

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ВСЕРОССИЙСКИЙ  
ИНСТИТУТ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ ИМЕНИ  
Н. И. ВАВИЛОВА» (ВИР)

*на правах рукописи*

ПУТИНА ОЛЬГА ВЛАДИМИРОВНА

СЕЛЕКЦИОННАЯ ЦЕННОСТЬ ОВОЩНОГО ГОРОХА  
РАЗНЫХ МОРФОТИПОВ В УСЛОВИЯХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

06.01.05 – селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений

Диссертация на соискание ученой степени кандидата  
биологических наук

Научный руководитель:  
Вишнякова  
Маргарита Афанасьевна  
доктор биологических наук,  
профессор

Санкт-Петербург 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. Овощной горох: биологические особенности и проблемы селекции (Обзор литературы).....	11
1.1. Специфика гороха овощного использования.....	11
1.2. Влияние абиотических факторов на растения гороха в разные периоды онтогенеза .....	14
1.3. Содержание и компоненты основного запасного углевода семян гороха .	19
1.3.1. Крахмал гороха и направления его использования .....	19
1.3.2. Генетический контроль содержания крахмала в семенах и соотношения его компонентов .....	20
1.3.3. Зависимость биохимического состава семян от экзогенных факторов ..	22
1.4. Мутантные формы гороха и некоторые способы их получения.....	23
1.4.1. Генотипы устойчивые к биотическим и абиотическим стрессорам.....	24
1.4.2. Безлисточковый морфотип.....	26
1.4.3. Формы на основе ростовых мутаций .....	29
1.5. Фотосинтетическая деятельность растений гороха обычного и безлисточкового (усатого) морфотипов.....	34
1.5.1. Фотосинтез и его зависимость от воздействия внешних факторов.....	35
1.5.2. Влияние листовой мутации <i>Afila (afaf)</i> на элементы фотосинтеза и продуктивность.....	36
ГЛАВА 2. Материал, методы и условия проведения исследований .....	40
2.1. Объекты и методы.....	40
2.2. Агроклиматические условия проведения исследований .....	46
ГЛАВА 3. Изучение исходного материала овощного гороха .....	52
3.1. Выделение коллекционных и селекционных образцов по комплексу морфологических признаков.....	52
3.2. Селекционная ценность образцов овощного гороха выделившихся на начальном этапе исследования .....	55
3.2.1. Общая характеристика выборки.....	56

3.2.2. Дифференциация генотипов по группам спелости и их оценка .....	58
3.2.3. Характеристика образцов, имеющих морфотипы на основе рецессивных мутаций.....	65
3.2.4. Изменчивость селекционно-значимых признаков и выделение стабильных источников .....	73
3.2.5. Анализ связей между продуктивностью, углеводным составом семян и селекционно-значимыми признаками.....	81
ГЛАВА 4. Комплексная оценка сортов овощного гороха традиционного и безлисточкового морфотипов по параметрам адаптивности, фотосинтетической деятельности и урожайности .....	87
4.1. Листовой аппарат овощного гороха и его влияние на накопление и распределение ассимилятов .....	88
4.1.1. Структура листового аппарата растений традиционного и безлисточкового морфотипов .....	89
4.1.2. Содержание и распределение ассимилятов в надземной биомассе растений .....	95
4.2. Адаптивность генотипов овощного гороха по некоторым хозяйственно ценным признакам .....	102
4.2.1. Чистая продуктивность фотосинтеза .....	103
4.2.2. Урожайность зеленого горошка в фазу технической спелости .....	106
4.2.3. Продуктивность единицы листового аппарата .....	109
ВЫВОДЫ .....	113
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	115
Список работ, опубликованных по теме диссертации .....	116
Список литературы .....	118
Приложения .....	141

## ВВЕДЕНИЕ

*Актуальность темы исследования.* Горох является агрономически значимой культурой. Он, как и все зернобобовые, хороший предшественник, улучшающий структуру почвы и повышающий ее плодородие. В питании человека особое значение имеют овощные сорта, предназначенные для консервирования, заморозки, сушки и потребления в свежем виде. Исторически сложилось так, что основные площади по выращиванию овощного гороха в России сосредоточены в Краснодарском крае, где его селекцией и семеноводством занимаются, начиная с 1930-х гг. В последние годы, в связи с проблемой импортозамещения, особенно актуальной стала задача по созданию современных конкурентноспособных сортов овощных культур, в частности гороха.

Решающим фактором в повышении качества селекционной работы являются родительские формы. Благодаря широкой генетической базе, дифференцированной по эколого-географическому происхождению, биохимическому составу, фено-, морфо- и физиологическим признакам, основным источником исходного материала овощного гороха считается коллекция генетических ресурсов растений ВИР (Вишнякова, 2008). Также в селекции необходимо использовать лучшие районированные сорта и оригинальные перспективные линии. Разнообразие изучаемого материала в контрастных погодных условиях способствует повышению качества оценки и выделению генотипов по основным хозяйственно ценным признакам и адаптивной способности.

Вновь создаваемые овощные сорта гороха должны соответствовать следующим критериям: обеспечить предприятия перерабатывающей промышленности сырьем не менее чем на 35-40 дней; быть пригодными для механизированной уборки; обладать высокими питательными, вкусовыми и эстетическими качествами; иметь высокую и стабильную по годам урожайность в независимости от климатических условий. В связи с этим, важной задачей становится изучение спектра сортов с различными

биологическими и морфологическими особенностями (например, мутации вызывающие изменение роста стебля и морфологии листа), повышающими пищевую ценность и технологичность культуры.

Особое значение для селекции овощных сортов гороха имеет биохимический состав, в частности содержание крахмала в семенах и амилозы в нем. В отличие от зерновых сортов с округлыми семенами в крахмале семян овощного гороха с морщинистой поверхностью (мозговых) очень высокое содержание амилозы, более 60% (Dostálová et al., 2009). Высокоамилозный крахмал имеет множество полезных свойств, в том числе: слабо усваивается в организме, благодаря чему препятствует развитию рака толстой кишки (Сучкова, 2009; Андреев и др., 2014); не вызывает рост содержания глюкозы в крови, следовательно, разрешен для употребления при таком заболевании как сахарный диабет (Guillon, Champ, 2002); является пребиотиком – веществом, способствующим развитию полезной микрофлоры в пищеварительном тракте (Шелепина, 2016; Колесник, 2017). Повышенное содержание амилозы в крахмале также сопряжено с удлинением периода технической спелости (Самарина, 1971). Значимость овощных сортов гороха в диетическом питании человека подтверждает необходимость поиска генотипов с повышенным содержанием амилозы. Сведений о связях содержания амилозы в крахмале овощных сортов гороха с другими хозяйственно ценными признаками недостаточно в научной литературе, поэтому данное исследование необходимо для углубления теоретических знаний и дальнейшего применения их в практической селекции.

Ввиду активного внедрения в производственную практику сортов гороха безлисточкового морфотипа, у которых листовый аппарат состоит из прилистника и рахиса, переходящего в усики, важно изучение влияния данной мутации на продукционные процессы в растении и их адаптивного потенциала. Некоторыми авторами, проводились исследования изогенных линий разных морфотипов, и полученные результаты остаются дискуссионными. Считалось, что рецессивная мутация гена *Afila* имеет негативный плейотропный эффект на

продуктивность и ее элементы (Snoad, Frusciante, Monti, 1985), позже в исследованиях (Goldman, Critton, 1992; Коф и др., 2006; Ооржак, 2010) показано, что разница между растениями традиционного и безлисточкового морфотипа незначительна. Недостаточно освещенными в литературе остаются вопросы о соотношении частей листового аппарата (ЛА) обычных и усатых форм и его изменении в процессе онтогенеза, а также о распределении ассимилятов в надземной биомассе мутантных морфотипов. В связи с этим, существует необходимость выявить значимость морфоструктурных изменений листа для процессов накопления и распределения ассимилятов в растении.

Рациональное распределение ассимилятов предполагает оптимальное соотношение генеративных и вегетативных органов, при котором формируется стабильно высокий урожай хозяйственно ценной части растения, в нашем случае зерна овощного гороха в фазу технической спелости. В селекции направленной на оптимизацию продукционных процессов необходимо использование генотипов с высоким значением признаков, которые в минимальной степени будут зависеть от воздействия внешних факторов.

Таким образом, исследования генофонда овощного гороха с выделением стабильных генотипов по признакам структуры урожая, биохимическим, продукционным и адаптивным показателям являются актуальными для расширения теоретических знаний с дальнейшим применением их при практической селекции овощного гороха в условиях Краснодарского края.

**Цель исследований:** изучение морфобиологических особенностей исходного материала и выделение источников ценных признаков для селекции сортов овощного гороха разных морфотипов, адаптированных к климатическим условиям юга России.

**Задачи исследований:**

1. выявить дифференциацию изучаемого материала по селекционно-значимым морфологическим признакам;

2. определить изменчивость хозяйственно ценных признаков овощного гороха в зависимости от погодных условий;
3. выделить стабильные источники комплекса признаков;
4. установить корреляции между продуктивностью, биохимическими показателями и другими селекционно значимыми признаками;
5. оценить значение морфоструктуры листа для процессов накопления и распределения ассимилятов в растении в разные периоды онтогенеза;
6. оценить чистую продуктивность фотосинтеза, урожайность, продуктивности единицы листового аппарата и адаптивную способность растений традиционного и безлисточкового морфотипов в условиях Краснодарского края;
7. выявить сорта с высокой селекционной ценностью.

**Научная новизна.** В условиях юга России впервые проведена оценка образцов овощного гороха разных морфотипов с различными сроками созревания по продуктивности, содержанию крахмала в семенах, амилозы в крахмале и другим биометрическим показателям. Выявлено, что безлисточковые (усатые) морфотипы имеют схожую с традиционным морфотипом реакцию на изменение погодных условий выращивания, а морфотипы сочетающие усатый тип листа (ус.л.) и детерминантный тип роста стебля (ДТР) более зависимы от среды, что выражается в их сравнительно низкой продуктивности. Для овощного гороха впервые установлены следующие связи признаков: чем меньше масса 1000 семян, тем выше содержание амилозы в крахмале, а повышенное содержание крахмала в семенах предполагает уменьшение содержания амилозы в нем; продолжительность вегетационного периода генотипа не связана достоверно с его продуктивным потенциалом, содержанием крахмала в семенах и амилозы в крахмале.

Показано, что морфоструктурные изменения листового аппарата овощного гороха повлияли на характер распределения ассимилятов в пределах надземной биомассы, однако не изменили интенсивности фотосинтетических

процессов, уровня урожайности и его (ЛА) продуктивности. По результатам исследований выделены биоэнергетически сбалансированные сорта Беркут и Хезбана (ус.л.). С участием автора создано два новых сорта овощного гороха.

***Практическая значимость работы.*** Выделенные стабильные источники с высокими значениями хозяйственно ценных признаков используются нами в селекционных программах при создании новых высокопродуктивных, адаптивных, конкурентно способных сортов овощного гороха с повышенной диетической ценностью.

Для консервной промышленности Северо-Кавказского региона, в качестве дополнения к существующему сортименту группы ранних сортов, в 2018 году включен в Государственный реестр селекционных достижений сорт Кудесник 2 (с долей участия автора 15%).

В целях расширения конвейерного поступления сырья на переработку создан и передан на Государственное сортоиспытание в 2017 году сорт Изюминка (с долей участия автора 30%), созревающий на 7-9 дней раньше стандартного сорта Альфа.

***Положения, выносимые на защиту:***

- у образцов разных морфотипов и в пределах разных групп спелости условия среды по-разному влияют на выраженность хозяйственно ценных признаков;
- динамика распределения ассимилятов в вегетативных и генеративных органах растений различна у разных морфотипов в процессе органогенеза, однако результирующее количество накопленных сухих веществ, урожайность и адаптивная способность безлисточкового морфотипа сопоставимы с таковыми у традиционной формы;
- источники комплекса ценных признаков для селекции и новые сорта для Северо-Кавказского региона.

**Апробация работы.** Основные результаты исследований были доложены и обсуждались на международных научно-практических конференциях и саммите: «Селекция овощных культур на устойчивость к биотическим и абиотическим стрессорам» (г. Москва, ВНИИССОК, 2014), «Генетические ресурсы растений и их использование в селекции сельскохозяйственных культур», (г. Санкт-Петербург, ВИР, 2015). «Современные решения в развитии сельскохозяйственной науки и производства» (г. Краснодар, ВНИИ риса, 2016). «Наука, инновации и международное сотрудничество молодых ученых-аграриев» (г. Орел, ВНИИЗБК, 2016). «Роль молодых ученых в инновационном развитии сельского хозяйства» (г. Москва, ВСТИИСП, 2017). Материалы диссертации были доложены и обсуждались в отделе зернобобовых культур ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (г. Санкт-Петербург, 13.04.2015), на заседаниях ученого совета филиала Крымская ОСС ВИР (г. Крымск, 06.02.2015; 08.02.2016; 08.02.2017), на семинаре научных сотрудников ФГБНУ ВНИИЗБК по обсуждению результатов исследований по проекту РФФИ № 16-34-50241 (г. Орел, 2016).

**Личный вклад.** Автор лично участвовал в анализе литературных сведений по теме работы, планировании экспериментов, проведении полевых опытов и лабораторных исследований, подготовке материалов для публикации статей, подготовке докладов и выступлений на научных конференциях, саммите, отчетах, семинаре. Закладка и организация опытов, статистическая обработка данных, анализ результатов исследований, написание диссертации и автореферата осуществлены непосредственно автором.

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 11 работ, в том числе 6 статей в изданиях, рекомендуемых ВАК, и одна методическая рекомендация.

***Связь с другими проектами.***

Работа проводилась в рамках научных исследований Крымской опытно-селекционной станции по теме: «Выделить из коллекционного материала

доноры и источники по признакам. Провести производственное испытание и размножение сортообразцов, передаваемых в ГСИ, отличающихся высокой урожайностью, комплексной устойчивостью к болезням, пригодностью к индустриальной технологии возделывания. Выделить и передать в ГСИ сорта и гибриды с адаптивным потенциалом, пригодные для индустриальных технологий возделывания» (номер госрегистрации в ЦИТиС: 01201155345, 2011-2015 гг.)

Исследование по выявлению генетического разнообразия овощного гороха по составу крахмала семян проводилось при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (проект № 16-34-50241, 2016).

Элементы диссертационной работы использовались при выполнении научно-исследовательских работ для Министерства сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края (контракт № 84 от 2 сентября 2016 года).

**Объем и структура научной работы.** Диссертация изложена на 161 страницах, состоит из введения, 4 глав, выводов и практических рекомендаций. Содержит 17 таблиц, 16 рисунков, 15 приложений. Список литературы включает 193 источника, в том числе 70 на иностранных языках.

\*\*\*

Автор выражает искреннюю благодарность доктору биологических наук, профессору Вишняковой Маргарите Афанасьевне (г. Санкт-Петербург, ВИР); кандидату сельскохозяйственных наук, ведущему научному сотруднику Беседину Анатолию Григорьевичу (г. Крымск, филиал Крымская ОСС ВИР); кандидату сельскохозяйственных наук, руководителю лаборатории физиологии и биохимии Бобкову Сергею Васильевичу (г. Орел, ВНИИЗБК); кандидату сельскохозяйственных наук Путину Олегу Владимировичу (г. Крымск, филиал Крымская ОСС ВИР); кандидату биологических наук Семеновой Елене Викторовне (г. Санкт-Петербург, ВИР) – за неоценимую помощь и поддержку. А также администрации и работникам филиала Крымская ОСС ВИР за помощь в организации и проведении экспериментов.

## ГЛАВА 1. Овощной горох: биологические особенности и проблемы селекции. (Обзор литературы)

### 1.1. Специфика гороха овощного использования

Овощной горох консервного направления относится к виду *Pisum sativum* L. subsp. *sativum*. Отличается от гороха других направлений использования белой окраской венчика цветка, морщинистой (мозговой) поверхностью семян, наличием пергаментного слоя в створках боба, повышенным содержанием амилозы в крахмале семян (более 60%), структурой крахмальных зерен (сложные с преобладанием мелких осколков).

Семена гороха содержат: небелкового азота 5,2-10,2 г кг<sup>(-1)</sup> сухого вещества (СВ), белкового азота 35,3-42,4 % СВ, лизина 50,7-76,3, гистидина 17,8- 24,8, тирозина 22,6-30,0, общего белка 25,9-31,9, с перевариваемостью белка *in vitro* 89,3-95,6%; витамина В<sub>1</sub> 5,9-10,3 мг кг<sup>(-1)</sup>СВ, витамина В<sub>2</sub> 1,1-3,7; сахарозы 11,6-25,4 г кг<sup>(-1)</sup>СВ, раффинозы 4,1-10,3, стахиозы 10,7-26,7 (Vidal-Valverde et al., 2003). Содержание микроэлементов значительно варьирует и зависит от генотипа, в меньшей степени изменениям подвержено содержание Se – от 90,0 до 134,0 мкг/кг (V, %=10,7), в большей – Zn 12,57-23,75(16,1), Mn 15,00-31,58 (24,5), Fe 28,48-126,79 (32,7) (Ушакова и др., 2017). У гибридов гороха с мозговой поверхностью семян присутствуют незаменимые аминокислоты: треанин (более 3% от абсолютно сухой массы), валин (4%), метионин (0,34-0,51%), изолейцин (3%), лейцин (6%), фенилаланин (4,70-5,16%), лизин (6,78-7,34%) (Янковская, Досина, Чайковский, 2008).

Вместе с тем в семенах овощного гороха находят противоопухолевые вещества. К ним относится фитогемаглютинин лектин – белок, специфически связывающий остатки углеводов, образуя защитный слой на поверхности мононуклеарных клеток периферической крови здоровых людей, повышает их сопротивляемость в отношении колоректального рака (Vesely, Entlicher, Kocourek, 1972). Рекомендован для мониторинга развития опухоли, однако в больших количествах способен адсорбироваться на поверхности эритроцитов

вызывая их склеивание и осаждение в процессе агглютинации, имеет четвертый класс малоопасных веществ (Сухарев, 2005).

Как известно, бобовые культуры содержат антипитательные вещества, в том числе ингибиторы протеиназ, снижающие усвояемость белка организмом. Уреазный тест (Возиян и др., 2013) показал, что в горохе они присутствуют в очень небольших дозах (0,12 ед. рН, при допустимых 0,20) либо отсутствуют. Биофлавоноиды, оказывающие токсическое действие, содержатся в следовом количестве ( $0,03 \pm 0,005\%$  в семенах) и являются безопасными (Сухарев, 2005).

Наличие большого числа микроэлементов, витаминов, незаменимых аминокислот делает овощной горох ценной диетической культурой, не имеющей медицинского основания для ограничения в потреблении. В пищу овощной горох употребляется в свежем и переработанном виде: консервированный, замороженный, сушеный (Цыганок, Кутепова, 2017). При консервировании биохимический состав зеленого горошка изменяется следующим образом: практически не меняется содержание каротиноидов, калия, кальция клетчатки; существенно понижается присутствие меди, железа, магния, марганца, фосфора, кремния и цинка (Lopez et al., 1986; Rincon, et al., 1990; Rickman et al., 2007); снижается доля сухих веществ, сахара, крахмала и небелкового азота (Самарина, 1971).

При употреблении овощного гороха на продовольственные цели важны сенсорные и физико-химические качества зерна в фазу технической спелости, такие как темно-зеленая окраска, нежная консистенция, крупность (мелкое и среднее до 8 мм в диаметре), выравненность, пониженное содержание крахмала и нерастворимых в спирте сухих веществ (Самарина, 1971; Nleya, Minnaar de Kock, 2014). На качество продукции значительное влияние оказывают условия выращивания сырья, соблюдение норм его последующей обработки и хранения.

К одной из особенностей выращивания гороха консервного направления относится необходимость обеспечения конвейерного (бесперебойного) поступления сырья на переработку (Дрозд, 1953; Беседин, 2013; Шульпеков, 2013). Заводы имеют определенную мощность по объему единовременно

перерабатываемой продукции, в связи с чем важно равномерно загружать линии этим объемом сырья на протяжении 35-40 и более дней. Решить подобную задачу возможно используя сорта гороха разных групп спелости и применяя дробные посеы (Рекомендации по возделыванию ..., 2006).

