

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

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Краснодар – 2021

Диссертация выполнена в Азово-Черноморском инженерном институте – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственной аграрный университет» в г. Зернограде.

- Научный руководитель -** кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Костылева Людмила Михайловна
- Официальные оппоненты:** **Дубина Елена Викторовна**, доктор биологических наук, ФГБНУ «Федеральный научный центр риса», заведующая лабораторией информационных, цифровых и биотехнологий.
- Меремьянина Ирина Анатольевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко», заведующая отделом бобовых культур.
- Ведущая организация -** ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта»

Защита диссертации состоится 3 декабря 2021 г. в 11:00 на заседании диссертационного совета Д 220.038.03, созданного на базе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13 (главный корпус, 2 этаж, ауд. 209), тел./факс (8-861) 221-58-61.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке и на сайтах: ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» [http:// www.kubsau.ru](http://www.kubsau.ru) и ВАК– <https://vak.minobrnauki.gov.ru/main>.

Автореферат разослан 8 ноября 2021 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор биологических наук, профессор

Л. В. Цаценко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. 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. 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.

Цель 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». 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 исследований; 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.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Распространение, значение, особенности роста, генетика и перспективы селекции гороха (Обзор литературы)

В данной главе рассмотрены история происхождения, распространение и значение культуры, проанализирована генетика основных морфологических признаков гороха, селекция адаптивных и технологичных сортов, указаны достижения и перспективы селекции гороха.

2. Условия проведения, материал и методы исследований

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.

В зоне проведения исследований преимущественно ровный рельеф с пологими склонами южного и северного направлений. Тип почв – чернозем обыкновенный карбонатный тяжело-суглинистый, кратковременно промерзающий, который является наиболее плодородным и благоприятным для возделывания всех с.-х. растений. Ростовская область относится к зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения с крайне неравномерным распределением осадков, имеющим кратковременный ливневый характер. 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. 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.

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 F_1 и F_2 , полученные нами от скрещивания коллекционных сортов и образцов, выделившихся в условиях засухи. В качестве стандарта использовали рекомендованный для возделывания в Ростовской области сорт гороха Аксайский усатый 7 (внесен в Госреестр с 1999 г.)

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. Все сорта и образцы в течение 2-х лет высевали вручную, рядовым способом с шириной междурядий – 20 см. На третий год изучения, выделенные и размноженные линии гороха F_7 , высевали сеялкой СНП–16 на делянках площадью 10 м² в 2-х кратной повторности. В 2012 году была проведена гибридизация методом кастрации пыльников пинцетом. Полученные в результате скрещиваний гибридные растения F_1 были высеяны в 2013 году на однорядковых делянках. Фенологические наблюдения за растениями, промеры высоты и стеблестоя растений перед уборкой и учет урожая проводили согласно общепринятым методикам. Оценку полегания проводили путем вычисления коэффициента полегания по методике И.Ф. Сергеева (1971). После уборки в лабораторных условиях был проведен структурный анализ и расчет биологической урожайности по отобранному снопу с закрепленных площадок (Вавилов и др., 1983). В 2014 г. 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 в конкурсном сортоиспытании – механизировано комбайном «Wintersteiger Classic».

Математическую обработку данных выполняли согласно методике Б.А. Доспехова (2011) и с помощью компьютерных программ Statistica 10.0 и Excel. 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). Расчет параметров экологической пластичности (b_i , σ^2) проводили по методике S.A. Eberhart и 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 (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, стеблестоя и устойчивости к полеганию растений

В коллекционном питомнике изучаемые образцы и сорта различались по морфотипу (12 листочковых, 16 безлисточковых), высоте растений (29,9–104,1 см) и стеблестоя (15,6–56,3 см). В среднем за три года преобладали образцы с высотой 60–70 см, их было 39,3 % (рисунок 1а).

Коэффициент полегания стеблестоя ($K_{п}$) в предуборочный период составил от 0,24 до 0,78 ($V = 25,8 \%$). Слабую устойчивость к полеганию ($K_{п} = 0,20–0,39$) имели 29 % изученных образцов, что характеризует их, как непригодных для механизированной уборки (рисунок 1б).

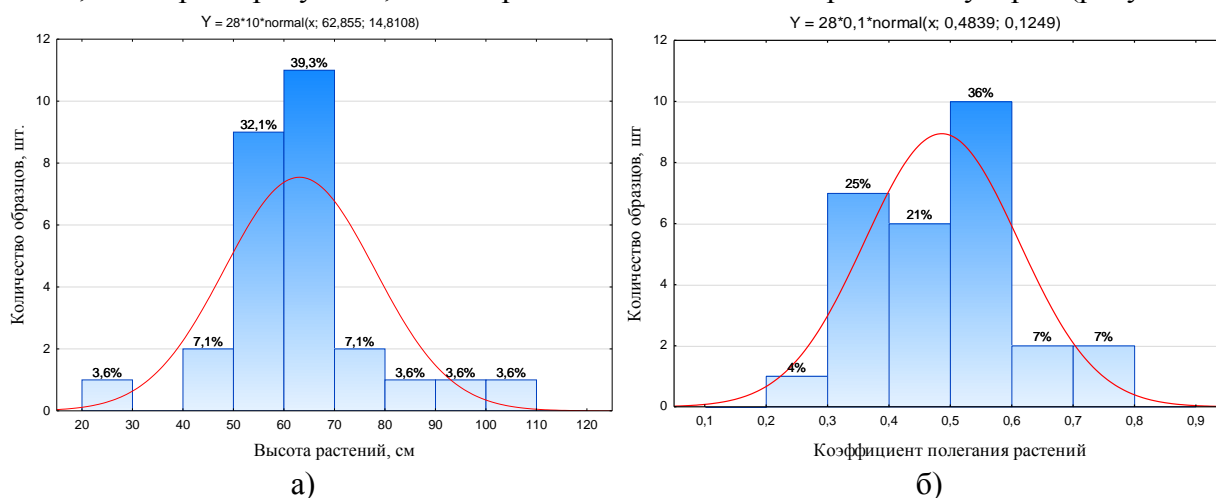


Рисунок 1 – Распределение сортообразцов гороха по: а) высоте растений (см) и б) устойчивости к полеганию, 2011–2013 гг.

У большей части коллекции (64 %) устойчивость к полеганию была в пределах от 0,4 до 0,7. Высокое значение коэффициента (не менее 0,7) отмечено 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.

Распределение образцов гороха по количеству бобов на растении в среднем за 2011–2013 гг. было двухвершинным (рисунок 2а). 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. 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 одного сорта донской селекции Усатый кормовой (6,5 шт.). Их можно реко-

мендовать в качестве исходного материала для селекции на повышение числа бобов на растении.

Соотношение числа продуктивных узлов и бобов на узле, числа зерен в бобе и массы 1000 зерен определяет *продуктивность растения (масса зерен с растения)*. Коэффициент вариации по массе зерен с растения за годы исследований составил 18,8 % с лимитами 2,0– 5,5 г и среднем значении 3,48 г. Из графика распределения образцов гороха по данному признаку (рисунок 2б) видно, что низкопродуктивными (меньше 3,0 г) были 25 % образцов. В пределах от 3,01 до 4,0 г имели семенную продуктивность 53 % или 15 образцов.

