, %	5,11	4,39	6,50	3,62	4,48	4,38	4,87	4,37

Урожайность сортов и образцов коллекции гороха (2011–2013 гг.)

Сорт, образец	Урожайность, г/м ²			
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Средняя
Аксайский усатый 7, ст.	554,57	175,51	77,33	269,14
К - 8930 МС 1Д	374,22	227,04	118,55	239,94
И- 014-1085	276,41	204,60	70,38	183,80
И- 014-1081	374,02	250,41	46,05	223,49
Памяти Хангильдина	257,19	249,33	110,77	205,76
Л - 27269	361,31	180,18	140,69	227,39
Л - 29100	305,69	256,72	115,40	225,94
Л - 27602	283,54	228,50	166,71	226,25
Флагман 10	407,52	213,19	133,76	251,49
Флагман 9	360,67	276,37	107,46	248,17
Флагман 7	314,01	228,56	83,54	208,70
Батрак	377,96	221,85	126,34	242,05
Чишминский 80	488,33	223,35	171,30	294,33
Чишминский 95	596,91	274,26	197,76	356,31
Чишминский 229	604,22	296,90	154,99	352,04
Зеленозерный 1	314,51	278,10	76,11	222,91
Transcovicicum	171,49	208,50	117,39	165,80
Вахшский 1	390,36	233,41	23,25	215,67
Мелкосемянный 2	354,12	241,65	82,69	226,16
Кормовой 5	356,53	229,48	156,44	247,49
Сармат	364,20	300,17	197,56	287,31
Аксайский усатый 10	443,12	169,97	154,78	255,95
Аксайский усатый 5	510,90	179,01	71,48	253,80
Аксайский усатый 55	563,58	201,21	134,95	299,91
Приазовский	374,63	164,77	150,56	229,99
Зерноградский 9	406,31	181,98	119,59	235,96
Усатый кормовой	457,65	197,95	80,19	245,26
Ростовский мелкосемянный	351,09	246,83	125,31	241,08
Среднее	392,68	226,42	118,26	245,79
V, %	26,54	16,78	36,52	17,21
НСР ₀₅	62,61	49,07	52,34	-

Коэффициент истинного гетерозиса ($H_{ист}$) количественных признаков
у гибридов гороха в F_1 , %

Комбинация скрещивания	Количество			Масса	
	бобов на растении	семян в бобе	семян на растении	1000 семян	масса семян с растения
Чишминский 229 × Флагман 10	5,8	-	-	-	-
Л-27269 × Чишминский 80	55,5	-	61,8	-	45,0
Аксайский усатый 55 × Чишминский 95	44,0	-	46,2	-	4,8
И-014-1085 × Чишминский 229	-	-	-	-	-
Приазовский × Чишминский 229	24,2	-	43,1	-	24,9
Флагман 9 × Сармат	22,1	-	-	3,9	8,9
Чишминский 95 × Аксайский усатый 55	25,0	-	35,6	-	39,0
Флагман 10 × Чишминский 80	-	19,0	19,0	-	29,0
Чишминский 80 × Приазовский	55,8	4,5	92,2	-	71,6
Сармат × Чишминский 229	-	-	2,0	1,1	19,2

Характеристика линий гороха F₅₋₇ листочкового и усатого морфотипов по
высоте и устойчивости к полеганию (2011–2013 гг.)