В Российской Федерации основным по выращиванию и переработке овощного гороха является Северо-Кавказский регион. По данным Министерства сельского хозяйства Краснодарского края структура посевных площадей, отведенных под культуру за последние пять лет, значительно не менялась и составила в среднем 10 тыс. га. Для посева используют сорта Российской и зарубежной селекции. В Государственном реестре селекционных достижений соотношение между ними сохраняется, с преобладанием сортов, зарегистрированных отечественными фирмами (56%, табл.1).

Таблица 1. Динамика изменений по сортам гороха овощного в Государственном реестре селекционных достижений, 2012-2018 гг.

Год	Сортов гороха овощного		*Отечественных	*Зарубежных	*Вновь включенных	
	всего	*кн			отечественных	зарубежных
2012	115	103	58	45	0	1
2013	117	104	59	45	1	0
2014	124	109	61	48	2	4
2015	138	118	67	51	6	3
2016	158	135	75	60	8	9
2017	168	140	78	62	3	2
2018	175	143	80	63	6	1

\*кн-консервного направления использования

В последние годы в России отмечаются позитивные сдвиги в отношении сельского хозяйства. Принимается курс на импортозамещение в сфере сельского хозяйства (Петербургский международный форум ..., 2015). Подписан Указ президента России от 6 августа «О применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности Российской Федерации» (2015). Вырос курс доллара и евро по отношению к рублю, что вызвало значительное удорожание импортных семян. Субсидируется элитное

семеноводство. Сложившаяся обстановка стала более благоприятной для развития отечественной селекции и семеноводства овощных культур, в частности гороха овощного направления использования.

## **1.2. Влияние абиотических неблагоприятных факторов на развитие растений гороха в разные периоды онтогенеза**

Зеленым горошком называют семена овощного гороха в стадии молочной спелости в период вегетации растения – техническая спелость на XI этапе органогенеза (Макашева, 1979; Сащенко, Подвигина, 2014). Семена в фазу налива характеризуются самыми высокими биохимическими показателями, влияющими на вкусовые качества свежего и консервированного продукта (Дрозд, Самарина, 1976).

Повышение урожайности зеленого горошка традиционно первоочередная задача селекции (Дрозд, 1956, 1979; Беседин, 2015 и др.). Однако считается, что растениями уже достигнут биологический потенциал продуктивности, реализуемый при выращивании по интенсивным технологиям, и в настоящее время следует больше внимания уделять способности генотипа формировать стабильно высокий урожай при различном агро-экологическом фоне (Кильчевский, 2005; Жученко, 2012; Драгавцев, 2012; Драгавцев и др., 2016). По некоторым данным, доля влияния среды на продуктивность растений овощного гороха составляет 12,7 %, взаимодействие факторов «генотип-среда» – 39,2% (Абросимова, Фадеева, 2015). Элементы продуктивности: масса бобов с растения, количество бобов на растении, масса семян с растения – в большей степени подвержены влиянию агроклиматических условий (69-71%, Кузьмина и др., 2016).

Результаты воздействия экзогенных факторов обнаруживаются на различных уровнях организации (клетка→ткани→растение), а процесс ответных реакций на стресс и адаптация растений контролируются генетически. Генетический контроль биохимических процессов в период стрессовых состояний растений гороха, вызванных экологическими факторами,

осуществляется полигенно. Известны некоторые общие для растений гены, такие как *Rubisco* – контролирующей фотосинтетические процессы фосфорелирования и окислительно-восстановительные реакции. Экспрессия данного гена в значительной степени зависит от температурного фактора, при этом действие высоких температур носит более негативный характер, чем низких (Dutta, Mohanty, Tripathy, 2009; Feller, 2016). Комплекс состоит из крупных и мелких субъединиц (КСЕ и МСЕ). Проникновение МСЕ в хлоропласт происходит посттрансляционно, тогда как для КСЕ необходимы специальные каналы, образуемые комплексами ТОС (транслокон на внешней оболочке хлоропласта) и ТИС (транслокон во внутренней оболочке хлоропласта) для импорта белка сквозь мембрану. Для гороха известны три комплекса ТОС: Тос159, Тос75, Тос34 и восемь комплексов ТИС: Tic110, Tic20, Tic22, Tic55, Tic62, Tic40, Tic32 и Tic21. По данным исследований (Balsera et al., 2009) комплекс Tic110 является самостоятельным каналом. Воздействие стрессоров вызывает нарушения в экспрессии генов, кодирующих данные белки, таким образом, происходит сбой в работе каналов, осуществляющих транспорт веществ из цитозоля в органеллы и обратно, приводящий к изменению метаболизма (Balsera et al., 2009; Dutta, Mohanty, Tripathy, 2009; Chocobar-Ponce et al., 2014). В результате этого в растении происходит активация процесса «запрограммированной гибели клеток», являющегося результатом перепроизводства активных форм кислорода (АФК) и азота (АФА) в митохондриях и пластидах. Принимают участие в регулировании процесса  $H_2O_2$ , NO,  $Ca^{+}$ , фитогормоны, полиамины, глутатион, салициловая кислота (Ya'Acov, Haramaty, 1996; Vanyushin et al., 2004; Corpasetal, 2008; Митева и др., 2010; Alcázar et al., 2010; Ortega-Galisteo et al., 2012; Gill et al., 2013; Мамаева, 2015 и др.). Увеличение их содержания - маркерный признак окислительного стресса. Ответом организма на окислительный процесс выступает повышение мембранного потенциала (МП) (Федяева и др., 2016) и образование «стрессовых» белков (антиоксидантная защита), способствующих выживанию и приспособлению растений к агрессивной среде. Восстановление работы

каналов зависит от скорости этой ответной реакции клеток. Продолжительное воздействие стресс-факторов может привести к отмиранию не только клеток, но и тканей, а также гибели всего растения.

«Белки стресса» могут быть общими для царства растений и специфичными для отдельных видов. А растение, в свою очередь, может быть одновременно устойчиво к одним фитострессорам и не устойчиво к другим (Курганова и др., 2010; Федяева и др., 2014; Перфильева, Рихванов, 2016). Для гороха известны гены, активизирующиеся в первые часы воздействия засухи и охлаждения, до запуска системы адаптации – ген *GOR1*, далее, в период пост-стрессового состояния, предположительно, *GOR2* (Stevens et al., 1997). Изучение генетического контроля адаптивной способности растений позволяет сделать вывод о возможности наследования генотипами устойчивости к негативным воздействиям внешней среды.

Период защитных и ответных реакций организма сопровождается снижением синтеза «не стрессовых» белков. Следовательно, оказывается значительное негативное влияние на биохимические и физиологические процессы, задействованные в росте растений и формировании урожая.

*Гипотермия и гипертермия.* Горох растение умеренного климата, оптимальные температуры для роста и развития находятся в пределах от 12 до 25°C. Весной, на ранних этапах роста растений вероятно воздействие на них низких, иногда отрицательных температур, а в период от цветения и до созревания высоких положительных, в южном регионе России дневные температуры часто превышают показатель в 30°C. Адаптивная реакция проростков гороха на гипотермию выражается в распаде в митохондриях сложных комплексов дыхательной цепи на более простые (Кондакова и др., 2016), что может привести к гибели клеток. При непродолжительном воздействии стресса, проростки гороха быстро восстанавливаются. Синтез белков теплового шока у растений начинается через 15 минут после воздействия стрессора ( $\pm 10^\circ\text{C}$  и более к  $t^\circ_{\text{optimum}}$ ) и прекращается сразу после восстановления оптимального температурного режима (Косаковская, 2008). Во

время цветения и плодоношения гороха, на фоне достаточной влагообеспеченности, воздействие температур выше 30°C приводит к снижению завязываемости семян и невыполненности бобов (Агаркова и др., 1975; Розвадовский, 1984; Jeuffroy et al., 1990). Еще большее повышение температуры до 35°C вызывает полную остановку роста (Макашева, 1979), что оказывает негативное влияние на продуктивность растений.

*Гипоксия и нарушение водного режима почвы.* Гипоксический стресс также вызывает рост АФК у растений гороха, неустойчивых к недостатку кислорода ввиду слаборазвитой системы активной антиоксидантной защиты к данному фактору (Ершова и др., 2009; 2011). Продолжительное заболачивание на ранних этапах развития растений (до цветения) угнетает рост, вызывает преждевременный хлороз листьев, и как следствие, снижение урожайности до 42% (Belford et al., 1980).

Осмотический стресс, моделирующий недостаток влаги, предположительно приводит к торможению метаболической деятельности митохондрий и, как следствие, приостановке роста растений гороха, при этом 3-х дневные проростки реагируют на стрессор в меньшей степени, чем 5-дневные, обладая более высокой устойчивостью к дефициту влаги (Генерозова и др., 2009). Недостаток влаги приводит к миграции корней в более глубокие горизонты почвы (Benjamin, Nielsen, 2006), а также отрицательно сказывается на урожайности гороха, потери которого могут составлять от 31 до 79% (Дрозд и др., 1968). Получение высокого урожая зеленого горошка возможно при влажности почвы в период вегетации от 50 до 70% (Самарин, Самарина, 1983), с орошением в фазе начала бутонизации и налива бобов (Stoker, 1977). Переувлажнение провоцирует «израстание» гороха - формирование большой биомассы, с низким коэффициентом аттракции (Новикова, Лаханов, 2002).

*Засуха.* Воздействие высоких температур на фоне недостаточной влагообеспеченности обладает наиболее негативным эффектом, так как растения гороха слабоустойчивы к засухе (Вавилов, 1931; Будин, 1973). Засуха в период активного вегетативного роста, вызывает торможение образования

биомассы, а в период цветения и формирования бобов оказывает отрицательное влияние на рост корней и содержание хлорофилла в листьях (Новикова, Лаханов, 2002; Arshadetal, 2008; Омелянюк, Асанов, 2013; Osman, 2015), что в свою очередь приводит к снижению урожайности семян до 47-84% (Амелин, Петрова, 2006; Новикова, 2009; Новикова и др., 2012; Бугрей и др., 2014).

Продолжительное воздействие стрессовых факторов на организм вызывает либо его адаптацию к условиям среды, либо гибель. В связи с этим, создание адаптивного генотипа подразумевает проведение селекционного процесса в совокупности «пограничных» сред, выявляющих стабильность и пластичность исследуемого сорта в сравнении с уже имеющимися сортами-тестерами, включенными в Госреестр по конкретному региону (Кильчевский, 2005). Результаты проведенного генетического исследования выборки гороха (*Pisum sativum* L.) из коллекции мировых генетических ресурсов ВИР позволяют предположить, что в целом горох пластичная культура в отношении меняющихся факторов внешней среды и может иметь широкий ареал возделывания (Дьяченко и др., 2014). Ведение отбора перспективных форм в меняющихся средовых условиях актуальный и необходимый метод селекции, позволяющий создавать рекомбинантные генотипы с высоким потенциалом обширного территориального распространения.

Одно из главных условий создания современных конкурентных сортов – наличие широкой генетической базы исходного материала различного по эколого-географическому происхождению, биохимическому составу, фено-, морфо- и физиологическим признакам, с высоким биоэнергетическим и адаптивным потенциалом (Вишнякова, 2008; Жученко, 2012). Наиболее полно подобное разнообразие представлено в коллекции зернобобовых культур мировых генетических ресурсов ВИР насчитывающей свыше 46 тыс. образцов, в том числе 8166 сортов и линий гороха, из которых более 2 тыс. овощного использования (Вишнякова и др., 2013; Вишнякова, 2012; 2015).

### **1.3. Содержание и компоненты основного запасного углевода семян гороха**

Актуальным вопросом в современном мире является сочетание количества, качества и диверсификации использования продукции. В настоящее время горох одна из максимально «утилизируемых» культур. Собственно биомасса может использоваться как сидерат, улучшающий структуру пахотного горизонта и обогащающий его органическим веществом. Семена в фазу молочной спелости и биологической зрелости применяются в пищевой промышленности и используются на кормовые цели. Разрабатываются методики извлечения крахмала гороха из семян, оболочек зерна, зародыша (Шелепина, 2014) и применения его в различных отраслях. По своим физико-химическим свойствам крахмалы, выделенные из гороха, отличаются от крахмалов, полученных из картофеля и ячменя, например, способностью к желатинизации, строением крахмальных зерен и др. (Greenwood, Thomson, 1962).

#### **1.3.1. Крахмал гороха и направления его использования**

Крахмал - основная форма углеводов гороха состоит из двух компонентов: амилозы и амилопектина. Амилоза представляет собой длинную неразветвленную цепочку, состоящую из остатков глюкозы, соединенных  $\alpha$ -1,4-связью. Амилопектин образует ветвящиеся древовидные структуры из D-глюкопиранозных остатков, соединенных  $\alpha$ -1,4 и  $\alpha$ -1,6-связью. Содержание крахмала в семенах и соотношение амилозы к амилопектину контролируется генетически. Известно, что в крахмале семян гороха с морщинистой поверхностью (мозговых), присущих сортам овощного гороха, очень высокое содержание амилозы – не менее 60%, в то время как в семенах с гладкой поверхностью около 30% (Dostálová et al., 2009). Между крахмалом из семян с гладкой и морщинистой поверхностью отсутствует разница по строению амилозы. Тогда как у амилопектина мозговых сортов обнаружено существенное отличие: его молекула состоит из 35-36 единиц, 25-26 из которых это нормальные структуры амилопектина (как у округло-семенных сортов), а

остальные единицы – «засоряющие» короткоцепочечные амилозы (Greenwood, Thomson, 1962). Данная особенность придает уникальные свойства крахмалу гороха, выделенному из семян с мозговой поверхностью.

Крахмалы овощного гороха, состоящие из амилозы на 70% и более, по своим свойствам схожи с диетической клетчаткой, слабо усваиваются в организме, являются энзимрезистентными (Сучкова, 2009; Андреев и др., 2014), тем самым играют важную роль в поддержании функций кишечника и способствуют предотвращению рака толстой кишки (Сухарев, 2005). Сравнительно невысокая биодоступность крахмалов гороха определяет их низкий гликемический индекс, что очень важно для здоровья особенно в целях профилактики заболеваний, связанных с резистентностью к инсулину, таких как сахарный диабет (Guillon, Champ, 2002). Их используют в пищевой промышленности в качестве пребиотиков и добавок в разнообразном диетическом питании (Шелепина, 2016; Колесник, 2017). Высокоамилозный крахмал определяет более медленное перезревание зерна в фазу технической спелости (Дрозд, Самарина, Швецов, 1968), что востребовано при производстве овощного гороха консервного направления. Такой крахмал является также ценным сырьем в химической промышленности при создании биodeградирующих пластмасс (Карпунин и др., 2015), к примеру, технических и упаковочных, в том числе съедобных, пленок для пищевой промышленности, а также термопластических пленок для медицины (Bogacheva, Topliff et al., 2004).

### **1.3.2. Генетический контроль содержания крахмала в семенах и соотношения его компонентов**

В настоящее время у гороха известно не менее 6 локусов, ответственных за синтез крахмала, амилозы и амилопектина (*r*, *rb*, *rug3*, *rug4*, *rug5*, *lam*) (Wangetal., 2003; JIC – Departments, 2016). Наиболее перспективным для использования в селекции является рецессивный аллель *r* (ген *Rugosus*), который появился в результате естественной мутации инсерции

ретротранспозона (вставки мобильного элемента - повторяющейся части ДНК). В гомозиготном рецессивном состоянии (*rr*) ген определяет морщинистую поверхность семян. В таких семенах фермент, ответственный за синтез амилопектина SBE (*starch branching enzyme*), имеет дефект, приводящий к сложным метаболическим последствиям. В результате неполноценной деятельности фермента снижается синтез крахмала, повышается накопление сахарозы у развивающихся эмбрионов, за счет чего они становятся более сладкими, это приводит к изменениям осмотического давления, вызывающего повышение накопления воды (Bhattacharyya et al., 1990). В процессе созревания семена отдают накопленную воду и приобретают морщинистую поверхность. При этом происходит уменьшение относительной доли запасного белка легумина (Turner, Barratt, Casey, 1990).

Рецессивная мутация гена *rb* снижает активность АДФ-глюкозо-пирофосфорилазы, ответственной за скорость реакции перехода сахарозы в крахмал. В результате происходит двукратное снижение синтеза крахмала (в сравнении с диким типом), увеличение содержания глюкозы и жира (Smith, Bettey, Bedford, 1989; Hylton, Smith, 1992).

Рецессивный аллель *rug3* проявляется уменьшением содержания крахмала в семенах (до 1% от сухого вещества, тогда как у дикого типа до 50%) и в листьях, ввиду отсутствия в пластидах активности пластидной фосфоглюкомутазы (PGM), катализирующей превращение глюкозо-6-фосфата в глюкозо-1-фосфат (Harrison et al., 1998). Мутация локуса *rug4* приводит к снижению активности синтазы сахарозы (Sus) в развивающихся семенах, корнях, клубеньках и листьях (Craig et al., 1999). Фенотипически действие рецессивного состояния гена *rug4* проявляется не так однозначно, как локусов *r* и *rb*, семена могут быть округлыми с неярко выраженной морщинистостью (неровностью) поверхности. Данная мутация вызывает незначительное увеличение содержания сахарозы (на 20-25%) в развивающихся эмбрионах. Рецессивный аллель *rug5* приводит к снижению активности крахмальной

синтазы II (SSII) участвующей в синтезе амилопектина, удлиняя его молекулы, в сравнении с молекулами дикого типа (Craig et al., 1998).

Аллель *lam* кодирует ослабленную версию связанной с гранулами крахмальной синтазы I, не оказывает влияние на изменение формы семени и содержание крахмала, приводит к значительному уменьшению синтеза амилозы в эмбрионах (Denyer et al., 1997; Wang et al., 2003).

Каждая из описанных мутаций вызывает дефект того или иного компонента, участвующего в синтезе крахмала, поэтому в семенах доминантных по описанным генам, содержание крахмала выше (более 40% от сухого вещества), тогда как у семян с рецессивными генами оно будет ниже, исключение составляет мутация *lam*.

### **1.3.3. Зависимость биохимического состава семян от экзогенных факторов**

Интенсивность синтеза и накопления биохимических веществ зависит от периода формирования семян и воздействия внешних факторов. Значительные колебания содержания в семенах гороха белка, крахмала, сырого волокна, жира, золы и фитиновой кислоты вызывает влияние таких факторов как сорт, год, район выращивания и их взаимодействие (Друшляк, 2009; Wang et al., 2010). Подобные результаты получены для гороха разных направлений использования по содержанию белка (Вишнякова и др., 2014). Для крахмала и его компонентов показано, что в процессе органогенеза (от фазы молочной спелости семян до биологической зрелости) содержание крахмала и доля амилозы в нем увеличиваются (Сучкова, 2009), а чем длиннее период вегетации генотипа, тем меньше концентрация крахмала в его семенах (Павловская, Яровая, 2004). Увеличению накопления углеводов способствует теплая и сухая погода (Дрозд, Самарина, 1976; Друшляк, 2009). Свое влияние на содержание крахмала оказывает продолжительность хранения семян гороха, так в течение трех лет оно снижается на 2,43-8,76% в зависимости от генотипа, в связи с энергозатратами на дыхание.

Для выделения и создания новых генотипов овощного гороха с повышенной хозяйственной ценностью в 1970 годах изучали сорта с округлыми и мозговыми семенами различных фракций (Самарина, 1971). Наиболее перспективными для консервной промышленности признаны сорта среднесемянные мозговые с содержанием сахаров до 7,5%, крахмала до 4% с замедленным переходом сахара в крахмал при созревании семян и оптимальным соотношением сахар/крахмал (более 1,5). Автором отмечено, что в процессе онтогенеза до молочной спелости семян происходит увеличение доли амилозы в составе крахмала, далее до биологической зрелости - ее уменьшение. Замедление накопления крахмала и удлинение фазы технической спелости вызывает подкормка минеральными удобрениями, тогда как ускоряет процесс накопления крахмала чрезмерное увлажнение. Результаты изучения широкой выборки современных сортов овощного гороха по содержанию в семенах крахмала и доли амилозы в нем, а также их зависимости от воздействия внешних факторов в литературе отсутствуют.

Выявление и создание генотипов гороха со стабильно высоким содержанием амилозы в крахмале, безусловно, важная задача селекционеров и ученых, решить которую возможно при изучении связи биохимического состава семян гороха с фенологическими, морфологическими, биометрическими показателями и в зависимости от агроэкологических условий выращивания.