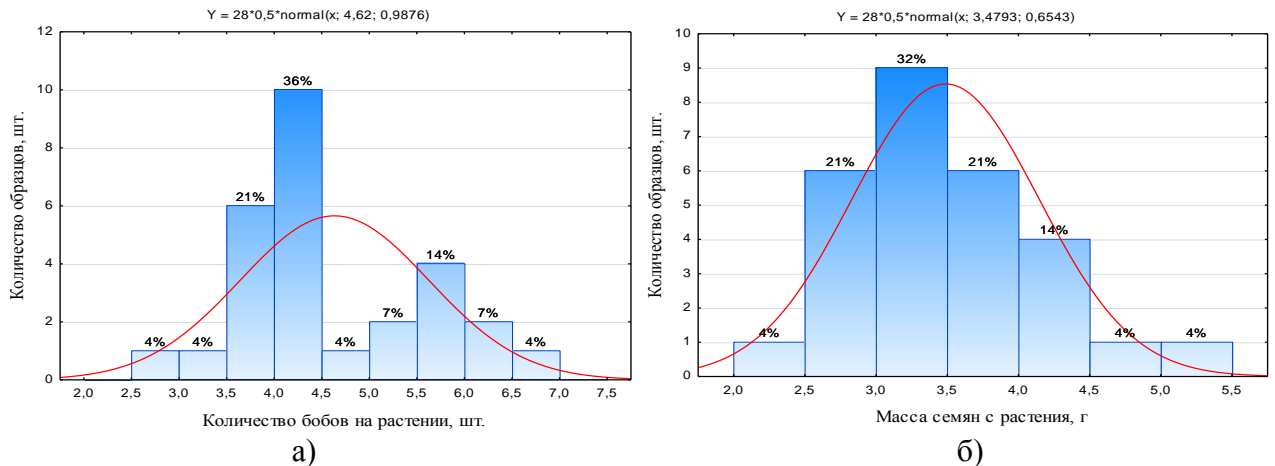


Рисунок 2 – Распределение образцов гороха по: а) количеству бобов (шт.) и б) массе семян с одного растения (г), 2011–2013 гг.

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), Усатый кормовой (4,04 г), Аксайский усатый 55 (4,26 г) и Сармат (4,42 г). Большую массу семян с растения, свыше 4,5 г, сформировали два сорта: Чишминский 95 (4,74 г) и Чишминский 229 (5,04 г).

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). В среднем за годы исследований большинство образцов коллекции (68 %) имели зерно с массой 1000 семян 180–240 г (рисунок 3).

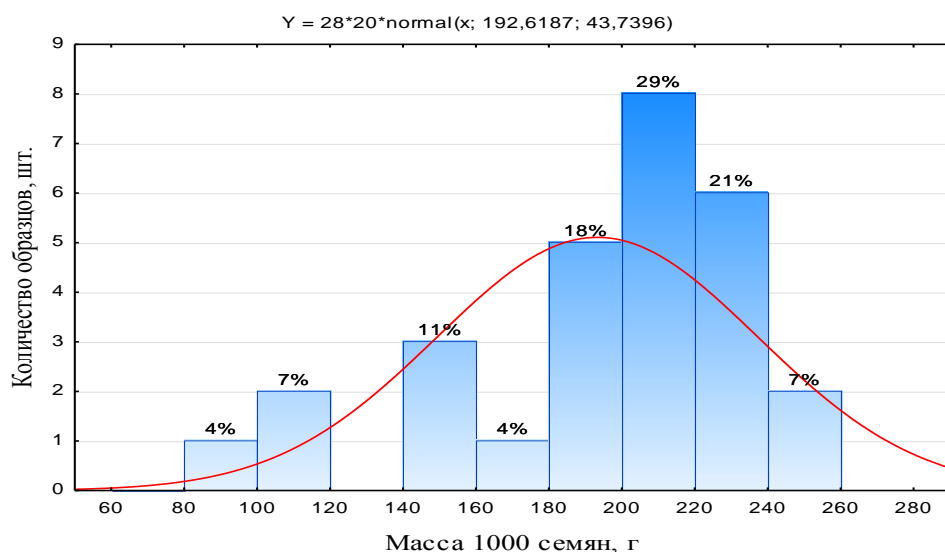


Рисунок 3 – Распределение образцов гороха по массе 1000 семян, г (2011–2013 гг.)

Очень мелкозерными были 11 % образцов. Семена массой 140–180 г сформировали четыре сорта (15 %). Превзошли стандартный сорт Аксайский усатый 7 (161,0 г) по этому признаку

ку 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. В данном году у трех сортов отмечено превышение над стандартным сортом: Чишминский 95, Чишминский 229 и Аксайский усатый 55. Самый низкий урожай получен в засушливом, 2013 году (118,26 г/м²), но дифференциация по сортообразцам была очень сильной (V=36,5 %).

Урожайность в коллекционном питомнике в среднем за три года варьировала в пределах от 165,80–356,31 г/м² (рисунок 4).

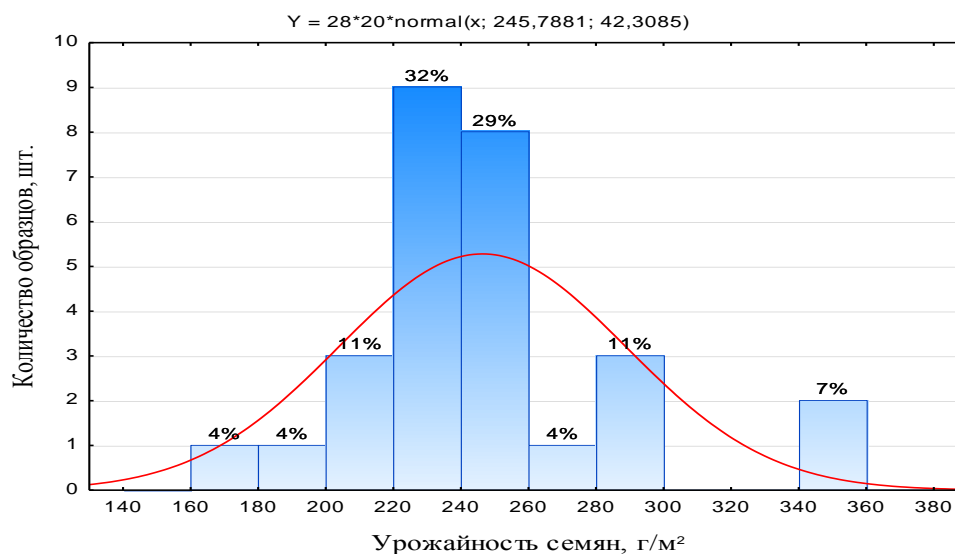


Рисунок 4 – Распределение образцов гороха по урожайности семян, г/м² (2011–2013 гг.)