Сорт, линия	Высота растений, см			Высота стеблестоя, см			Коэффициент устойчивости к полеганию		
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Аксайский усатый 7, ст.	73,5	68,7	52,1	33,6	42,0	34,3	0,46	0,61	0,66
Листочковый морфотип									
Аксайский усатый 7 х Сармат	77,5	80,0	55,2	14,2	23,9	18,0	0,18	0,30	0,33
Аксайский усатый 10 х Черноградский 9	62,3	74,1	55,2	17,2	26,2	22,9	0,28	0,35	0,41
Аксайский усатый 10 х Сармат	77,0	93,6	60,4	14,0	28,2	22,4	0,18	0,30	0,37
Аксайский усатый 55 х Сармат	76,8	80,2	50,4	70,0	52,4	29,7	0,91	0,65	0,59
Приазовский х Сармат	62,0	77,8	51,8	15,0	23,8	19,5	0,24	0,31	0,38
Сармат х Аксайский усатый 10	55,6	70,9	52,4	29,6	38,5	21,6	0,53	0,54	0,41
Сармат х Аксайский усатый 55	73,2	81,8	59,9	29,5	35,1	21,1	0,40	0,43	0,35
Флагман 7 х Черноградский 9	83,9	86,4	60,3	53,4	56,3	29,2	0,64	0,65	0,48
Флагман 7 х Сармат	54,9	57,7	45,8	15,2	26,3	18,7	0,28	0,46	0,41
Среднее	69,2	78,1	54,6	28,7	34,5	22,6	0,40	0,44	0,42
Усатый морфотип									
Аксайский усатый 10 х Черноградский 9	77,0	92,2	69,3	62,2	68,7	25,1	0,81	0,75	0,36
Аксайский усатый 10 х Сармат	57,3	67,6	54,3	24,6	33,7	31,3	0,43	0,50	0,58
Аксайский усатый 55 х Сармат	70,8	68,2	48,3	21,4	25,8	29,3	0,30	0,38	0,61
Приазовский х Сармат	70,6	69,0	49,0	25,3	24,5	24,0	0,36	0,35	0,49
Сармат х Аксайский усатый 10	51,0	70,3	47,0	19,0	34,3	22,6	0,37	0,49	0,48
Сармат х Аксайский усатый 55	67,0	75,6	54,2	18,6	27,4	31,9	0,27	0,36	0,59
Флагман 7 х Черноградский 9	53,8	68,0	48,6	23,6	29,9	30,6	0,44	0,44	0,63
Флагман 7 х Сармат	56,2	60,8	50,7	40,2	50,9	33,0	0,72	0,84	0,65
Среднее	63,1	71,5	52,7	29,4	36,9	28,5	0,46	0,51	0,55

Характеристика линий гороха F₅₋₇ листочковых и усатых морфопитов по количественным признакам

(2011-2013 гг.)

Образец	Количество зерен в 1 бобе, шт			Количество бобов, шт			Количество зерен, шт			Масса зерен, г			Масса 1000 зерен, г		
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Ст. Аксайский усатый 7	5,1	4,9	4,1	4,9	4,5	3,6	25,5	22,4	14,5	6,2	3,6	2,2	221,7	160,7	100,6
Листочковый морфотип															
Аксайский усатый 7 х Сармат	5,1	4,3	4,0	5,4	2,9	2,7	28,2	12,7	11,0	7,0	2,5	1,5	246,2	198,0	137,1
Аксайский усатый 10 х Зерноградский 9	4,0	3,0	3,0	3,6	4,0	3,1	14,2	11,2	9,1	3,4	2,7	1,5	243,3	245,0	170,0
Аксайский усатый 10 х Сармат	3,9	3,9	3,1	3,8	3,2	3,1	14,9	11,9	9,9	3,8	2,8	1,5	255,8	233,0	154,9
Аксайский усатый 55 х Сармат	5,0	4,7	3,8	6,3	4,6	3,7	30,9	21,5	14,2	5,1	2,9	1,5	166,2	138,0	103,9
Приазовский х Сармат	4,9	4,8	4,4	4,0	2,8	3,0	19,8	13,4	12,9	4,9	2,8	1,9	241,2	205,0	145,3
Сармат х Аксайский усатый 10	4,7	4,4	4,0	3,6	2,9	3,1	17,1	12,7	13,1	4,1	2,5	1,9	238,9	196,7	141,8
Сармат х Аксайский усатый 55	4,3	4,5	3,7	3,5	3,0	3,0	15,2	13,2	11,5	4,0	3,1	1,9	260,3	235,0	166,8
Флагман 7 х Зерноградский 9	4,2	4,5	3,4	5,2	4,1	3,1	22,1	18,1	10,4	4,7	3,3	1,5	212,2	180,6	140,0
Флагман 7 х Сармат	5,1	4,1	4,3	3,5	2,8	2,5	17,9	11,1	10,9	4,1	2,3	1,6	230,1	204,0	149,4
Среднее	4,6	4,2	3,7	4,3	3,3	3,0	20,0	14,0	11,4	4,6	2,8	1,6	232,7	203,9	145,5