#### **1.4. Мутантные формы гороха и некоторые способы их получения**

Важную роль в повышении стрессоустойчивости и продуктивности растений играет использование естественных и индуцированных мутантных форм. Часто хозяйственно ценные мутации сопряжены с рядом отрицательных признаков. Поэтому, создавая рекомбинантный генотип, исследователь сталкивается с проблемой «балласта», преодолеть который возможно путем насыщения мутантных форм другими ценными признаками, часть из которых также является результатом мутации какого-либо гена. Однако есть мнение, что

накопление большого числа мутаций способно вызывать снижение продуктивности и устойчивости генотипа к экзогенным стрессорам. В настоящее время существуют примеры удачного использования некоторых мутантных форм, в том числе устойчивых к неблагоприятному воздействию биотических и абиотических факторов.

Наряду с воздействием внешних условий, лимитирующим фактором продуктивности гороха, считают высокий уровень полегаемости растений (Дрозд, 1956; Зеленов, 2001 и др.). У гороха полый, легко полегающий стебель, из-за чего некоторые генотипы, образующие большую вегетативную массу, могут полегать, уже начиная с фазы цветения. Это приводит к большим потерям урожая зерна в фазу технической спелости и биологической зрелости. В целях придания растениям гороха устойчивости в селекционный процесс внедряют мутантные формы с измененной морфологией листа и стебля.

#### **1.4.1 Генотипы устойчивые к биотическим и абиотическим стрессорам**

Определение и активация мутаций инструментарием биотехнологии, такими как маркерная селекция, культура тканей, мутагенез *in vitro* и генетическая трансформация позволяют ускорить селекционный процесс (Dita et al., 2006). В настоящее время получены трансгенные растения гороха с устойчивостью к стрессу, вызванному засолением, показано их преимущество над диким типом, однако отмечена некоторая неоднородность ответных реакций отдельных генотипов модифицированных линий (Ali et al., 2010; 2015), что приводит к продлению селекционного процесса.

Внедряются гены из сорта фасоли Tendergreen, экспрессирующие ингибирование альфа-амилазы-1 ( $\alpha$ AI), которая полностью защищает горох от брухуса (*Bruchus pisorum* L.) (Shade et al., 1994). При этом, по одним данным, потребление продуцируемого белка генетически модифицированного (ГМ) гороха, вызывает повышение аллергической реакции у мышей, тогда как потребление белка фасоли подобного действия не оказывает (Prescott et al., 2005). В других исследованиях описывается сходная иммуногенная реакция на

фасоль и на горох дикого типа и модифицированного (Lee et al., 2013). Те же исследователи связывают более острую реакцию у мышей на белок гороха, чем фасоли с аллергенными свойствами лигнина, входящего в состав горохового белка, а не с  $\alpha$ AI, содержащейся в обеих культурах. Работы с ГМ растениями направлены на разработку методик по их созданию и изучение дальнейшего влияния внедренных генов на организм, происходящие в нем процессы и последующих потребителей (Charlton et al. 2004; Bushey et al., 2014). Пока остается открытым вопрос о влиянии потребления трансгенных продуктов на организм животных и человека (Семеренко, 2015; Sánchez, Parrott, 2017; Naegeli et al., 2017 и др.) происходит сдерживание широкого распространения данных растений и получаемого из них сырья. Так в Российской Федерации действует запрет на использование генно-модифицированных семян, растений и продукции (Федеральный закон от 03.07.2016).

Разрабатываются методы клеточной селекции гороха на устойчивость к осмотическому стрессу, моделирующему условия недостатка влаги, однако авторами отмечаются сложности в получении растений-регенерантов и их дальнейшей адаптации при переходе из условий *in vitro* (лабораторных) в *in situ* (почвенные). Полученные на основе осмоустойчивых каллусных клонов регенерантные линии имеют разную степень засухоустойчивости в полевых условиях (Кондыков и др., 2011; Соболева, 2015). Результатом применения данного метода служит создание зернового сорта Родник с повышенной засухоустойчивостью. Подобные методы применимы для идентификации или подтверждения устойчивости к стрессу имеющейся популяции (сорта, линии), на этапах пребридинговой селекции, подбора родительских форм для скрещиваний и оценке полученного материала, как элемент, ускоряющий селекционный процесс (Sánchez et al., 2004; Соболева, Уваров, 2015). При этом, остается незаменимым этап оценки перспективного материала в естественных условиях конкретного агроэкологического фона.

### 1.4.2. Безлисточковый морфотип

В настоящее время известно большое количество листовых мутантов: усатые, акациевидные (многолисточковые без усиков), усиковые акации, сложные (многократнонервноперистые), хамелеон, рассеченнолисточковые, агритум, баттерфляй и др. (Дрозд, 1979; Зеленов, 2001; Фадеев, 2014; Зеленов и др., 2017). Наибольшее практическое применение и распространение получила мутация листа, вызывающая безлисточковость. Листовой аппарат гороха состоит из листа и прилистников. Обычный (листочковый или традиционный, рис. 1а) морфотип гороха имеет лист, состоящий из рахиса (черешка сложных листьев), не всегда парных листочков и усиков. Усатый (безлисточковый, рис. 1б) характеризуется отсутствием листочков, при этом рахис переходит в многократно разветвленную главную жилку с непарноперистыми усиками.

Спонтанные безлисточковые формы гороха были выделены в 50-х годах прошлого века (Соловьева, 1958). Гибридологический анализ подтвердил моногенное наследование признака «усатый тип листа» контролируемого рецессивным состоянием гена *Afila* (*af*). На интегрированных генетических картах гороха ген *af* располагается во 2 хромосоме I группы сцепления (Ellis, Roysen, 2002; Bordat et al., 2011 и др.). Выдвинуто предположение о том, что безлисточковость наследуется сцеплено с генами, контролирующими высоту стебля и число междоузлий (Костылев, Лысенко, 2009). Проведенный авторами анализ гибридных растений  $F_2$  не выявил значительных различий между растениями традиционного и безлисточкового морфотипов по таким признакам, как среднее количество: бобов на растении, семян в бобе, семян на растении; средняя масса семян на растении, средняя масса 1000 семян. В соответствии с полученными результатами, сделан вывод о том, что ген не обладает отрицательным плейотропным действием и наследуется независимо от основных признаков структуры урожайности. Следовательно, есть перспектива создания высоко продуктивных сортов с усатым типом листа.

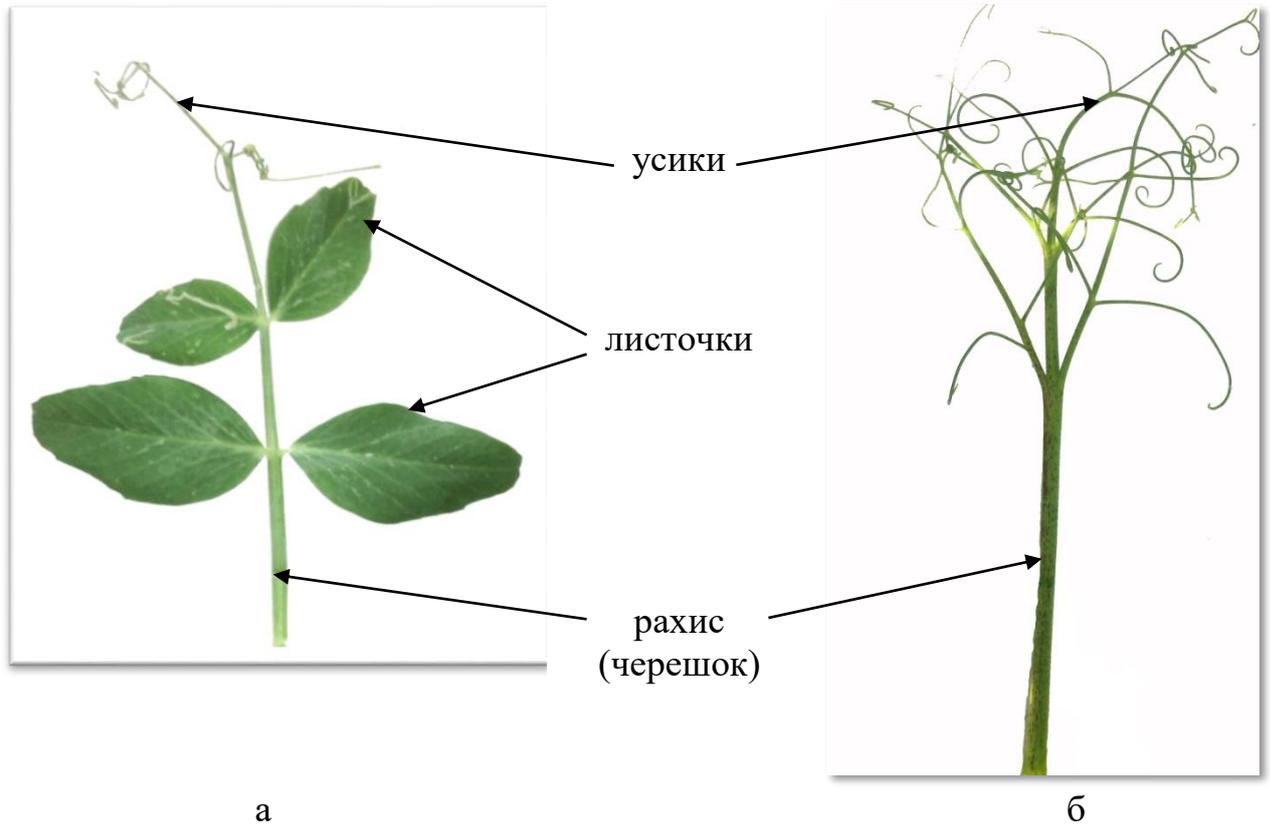
**Лист****Прилистники**

Рисунок 1. Строение листового аппарата у растений традиционного (а) и безлисточкового (б) морфотипов

Большинство опубликованных работ, посвященных сравнению усатых и листочковых форм, касаются зернового и кормового гороха. Изучение физиологии листового аппарата безлисточкового морфотипа, показало, что у усиков, в сравнении с листочками, более высокий водный потенциал, меньше содержание связанной воды в тканях, ниже водоудерживающая способность, меньше плотность размещения устьиц, более низкий транспирационный коэффициент (Новикова, 2009). Корневая система растений безлисточкового морфотипа меньше по массе, объему и мощности, однако, сильнее по

поглочительной способности в отношении основных элементов питания (Новикова и др., 2012). На основании полученных данных, авторами сделан вывод о том, что усатые формы более подвержены негативному влиянию условий водного стресса, из-за чего в неблагоприятные годы продуктивность растений безлисточкового морфотипа резко снижается.

Влияние биотических стрессоров на растения безлисточкового морфотипа остается дискуссионным. В одних работах (Бугрей, Авдеенко, 2011; Бугрей, Мных, 2015) показано, что в посевах сортов безлисточкового морфотипа формируется более благоприятный микроклимат, выше освещенность за счет меньшей облиственности и низкого уровня полегания растений, а это, в свою очередь, улучшает общие фитосанитарные условия ценоза (Вербицкий, 2002). Другие приводят данные, о повышенной восприимчивости усатой формы к болезням и вредителям (Яньков и др., 1990; Новикова, Зотиков, Фенин, 2011). Другими авторами отмечена разница по устойчивости к биотическим стрессорам между сортами, а не морфотипами (Гарипова и др., 2015).

Выводы о влиянии морфоструктурных изменений листового аппарата на урожайность и адаптивность растений гороха также разнятся. На почти изогенных линиях гороха показано, что данная рецессивная мутация вызывает снижение продуктивности (Snoad, Frusciante, Monti, 1985). При этом известны зимующие высокоурожайные сорта зернового гороха с усатым типом листа (Брежнева, 2012). Рядом авторов (Вербицкий, 2002; Новикова, Зотиков, Фенин, 2011; Сухенко, 2013; Бугрей, Мных, 2015; Шурхаева, Фадеева, 2015) отмечено, что по урожайности в благоприятных условиях усатые формы не уступают обычным, а некоторые сорта демонстрируют хорошие показатели и в засушливые годы, что согласуется с результатами, полученными для овощного гороха (Кайгородова, Пронина, Пышная, 2013; Беседин, 2015). Однако, высокий уровень экологической пластичности усатых сортов (Филатова, Браилова, 2016; Коробова и др., 2017) свидетельствует об их чувствительности к изменениям условий выращивания. Ввиду различия адаптивных реакций

безлисточковые и листочковые формы в производственных посевах рекомендуется использоваться как сорта-взаимострахователи (Кондыков, Бобков, 2012).

Не смотря на множество дискуссионных аспектов относительно продуктивности, экологической пластичности, устойчивости к болезням и вредителям растений гороха безлисточкового морфотипа все авторы склоняются к мнению о перспективности дальнейшего изучения и селекционного улучшения этой формы и расширения ее использования в производственных посевах.

### **1.4.3. Формы на основе ростовых мутаций**

*Детерминантный тип роста стебля.* Одним из старейших методов селекции растений можно считать химический мутагенез, вызывающий большое количество точечных мутаций со стабильно закрепленной экспрессией генов в последующих поколениях. Химический мутагенез используют и для сравнительно новых методов «обратной» генетики позволяющей анализировать действие еще не охарактеризованных генов путем их изменения или «отключения» с последующей оценкой фенотипа (Сулема, Жуков, 2015). Растения, получаемые в результате применения химических мутагенов, чаще всего имеют измененную морфологию и легко определяются. В качестве реагентов наиболее часто используют азид натрия, диэтилсульфат (El-Nashar, Asrar, 2016) этилметансульфонат (Sharma et al., 2015; Savant et al., 2016; Khursheedetal., 2017), метилнитрозомочевину (МНУ), этилнитрозомочевину (ЕНУ) (Pereira, Leitão, 2010) и др. В указанных работах описаны мутагены, их концентрация, принцип действия и охарактеризованы полученные мутантные растения, часть из которых рекомендована для последующего вовлечения в селекционные программы. Несмотря на достигнутые успехи, у метода есть существенные недостатки, такие как непредсказуемость результата и сопутствующие нежелательные мутации.

Применение в 1960-е гг. во ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур И.А. Поповой нитрозозэтилмочевины на горохе сорта Свобода 10 овощного использования привело к получению мутантного генотипа, отличающегося от обычного типа ограниченным ростом (Попова, 1975). Последующий генетический анализ выявил моногенный характер наследования данного признака. Обнаружено, что мутация локуса *det* (*Determinate*), вызывающая остановку роста, наследуется совместно с мутацией локуса *r* (*Rugosus*), характеризующей мозговую поверхность семян, и находится в 7 группе сцепления (Волчков, Дрозд, 1986).

Считается, что верхушечное соцветие мутантной формы формируется вследствие раннего отмирания точки роста, и развивается из пазушной меристемы, а не путем преобразования апикальной меристемы в цветок (Singer et al., 1990). Первоначально обычные (WT, см. рис. 2) и *det*-формы проходят сходные этапы преобразования меристемы из вегетативной первого порядка (V1) в генеративную первого порядка (I1), после чего наблюдаются существенные отличия. У мутантной формы формируется 1-2 нормальных пазушных соцветия (I2) заканчивающихся заглушкой и несущих один или несколько цветков (F), далее, собственно вершина развивает характеристики пазушного соцветия (I2), в то время как у дикого типа (WT) меристема соцветия первого порядка (I1) остается индетерминантной. Авторами (Beveridge et al. 2003) выдвинуто предположение о том, что ген *DET* действует непосредственно на апикальную меристему побега, в гомозиготном рецессивном состоянии подавляя развитие меристемы соцветия первого порядка.

Изначальные детерминантные растения были склонны к кущению, с 1-2 продуктивными узлами и с одним-двумя бобами в узле с низкой продуктивностью (Цыганок, 1991). В результате продолжительной селекционной работы на основе мутантной формы были созданы высокоурожайные сорта овощного гороха с детерминантным типом роста стебля, не склонные к кущению, такие как Саламат, Дружный и Крейсер

(Фадеева, Абросимова, 2009; Беседин, 2013; Ушаков и др., 2014), включенные в Государственный реестр селекционных достижений (Сорта растений, включенные ..., 2018). Главной ценностью сортов является дружное созревание бобов.

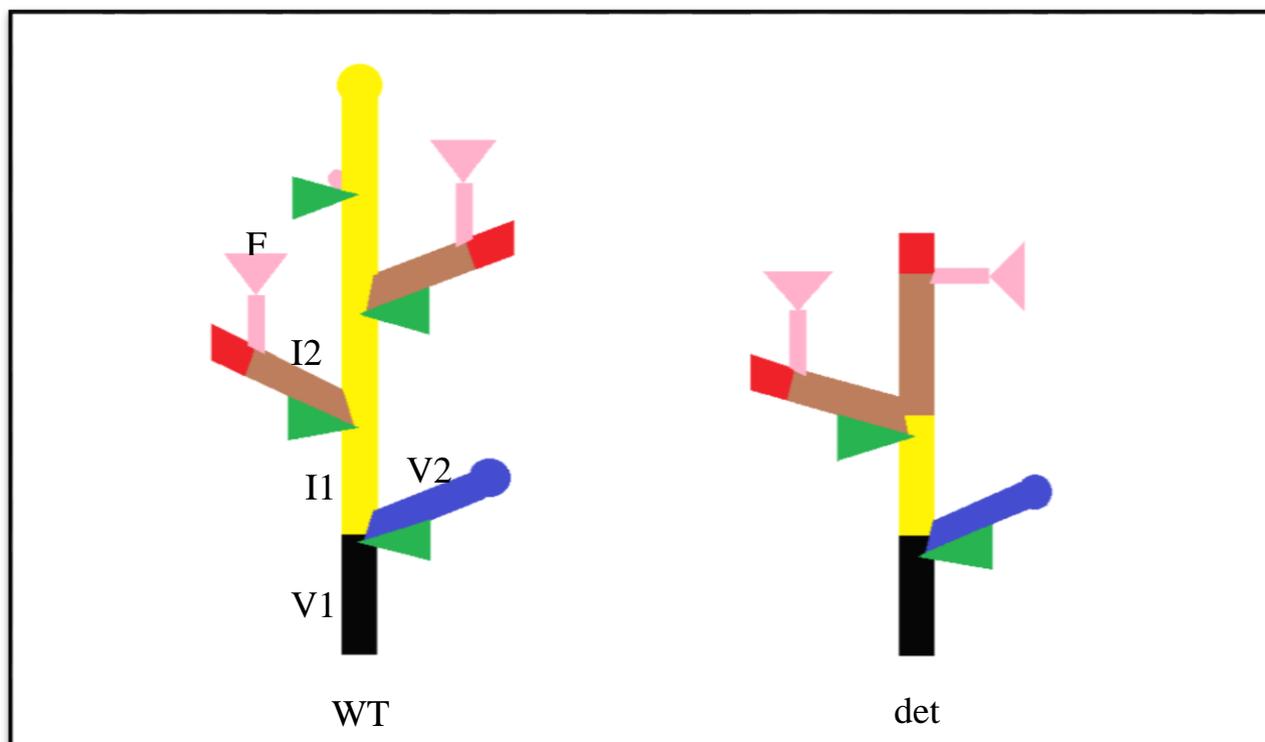


Рисунок 2. Архитектура обычного (WT) и детерминантного (det) типов гороха. Развитие WT начинается с вегетативной меристемы первого порядка (V1; черный), которая инициирует вегетативные пазушные меристемы второго порядка (V2, синий) на каждом узле. В ответ на фотопериод и подвижные сигналы меристема V1 переходит в меристему соцветия первого порядка (I1, желтый). Меристема I1 инициирует пазушную меристему второго порядка (I2, коричневый). I2 меристемы инициируют флоральные меристемы (F; розовые) и заканчиваются в заглушке (красный). Листья обозначены зелеными треугольниками (Beveridge et al., 2003).

*Фасциация стебля.* Используется в селекционных программах и фасциация стебля (разновидность детерминантного типа роста гороха). Мутация вызывает разрастание осевых органов с формированием аномального количества и расположения листьев и цветоносов (рис. 3, Кондыков и др., 2006; Krusell et al. 2011; Синюшин и др., 2016 и др.).