Средняя урожайность по коллекции составила 245,8 г/м², большая часть образцов (61 %) сформировала урожайность в пределах от 220 до 260 г/м². По результатам исследований были выделены лучшие продуктивные сорта (таблица 1).

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

Более адаптированными к условиям Черноградского района, по сравнению со стандартом Аксайский усатый 7 (269,1 г/м²), оказались два сорта донской селекции: Сармат (287,3 г/м²) и

Аксайский усатый 55 ($299,9 \text{ г/м}^2$) и три – башкирской: Чишминский 80 ($294,3 \text{ г/м}^2$), Чишминский 229 ($352,0 \text{ г/м}^2$) и Чишминский 95 ($356,3 \text{ г/м}^2$), сформировавшие наибольшую урожайность.

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

Для формирования оптимальных параметров модели сорта гороха был проведен анализ взаимосвязей урожайности со всеми изученными признаками.

В результате было выявлено, что при увеличении высоты растений с 20–30 см до 70–80 см урожайность семян растет, а затем резко снижается (рисунок 5).

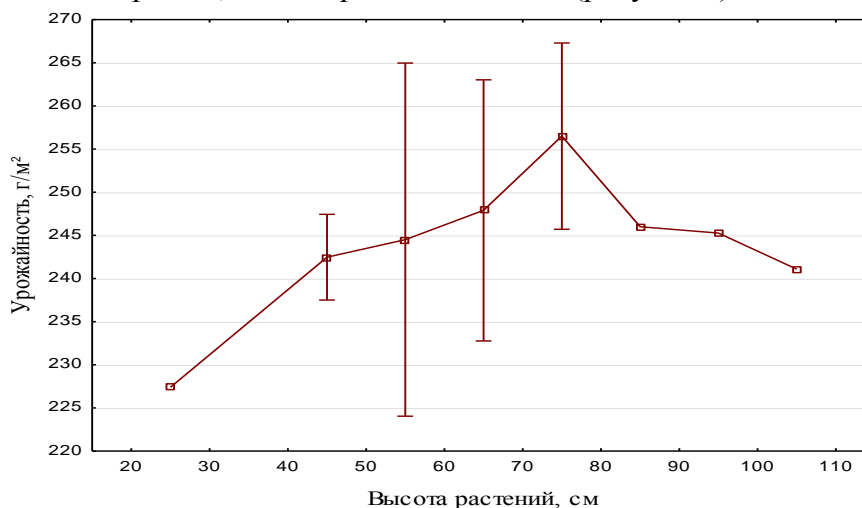


Рисунок 5 – Взаимосвязь между урожайностью и высотой растений

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, показывают себя наиболее урожайными (рисунок 6).

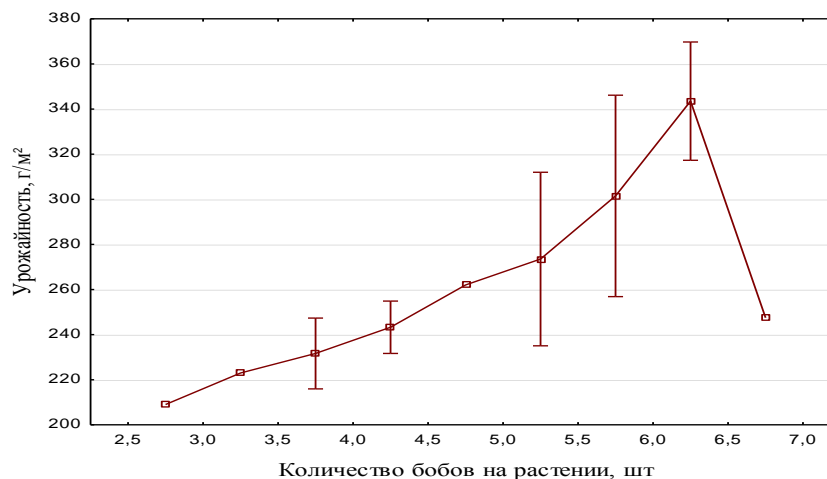


Рисунок 6 – Взаимосвязь между урожайностью и количеством бобов на растении

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

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 7).

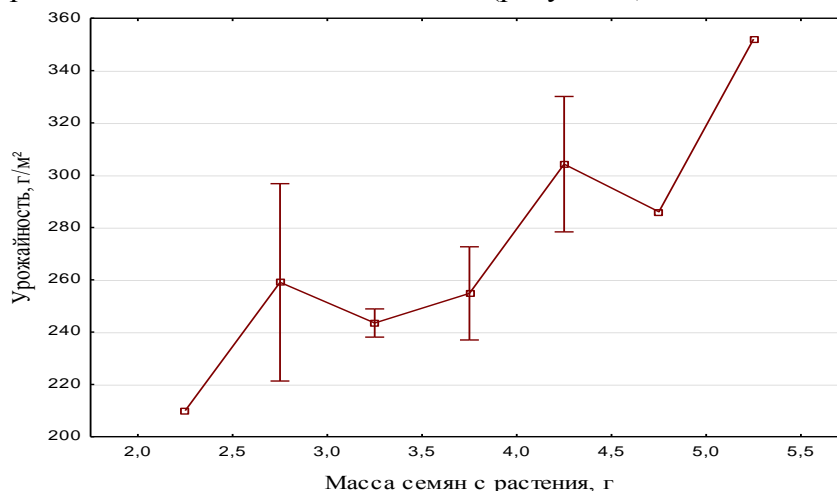


Рисунок 7 – Взаимосвязь между урожайностью и массой семян с растения

Одним из важнейших признаков, влияющих на урожайность, технологические свойства и семенные качества, является масса 1000 семян. Установлена средняя положительная взаимосвязь урожайности с массой 1000 семян ($r=0,55\pm 0,16$). Лучшую урожайность сформировали сорта в классах с самыми крупными семенами, более 240 г (рисунок 8).

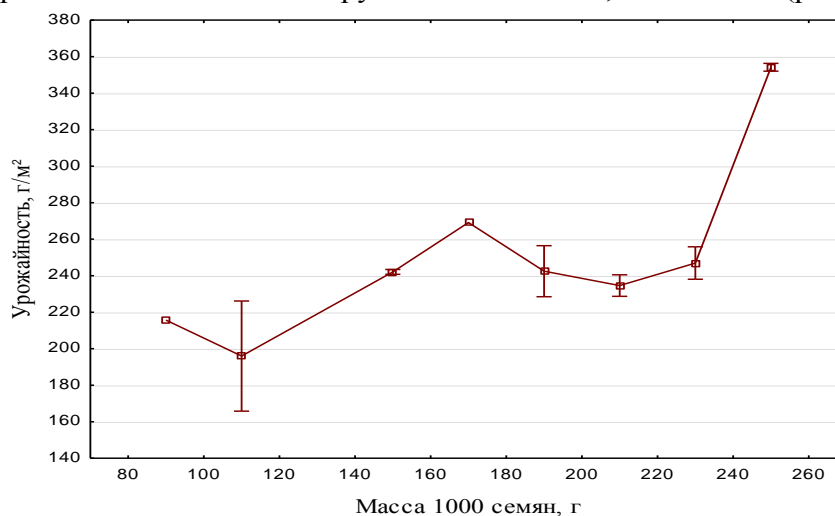


Рисунок 8 – Взаимосвязь между урожайностью и массой 1000 семян

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.