Продолжение приложения 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Усатый морфотип															
Аксайский усатый 10 х Зерноградский 9	4,1	3,3	3,2	3,7	3,6	3,4	14,8	11,6	10,6	3,2	2,4	1,4	215,0	218,0	134,7
Аксайский усатый 10 х Сармат	3,7	3,5	3,2	4,1	2,9	3,2	15,2	10,2	10,2	4,0	2,2	1,4	253,4	215,0	136,5
Аксайский усатый 55 х Сармат	4,7	4,3	4,2	5,3	3,4	3,4	25,0	14,2	14,4	5,2	2,4	1,7	211,5	173,8	122,9
Приазовский х Сармат	4,9	4,6	4,0	3,8	2,8	2,7	18,5	12,6	10,6	4,6	2,6	1,4	245,0	204,9	131,4
Сармат х Аксайский усатый 10	4,9	4,7	3,9	3,7	4,3	3,2	18,4	19,8	12,6	4,0	3,9	1,8	213,8	196,8	127,3
Сармат х Аксайский усатый 55	4,0	4,6	3,8	3,4	3,3	3,2	13,3	14,6	12,1	3,0	3,0	1,6	222,9	210,0	132,1
Флагман 7 х Зерноградский 9	4,5	4,3	3,8	2,8	2,8	3,1	12,8	11,9	12,2	3,1	2,6	1,6	244,4	219,0	131,6
Флагман 7 х Сармат	3,7	4,3	3,9	3,3	2,7	3,1	12,1	11,6	12,1	3,4	2,6	1,5	274,3	222,2	120,2
Среднее	4,3	4,2	3,7	3,8	3,2	3,2	16,3	13,3	11,8	3,8	2,7	1,6	235,0	207,5	129,6

Урожайность линий гороха F₅₋₇ листочковых и усатых
морфопитов (2011-2013 гг.)

Образец	Урожайность, г/м ²			
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Средняя
Аксайский усатый 7, ст.	554,57	175,51	77,33	269,14
Листочковый морфотип				
Аксайский усатый 7 х Сармат	584,06	252,73	157,39	331,39
Аксайский усатый 10 х зерноградский 9	308,33	158,12	151,38	205,94
Аксайский усатый 10 х Сармат	314,33	157,27	138,35	203,32
Аксайский усатый 55 х Сармат	411,86	171,12	106,96	229,98
Приазовский х Сармат	338,50	235,11	176,64	250,08
Сармат х Аксайский усатый 10	259,77	210,60	194,13	221,50
Сармат х Аксайский усатый 55	371,19	197,56	147,60	238,78
Флагман 7 х зерноградский 9	454,16	262,81	133,25	283,41
Флагман 7 х Сармат	405,11	171,64	163,52	246,76
Среднее	383,03	201,88	152,14	245,68
V, %	25,18	20,17	16,64	16,43
Усатый морфотип				
Аксайский усатый 10 х зерноградский 9	312,50	176,88	101,29	196,89
Аксайский усатый 10 х Сармат	359,61	175,31	110,70	215,21
Аксайский усатый 55 х Сармат	458,53	197,00	139,82	265,12
Приазовский х Сармат	415,65	188,36	104,19	236,07
Сармат х Аксайский усатый 10	452,03	209,61	157,99	273,21
Сармат х Аксайский усатый 55	194,49	223,18	121,08	179,58
Флагман 7 х зерноградский 9	349,99	153,77	148,04	217,27
Флагман 7 х Сармат	209,65	176,89	133,15	173,23
Среднее	344,06	187,62	127,03	219,57
V, %	29,39	11,68	16,53	16,79

Характеристика линий гороха в КСИ, 2017–2019 гг.