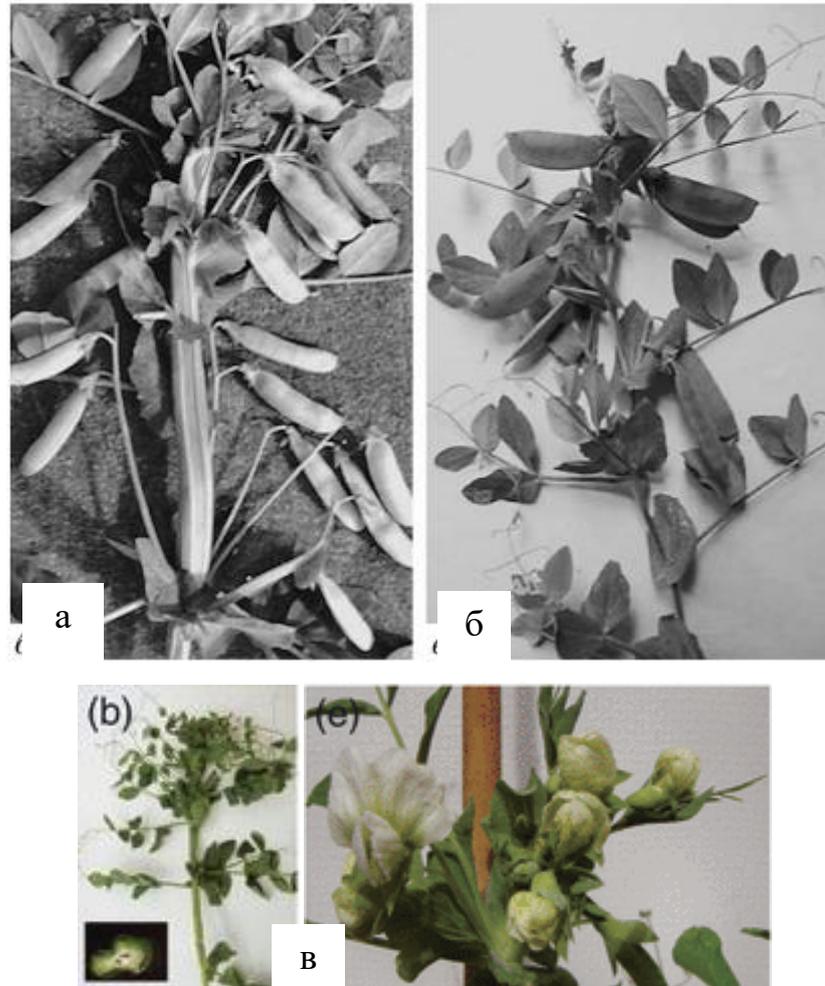


Рисунок 3. Внешний вид некоторых фасциированных форм: а-мутант Штамбовый (*fasfas*), б-*Rosacrone* (*fafa*) (Синюшин, Гостимский, 2008); в-*Pisum sativum* cv. *sym28* мутанты: б-стебель, е-апикальное соцветие (*sym28sym28*, Krusell et al., 2011).

Нарушение в образовании побеговой апикальной меристемы (ПАМ) происходит постепенно. В начале роста ПАМ имеет обычный объем, который в дальнейшем интенсивно увеличивается, приводя к уплощению стебля и нарушению листорасположения. Образующиеся в процессе онтогенеза цветки не отличаются от нормальных (Чуб, Синюшин, 2012). Разрастание побега и конгломерация плодов в верхней части растений приводит к повышению числа проводящих пучков более чем в три раза у фасциированных растений, в сравнении с диким типом, тем самым придавая растениям особый фенотип (рис. 3) (Синюшин, Гостимский, 2008).

Впервые фасциация гороха была описана в 1597 году Жерардом, а собственно символы *Fa* и *fa* предложены в 1917 году Уайтом. Ранние исследования предполагали моногенный характер наследования признака. Позже Лампрехтом выдвинуто предположение о наличии второго гена обозначенного *FAS* (Хангильдин, 1975). Изучение К.К. Сидоровой в 70-е годы аллелизма индуцированных мутаций у гороха различных направлений использования позволило обнаружить, что овощной горох менее мутабелен, а многие проявляющиеся мутации у разных форм и сортов гороха сходны по фенотипу. Однако этот факт еще не гарантирует их общую генетическую основу, которая может быть моно- или полигенной (Сидорова, 1970; 1981). В работе не обнаружено фасциированных мутантов овощного гороха сортов Ползунок и Скороспелый мозговой. Они были у сортов гороха других направлений использования, и по данным анализа на аллелизм выдвинуто предположение, что фасциация контролируется не только локусами *Fa*, *fa* и *Fas*, *fas*, вероятно есть и другие, в том числе гены-модификаторы. А.А. Синюшиным и С.А. Гостимским (2008) проведено исследование действия генов *FA*, *FAS* и показано, что они взаимодействуют по типу рецессивного эпистаза и контролируют последовательные этапы специализации апикальной меристемы при активности на более ранней стадии гена *FAS*. Для мутации *fa* подтверждена зависимость интенсивности проявления фенотипа от условий внешней среды, отмечено, что ослаблению проявления фасциации способствуют жаркие условия теплицы и водный дефицит открытого грунта. При помощи ДНК-маркеров, обнаружена локализация гена *FAS* в III группе сцепления и *SYM28* в V. Известно также, что гены *SYM28* и *NOD4*, контролирующие нодуляцию (Sagan, Duc, 1996; Сидорова и др., 2005; Krusell et al., 2011), регулируют и активность апикальной меристемы побега. Таким образом, в настоящее время известно 4 не аллельных гена фасциации у гороха: *FA*, *FAS*, *SYM28*, *NOD4*, предполагается наличие и других (Синюшин, 2010).

Литературные данные по продуктивности фасциированных форм не однозначны. «Штамбовый мутант», описанный в работе И.А. Поповой (1975), с

большим числом бобов и низким процентом завязываемости семян менее урожайный, чем исходная форма. В то время, как продуктивность сорта Штамбовый, созданного в МГУ на основе сорта Немчиновский, была на уровне контроля с индетерминантным типом роста стебля (Синюшин, 2010). В той же работе отмечено отсутствие различий между мутантной и дикой формой по признаку полегаемости. Другие авторы (Макашева, 1979; Кондыков и др., 2006; Беседин, 2015) напротив, считают, что основным отрицательным свойством фасцированных форм является высокая степень их полегания из-за особенности строения стебля (узкий у основания и расширяющийся к верхней части) и большой плодовой нагрузки в верхней части.

Естественные и индуцированные мутанты гороха являются результатами пребридинговой селекции, позволяющими значительно улучшить и обогатить имеющийся генофонд по конкретным ценным признакам, будь то повышенная нодуляция, устойчивость к фитострессам и полеганию, или оптимизация элементов структуры урожайности. Ввиду особой ценности и перспективности использования мутантов, становится актуальным полное и всестороннее их изучение, в сравнении с диким типом, в конкретных агроэкологических условиях для повышения качества селекционной работы.

### **1.5. Фотосинтетическая деятельность растений гороха обычного и безлисточкового морфотипов**

Создание современных рекомбинантных генотипов должно основываться на предварительном изучении комплекса придаваемых им признаков, в том числе физиологических. Общеизвестно, что важнейшим процессом в растительном организме является фотосинтез, основная часть которого протекает в листовом аппарате, и контролируется генами ядра и хлоропластов. Самый сложный и фундаментальный процесс в растении зависит, в том числе, от воздействия внешних факторов таких как, температура воздуха, длительное подтопление, засоленность, засуха, затенение. Морфологическое изменение

главного фотосинтезирующего органа также может привести к дестабилизации продукционных процессов.

### **1.5.1 Фотосинтез и его зависимость от воздействия внешних факторов**

Механизм фотосинтеза включает в себя фотосинтетические пигменты и фотосистемы, систему переноса электронов и  $\text{CO}_2$  восстановительных путей. Ввиду сложности и многокомпонентности описанных явлений влияние негативных стресс-факторов на любом уровне приводит к снижению общей фотосинтезирующей способности зеленого растения (Ashraf, Harris, 2013).

*Термический стресс* у растений гороха приводит к снижению синтеза белков, регулирующих фотосинтез (биосинтез хлорофилла), а также торможению импорта пластических белков, необходимых для замены нарушенных, которые кодируются ядерным геномом. В лабораторных условиях процесс становится необратимым при воздействии температурой  $40^\circ\text{C}$  в течение 48 час (Dutta, Mohanty, Tripathy, 2009). Кратковременное (30 мин) воздействие очень высоких температур (более  $50^\circ\text{C}$ ) приводит к снижению транспирации, замедлению роста стебля и корней (Sukhov et al., 2015). Последствия от воздействия температур, не превышающих  $35^\circ\text{C}$ , нивелируются с возвращением растений к оптимальным условиям, при которых происходит восстановление систем фотосинтеза (Haldimann, Feller, 2005).

При длительном *тумане* у растений гороха наступает значительное снижение ассимиляции  $\text{CO}_2$  и увеличение устьичной проводимости (Hanba, Moriya, Kimura, 2004).

Стресс от умеренного *дефицита воды* (водный потенциал  $-1,3$  МПа) провоцирует снижение активности фотосинтеза на 75%, но без изменения пигментов, сильный дефицит воды ( $-1,9$  МПа) почти полностью ингибирует фотосинтез и вызывает повреждение фотосинтетического аппарата. У растений гороха снижаются устьичная проводимость и транспирация (Iturbe-Ormaetxe et al., 1998). В полевых условиях показано, что в засушливые годы наблюдается снижение накопления органического вещества и площади фотосинтетической

поверхности листового аппарата (Бугрей, Мных, 2015). В целом, недостаток воды приводит к закрытию устьиц, повышению концентрации углерода и приостановке роста растений (Muller et al., 2011). С увеличением доступной влаги в почве у растений гороха овощного использования происходит увеличение площади листовой поверхности и чистой продуктивности фотосинтеза, наиболее оптимальное соотношение повышения ЧПФ и урожайности зеленого горошка получено при влажности почвы 50-70% (Самарин, Самарина, 1983).

### **1.5.2 Влияние листовой мутации *Afila (afaf)* на элементы фотосинтеза и продуктивность**

Большой интерес представляют данные по изучению изогенных линий сорта New Line Early Perfection (NLEP) традиционного и безлисточкового морфотипа, полученных путем шестикратного беккрасса, повышающего выровненность генотипического фона (Коф и др., 2006). На примере линий показано, что в период вегетативного роста до образования 11-го метамера (настоящего листа), растения безлисточкового морфотипа уступают дикому типу по площади листьев, суммарной сухой массе листьев, побега и корней. При дальнейшем развитии различия между мутантным и диким типом становятся менее выраженными (Ооржак, 2010). В той же работе отмечено, что отсутствие листочков у афильной формы компенсируется большей величиной массы и поверхностной площади прилистников и усов. Несмотря на существенные морфологические различия листового аппарата мутантного и обычного морфотипов, к концу вегетации продуктивность растений оказывается практически одинаковой, а влияния на нее соотношения частей листового аппарата (лист/ прилистник) не обнаруживается. По мнению авторов, отчасти это связано с более благоприятными инсоляционными условиями ценоза и устойчивостью к полеганию усатых форм. Данные результаты согласуются с ранее полученными (Goldman, Critton, 1992) на изогенных линиях у трех разных исходных сортов гороха. В работах также отмечено

влияние генетического фона, высоко продуктивные сорта гороха в потомстве дают высоко продуктивные линии усатого и обычного морфотипов.

Большое значение в обеспечении продуктами фотосинтеза корневой системы и всего растения гороха имеют прилистники. До фазы цветения питание корневой системы и узлов происходит в основном из нижних листьев, в дальнейшем наблюдается отток ассимилятов и из верхних, при этом больший вклад в снабжение фотоассимилятами вносят прилистники (Bertholdsson, 1990). Также показано, что в процессе онтогенеза отмирание листочков и прилистников у растений обычного морфотипа происходит быстрее, чем у безлисточкового (Тедеева, Оказова, 2016). Отсутствие листочков у усатых форм нивелируется рациональным распределением ассимилятов, активностью фотосинтетических процессов, величиной прилистников и более длительным функционированием усиков. Потенциально усатые формы могут не уступать и даже превосходить традиционные по продуктивности и фотосинтетической активности листового аппарата.

Сведения по сравнению сортов с обычным и усатым типом листа по фотосинтетической реакции на влияние внешних стрессоров в литературе немногочисленны. Воздействие температурой 4°C в течение 24 час на растения гороха изучаемых морфотипов вызвало обратимое уменьшение фотосинтетической активности, при возвращении сортов в оптимальные условия (температура 23°C) все последствия стресса проходили. Реакция на высокую температуру (38°C) оказалась неодинаковой, через 48 час воздействия фактора обнаружены сильные повреждения у сорта с обычным типом листа, тогда как у безлисточкового подобные повреждения наступили через 72 час (Georgieva, Lichtenthaler, 2006). Таким образом, усатый сорт оказался более устойчивым к гипертермии.

Примером сравнительной оценки сортов овощного гороха с обычным, усатым, акациевидным и многократнотенарноперистым типами листа по комплексу признаков является исследование, проведенное в 1990 г. (Самарин, Самарина, 1990). В работе рассматривали по одному сорту каждого морфотипа

и учитывали следующие параметры: накопление сухого вещества, хозяйственный коэффициент, плодовую нагрузку. Результаты исследования свидетельствовали о том, что оптимальным для условий Краснодарского края было производство сортов с обычным типом листа. В дальнейшем такого рода исследования для овощного гороха не проводили.

*Оптимизация биоэнергетических процессов.* В течение продолжительной селекции у растений гороха произошли значительные изменения, в частности, уменьшение фотосинтезирующей поверхности высоко продуктивных сортов, компенсируемое повышением фотосинтетической активности листьев. Фотосинтетический потенциал и содержание хлорофилла понизились на 30-50%, тогда как чистая продуктивность фотосинтеза и удельная поверхностная плотность листьев повысились на 40%. У современных сортов наибольшая фотосинтетическая активность листового аппарата наблюдается в период от бутонизации до фазы технической спелости, в то время как у стародавних сортов она снижается уже к периоду массового цветения (Амелин, Лаханов, 1992; Амелин, 2016). Современные генотипы гороха биоэнергетически более эффективны, в сравнении со стародавними сортами, так как способны формировать высокий урожай при сравнительно небольшой площади ассимиляционной поверхности листового аппарата. Что делает задачу по изучению современных сортов овощного гороха особенно актуальной.

Полагают (Амелин, 2012), что практически любой морфогенотип культуры потенциально может рассматриваться в виде перспективного материала для селекции, однако эффективность выбранного направления в каждом случае будет различна, так как компенсаторные механизмы имеют определенные рамки действия. В контексте нашего исследования это можно трактовать как необходимость изучения потенциала фотосинтетической активности сортов с разными морфотипами листа и его вклада в продуктивность растений овощного гороха в конкретных условиях.

Подытоживая обзор литературы по генофонду овощного гороха, его биологическим особенностям и направлениям работы с ним, можно заключить,

что это ценная культура, которая должна быть обязательным ингредиентом питания населения. В целях создания современных конкурентноспособных урожайных сортов с высоким качеством продукции необходимо внедрение в селекционный процесс новых форм гороха, отличающихся по морфобиологическим, физиологическим признакам и адаптивным свойствам. Поскольку основное производство овощного гороха для консервной промышленности в России сосредоточено именно в южном регионе, изучение овощных сортов в условиях Краснодарского края особенно актуально.

## ГЛАВА 2. Материал, методы и условия проведения исследований

### 2.1. Объекты и методы исследований

*Изучение коллекционного и селекционного материала.* Исследование проводили в 2013-2014 годах. Изучено 522 образца гороха, из них в первый год высеяно 309, во второй – 213. Материалом для изучения служили образцы из коллекции ВИР, происходящие из 54 стран мира, селекционный материал Крымской станции и мутантные формы. За стандарты принимали районированные для данной зоны возделывания сорта: Альфа 2, Беркут, Адагумский, Исток. Посев осуществлялся вручную 3-го апреля, площадь делянки составляла 1,5м<sup>2</sup>, схема посева 10×15см. Высевали по 100 штук семян каждого сортообразца, через 20 образцов сеяли стандарт.

Описание растений проводили по таким морфологическим признакам семян как тип и форма, стебля – тип роста, листа – тип и окраска, боба – тип, окраска, форма и верхушка. При фенологических наблюдениях отмечали даты начала (когда 10% растений находится в данной фазе) и полного (75 %) наступления следующих фаз: всходы, цветение, техническая спелость.

*Выделение источников ценных признаков.* В 2015-2016 годах изучили 39 образцов, выделенных из основного изучаемого в 2012-13 гг. массива. (табл. 2). В выборку входили современные сорта, перспективные линии и мутантные формы, происходящие из шести стран мира: России (18 шт.), Нидерландов (16), Германии (2), Бельгии (1), США (1), Турции (1). Все исследуемые образцы имели мозговые (морщинистые) семена, что свидетельствует о наличии в генотипе рецессивной аллели *r* в гомозиготном состоянии. Из 39 изученных образцов 9 были безлисточкового морфотипа (усатые), три – гомозиготами по аллелю *det*, контролирующему ограниченный (детерминантный) тип роста стебля и оригинальная фасциированная форма «Спонтанный мутант из Беркута». Генотипы этих образцов по интересующим нас аллелям были известны из родословных сортов, имеющих на Крымской станции, и из литературы.

Образцы высевали сеялкой СКС-6-10 с междурядьем 15 см на глубину 5 – 6 см. 27 марта в 2015 году и 29 марта в 2016 г., площадь делянки 10 м<sup>2</sup>. За стандарты были приняты сорта овощного гороха селекции Крымская ОСС ВИР, районированные для данной зоны: в группе очень ранних Прима (St-1), раннеспелых – Альфа 2 (St-2), среднеранних – Беркут (St-3), среднеспелых – Адагумский (St-4), среднепоздних – Исток (St-5).

Таблица 2. Сорта, линии и мутантные формы гороха овощного использования (*Pisum sativum* L.), изученные в 2015-2016 гг.

№	Номер каталога ВИР	Название	Страна происхождения	Фенотип	Год включения в Госреестр
1	к-9349	Г-9349/5	Россия	традиционный	-
2	к-9656	Увертюра	Бельгия	традиционный	2009
3	к-9811	Салинеро	Нидерланды	традиционный	-
4	и-о148158	Асана	Нидерланды	традиционный	2011
5	и-о155213	Прима (St-1)	Россия	традиционный	2016
6	к-9814	Стайл	США	безлисточковый	2011
7	и-630921	Карина	Нидерланды	традиционный	2006
8	к-9812	Хезбана	Нидерланды	безлисточковый	2011
9	к-9813	Винко	Нидерланды	традиционный	2011
10	к-7071	Альфа 2 (St-2)	Россия	традиционный	2011
11	и-630922	Олинда	Нидерланды	традиционный	2016
12	к-9424	Кудесник 2 (Г-9424/7)	Россия	традиционный	2018
13	к-9730	Гропеса	Нидерланды	безлисточковый	-
14	-	Г-305/28	Россия	традиционный	-
15	к-9728	СВ0987ЮЦ	Нидерланды	традиционный	2016
16	и-о148165	Грюнди	Нидерланды	традиционный	2011
17	к-9815	Муцио	Нидерланды	традиционный	2011
18	к-8856	Беркут (St-3)	Россия	традиционный	2002
19	к-9816	Эштон	Нидерланды	традиционный	2011
20	к-9817	Дьюранго	Нидерланды	традиционный	2011
21	к-9352	Веста	Россия	традиционный	2009
22	к-9818	Ресал	Нидерланды	традиционный	2011
23	и-о148177	Донана	Нидерланды	безлисточковый	2010
24	к-9820	Бинго	Нидерланды	безлисточковый	2011
25	к-9819	Омега	Турция	традиционный	2011
26	к-9351	Дружный	Россия	детерминантный	2010
27	-	Спонтанный мутант	Россия	фасциированный	-
28	-	Г-388/45	Россия	традиционный	-

Продолжение таблицы 2

29	к-9821	Рейньер	Германия	традиционный	2010
30	и-о148179	Амбассадор	Германия	традиционный	2010
31	к-7071	Адагумский (St-4)	Россия	традиционный	1980
32	-	Г-349/442	Россия	безлисточковый, детерминантный	-
33	к-9350	Парус	Россия	безлисточковый	2009
34	-	Г-344/16	Россия	традиционный	-
35	и-о148180	Бугана	Нидерланды	безлисточковый	2009
36	-	Г-387	Россия	безлисточковый, детерминантный	-
37	-	Г-359/58	Россия	традиционный	-
38	к-9449	Красавчик	Россия	традиционный	2011
39	к-9353	Исток (St-5)	Россия	традиционный	2005

Фенологические, морфологические и биометрические параметры оценивали в соответствии с методическими указаниями по изучению зернобобовых культур (Коллекция мировых генетических ресурсов ..., 2010). Определяли продолжительность межфазных периодов: всходы-цветение, цветение-техническая спелость, всходы-техническая спелость. Используя метод k-средних (k-means clustering) кластерного анализа проводили объединение сортов по группам спелости.