Результаты корреляционно-регрессионного анализа показали, 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.

Таким образом, на основании этого анализа разработаны следующие 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 поиска продуктивных сортов, которые будут идентичны сформулированной модели, мы использовали кластерный анализ по шести признакам. Его результаты представлены на рисунке 9.

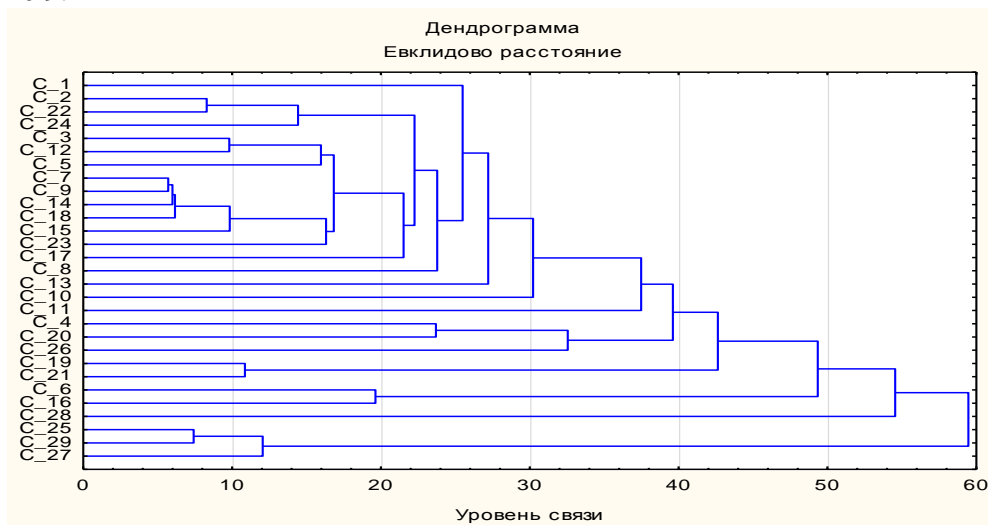


Рисунок 9 – Кластерный анализ сортообразцов гороха коллекционного питомника по комплексу признаков

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 – Черноградский 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 – Transcaasicum; C_29 – модель.

Изучив большое число кластеров, была выбрана группа образцов, которые на дендрограмме располагались близко к модельному сорту (C₂₉). 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 селекционную работу в процесс гибридизации с целью получения более продуктивных форм гороха.

3.2 Наследование количественных признаков гибридов F₁

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

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 также и стебель с детерминантным типом

развития. Детерминантную форму развития стебля и многократнонерноперистый тип листа имеет образец И-014-1085.

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, ст.	усатый	5,0	5,1	25,5	6,20	221,7	554,6
И - 014 -1085	многократнонернопер., дет.	4,8	3,0	14,0	3,10	216,9	276,4
Л – 27269	усатый	4,6	4,1	18,4	4,00	229,8	361,3
Флагман 10	усатый	4,2	3,9	16,2	4,51	280,1	407,5
Флагман 9	усатый, дет.	3,9	3,9	14,7	4,00	270,4	360,7
Чишминский 80	листочковый	6,8	3,1	21,1	5,42	302,0	488,3
Чишминский 95	листочковый	6,0	3,9	23,3	6,61	279,6	596,9
Чишминский 229	листочковый	7,2	3,3	23,7	6,72	306,1	604,2
Сармат	листочковый	4,2	4,3	18,2	4,10	230,0	364,2
Аксайский усатый 55	усатый	4,9	5,0	24,6	6,30	241,5	563,6
Приазовский	усатый, дет.	3,9	5,0	19,2	4,21	238,6	374,6
\bar{x}		5,05	4,05	19,9	5,04	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

Все гибриды F_1 в 2013 году имели листочковый морфотип (доминантный признак).

Наследование количества бобов на растении. Значения этого признака у родительских сортов варьировали от 2,9 до 5,8 шт., а у гибридов – от 4,2 до 7,2 (рисунок 10).

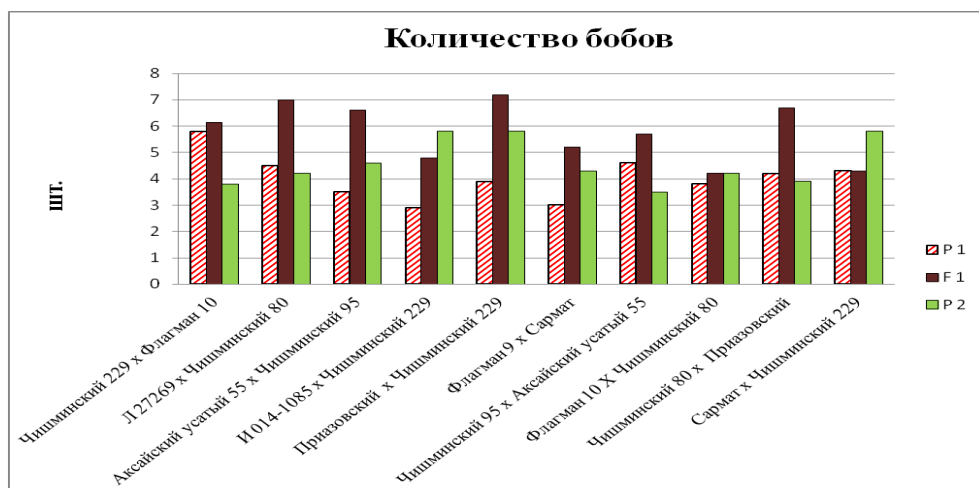


Рисунок 10 – Наследование признака «количество бобов на растении» у гибридов F_1 гороха

Гибрид Флагман 10 × Чишминский 80 характеризовался полным доминированием значения большего родителя ($hp = 1$), а Сармат × Чишминский 229 – полным доминированием значения меньшего ($hp = -1$). В комбинации И-014-1085 × Чишминский 229 отмечено частичное доминирование большего значения признака ($hp = 0,31$). В других семи гибридных комбинаци-

ях по числу бобов наблюдалось сверхдоминирование. 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.).

Наследование количества семян с одного растения. Гибридологический анализ растений по признаку «количество семян с одного растения» показал, что в семи комбинациях наблюдался гетерозис ($hp = 4,2-8,81$; $H_{ист} = 2,05-92,2$ %). 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 11).