№ линии	Линия, сорт	Высота растений, см			Число бобов на растении, шт.			Число семян в бобе, шт.			Масса 1000 семян, г			Урожайность семян, т/га		
		2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ст.	Аксайский усатый 5	73,1	46,0	55,3	6,0	2,5	2,6	4,6	4,8	4,3	172,1	183,0	167,1	3,5	2,3	1,9
Усатый морфотип																
Г-1001	Приазовский х Сармат	77,0	53,5	54,9	6,7	3,1	2,8	4,8	4,9	4,2	196,5	224,0	180,7	3,7	2,2	1,8
Г-1002	Аксайский усатый 7 х Сармат	84,9	50,8	52,9	6,5	2,9	3,0	5,1	4,6	4,4	198,7	203,0	138,6	3,9	2,4	2,1
Г-1003	Сармат х Аксайский усатый 10	82,1	48,5	55,4	7,2	2,7	3,3	5,4	4,6	4,4	222,1	195,0	156,7	4,2	2,4	2,1
Г-1004	Аксайский усатый 10 х Сармат	85,0	47,6	64,8	6,7	1,6	2,4	3,8	5,0	3,7	201,3	225,0	171,1	3,8	2,1	2,0
Г-1005	Флагман 7 х Сармат	71,6	47,4	61,8	6,6	2,1	3,8	5,0	4,8	4,3	210,9	210,0	138,1	3,8	2,2	2,0
Г-1006	Аксайский усатый 10 х Черноградский 9	95,1	59,6	70,7	6,9	2,8	3,2	3,9	3,6	3,1	185,5	208,0	162,7	3,0	1,9	2,1
Г-1007	Флагман 7 х Черноградский 9	54,9	46,3	52,7	6,0	2,2	2,6	4,2	4,6	3,7	231,0	218,0	175,5	3,6	2,5	2,1
Г-1008	Аксайский усатый 55 х Сармат	91,9	45,0	55,8	6,9	4,4	2,9	4,8	4,3	4,1	153,4	144,0	140,1	3,4	1,9	2,1
Г-1009	Сармат х Аксайский усатый 55	80,5	51,1	51,1	6,8	3,0	2,7	4,6	4,4	4,1	195,5	220,0	168,0	3,5	2,2	2,1

Продолжение приложения 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Г-1014	Аксайский усатый 7 х Сармат	75,4	42,7	58,5	6,7	3,2	3,2	4,6	4,6	4,2	180,9	177,0	163,5	3,8	2,2	2,2
Средняя		79,8	49,3	57,8	6,7	2,8	3,0	4,6	4,5	4,0	197,6	202,4	159,5	3,7	2,2	2,0
Листочковый морфотип																
Г-1010	Аксайский усатый 7 х Сармат	86,3	51,5	62,7	9,7	2,2	2,8	5,0	4,5	4,5	181,3	200,0	136,5	4,1	2,3	2,0
Г-1011	Аксайский усатый 55 х Сармат	78,6	48,8	52,1	5,4	2,4	2,5	5,1	5,3	4,3	209,5	214,0	166,6	4,0	2,2	2,1
Г-1012	Усатый кормовой х зерноградский 9	99,3	50,7	58,0	8,4	3,4	2,6	4,7	4,2	4,0	163,0	160,0	107,9	4,1	2,3	2,0
Г-1013	Сармат х Аксайский усатый 10	80,2	50,3	55,7	6,8	2,6	2,8	4,6	4,6	4,1	207,8	208,0	169,2	4,2	2,1	2,2
Г-1015	Флагман 7 х Сармат	74,7	45,2	61,0	4,6	2,1	3,3	5,2	4,3	4,8	190,7	220,0	168,5	4,0	2,0	2,1
Г-1016	Сармат х Аксайский усатый 55	101,7	58,2	71,0	5,1	2,2	2,5	4,8	3,9	4,1	234,1	233,0	193,1	3,8	2,1	2,1
Г-1017	Аксайский усатый 10 х Сармат	94,9	52,1	71,4	6,3	4,0	2,9	4,5	3,6	4,0	197,2	196,0	161,9	3,5	1,8	2,0
Г-1018	Аксайский усатый 10 х зерноградский 9	83,3	52,0	67,9	5,2	2,3	3,0	3,9	3,5	4,0	182,3	222,0	149,0	3,3	2,2	2,0
Средняя		87,4	51,1	62,5	6,4	2,7	2,8	4,7	4,2	4,2	195,7	206,6	156,6	3,9	2,1	2,1
НСР ₀₅		2,5	4,3	6,4	0,3	0,6	0,3	0,4	0,5	0,3	4,7	22,2	18,4	0,21	0,15	0,09