В фазу технической спелости измеряли следующие биометрические параметры: высота растения (от корневой шейки до верхушечной точки роста), высота прикрепления нижнего боба, число узлов (продуктивных, непродуктивных и общее), число бобов (на цветоносе, растении и выполненных), длина и ширина боба, число зерен в бобе и на растении. Описание междоузлий и бобов проводили на уровне первого продуктивного узла. Массу 1000 семян считали в фазу биологической зрелости.

Продуктивность растений (г/раст.) определяли расчетным методом. В фазу технической спелости собирали учетные снопы из 15 растений. Бобы с растений в снопах обмолачивали вручную, после чего взвешивали массу полученного зеленого горошка. Далее по пропорции находили массу зерна с одного растения в граммах.

Содержание крахмала и амилозы в крахмале биологически зрелых семян овощного гороха определяли в лаборатории физиологии и биохимии Всероссийского научного исследовательского института зернобобовых и крупяных культур, город Орел, Орловской области. Данное исследование поддержано грантом РФФИ № 16-34-50241. Проводилось под руководством Бобкова Сергея Васильевича.

Содержание крахмала (%) определяли поляриметрическим методом Эверса (Ермаков и др., 1987) в оригинальной модификации. Принцип метода состоит в гидролизе крахмала в растворе соляной кислоты и определении в гидролизате угла вращения.

Определение содержания амилозы в крахмале (%) проводили фотоэлектроколориметрическим методом (Juliano, 1971; Ермаков и др., 1987) в оригинальной модификации по оптической плотности при 670 нм окрашенного йодом гидролизата крахмала.

Для анализа изменчивости количественных признаков и описания выборок использовали следующие статистические характеристики (Халафян, 2007): средняя арифметическая ( $\text{mean}$  и  $x_{\text{cp}}$ ), стандартное отклонение (Std.dev.SD), стандартная ошибка среднего (Std.eir.of mean, SEM), доверительный интервал (Conf. Interval,  $\text{mean} \pm 0,95$  Conf. Interval), коэффициент вариации (V, %). Коэффициент вариации является относительным показателем изменчивости. Изменчивость считают незначительной, если коэффициент вариации не превышает 10 %, средней, если V выше 10 %, но менее 20 %, и значительной, если коэффициент вариации более 20 % (Доспехов, 1979). Для определения взаимосвязи продуктивности, биохимических показателей, биометрических признаков и продолжительности межфазных периодов использовали корреляционный анализ.

При сравнении средних значений применяли критерий Стьюдента (t-test). Ценные генотипы с низким содержанием крахмала в семенах и высоким амилозы в крахмале выделяли на основании результатов дисперсионного анализа (ANOVA) с использованием критерия наименьшей значимости

(LSDtest, Халафян, 2007). Для математической обработки данных использовали пакеты программ Statistica 10 и Microsoft Office Excel.

***Сравнение растений овощного гороха традиционного и безлисточкового морфотипа по комплексу признаков.*** Данное исследование проводили с 2014 по 2016 год. Объектами выступали сорта и линии овощного гороха, 12 с обычным типом листа и 5 с усатым. Подбор сортов для изучения осуществляли таким образом, чтобы были представлены сорта традиционного и безлисточкового морфотипа сходные по срокам прохождения фенологических фаз. Образцы для изучения высевали механизировано, как в предыдущем опыте, 1 апреля в 2014 году, 27 марта в 2015 и 29 марта в 2016, площадь делянки 10 м<sup>2</sup>. Учетная площадь составила 0,25 м<sup>2</sup>, повторность опыта трехкратная, стандарты те же.

Чистую продуктивность фотосинтеза (г/м<sup>2</sup> в сутки) определяли по методике А.А. Ничипоровича и др. (Фотосинтетическая деятельность растений в посевах, 1961). Сбор проб проводили в фазы: 2-3 листа, цветение и техническая спелость.

Растения каждого сорта срезали с учетной площади в трехкратной повторности. Взвешивали общую надземную биомассу. Затем растения разделяли на осевые органы (стебель и цветоносы), листья, прилистники, «лопатки», створки боба и зеленый горошек (недозрелое зерно). Все фракции взвешивали отдельно. Далее все части растений измельчали и высушивали до постоянной сухой массы, снова взвешивали. Суммируя сухую массу частей растений, получали общее сухое вещество.

Площадь листьев и прилистников определяли при помощи программы «AreaS» и методики А.Н. Пермякова и др. (2009). Для этого до сушки растений листья и прилистники сканировали в двухцветном режиме (черно-белый) на сканере HP F300 с сохранением изображения, которое затем обрабатывали в программе «AreaS», определяя площадь проекций органов.

Чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) рассчитывали по формуле:

$$\Phi_{\text{ч.пр}} = (B_2 - B_1) \div ((L_1 + L_2) \div 2) \times T, \text{ г/м}^2 \text{ в сутки}$$

где  $\Phi_{\text{ч.пр}}$  – чистая продуктивность фотосинтеза, обозначающая число граммов общей сухой массы, образуемой 1 м<sup>2</sup> площади листьев в среднем в течение дня за промежуток времени – T;  $B_1$  и  $B_2$  – вес сухой массы растений в начале и в конце учитываемого периода;  $L_1$  и  $L_2$  – площадь листового аппарата растений с той же площади посева в начале и в конце того же промежутка времени;  $(L_1 + L_2) \div 2$  – средняя площадь листьев.

Распределение сухих веществ в надземной биомассе растений (%), демонстрирующее количество сухих веществ, приходящееся на каждый орган от общего их содержания в надземной части растений, определяли следующим образом. В фазу технической спелости учитывали общее содержание сухих веществ (надземной биомассы) и частное (осевые органы, листовой аппарат (лист + прилистник), «лопатки», створки боба, зерно). Общее содержание сухих веществ принимали за 100 %, а частный процент определяли по пропорции.

Урожайность зеленого горошка (кг/м<sup>2</sup>), как выход хозяйственно-ценной продукции с единицы площади, учитывали путем взвешивания вылущенного зеленого горошка в фазу технической спелости.

Продуктивность единицы листового аппарата (кг/м<sup>2</sup> листьев), показывающую массу зеленого горошка, формируемую 1 м<sup>2</sup> листового аппарата, определяли, как отношение массы хозяйственно ценной части к площади листового аппарата в фазу технической спелости (Коняев, 1978).

Для определения адаптивной способности и стабильности генотипов применяли методику, описанную А.В. Кильчевским и Л.В. Хотылевой (1985). На первом этапе проводили двухфакторный дисперсионный анализ (Доспехов, 1979) для выявления доли влияния генотипа (фактор А), среды (фактор В) и взаимодействия факторов (А×В) на результирующий признак. Далее по формулам определяли общую адаптивную способность генотипа (ОАС<sub>г</sub>) характеризующую среднее значение признака в совокупности сред. Вычисляли специфическую адаптивную способность (САС<sub>г</sub>) и относительную стабильность (S<sub>gi</sub>) – описывающих способность генотипа в различных условиях поддерживать определенное значение признака. Оценку экологической

пластичности генотипа проводили согласно показателя коэффициента регрессии генотипа на среду ( $b_i$ ), при  $b_i \rightarrow 0$  реакция генотипа на изменение условий незначительная, при  $b_i$  близком к единице сорт считается пластичным, при  $b_i < 1$  пластичность выше средней, а сорт очень отзывчив на изменения условий выращивания (Пакудин, Лопатина, 1984). Выделение сортов с высоким и стабильным по годам значением признака проводили на основании показателя селекционной ценности генотипа ( $СЦГ_i$ ), чем выше его значение, тем выше значимость генотипа.

## **2.2. Агроклиматические условия проведения исследований**

Полевые опыты закладывали на селекционных участках филиала Крымская опытно-селекционная станция ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (до 2015 г. Крымская опытно-селекционная станция Северо-Кавказского зонального научного исследовательского института садоводства и виноградарства), расположенной на высоте 35 м над уровнем моря в Западной части предгорной зоны Краснодарского края.

Территория станции входит в третий агроклиматический район края. Среднегодовая температура воздуха в Крымском районе положительная и по многолетним данным находится на уровне  $+10,6$  °С. Зимний период короткий без устойчивого снежного покрова. Уже с III декады марта дневные температуры воздуха превышают  $5$  °С, а со II декады апреля  $10$  °С. Вероятность весеннего понижения температур до отрицательных значений проходит после 10 мая. Большую часть года (195-210 дней) среднесуточная температура воздуха превышает  $10$  °С. Сумма осадков на территории района достигает 600 мм в год. Однако, в летний период особенно в июле-августе практически каждый год наблюдаются засушливые периоды, которые прерываются ливневыми дождями с интенсивностью более 20 мм. Ввиду плохих физических свойств почв это приводит к заболачиванию, нарушению аэрации и, как следствие, угнетению растений. Температура воздуха в летний период часто

превышает 35°C. Наступление первых заморозков возможно в конце сентября, а устойчивое понижение температур наблюдается с середины октября. Данные климатические условия позволяют выращивать в Крымском районе большинство овощных культур в открытом грунте с применением орошения.

Из овощных культур горох одна из наименее требовательных к теплу. Его производственные посевы начинаются с «февральских окон» и продолжаются до II декады апреля. Более поздние сроки сева не рекомендуются, так как повышается риск воздействия засухи на растения гороха в период вегетации «цветение-плодоношение». По средним многолетним данным среднесуточная температура воздуха, за вегетационный период гороха, составляет +17,6°C, сумма осадков – 202 мм. Данные значения являются приемлемыми для роста и развития растений гороха.

Почвы селекционного участка Крымской ОСС - слитые и деградированные черноземы глинистого механического состава. Предшествующими культурами гороха были: в 2013 г. – патиссон, в 2014 г. – кабачок, в 2015 и 2016 гг. – томат. Предпосевная обработка почвы, посев и последующие механизированные работы были стандартными для культуры (табл. 3). В период вегетации растений гороха обработки химическими препаратами и подкормки минеральными удобрениями не проводились. Ликвидация сорной растительности осуществлялась вручную.

Таблица 3. Календарные сроки механизированных работ

Наименование работ	Описание хода работы, марка агрегата	Сроки выполнения
Вспашка зяби	На глубину 27-30 см., плугом ПГ-5-35	ноябрь
Первая культивация	Осуществляется на глубину 15 см, по диагонали участка, культиватором КПС-4	середина февраля
Предпосевная культивация	Осуществляется на глубину 15 см, проводится перпендикулярно к первой культивации	конец марта
Посев	Селекционной сеялкой, на глубину 5-6 см., с междурядьем 15 см., СКС-6-10	конец марта-начало апреля
Полив	Поливная норма 250 м <sup>3</sup> на га, ДДА-100МА	начало мая
Уборка	Комбайном селекционным САМПО-130	июль
Лушение	Измельчение пожнивных остатков дисковым лушительником, ЛДГ-10А	август

Погодные условия в период вегетации овощного гороха в годы проведения исследований с 2013 по 2016 были очень разными (рис.4, приложение 1). Для характеристики погодных условий в межфазные периоды развития растений использовали гидротермический коэффициент (ГТК), выражающий соотношение суммы осадков к сумме активных температур выше 10°C (приложение 2).

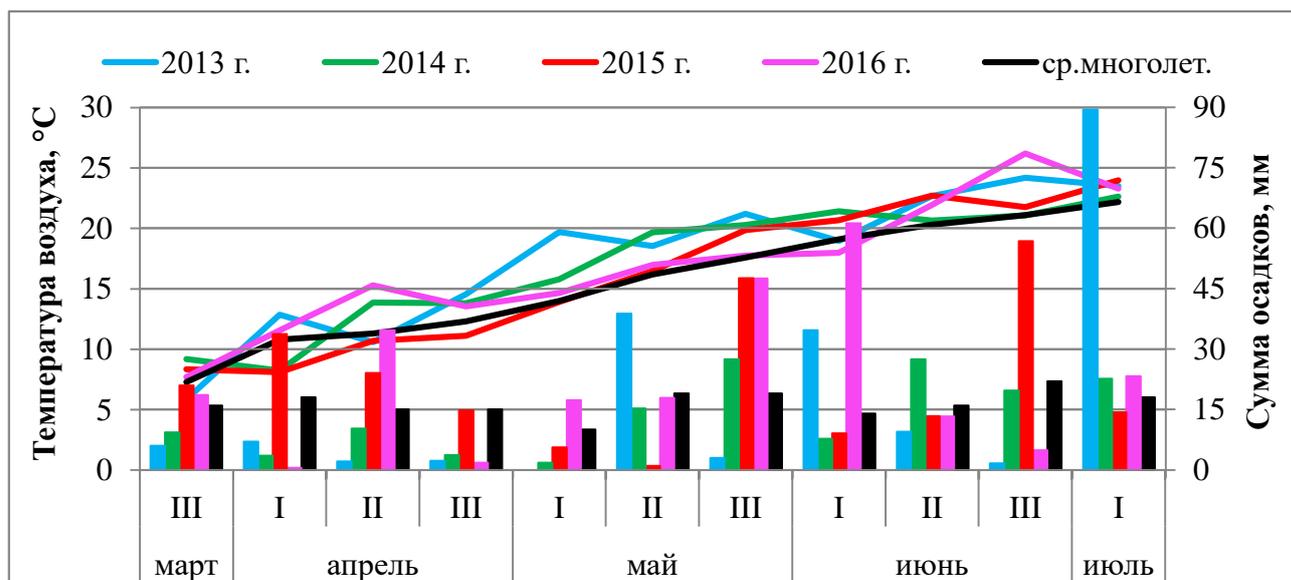


Рисунок 4. Погодные условия в период вегетации гороха, 2013 – 2016 гг.

В 2013 г. после посева овощного гороха 1 апреля и до появления всходов 17 апреля гидротермические условия характеризовались, как значительно засушливые (ГТК=0,60). Большая часть периода всходы-цветение также проходила в условиях сильной засухи, особенно у сортов очень раннего срока созревания (ГТК от 0,32 до 0,39), в связи с чем провели полив, после которого 14 мая прошел ливневый дождь с градом, повредивший вегетирующие растения гороха (рис. 5). Далее, в период от цветения до начала технической спелости, осадки почти не выпадали. В начале июня прошли дожди, после которых опять начался засушливый период, что привело к угнетению растений, сильному поражению их болезнями, и снижению репродуктивной способности. Погодные условия, в период развития растений гороха «всходы-техническая спелость»,

для сортов очень ранней группы спелости были сильно засушливыми (ГТК=0,27, табл. 4), тогда как для остальных групп умеренно засушливыми (ГТК от 0,77 до 0,94, приложение 2).

2014 г. отличался неравномерностью выпадавших осадков. От посева до появления массовых всходов гороха условия сложились благоприятные (ГТК=0,93). После появления всходов и до фазы цветения растений гороха осадков практически не было, по этой причине провели полив. Далее, вплоть до уборки осадки выпадали более равномерно и в достаточном количестве, а среднесуточные температуры превышали среднеголетние показатели. Сложившиеся погодные условия были более благоприятные, чем в 2013 году, для роста и развития растений гороха овощного использования, особенно очень раннего и раннего сроков созревания (ГТК от 0,94 до 0,99).



Рисунок 5. Повреждения растений овощного гороха градом, май 2013 год (фото Путиной О.В.)

Отличительной особенностью 2015 г. являлось чередование переувлажненных и засушливых периодов. От посева и до появления массовых всходов гороха ГТК составил 7,9 (при оптимальном 1,0-1,5). Но после 21 апреля почти 40 дней осадков практически не выпадало. Активный вегетативный рост и формирование генеративной части у большинства образцов пришлось на период засухи. В таких же условиях проходила большая часть периода налива бобов у растений овощного гороха очень раннего срока созревания (на 6-9 дней раньше Альфа 2, St-1). 31 мая выпало 45,5 мм осадков, в результате чего налив бобов у растений гороха последующих групп спелости проходил в условиях достаточного увлажнения. Следует отметить, что интенсивные осадки (более 20 мм) усваиваются растениями не полностью. В целом, согласно показателю ГТК (1,75-1,24), вегетационный период гороха в 2015 году проходил в условиях умеренного и достаточного увлажнения (табл. 4).

Таблица 4. Характеристика погодных условий в период вегетации овощного гороха от всходов до технической спелости, 2013 – 2016 гг.

Год	Сумма активных температур выше 10 °С	Сумма осадков, мм.	ГТК (очень ранних - среднепоздних)	Характеристика
2013	753,1 – 1171,1	20,2 – 98,4	0,27 – 0,84	сильная засуха – умеренная засуха
2014	786,8 – 1291,4	78,0 – 125,4	0,99 – 0,97	умеренная засуха
2015	677,1 – 1138,1	118,4 – 140,6	1,75 – 1,24	достаточное – умеренное увлажнение
2016	763,2 – 1252,2	88,4 – 164,5	1,16 – 1,31	умеренное увлажнение

В 2016 г. после посева и до появления массовых всходов выпало 33,6 мм осадков, ГТК составил 2,43 (приложение 2). Период от всходов до массового цветения у образцов очень раннего, раннего, среднераннего и среднеспелого сроков созревания проходил в условиях умеренной засухи (ГТК от 0,65 до 0,82), а для среднепоздних ГТК соответствовал умеренному значению 1,18. Далее, в период налива бобов и до наступления фазы технической спелости

выпало большое количество осадков, спровоцировавших рост грибной инфекции и угнетение растений, в большей степени, от которых пострадали образцы среднеранней и среднепоздней групп спелости. Гидротермический коэффициент в этот период варьировал в пределах от 1,64 до 2,55. В период вегетации овощного гороха от всходов до наступления фазы технической спелости для большинства образцов сложились условия с достаточным увлажнением (ГТК от 1,16 до 1,31, табл. 4).

Контрастные погодные условия, сложившиеся в годы исследований, позволили провести более объективную оценку исходного материала овощного гороха и выделить стабильные генотипы по основным селекционно значимым признакам.

В тексте используются следующие сокращения и термины: морфотипы отмечены как «об.л.» – обычный тип листа (традиционный морфотип), «ус.л.» – усатый тип листа (безлисточковый); «ДТР» детерминантный тип роста стебля; «ДТРФ» растения сочетающие детерминантный тип роста стебля и фасциацию; «лопатка» - плоский боб с семязачатками в стадии «зеленая лопатка»; «зерно» - семя гороха овощного в фазу молочной спелости; ЛА - листовой аппарат (лист + прилистник); «осевые органы» - стебли и цветоносы.

### **ГЛАВА 3. Изучение исходного материала овощного гороха**

При создании новых сортов гороха основным источником исходного материала является мировая коллекция генетических ресурсов ВИР. В ней сосредоточено большое разнообразие культурных растений и их диких родичей, позволяющее выявлять продуктивный и адаптивный потенциал генофонда, в том числе и образцов овощного гороха.

#### **3.1. Выделение коллекционных и селекционных образцов по комплексу морфологических признаков**

Подбор исходного материала для селекции овощного гороха по особо ценным морфологическим признакам проводили на разных этапах онтогенеза. Изучаемая выборка состояла из 522 образцов (табл. 5) различного эколого-географического происхождения. Из нее нужно было отобрать образцы с комплексом признаков, актуальных для селекции современных сортов овощного гороха. Их перечень приведен в табл. 5.

В период предпосевной подготовки отбирали образцы, имеющие зеленые мозговые семена. Сорта гороха с морщинистой (мозговой) поверхностью семян, в сравнении с округлосемянными, содержат больше сахара и меньше крахмала в зерне в фазу технической спелости (Самарина, 1971; Bhattacharyya et al., 1990), и медленнее перезревают (Дрозд, 1956). В крахмале таких семян высокий процент содержания амилозы (до 85%), благодаря чему в развивающихся эмбрионах замедляется переход сахара в крахмал, зерно дольше сохраняет свои высокие потребительские качества, а полученные из него консервы и замороженный продукт соответствуют высшему сорту (Дрозд, Самарина, Швецов, 1968).