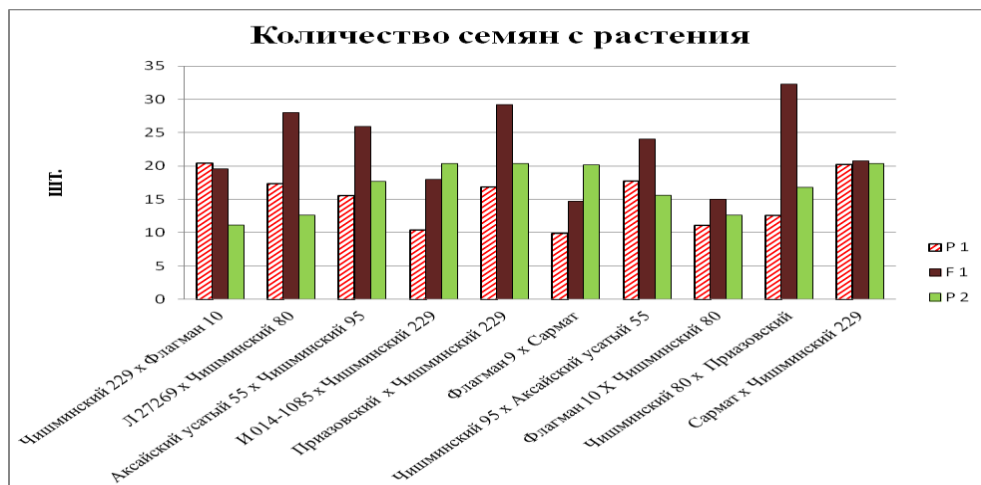


Рисунок 11 – Наследование признака «количество семян с одного растения» у гибридов F₁ гороха

У гибридов Приазовский × Чишминский 229 и Л-27269 × Чишминский 80 среднее число зерен с растения составило 29,2 и 28,0 шт. соответственно, а у их родительских форм – в пределах от 12,6 до 20,4 шт.

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 12).

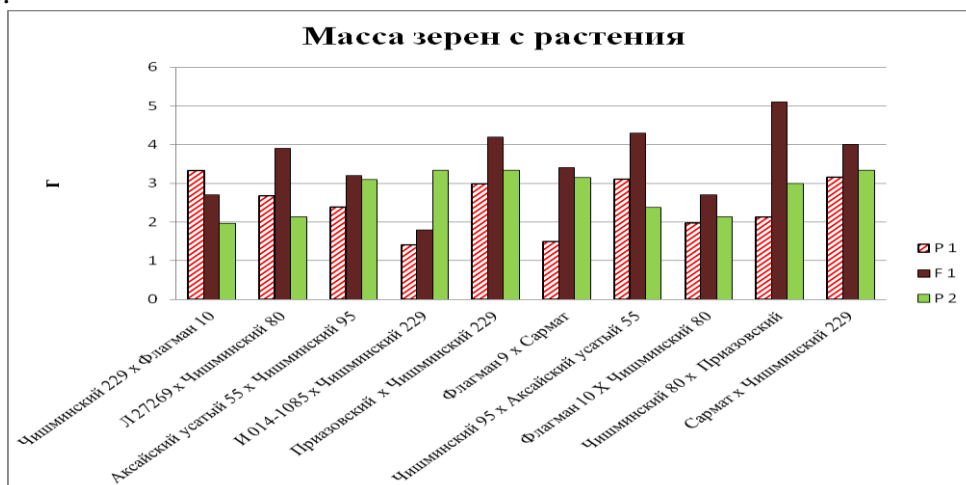


Рисунок 12 – Наследование признака «масса зерен с растения» у гибридов F₁ гороха

У восьми гибридов отмечен гетерозис по данному признаку ($hp = 1,20-11,33$). 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 %.

Промежуточное наследование признака ($hp=0,06$) отмечено в комбинации Чишминский 229 × Флагман 10.

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 F_2

Расщепление по высоте растений. 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. Степень доминирования в данной комбинации составила минус 0,26, что говорит о частичном преобладании в популяции низкорослых растений. Кривая распределения частот (КРЧ) изучаемого признака расположена в границах изменчивости родительских форм, а вершина кривой – в одном классе с вершиной низкорослого родительского сорта Приазовский (рисунок 13а). Расщепление происходило в соотношении 3:1, то есть было моногенным, сила гена составила 6 см.

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. Вершина кривой распределения частот признака «высота растений» у гибрида смещена влево к вершине меньших значений признака (рисунок 13б).

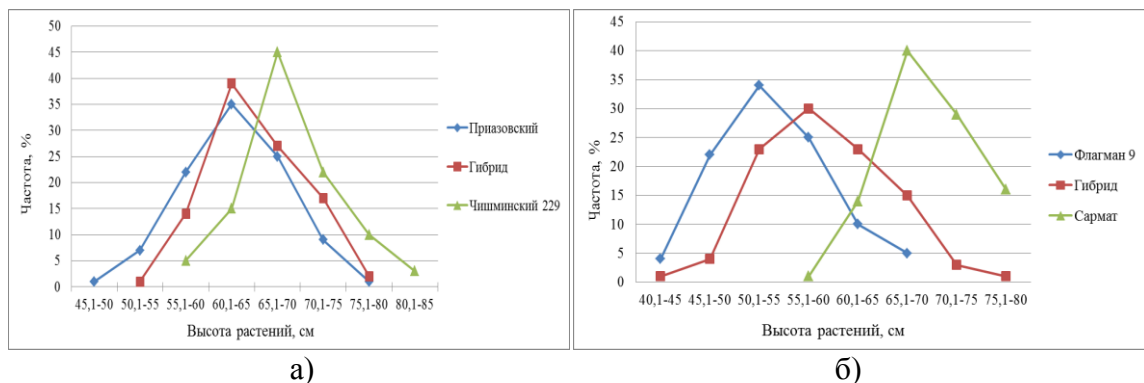


Рисунок 13 – Распределение частот признака «высота растений» в комбинациях F_2 : а) Приазовский × Чишминский 229, б) Флагман 9 × Сармат и их родительских форм

Кривая распределения частот характеризуется правосторонней асимметрией, что говорит о неполном доминировании меньшей родительской формы.

Результаты обработки данных по этому гибриду с помощью программы «Полиген А» показали, что на долю краевых частот комбинации отводится около 6,25 % частот меньшего родителя, это свидетельствует о дигенной схеме наследования признака «высота растений», с расщеплением 9:6:1. Средняя длина стебля гибрида была 59,1 см, степень доминирования – минус 0,35, сила гена – 7,9 см.

В целом, генетический анализ показал, что, несмотря на разную степень доминирования, всем комбинациям F_2 , свойственно преобладание растений с меньшими значениями признака, чем средние между двумя родительскими сортами. Различие по высоте растений у исследованной группы определялось одной – двумя парами генов, что дает возможность в селекционной работе легче их комбинировать с генами других признаков.

Расщепление по числу бобов на растении. Исследования по признаку «число бобов на растении» показали, что родительские формы, как и по высоте растений, различались по степени проявления признака. В комбинации Чишминский 80 × Приазовский (рисунок 14а) у сорта

Чишминский 80 в среднем было 6,4 боба на растении, а у сорта Приазовский значительно меньше (3,6 шт.). Гибрид сформировал в среднем 3,8 боба на растении, признак варьировал по растениям от 2-х до 9-ти штук, то есть в пределах изменчивости родительских форм.