Яркость и насыщенность зеленого оттенка семядолей также важные признаки для консервной промышленности (Nleya, Minnaar de Kock, 2014). Интенсивно окрашенное зерно практически не теряет пигменты при созревании и переработке, следовательно, продолжительное время имеет товарный вид

благодаря высокому содержанию хлорофилла, каротиноидов и фенольных соединений (Cheng, McPhee, Baik, 2004; Ubayasena et al. 2011; 2013). Из всего изученного материала 368 сортообразцов сочетали мозговую поверхность с зеленой окраской семени (табл. 5).

Таблица 5. Основные морфологические признаки отбора при изучении коллекции гороха в 2013-2014 гг.

Признаки	Число образцов		
	2013 г.	2014 г.	за два года
Зеленые мозговые семена в фазу биологической зрелости	203	165	368
Усатый лист (безлисточковый морфотип)	23	12	35
Короткие междоузлия	241	173	414
Луцильный тип боба	288	199	487
Узкий боб	285	179	464
Темно-зеленый боб	193	147	340
Детерминантный тип роста стебля	4	1	5
Фасциация стебля	2	2	4
Итого изучено образцов	309	213	522
Итого выделено	-	-	39

Сорта безлисточкового морфотипа отмечали фазу двух-трех листьев. Повышенное число усиков данной мутантной формы способствует более крепкому сцеплению растений между собой, в результате чего они дольше не полегают в производственных посевах, что упрощает процесс механизированной уборки урожая. Ввиду отсутствия листочков в ценозе создаются более благоприятные аэрационные и инсоляционные условия, улучшающие фитосанитарную обстановку (Вербицкий, 2002; Бутрей, Мных, 2015). В изученном материале зафиксировано 35 образцов с данным признаком.

Формы с короткими междоузлиями выявляли в фазу технической спелости (табл. 5). На растениях с короткими или укороченными междоузлиями стебля созревание урожая происходит более равномерно (Дрозд, 1956), они более устойчивы к полеганию, чем сорта с длинными междоузлиями (Самарин, 1975; Амелин и др., 1991). Уменьшение длины междоузлий влечет за собой изменение продукционных процессов в растении, которое, в свою очередь,

способствует повышению урожайности (Зеленов, 2001). Большинство изученных образцов (414 из 522) были с короткими междоузлиями стебля.

В консервной промышленности используются луцильные сорта, которые отличаются от сахарных наличием пергаментного слоя в створках боба. По данным А.М. Дрозда (1953) из них более устойчивыми к недостатку влаги являются растения с узкими бобами, что важно в засушливых условиях юга России. В изученном материале насчитывается 445 образцов, сочетающих признаки луцильный и узкий боб.

Современные сорта овощного гороха должны подходить как для изготовления консервов «зеленый горошек», так и для замораживания. К сырью для заморозки предъявляют особые требования в отношении внешнего вида и окраски продукта. Выявлено (Дрозд, 1956), что окраска зерна в технической спелости и окраска боба в этой фазе тесно связаны. У светло зеленых бобов – светло-зеленый горошек, который при заморозке дает серовато-зеленую окраску продукта; бобы темно-зеленой окраски дают интенсивно окрашенный зеленый горошек, сохраняющий хороший внешний вид при консервировании. В изученной нами выборке выявлено 340 образцов с темно-зелеными бобами.

Особую селекционную ценность представляют формы с ограниченным (детерминантным) типом роста стебля, благодаря более равномерному созреванию бобов на растении от нижних плодущих узлов к верхним, в сравнении с индетерминантами (Дрозд, Самарина, Швецов, 1968). Однако этот положительный признак сопряжен с некоторым отрицательным свойством. Так, есть мнение (Полунин, Аршинов, 1976), что чем дружнее плодоносит сорт, тем интенсивнее происходит налив зерна, а, следовательно, сокращается тот период, при котором убираемый зеленый горошек в консервах получает оценку высшего и первого сортов.

Из литературы известно, что первая мутантная форма овощного гороха с ДТР, имея ограниченный рост стебля и мозговые семена, была низкопродуктивной (3-4 боба на главном стебле) с поздним сроком плодоношения и кустилась (Дрозд, Беседин, 1989; Цыганок, 1991). В настоящее

время есть сорта с ограниченным типом роста стебля, включенные в Государственный реестр селекционных достижений, не уступающие по урожайности индетерминантным и не склонные к ветвлению (Беседин, 2015), что подтверждает целесообразность селекции в данном направлении. Нами отмечено 5 образцов с детерминантным типом роста стебля: Мутант детерминантный (к-7441, Московская обл.), Атлант (к-8854, Краснодарский край), Дружный (к-9351, Краснодарский край); Г-349/422 (Краснодарский край); Г-387 (Краснодарский край).

Определенную селекционную значимость имеют фасциированные мутанты гороха, на растениях которых образуется большое количество бобов на цветоносе и в узле, а, следовательно, они обладают высокой потенциальной продуктивностью. В настоящее время в Государственном реестре селекционных достижений нет ни одного сорта с фасциацией стебля, однако, селекция с использованием таких форм осуществляется (Кондыков и др., 2006; Зеленов и др., 2012; Беседин, 2015). В изученной выборке 4 образца с фасциацией стебля: Полуштамбовый карлик (к-5101, Киргизия), Штамбовый зеленый 258 (к-5288, Московская обл.), Wisconsin-709 (к-8876, США), Спонтанный мутант из Беркута (Краснодарский край).

После проведенного нами анализа 522 образцов по выявлению их фенотипической дифференциации, было отобрано 39 для дальнейшего изучения (табл. 2). Выделившиеся образцы имеют: зеленую окраску семян с морщинистой (мозговой) поверхностью, за исключением сортов Альфа, Адагумский и линии Г-305/28 с желтыми семенами; короткие или укороченные междоузлия; лущильные узкие бобы с зеленой или темно-зеленой окраской в фазу технической спелости.

### **3.2. Селекционная ценность образцов овощного гороха, выделившихся на начальном этапе исследования**

В 2015-2016 гг. нами изучено 39 образцов гороха овощного для анализа изменчивости основных характеристики, выделения источников ценных

признаков и выявления корреляционных взаимосвязей. Проведены фенологические наблюдения, биохимические исследования, морфологическое описание и измерения биометрических показателей. Изученная выборка, состояла из современных сортов, перспективных линий и оригинальных мутантных форм овощного гороха (табл. 2). Образцы происходили из шести стран мира, в основном из России (18 шт.) и Нидерландов (16), два сорта из Германии и по одному из Бельгии, США и Турции.

### 3.2.1. Общая характеристика выборки

Погодные условия в годы проведения эксперимента отличались между собой, 2015 г. был более засушливым с неравномерным выпадением осадков, в 2016 г. соотношение активных температур и суммы осадков было близко к оптимальному. Влияние климатических факторов отразилось на продуктивности растений овощного гороха – одном из основных критериев при отборе. Продуктивность гороха в 2015 г. варьировала от 3,5 до 12,5 г/раст., а в 2016 - от 5,0 до 18,3 г/раст. Средняя продуктивность растений по выборке в 2015 году была статистически значимо ниже, чем в 2016 (при  $p < 0,05$ , на 4,5 г/раст., приложение 3).

Биохимические показатели «содержание крахмала в семенах» и «содержание амилозы в крахмале» также зависели от погодных условий. В 2015 г. доля крахмала в биологически зрелых семенах гороха изменялась от 29,4 до 37,4%, а в 2016 - от 26,0 до 35,8%. Известно, что жаркие и засушливые условия стимулируют более интенсивное накопление крахмала в семенах (Дрозд, Самарина, 1976; Друшляк, 2009) и результаты наших исследований это подтверждают. Так, в 2015 г. среднее содержание крахмала существенно превышало данный показатель за 2016 г. (при  $p < 0,05$ , на 2,5%, приложение 3). Содержание амилозы в крахмале семян изучаемой выборки генотипов варьировало от 61,2 до 82,1% в 2015 и от 61,9 до 82,6% в 2016 году, а средний показатель за 2015 год в сравнении с 2016 годом был не существенно ниже (на 1,6%, приложение 3).

В менее благоприятных, засушливых условиях 2015 г. у растений овощного гороха продуктивность зерна в фазу технической спелости была меньше, а накоплено крахмала в семенах больше, в сравнении с показателями за 2016 год, характеризующимся оптимальным сочетанием теплового и водного режимов.

Такие условия среды, как переувлажнение на начальных этапах роста растений и дальнейший продолжительный период с высокими температурами на фоне практически полного отсутствия осадков в 2015 г. отразились и на большинстве биометрических признаков. Засуха, характерная для южных регионов России, вызывает угнетение ростовых процессов, снижение интенсивности формирования надземной и подземной биомассы (Новикова, 2002; Arshad et al, 2008; Омелянюк, Асанов, 2013; Osman, 2015). Эти данные согласуются с полученными нами. При сравнении средних биометрических данных выборки представленных на рисунке 6 и в приложении 3, прослеживается тенденция на существенное увеличение значений большинства признаков при улучшении условий в 2016 году, в сравнении с 2015: длины стебля (на 14,7 см.), высоты прикрепления нижнего боба (7,5 см.), числа узлов продуктивных (1,4 шт.), числа узлов всего (1,7 шт.), числа бобов на цветоносе (0,1 шт.), на растении вызревших (1,0 шт.) и всего (2,7 шт.), длины боба (0,2 см), числа семян с растения (7,4 шт.). Значимо не изменились показатели следующих признаков: масса 1000 семян, число узлов непродуктивных, число зерен в бобе вызревших.

Таким образом, в результате проведенного исследования выявлено негативное влияние воздействия экзогенных факторов в 2015 году, которое существенно отразилось на продуктивности, биохимических показателях и на большинстве биометрических признаков изучаемой выборки овощного гороха.

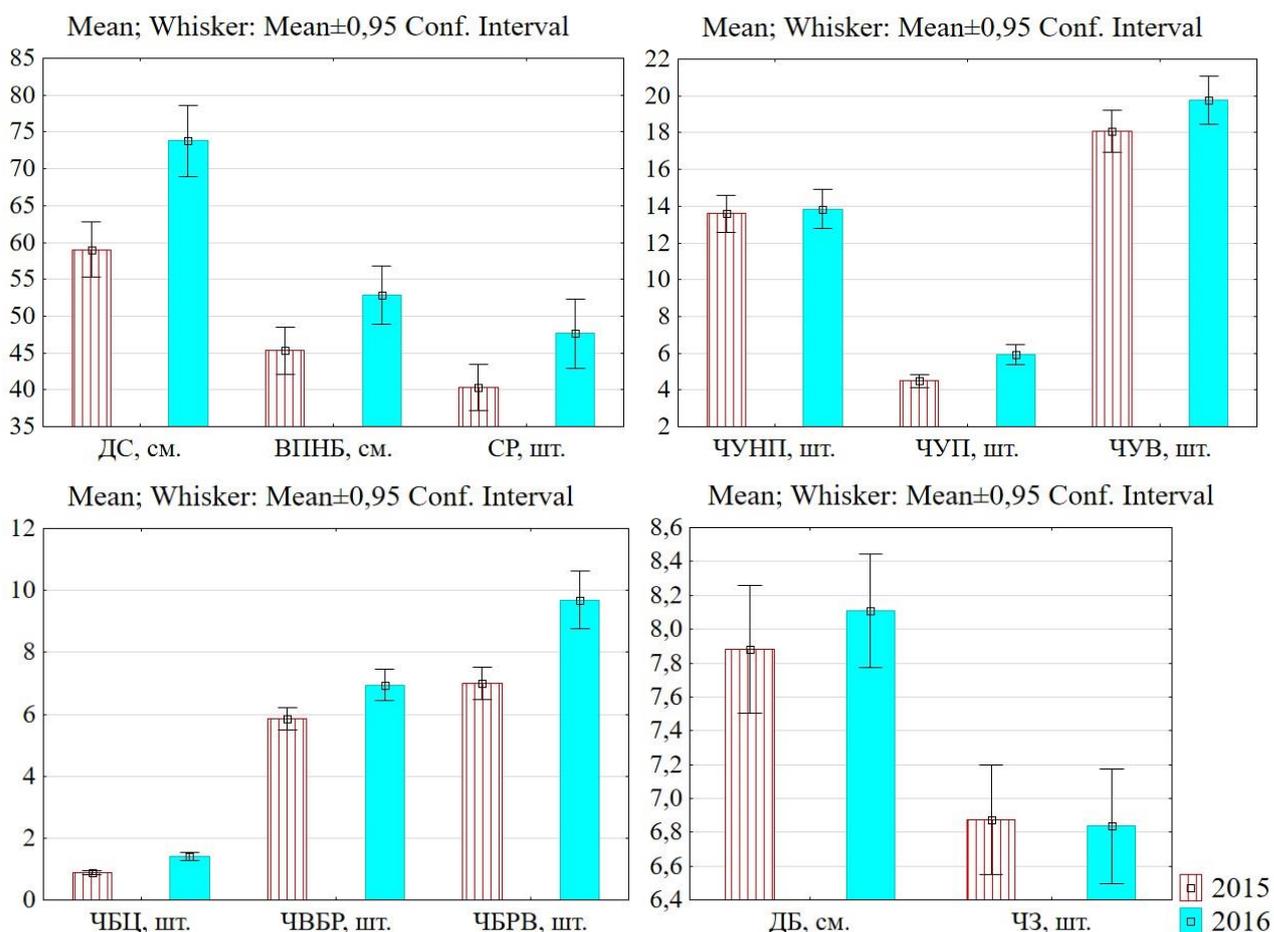


Рисунок 6. Средние показатели биометрических параметров выборки овощного гороха (n=39), в 2015-2016 гг. (ДС – длина стебля, ВПНБ – высота прикрепления нижнего боба, СР – число семян с растения, ЧУНП – число узлов непродуктивных, ЧУП – число узлов продуктивных, ЧУВ – число узлов всего, ЧБЦ – число бобов на цветоносе, ЧВБР – число выполненных бобов на растении, ЧБРВ – число бобов на растении всего, ДБ – длина боба, ЧЗ – число зерен в бобе вызревших)

### 3.2.2. Дифференциация генотипов по группам спелости и их оценка

Одним из приоритетных направлений селекции овощного гороха является создание сортов разных групп спелости, с целью обеспечения конвейерного поступления сырья на переработку (консервные заводы и хладокомбинаты) в течение максимально длительного срока (Дрозд, 1953; Пронина и др., 2009; Беседин, 2013; Шульпеков, 2013 и др.). Объединение сортов гороха в группы осуществляют согласно длине периода вегетации «всходы – техническая спелость», возможно применение и опосредованных признаков, имеющих с ним сильную положительную корреляционную зависимость, таких как длина

периода «всходы-цветение» и «число непродуктивных узлов» (Самарин, 1992). Из них наиболее консервативный признак – «число непродуктивных узлов». Тогда как вегетационный период гороха и его составляющие подвержены значительным изменениям, к примеру, удлинение способны вызвать инокуляция бактериями (Штарк и др., 2006; Arshad, 2008) и внесение минеральных удобрений (Тедеева и др, 2015), сокращение – продолжительный период засухи (Омельянюк, Асанов, 2013; Лысенко и др., 2017).

Связь между длиной периода «всходы-техническая спелость» и признаком «число непродуктивных узлов» в 2015 году составила  $r=0,92$ , в 2016 –  $0,91$  (табл. 10). Указанные признаки использовались при проведении кластерного анализа, по результатам которого образцы объединили в пять кластеров (табл. 6, приложение 4), в каждом из которых находится сорт-стандарт, определяющий группу спелости. За стандарты были приняты сорта овощного гороха селекции Крымской ОСС, районированные для данной зоны: в группе очень ранних – Прима (St-1), раннеспелых – Альфа 2 (St-2), среднеранних – Беркут (St-3), среднеспелых – Адагумский (St-4), среднепоздних – Исток (St-5). Таким образом, из 39 изученных сортов и линий 9 отнесено к очень ранней группе спелости, 8 – ранней, 12 – среднеранней, 5 – среднеспелой и 5 к среднепоздней.

Известно, что горох имеет разную устойчивость не только в отношении вида и интенсивности стрессового фактора, но и в зависимости от периода вегетации растений на который пришлось его воздействие (Вавилов, 1931; Будин, 1973; Курганова и др., 2010; Ершова и др., 2009; 2011; Федяева и др., 2014; Перфильева, Рихванов, 2016 и др.). Для растений, различающихся по продолжительности вегетационного периода, влияние конкретных метеорологических условий происходит на разных этапах онтогенеза. В нашем исследовании, для образцов овощного гороха очень раннего срока созревания засушливые условия 2015 г. складывались на протяжении всего периода вегетации, от всходов до технической спелости. В то время как среднепоздние сорта и линии подверглись негативному воздействию засухи лишь в первом

периоде онтогенеза при росте вегетативных органов. Соответственно эффект от воздействия стресс-фактора был неодинаковым для данных групп.

Таблица 6. Продуктивность и биохимические показатели семян сортов и линий овощного гороха по группам спелости, 2015-2016 гг. ( $x_{cp} \pm SEM$ )

№ Кластера	Группа спелости	Число сортов и линий	Продуктивность, г/раст.		Содержание крахмала, %		Содержание амилозы в крахмале, %	
			2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.
1	Очень ранняя	9	<i>5,0±0,4</i>	<i>12,6±0,9</i>	<i>32,5±0,7</i>	<i>29,7±0,4</i>	<i>67,8±1,3</i>	<i>73,5±0,6</i>
2	Ранняя	8	<i>7,6±0,5</i>	<i>13,0±1,5</i>	<i>33,5±0,7</i>	<i>30,9±0,9</i>	72,1±2,3	74,6±0,9
3	Среднеранняя	12	<i>9,6±0,6</i>	<i>12,3±0,9</i>	<i>33,8±0,5</i>	<i>31,3±0,5</i>	69,0±1,0	69,5±1,8
4	Среднеспелая	5	<i>8,6±0,5</i>	<i>11,6±0,8</i>	32,8±1,0	30,4±1,2	70,6±1,5	69,1±2,9
5	Среднепоздняя	5	10,5±0,9	13,7±1,4	31,5±0,7	30,0±0,8	74,2±1,1	72,6±1,9
	Итого:	39	<i>8,1±0,4</i>	<i>12,6±0,5</i>	<i>33,0±0,3</i>	<i>30,6±0,3</i>	70,2±0,7	71,8±0,8

Примечание: *жирным курсивом* выделены показатели значительно отличающиеся по годам, оценка проведена по t-критерию, при  $p < 0,05$

Высокие температуры на фоне недостаточной обеспеченности влагой в 2015 году вызвали резкую дифференциацию растений овощного гороха разных групп спелости по продуктивности (табл. 6). Значимые отличия наблюдались между средними показателями образцов очень ранней группы спелости и всеми остальными: на 2,6 г/раст. с ранней, 4,6 – среднеранней, 3,6 – среднеспелой и 5,5 – среднепоздней (при  $p < 0,05$ ). Существенно ниже была продуктивность растений ранней группы спелости в сравнении со среднеранней и среднепоздней (на 2,0 и 2,9 г/раст., при  $p < 0,05$ ). В 2016 г. таких отличий не выявлено. Наибольшая продуктивность в оба года изучения отмечена у сортов среднепозднего срока созревания (10,5 г/раст. в 2015 году и 13,7 – в 2016). Улучшение климатических условий в 2016 г. привело к значимому росту средних показателей признака практически всех групп спелости, за исключением среднепоздней (табл. 6): очень ранней на 7,6 г/раст., ранней – 2,4, среднеранней – 2,7, среднеспелой – 3,0, среднепоздней – 3,2.

Различия по содержанию крахмала в семенах между группами спелости в оба года изучения были неоднозначными, так в 2015 г. данный показатель среднеранних образцов выше, в сравнении со среднепоздними (на 2,3%, при  $p < 0,05$ ). В 2016 г. по данному признаку отмечены достоверные различия между образцами очень ранней и среднеранней групп спелости (1,6%). Таким образом, среди сортов и линий изучаемой выборки максимальное накопление крахмала в семенах наблюдалось у среднеранней группы (33,8% в 2015 году и 31,3 в 2016) в оба года исследования (табл. 6). Анализируя двулетние данные, следует отметить, что содержание крахмала в биологически зрелых семенах овощного гороха очень ранней, ранней и среднеранней групп спелости в 2015 году было достоверно выше в сравнении с 2016 годом на 2,8, 2,6, 2,5%, соответственно.

Максимальное процентное содержание амилозы в крахмале биологически зрелых семян овощного гороха в 2015 г. наблюдалось у представителей среднепоздней группы (74,2%), оно достоверно превышало средние показатели образцов очень ранней и среднеранней групп спелости (на 6,4% и 5,2, при  $p < 0,05$ ). В условиях 2016 г. наибольшим значением признака отличались сорта и линии ранней группы (74,6%), в крахмале их семян выявлено статистически значимое превышение содержания амилозы, в сравнении со среднеранними и среднеспелыми (на 5,1% и 5,6). На изменение климатических условий выращивания по признаку «содержание амилозы в крахмале» в большей степени отреагировали образцы очень ранней группы (табл. 6), разница между их средними значениями за 2015 и 2016 года составила 5,7%, тогда как для остальных она не превышала 2,5.

Наши данные по содержанию крахмала в биологически зрелых семенах гороха не подтверждают выдвинутое в работе (Павловская Н.Е., Яроватая М.А., 2004) предположение о том, что у сортов гороха раннего срока созревания накапливается достоверно больше крахмала в сравнении со среднеспелыми и поздними сортами. Так как результаты в литературе представлены однолетними данными, вероятно, свое влияние на исследование оказали условия вегетации и выборка. При этом выводы о содержании амилозы

в крахмале биологически зрелых семян в целом согласуются. В нашей работе, также не выявлено математически значимой и устойчивой по годам разницы между растениями пяти групп спелости.

Выявленные различия между растениями гороха разных групп спелости в контрастные годы эксперимента по метеорологическому фактору (табл. 6), свидетельствуют о сильной изменчивости признака «продуктивность растения» под воздействием внешних условий среды. Признак «содержание крахмала в семенах» оказался средне чувствительным, в то время как содержание амилозы в крахмале биологически зрелых семян овощного гороха практически не изменилось. Вероятно, это связано с тем, что регулирование процессов по закладке генеративных органов начинается на более ранних этапах органогенеза, тогда как накопление крахмала в эмбрионах на более поздних, соответственно сроки влияния и интенсивность воздействия стрессовых условий на эти физиологические процессы не одинаковы. Те процессы, что протекают раньше, в 2015 году в большей степени подверглись засухе, особенно четко это прослеживается при сравнении изменения значений признаков в следующих группах спелости: очень ранней, среднеранней и среднепоздней. Так, после продолжительного периода с высокими среднесуточными температурами, на фоне небольшого количества осадков прошел дождь 31.V, в это время на растениях овощного гороха очень раннего срока созревания уже были сформированы бобы, фаза технической спелости наступила 1-4.VI (приложение 2). Средние показатели всех изучаемых признаков очень ранних сортов и линий за 2015 г. значительно отличались от них за 2016 г.: продуктивность растения ниже на 7,6 г/раст., содержание крахмала в семенах выше на 2,8%, содержание амилозы в крахмале ниже на 5,7%. Растения среднеспелой группы, когда выпали осадки, находились в начале третьего периода онтогенеза (массовое цветение стандарта Беркут 26.V). Их средние значения по годам значительно отличались по продуктивности (на 2,7 г/раст.) и содержанию крахмала в семенах (2,5%), содержание амилозы в крахмале изменилось не существенно. Для среднепоздних образцов дождь прошел в

конце второго периода онтогенеза перед началом массового цветения, которое наступило 31.V-4.VI. Изменения средних значений продуктивности и биохимических показателей этой группы были незначительными (табл. 6).

Биометрические параметры образцов очень ранней, ранней и среднеранней групп спелости также, как и продуктивность, в значительной степени изменились под влиянием стрессового воздействия внешней среды. При данных погодных условиях 2015 года, в сравнении с более благоприятными 2016, у сортов и линий овощного гороха этих групп статистически значимо (при  $p < 0,05$ ) были ниже следующие показатели: длина стебля, высота прикрепления нижнего боба – отражающие вегетативное развитие; общее число узлов и продуктивных, общее число бобов на растении и выполненных, число семян с растения – влияющих на продуктивность (табл. 7). На первый взгляд кажущимся отклонением является признак «число зерен в бобе вызревших», который в 2015 году только у сортов очень ранней группы спелости был существенно ниже. Данное обстоятельство объясняется тем, что для этой группы сортов осадки пришлось на конец фазы технической спелости, соответственно закладка семяпочек и налив зерна проходили в условиях засухи, приведшей к невыполненности бобов. Развитие эмбрионов у растений остальных групп спелости проходило при более благоприятном сочетании климатических показателей.

В результате проведенного исследования выявлено негативное влияние засухи 2015 года, наблюдавшейся на протяжении большей части вегетационного периода растений овощного гороха очень ранней, ранней и средней групп спелости. Более благоприятные условия тех же периодов в 2016 году способствовали значимому увеличению продуктивности растений данных групп и уменьшению концентрации крахмала в их семенах с большим содержанием амилозы в нем, а также росту большинства показателей остальных признаков.

Таблица 7. Биометрические признаки сортов и линий овощного гороха разных групп спелости в 2015-2016 гг.

( $\bar{x}_{cp} \pm SEM$ )

Признак	Очень ранняя		Ранняя		Среднеранняя		Среднеспелая		Среднепоздняя	
	2015 г	2016 г								
МС, г.	<b>176±12</b>	<b>190±9</b>	163±17	155±18	187±8	182±8	<b>208±6</b>	<b>190,4±4</b>	196±16	186±10
ДС, см.	<b>47,7±1,9</b>	<b>56,6±2,7</b>	<b>52,7±3,2</b>	<b>69,1±2,9</b>	<b>61,4±2,3</b>	<b>77,9±3,7</b>	<b>70,4±3,7</b>	<b>91,4±2,5</b>	<b>72,6±3,4</b>	<b>84,8±3,3</b>
ВПНБ, см.	<b>35,2±1,9</b>	<b>37,9±1,7</b>	<b>41,8±2,8</b>	<b>48,0±2,4</b>	<b>46,5±1,3</b>	<b>55,5±1,9</b>	<b>52,9±3,5</b>	<b>68,9±3,3</b>	58,7±3,2	65,0±3,2
ЧУНП, шт.	9,2±0,4	9,2±0,3	13,0±0,3	13,2±0,5	<b>14,1±0,1</b>	<b>14,6±0,2</b>	16,3±0,9	16,9±0,9	18,4±0,2	18,6±0,3
ЧУП, шт.	<b>4,2±0,2</b>	<b>4,9±0,2</b>	<b>4,4±0,3</b>	<b>6,1±0,5</b>	<b>4,6±0,3</b>	<b>6,3±0,5</b>	5,1±0,8	6,4±1,1	<b>4,4±0,6</b>	<b>6,1±1,1</b>
ЧУВ, шт.	<b>13,3±0,4</b>	<b>14,0±0,3</b>	<b>17,4±0,5</b>	<b>19,3±0,8</b>	<b>18,7±0,4</b>	<b>20,9±0,4</b>	21,4±1,3	23,3±0,6	<b>22,8±0,5</b>	<b>24,7±1,1</b>
ЧБЦ, шт.	1,2±0,0	1,3±0,1	<b>1,6±0,1</b>	<b>1,8±0,1</b>	1,8±0,1	1,9±0,2	1,9±0,5	1,9±0,4	1,9±0,3	1,9±0,5
ЧВБР, шт.	<b>4,4±0,2</b>	<b>5,6±0,2</b>	<b>5,6±0,4</b>	<b>7,8±0,9</b>	<b>6,4±0,2</b>	<b>7,3±0,3</b>	6,8±0,2	6,9±0,5	6,6±0,2	7,4±0,3
ЧБРВ, шт.	<b>5,1±0,3</b>	<b>6,4±0,4</b>	<b>7,1±0,6</b>	<b>11,0±1,0</b>	<b>7,7±0,3</b>	<b>11,1±0,8</b>	<b>8,3±0,5</b>	<b>10,2±1,0</b>	<b>7,3±0,4</b>	<b>9,7±0,6</b>
ДБ, см.	<b>6,4±0,1</b>	<b>7,2±0,2</b>	8,1±0,5	8,4±0,5	8,4±0,3	8,4±0,3	8,1±0,2	8,1±0,2	8,6±0,4	8,6±0,3
ЧЗВ, шт.	<b>6,1±0,2</b>	<b>6,8±0,2</b>	7,9±0,4	8,0±0,4	<b>6,9±0,2</b>	<b>6,4±0,2</b>	<b>6,4±0,1</b>	<b>5,7±0,1</b>	7,1±0,5	7,2±0,4
СР, шт.	<b>27,2±1,9</b>	<b>38,2±1,8</b>	<b>44,2±3,6</b>	<b>62,1±7,8</b>	43,6±1,2	46,2±2,4	43,2±1,4	39,5±3,0	46,6±3,5	53,3±4,2

Примечание: МС – масса 1000 семян, ДС – длина стебля, ВПНБ – высота прикрепления нижнего боба, ЧУНП – число узлов непродуктивных, ЧУП – число узлов продуктивных, ЧУВ – число узлов всего, ЧБЦ – число бобов на цветоносе, ЧВБР – число выполненных бобов на растении, ЧБРВ – число бобов на растении всего, ДБ – длина боба, ЧЗВ – число зерен в бобе вызревших, СР – число семян с растения; **жирным курсивом** выделены показатели значительно отличающиеся по годам, оценка проведена по t-критерию Стьюдента, при  $p < 0,05$

### 3.2.3. Характеристика образцов, имеющих морфотипы на основе рецессивных мутаций

На современном этапе селекции представляется актуальным обогатить имеющийся ассортимент мозгового гороха новыми морфотипами, в частности, создать безлисточковые сорта, а также рекомбинанты с сочетанием аллелей, контролирующих признаки «детерминантный тип роста» и «фасциация стебля». Для более рационального планирования последующего селекционного улучшения перспективных генотипов необходимо дать оценку имеющимся мутантам с целью выявления их особенностей в сравнении с существующими стандартами.

**Безлисточковый морфотип.** В настоящее время в селекции гороха широкое распространение получила мутация *Afila*. Признак «усатый тип листа» является рецессивным и наследуется моногенно. Из 39 изученных сортов и линий, 9 безлисточкового морфотипа: в очень ранней группе спелости – сорта Стайл (к-9814, США), Хезбана (к-9812, Нидерланды), ранней – Гропеса (к-9730, Нидерланды), среднеранней – Донана (и-о148177, Нидерланды), Бинго (к-9820, Нидерланды), среднеспелой – линия Г-349/442 (Россия), сорт Парус (к-9350, Россия), среднепоздней – сорт Бутана (и-о148180, Россия), линия Г-387 (Россия). Таким образом, во всех группах спелости представлены образцы с усатым типом листа.

Анализируя данные в группах растений доминантных и рецессивных по гену *Afila*, представленные на рисунке 7 и в приложении 5, следует отметить, что в оба года изучения между морфотипами статистически значимой разницы по продуктивности семян, содержанию крахмала в зрелых семенах и амилозы в крахмале не выявлено. В среднем по годам продуктивность первых составила 10,7 г/раст., содержание крахмала в семенах – 31,8%, содержание амилозы в крахмале – 70,9%, тогда как для усатых форм эти показатели были равны 9,4 г/раст., 32,0 и 71,3% соответственно.

Для сравнения растений овощного гороха традиционного и безлисточкового морфотипов показательной является реакция на изменение внешних факторов

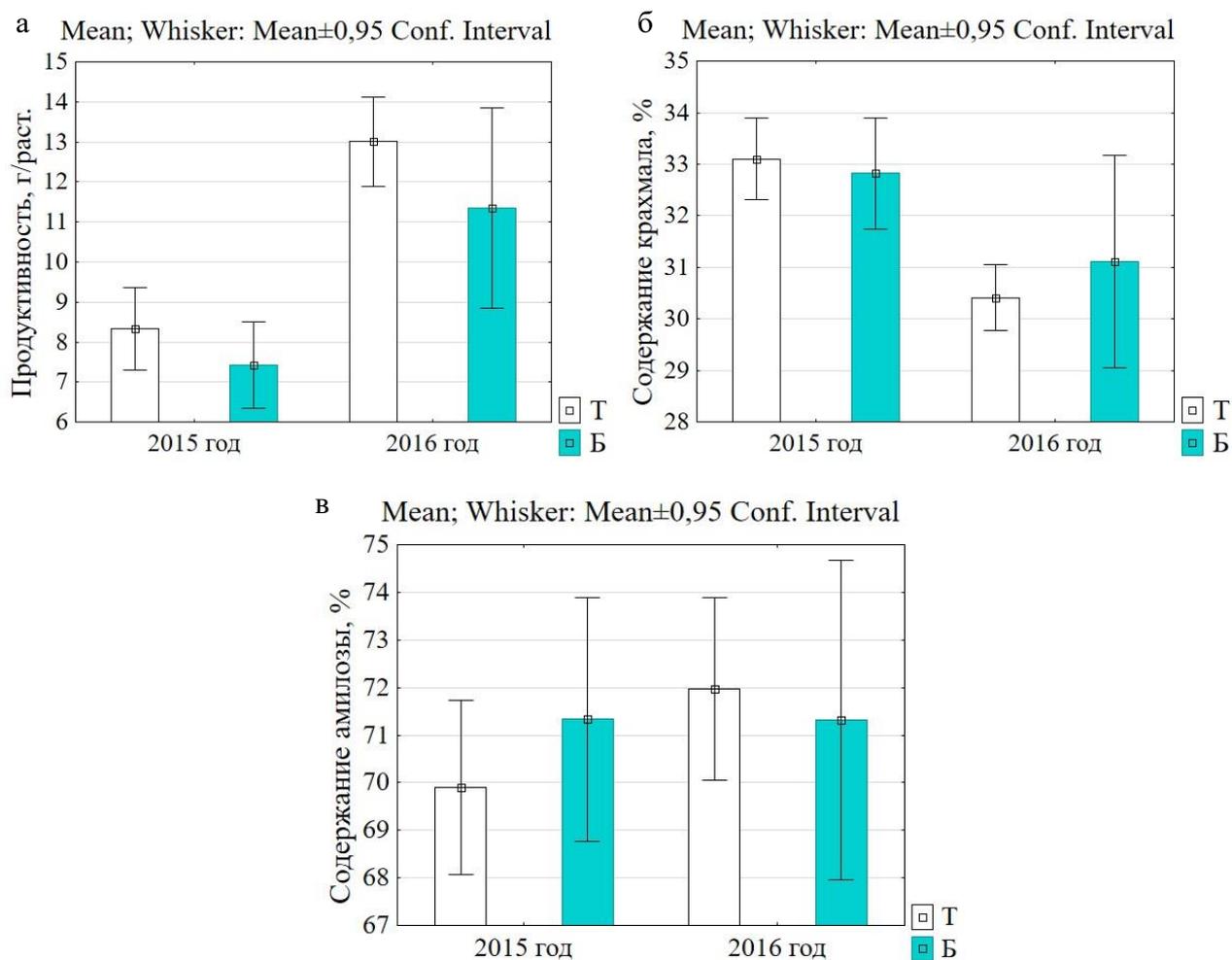


Рисунок 7. Продуктивность (а) и биохимические показатели (б, в) традиционного (Т, n=30) и безлисточкового (Б, n=9) морфотипов гороха овощного, 2015-2016 гг.

среды по продуктивности и биохимическим параметрам. Продуктивность изучаемых морфотипов в 2015 году была статистически значимо ниже, чем в 2016, для традиционных форм на 4,7 г/раст. и на 3,9 г/раст. – безлисточковых. По содержанию крахмала в семенах более значительная реакция отмечена у группы образцов с обычным типом листа (приложение 5), их показатель за 2015 год выше, чем за 2016 на 2,7%. В семенах группы с усатым типом листа также наблюдалось незначительное (на 1,7%) увеличение содержания крахмала. Доля амилозы в крахмале семян, у изучаемых групп морфотипов, существенно не отличалась по годам (рис. б). Сорты с обычным и усатым типами листа имели схожую реакцию на улучшение условий среды в 2016 году, в сравнении с условиями 2015 года.

Сравнение биометрических параметров растений гороха традиционного и безлисточкового морфотипов (табл. 8), выявило значимые различия по признаку «число бобов на цветоносе», которое было выше у усатых форм в оба года изучения, по остальным параметрам разница не существенна.

Таблица 8. Биометрические параметры растений овощного гороха традиционного и безлисточкового морфотипа, 2015-2016 гг. ( $x_{cp} \pm SEM$ )

Признак	Традиционный морфотип (n=30)		Безлисточковый морфотип (n=9)	
	2015 г	2016 г	2015 г	2016 г
Масса 1000 семян, г.	187±6	182±6	171±12	173±13
Длина стебля, см.	<b>59,8±2,2</b>	<b>73,9±2,8</b>	<b>56,5±3,6</b>	<b>73,6±4,6</b>
Высота прикрепления нижнего боба, см.	<b>45,6±1,8</b>	<b>51,7±2,1</b>	<b>44,5±3,5</b>	<b>56,6±4,7</b>
Число узлов непродуктивных, шт.	13,4±0,6	13,4±0,6	14,2±1,0	15,3±1,2
продуктивных, шт.	<b>4,6±0,2</b>	<b>6,1±0,3</b>	<b>4,2±0,5</b>	<b>5,2±0,7</b>
всего, шт.	<b>18,0±0,7</b>	<b>19,5±0,7</b>	<b>18,4±1,0</b>	<b>20,6±1,3</b>
Число бобов на цветоносе, шт.*	1,5±0,1	1,6±0,1	2,0±0,3	2,2±0,3
выполненных на растении, шт.	<b>5,8±0,2</b>	<b>6,8±0,2</b>	6,2±0,3	7,4±0,7
растении всего, шт.	<b>6,9±0,3</b>	<b>9,5±0,5</b>	<b>7,4±0,6</b>	<b>10,3±1,2</b>
Длина боба, см.	<b>8,0±0,2</b>	<b>8,3±0,2</b>	7,5±0,3	7,6±0,2
Ширина боба, см.	1,2±0,0	1,2±0,0	1,2±0,0	1,2±0,0
Число зерен в бобе вызревших, шт.	7,0±0,2	6,9±0,2	6,6±0,4	6,5±0,4
Число семян с растения, шт.	<b>40,1±1,8</b>	<b>46,9±2,1</b>	40,9±3,3	50,0±7,5

Примечание: *жирным курсивом* выделены показатели значительно отличающиеся по годам; \*-признак по которому выявлены достоверные отличия показателей между морфотипами в оба года исследования; оценка проведена по t-критерию Стьюдента, при  $p < 0,05$

Между морфотипами наблюдаются общие тенденции в реакции на изменение погодных условий, которые выражаются в росте показателей большинства биометрических признаков в 2016 году, в сравнении с 2015. Для образцов с обычным типом листа значимые отличия выявлены по 8 параметрам из 13 изученных (табл. 8): длина стебля, высота прикрепления нижнего боба, число продуктивных узлов, число узлов всего, число бобов на растении выполненных и всего, длина боба, число семян с растения. Тогда как у представителей безлисточкового морфотипа значимо изменились показатели по 5 параметрам: длина стебля, высота прикрепления нижнего боба, число продуктивных узлов, число узлов всего, число бобов на растении всего. Такие элементы структуры

урожая, как число выполненных бобов на растении, длина боба и число семян с растения у носителей признака «усатый тип листа» в 2016 году изменялись в очень широком диапазоне, в связи с чем разница в их средних показателях по годам оказалась не существенной. В целом, полученные данные подтверждают, что современные сорта и линии безлисточкового морфотипа не уступают традиционному, в том числе и по значениям биометрических параметров структуры урожая.

Изучение групп образцов доминантных и рецессивных по гену *AFILA* в контрастных условиях 2015 и 2016 гг. по климатическому фактору позволило выявить схожесть в реакции традиционных и мутантных форм по изменчивости показателей продуктивности, биохимических и биометрических признаков. Следовательно, в изученной выборке овощного гороха есть безлисточковые генотипы ценные для селекции, направленной на получение высоко продуктивных и адаптивных сортов.