Вершина кривой находилась в том же классе, что и вершина меньшего родительского сорта, это свидетельствует об отрицательном неполном доминировании ($h_p = -0,82$) меньших значений признака. Доля крайних частот гибрида от сорта Чишминский 80 составила $\frac{1}{4}$, то есть наблюдалось расщепление в соотношении 3:1 и наследование количества бобов в этой комбинации было по одной паре аллельных генов.

В комбинации Флагман 9 × Сармат (рисунок 14б), установлено, что значения КРЧ гибрида выходят за границы распределения родительских сортов.

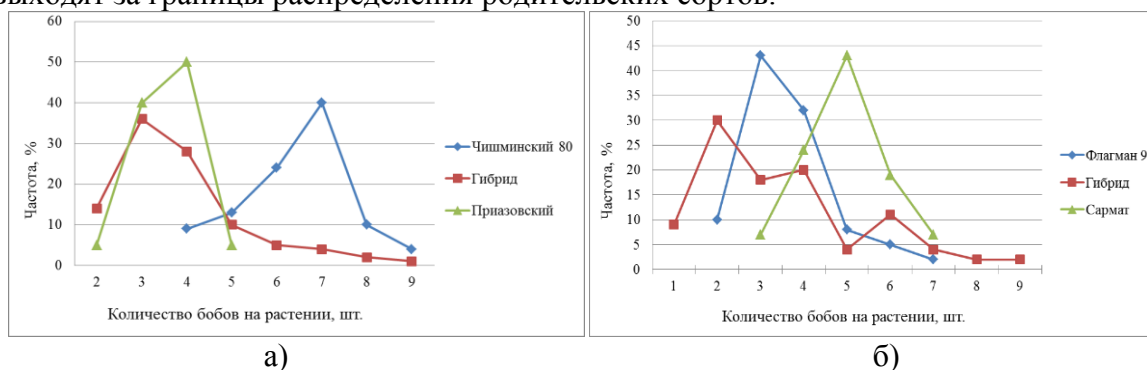


Рисунок 14 – Распределение частот признака «количество бобов на растении» в F₂: а) Чишминский 80 × Приазовский, б) Флагман 9 × Сармат и их родительских форм

Среднее число бобов на растении у гибрида было 3,5 шт., у сорта – Сармат 5,0 шт., Флагман 9 – 3,6 шт. Большая вершина кривой распределения частот гибрида находится левее от таковой меньшего родительского сорта – Флагман 9, что свидетельствует об отрицательном доминировании ($h_p = -1,15$) и гибридной депрессии. 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. Наибольший интерес представляют гомозиготные, с двумя рецессивными генами растения, несущие 8–9 бобов на растении, они отобраны для дальнейшего использования в селекционном процессе.

Расщепление по массе 1000 семян. 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 ($h_p=0,08$). КРЧ признака у гибрида была практически симметричной ($A_s=0,02$), а ее вершина находилась между родительскими вершинами (рисунок 15).

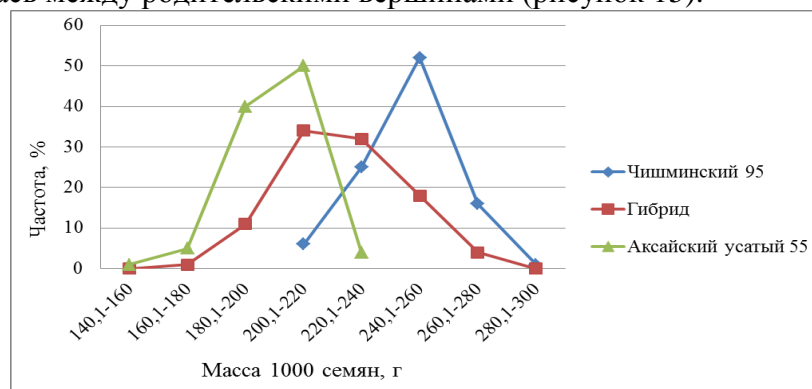


Рисунок 15 – Распределение частот признака «масса 1000 семян» в F₂ Чишминский 95 × Аксайский усатый 55 и его родительских форм

Наблюдается моногенное расщепление в соотношении 1:2:1.

Подобное расщепление было и в двух других комбинациях (рисунок 16а, 16б). 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.

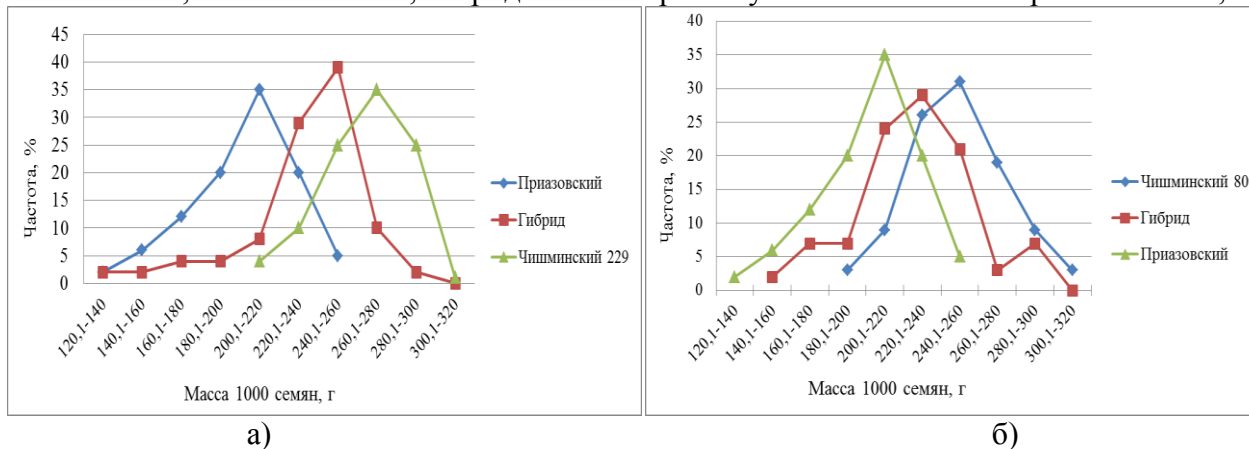


Рисунок 16 – Распределение частот признака «масса 1000 семян» в F₂: а) Приазовский × Чишминский 229, б) Чишминский 80 × Приазовский и их родительских форм

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. В комбинации Чишминский 80 × Приазовский средняя масса 1000 зерен была 226 г, а родительские сорта сформировали семена крупностью 249 и 202 г, соответственно.

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 F₂ по двум морфотипам листа. 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 F₂ представляет интерес, так как даст возможность оценить результаты гибридологического анализа точнее, нежели при сравнении отдельных комбинаций разного морфотипа.

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 17а). 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 × Чишминский 229 (№2) в обоих морфотипах (49,0 см – листочковый, 45,5 см – усатый). Это свидетельствует о сцеплении генов, детерминирующих высоту стебля, с геном *af*.

Более заметная разница между двумя группами гибридов второго поколения гороха выявлена по среднему числу бобов на растении (рисунок 17б). 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 №4, Приазовский × Чишминский 229 и №1, 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.

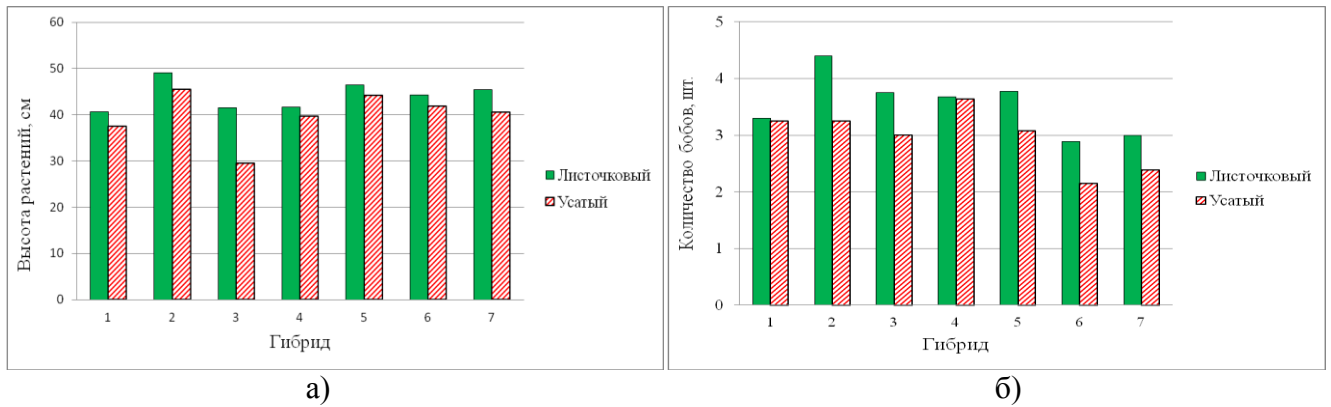


Рисунок 17 – Средняя высота растений (а) и количество бобов на них (б) у гибридов гороха F₂ в двух группах (листочковые и усатые)

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

Сравнение среднего количества семян на растении гороха показало наиболее существенную разницу (на 2,7 штук) между генотипами растений с листочковыми и усатыми листьями: 11,8 и 9,1 штук, соответственно. Все гибриды с листочковым типом листа были наиболее озерненными (рисунок 18а).

Существенная разница наблюдалась у гибридов: №2, И-014-1085 × Чишминский 229, №3, Л-27269 × Чишминский 80 и №7, Чишминский 95 × Аксайский усатый 55. Максимальное количество семян на растении (13,5 шт.) отмечено в комбинации №2.

Шесть гибридных комбинаций листочкового морфотипа сформировали наиболее крупные семена, среди безлисточковых форм – одна №2, И-014-1085 × Чишминский 229 (рисунок 18б).

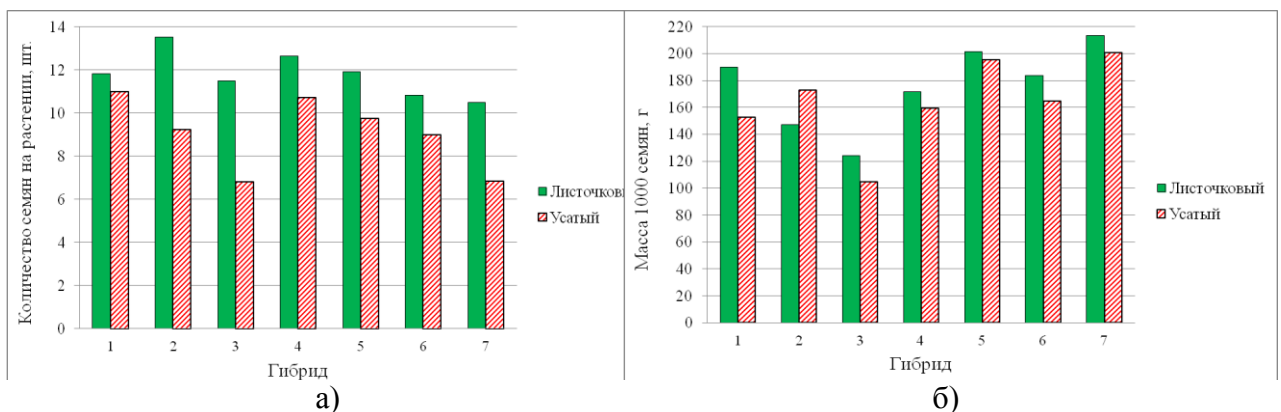


Рисунок 18 – Среднее количество семян на растении (а) и масса 1000 семян (б) у гибридов гороха F₂ в двух группах (листочковые и усатые)

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

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 по основным количественным признакам 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 19).

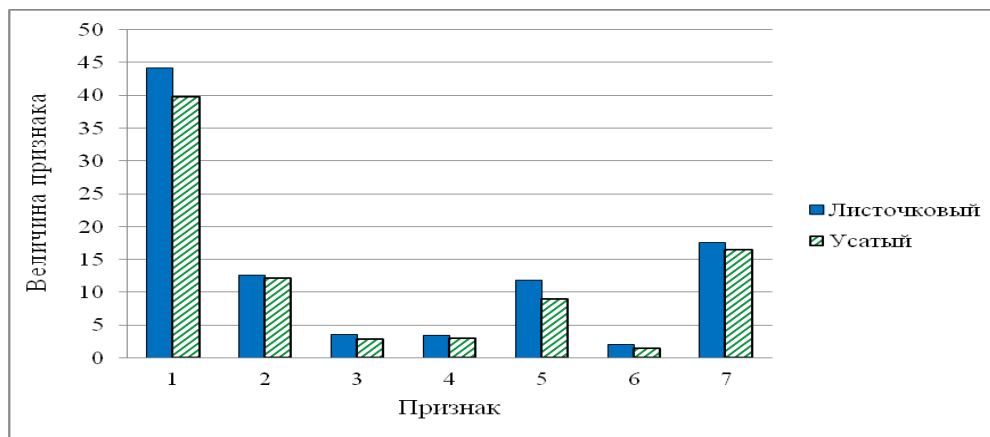


Рисунок 19 – Сравнительные средние величины изученных признаков у гибридов гороха F₂ двух морфотипов (листочковые и усатые)

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

Менее заметные различия были по количеству междуузлий (12,5 и 12,2 шт.), количеству бобов (3,5 и 3,0), количеству семян в бобе (3,4 и 3,1 шт.) и массе семян с растения (2,0 и 1,5 г).

Полученные нами результаты также позволяют сделать вывод о том, что создание наиболее продуктивных сортов гороха с усатым типом листа вполне реально, так как плеiotропные 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

В результате сравнения усатых и листочковых морфотипов 17-ти линий гороха V–VII поколений было выявлено, что в среднем за три года изучения гибриды с обычным типом листа незначительно превосходили безлисточковые формы по большинству признаков: высоте растений (на 4,9 см), количеству бобов на растении (на 0,2 шт.), зерен в бобе (на 0,1 шт.) и зерен на растении (на 1,4 шт.), массе зерна с растения (на 0,3 г), массе 1000 зерен (на 3,3 г) и урожайности (на 26,1 г/м²). Однако линии листочкового типа уступали редуцированным по высоте стеблестоя (28,6 и 31,6 соответственно), что отразилось на устойчивости их растений к полеганию. В среднем у обеих форм коэффициент полегания был более 0,4, что отвечает необходимым требованиям, но, тем не менее, у линий усатого морфотипа среднее значение составило 0,51, тогда как у листочковых – 0,42.

На основании тщательного анализа были выделены линии, которые имели урожайность выше стандарта, но, к сожалению, несущественно превышали его (таблица 4).

Таблица 4 – Характеристика высокоурожайных линий гороха F₅-F₇, 2011–2013 гг.

Признак	Сорт, линия, морфотип				НСР ₀₅
	Аксайский усатый 7, ст.	Усатый	Листочковый		
		Сармат × Аксайский усатый 10	Флагман 7 × Зерноградский 9	Аксайский 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

За счет достоверного различия по крупности семян линия листочкового морфотипа Аксайский усатый 7 × Сармат дала максимальную прибавку урожая (0,62 т/га) по сравнению со стандартом Аксайский усатый 7.

Таким образом, в результате исследований нам не удалось выявить 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 ФГБНУ «АНЦ «Донской» для дальнейшей селекционной работы.

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

После оценки переданного материала в селекционном и контрольном питомниках в 2017–2019 годах было проведено изучение усатых и листочковых линий в конкурсном испытании лаборатории зернобобовых культур «АНЦ «Донской». Анализ данных за годы исследований показал, что в целом группы, несущественно различались по всем признакам, видимые различия выявлены только по высоте растений (рисунок 20).



Рисунок 20 – Высота растений и признаки продуктивности линий гороха двух морфотипов в КСИ, 2017–2019 гг.

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

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 5). 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 государственное сортоиспытание под названием Зерноградский усатый.

Таблица 5 – Характеристика лучших выделившихся линий гороха (2017–2020 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
Стандарт	Аксайский усатый 5	61,8	3,8	4,5	170,1	2,43
Г-1002	Аксайский усатый 7 × Сармат	68,8	4,4	4,3	164,9	2,60
Г-1003	Сармат × Аксайский усатый 10	67,2	4,6	4,6	175,7	2,81
Г-1005	Флагман 7 × Сармат	65,7	4,2	4,5	171,9	2,58
Г-1014	Аксайский усатый 7 × Сармат	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

3.6 Оценка адаптивности выделившихся линий гороха по урожайности

В нашем исследовании представляет интерес оценка адаптивности лучших образцов гороха, которая проведена по основному критерию ценности сорта, урожайности.

Максимальную среднюю урожайность в годы исследований имела линия Г-1003, при этом компенсаторная способность (3,12) характеризует ее высокую генетическую гибкость (таблица 6), так как, чем выше степень соответствия между генотипом сорта и различными условиями выращивания, тем больше этот показатель.

Таблица 6 – Параметры адаптивности линий гороха по урожайности

Сорт, линия	Урожайность по годам, т/га				Средняя по сорту	$\frac{Y_{\max}+Y_{\min}}{2}$	$Y_{\min} - Y_{\max}$	b_i	σ^2_d
	2017	2018	2019	2020					
Аксайский усатый 5, стандарт	3,45	2,26	1,91	2,11	2,43	2,68	-1,54	0,85	0,76
Г-1003 (Сармат × Аксайский усатый 10)	4,17	2,40	2,06	2,59	2,81	3,12	-2,11	1,14	1,86
Г-1014 (Аксайский усатый 7 × Сармат)	3,80	2,22	2,15	2,33	2,63	2,98	-1,65	0,96	0,64
Г-1002 (Аксайский 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					

Однако стрессоустойчивость у этой линии (-2,11) была самой низкой, а значит, она требовательна к условиям выращивания. Лучшими по устойчивости к стрессам были стандартный сорт и линия Г-1014, у которых наблюдался минимальный разрыв (-1,54 и 1,65 т/га). Линии Г-1002 и Г-1005 характеризуются высокой экологической пластичностью ($b_i=1,04$ и $b_i=1,01$ соответственно), значит их урожайности могут меняться в соответствии с изменениями условий среды. Большой отзывчивостью по сравнению с остальными обладает линия Г-1003 ($b_i=1,14$), что подтверждает её высокие требования к метеоусловиям. 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 возделываемым 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.

Анализ полученных вычислений показал, что выращивание новых сортов усатого морфотипа более выгодно, чем возделываемого сорта Аксайский усатый 5 (таблица 7).

Таблица 7 – 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 может составить 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).

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 $350,0 \text{ г/м}^2$: 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 F_1 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 F_2 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 af 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 $26,1 \text{ г/м}^2$.
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 ($НСР_{05} = 0,20 \text{ т/га}$) 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 ($\sigma^2 = 0,43$).
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 Зерноградский усатый (линия Г-1003 – Сармат × Аксайский усатый 10).

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Работы в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Сухенко, Н.Н. Сравнительная характеристика линий гороха листочковых и усатых морфотипов / Н.Н. Сухенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар : КубГАУ, 2013. – № 91(07). – С. 1227–1237. – IDA [article ID] : 0911307041. – Режим доступа : <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/41.pdf>, 0,687 у.п.л.
2. Сухенко, Н.Н. Исходный материал для селекции адаптивных сортов гороха / Н.Н. Сухенко, Л.М. Костылева // Зерновое хозяйство России. – 2014. – №5. – С. 17–22.
3. Сухенко, Н.Н. Наследование ряда количественных признаков у гибридов между листочковыми и усатыми морфотипами гороха / Н.Н. Сухенко, П.И. Костылев, Л.М. Костылева // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – №3(105). – ч.1. – С. 121–125.

Работы в прочих изданиях

1. Сухенко, Н.Н. Отбор трансгрессивных форм по числу семян на растении среди рекомбинантных инбредных линий F₅ гороха / Н.Н. Сухенко, Л.М. Костылева // Донская агр. н.-пр. конф. «Инновационные пути развития агропромышленного комплекса: задачи и перспективы». Междунар. сб. научных тр. – 2012. – С. 247–252.
2. Костылева, Л.М. Анализ наследования признаков продуктивности у гибридов F₁ гороха / Л.М. Костылева, Н.Н. Сухенко // Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия. – 2014. – С. 127–131.
3. Сухенко, Н.Н. Особенности наследования основных признаков у гибридов гороха F₁ / Н.Н. Сухенко, А.А. Лысенко, П.И. Костылев // Роль ботанических садов в сохранении и мониторинге биоразнообразия. – 2015. – С. 435–439.

Научное издание

Сухенко Надежда Николаевна

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

Подписано в печать _____. Формат 60 x 84 ^{1/16}

Усл. печ. л. – 1,4. Уч.-изд. л. – 1,8.

Тираж ____ экз. Заказ № ____

Типография Кубанского государственного аграрного университета.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13