**Детерминантный морфотип.** В селекции, направленной на повышение равномерности созревания бобов от нижних плодущих узлов к верхним и придание устойчивости ценоза к полеганию, особую ценность представляют формы с ограниченным, детерминантным типом роста стебля (рис.8). В настоящее время распространена классификация данных форм в соответствии с географическим пунктом их создания или обнаружения (Кондыков и др., 2006). Луганская модель контролируется геном *DET* (*Determinant type*), а Самарская – геном *DEH* (*Determinate habit*). Московская модель – мутация, контролируемая одним геном *DET*, получена в 1964 году И.А. Поповой путем химического мутагенеза при воздействии на семена нитрозоэтилмочевинной (Попова, 1975). Отличительной особенностью московского мутанта является сцепленное наследование детерминантного типа роста (ДТР) и морщинистой поверхности семян (*rr*, Волчков, Дрозд, 1986), характерной для гороха овощного использования. Исследуемые нами сорт Дружный (традиционный морфотип) и линии Г-349/422, Г-387 (безлисточковый) характеризовались наличием пары рецессивных аллелей гена *DET* в гомозиготном состоянии (рис.8). Данные

образцы относятся к среднеранней, средней и среднепоздней группам спелости, которые в меньшей степени пострадали от засушливых условий 2015 года.

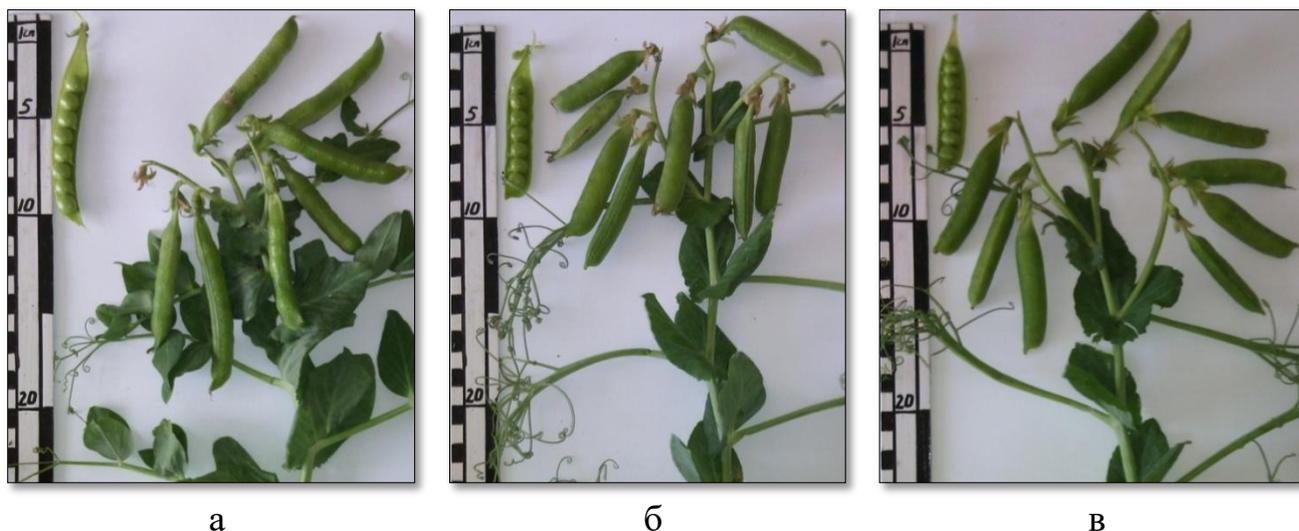


Рисунок 8. Детерминантные формы гороха овощного проходившие изучение в 2015-2016 гг.: а – сорт Дружный (ДТР), б – линия Г-349/422 (ус.л., ДТР), в – линия Г-387 (ус.л., ДТР).

Проводя общую характеристику представленных в изучаемой выборке ( $n=39$ ) форм с детерминантным типом роста стебля ( $n=3$ ) было выявлено, что их средние показатели за 2015-2016 гг. продуктивности, содержания крахмала в семенах и амилозы в крахмале (рис. 9) существенно не различались с показателями стандартов, имеющих индетерминантный тип роста ( $n=3$ ). Отличия наблюдались в степени изменчивости признаков под воздействием экзогенных факторов среды (приложение 6).

Реакция изученных образцов на изменение условий выращивания несколько различалась. Засушливый период 2015 года, который пришелся на большую часть вегетативного роста растений овощного гороха среднеспелой и среднепоздней групп, отразился на продуктивности детерминантных форм. Наиболее значительно отреагировали мутантные формы с усатым типом листа и детерминантным типом роста стебля, уровень их продуктивности был ниже почти в 1,5 раза в 2015 году в сравнении с 2016 (приложение 6). Содержание крахмала в семенах и амилозы в крахмале растений данного морфотипа в 2015 году был выше, чем в 2016 на 2,2% и 3,4 соответственно. Таким образом, стрессовые условия, сложившиеся на начальных этапах развития растений гороха в 2015

году, привели к снижению продуктивности, повышению содержания крахмала в семенах и амилозы в крахмале детерминантных форм.

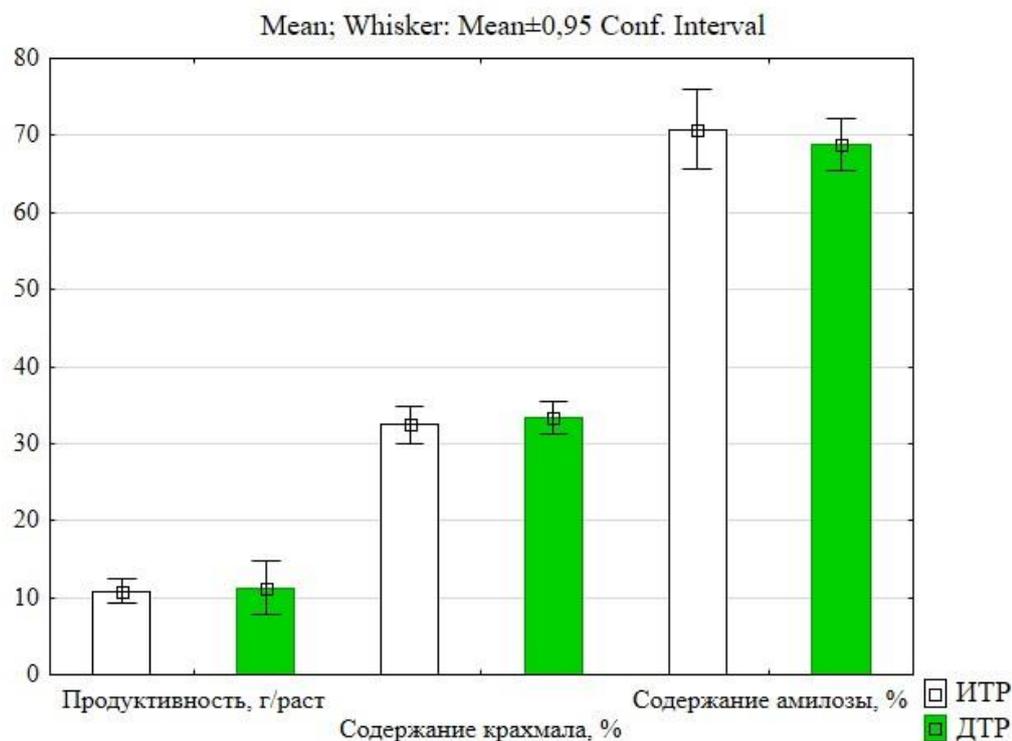


Рисунок 9. Средние показатели продуктивности и биохимических параметров выборки овощного гороха с индетерминантным (ИТР, n=3) и детерминантным типами роста стебля (ДТР, n=3) в среднем за 2015-2016 гг.

В виду биологических особенностей детерминантных форм их растения были значимо ниже, с меньшим числом продуктивных узлов и бобов на растении и большим числом бобов на цветоносе в сравнении с показателями индетерминантных стандартов (рис. 10, приложение 7). Средние значения остальных элементов структуры урожая мутантных и обычных форм значимо не различались.

В реакции на изменение погодных условий между морфотипами наблюдалась разница. Сходные изменения у растений с обычным и ограниченным ростом отмечены по показателям биометрических параметров, характеризующих вегетативное развитие (длина стебля, высота прикрепления нижнего боба, общее число узлов), которые были ниже в 2015 году, в сравнении с 2016. Однако изменения показателей продуктивных признаков по годам отличались

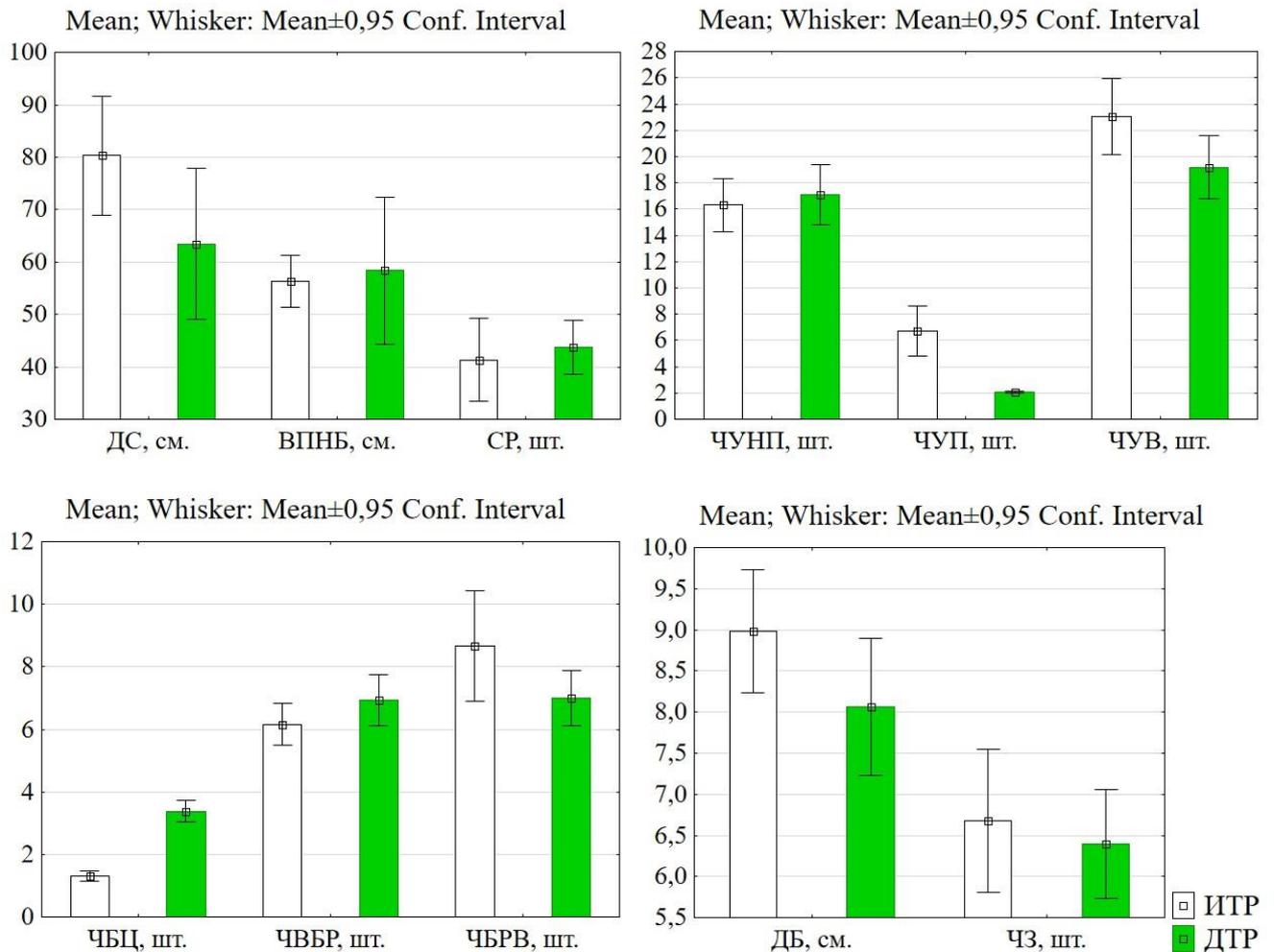


Рисунок 10. Средние показатели биометрических параметров выборки овощного гороха с индетерминантным (ИТР, n=3) и детерминантным типами роста стебля (ДТР, n=3) в среднем за 2015-2016 гг.

(приложение 7). Так у детерминантной формы, при более благоприятных условиях 2016 года, наблюдалось повышение средних значений следующих признаков: число выполненных бобов на растении (на 0,9 шт.) и число семян с растения (на 6,8 шт.). Это отразилось на показателе средней продуктивности мутантной формы, которая была выше в 2016 году на 5,8 г/раст, чем в 2015. Значения тех же самых биометрических показателей у стандартов были выше в 2015 году (на 0,5 и 5,0 шт. соответственно), как и продуктивность (на 0,8 г/раст.). Следовательно, представленные в выборке мутантные формы овощного гороха с ограниченным типом роста стебля более чувствительны к изменениям внешней среды, чем растения с индетерминантным ростом стебля.

**Фасциированная форма.** Существует еще одна мутация стебля – это фасциация. Различные типы фасциации контролируются рецессивными аллелями генов *FA*, *FAS*, *NOD4* *SYM28* в гомозиготном состоянии (Синюшин, 2010). Внешне фасциация проявляется как утолщение стебля в верхней – репродуктивной части, которая представляет собой скученно расположенные цветоносы. Иногда цветоносы располагаются как у обычных форм, при этом в одном узле может встречаться несколько листьев и цветоносов. Вследствие этого растения склонны к сильному полеганию.

В изученной нами выборке имеется оригинальная фасциированная форма «Спонтанный мутант из Беркута». В среднем за два года изучения его продуктивность была на уровне 11,5 г/раст. (приложение 6), что ниже стандарта в среднеранней группе спелости на 0,2 г/раст. В биологически зрелых семенах мутанта отмечено более высокое содержание крахмала (34,3%), чем у сорта Беркут (31,7%). Содержание амилозы в крахмале составило 64,4%, тогда как у стандарта 71,1%.

В более засушливых условиях 2015 года, в сравнении с показателями 2016, продуктивность фасциированной формы овощного гороха была ниже (на 1,9 г/раст.), содержание крахмала в семенах практически не изменилось, а содержание амилозы в крахмале было ниже на 1,7%. Такой характер изменчивости изучаемых параметров в зависимости от условий выращивания ближе к реакции детерминантного сорта Дружный, чем стандарта Беркут.

На растениях мутанта с фасциированным стеблем, в сравнении со стандартом Беркут, в оба года изучения было сформировано большее число бобов на растении всего и вызревших и семян с растения (приложение 8), что подтверждает высокий продуктивный потенциал формы. Высота растения, высота прикрепления нижнего боба и число неплодущих узлов практически не отличались от показателей стандарта. Средние значения большинства биометрических параметров фасциированной формы, как и стандарта, были выше в 2016 году. Данный факт объясняется происхождением фасциированной формы, которая была выделена как спонтанный мутант в посевах сорта Беркут (St).

Современные мутантные формы с измененным ростом стебля в среднем по годам изучения не отличались от стандартов обычного типа по продуктивности и биохимическим параметрам, а также по признакам, отражающим вегетативное развитие. Изменение значений изученных параметров за 2015 и 2016 года мутантных форм имело общие тенденции при их сравнении, более низкие показатели продуктивности и биометрических параметров и высокие содержания крахмала в семенах и амилозы в крахмале были в 2015 году. Отмечено, что рекомбинанты с сочетанием рецессивных аллелей генов *Afila* и *Determinant type* более чувствительны к воздействию внешних факторов среды, уровень их продуктивности значительно снижается при ухудшении условий выращивания. Следовательно, необходимо дальнейшее селекционное улучшение изученных линий с целью повышения их адаптивной способности. Образцы с измененным типом роста стебля и обычным листом нуждаются в улучшении качественных характеристик семян, в частности в снижении содержания в них крахмала и повышении доли амилозы в нем. Это также позволит замедлить созревание зерна в фазу технической спелости, следовательно, удлинить период уборки (Дрозд, Самарина, Швецов, 1968). Так как, чем дружнее плодоносит сорт, тем быстрее перезревает зеленый горошек, а, следовательно, происходит сокращение того срока, при котором зеленый горошек в консервах получает оценку высшего и первого сортов (Полунин, Аршинов, 1976).

### **3.2.4. Изменчивость селекционно значимых признаков и выделение стабильных источников**

Селекционный процесс предполагает использование лучшего исходного материала по отдельным фенологическим, биохимическим и морфобиометрическим показателям. При этом признак или их совокупность, выступающие критерием при отборе, должны быть максимально стабильными в выделяемой популяции не зависимо от климатических условий выращивания. При дальнейшей селекционной работе это повышает вероятность получения гибридной формы с ожидаемым набором признаков.

Для селекции овощных сортов гороха, направленной на повышение качества зеленого горошка, особую ценность представляют такие биохимические показатели как содержание крахмала в семенах и амилозы в крахмале. В изучаемой выборке овощного гороха ( $n=39$ ) варьирование показателей данных биохимических признаков было умеренным в оба года изучения ( $V < 10\%$ , приложение 3). Относительно низкое содержание крахмала в семенах и высокое амилозы в крахмале контролирует рецессивный аллель  $r$  локуса *Rugosus* в гомозиготном состоянии и фенотипически проявляется мозговой (морщинистой) поверхностью семян (Bhattacharyya et al., 1990). Небольшое число генов, детерминирующих данные биохимические признаки и их гомеостатическое состояние, объясняет узость диапазона изменчивости параметров. Чем меньше генов контролирует проявление того или иного признака, тем он стабильней. Все исследуемые 39 образцов гороха характеризовались наличием рецессивной аллели  $r$  в гомозиготном состоянии. Соответственно имеющееся генетическое разнообразие образцов овощного гороха и контрастные условия среды 2015 и 2016 гг. позволили провести поиск и выделение стабильных генотипов с высоким содержанием амилозы в крахмале.

***Выделение источников с повышенной питательной ценностью.***

Согласно данным, полученным в результате биохимических исследований, проведен поиск генотипов овощного гороха с содержанием амилозы в крахмале семян более 70% в оба года изучения для последующего статистического анализа. В итоге выделено 15 сортов, представленных в таблице 9 различных по срокам созревания: Салинеро (к-9811), Асана (и-0148158), Прима (и-0155213) – очень ранней, Олинда (и-630922), Гропеса (ус.л.), СВ0987ЮЦ (к-9728), Грюнди (и-0148165) – ранней, Эштон (к-9816), Дьюранго (к-9817), Омега (к-9819) среднеранней, Парус (к-9350, ус.л.) – среднеспелой и Бутана (и-0148180, ус.л.), Красавчик (к-9449), Исток (к-9353) – среднепоздней групп спелости. За контроль приняли сорт Прима с содержанием амилозы в крахмале 70%. Был проведен двухфакторный дисперсионный анализ (фактор А – сорт, фактор Б – год (среда),

табл. 9), выявивший значимые отличия между сортами и годами по содержанию крахмала в семенах и амилозы в крахмале.

В 2015 г. содержание крахмала в семенах выделенных образцов варьировало от 29,4 до 34,2%. Согласно результатам, полученным в ходе дисперсионного анализа, по данному признаку значительно уступали контролю следующие сорта: Салинеро (на 1,8%), Асана (2,6%), СВ0987ЮЦ (2,0%), Красавчик (2,7%) – традиционного и Парус (1,8%) – безлисточкового морфотипа. Статистически значимо превосходили контроль сорта Олинда (на 1,6%), Грюнди (1,9%), с обычным и Гропеса (на 2,0%) с усатым типом листа. В условиях 2016 г. данный показатель находился в пределах от 26,0% у сорта Парус до 35,8% у сорта Гропеса. По содержанию крахмала в семенах практически все сорта значимо

Таблица 9. Сорта гороха овощного с высоким содержанием амилозы в крахмале, 2015-2016 гг.

№	Сорт	Номер каталога ВИР	Страна происхождения	Содержание крахмала, %		Содержание амилозы в крахмале, %	
				2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.
<b>1</b>	<b>Прима (к)</b>	<b>и-0155213</b>	<b>Россия</b>	<b>32,2</b>	<b>27,1</b>	<b>70,0</b>	<b>70,0</b>
2	Салинеро	к-9811	Нидерланды	30,3*	29,6*	71,5	72,2
3	Асана	и-0148158	Нидерланды	29,6*	29,6*	73,8*	72,7*
4	Олинда	к-630922	Нидерланды	33,8*	31,7*	70,1	72,6*
5	Гропеса (ус.л.)	к-9730	Нидерланды	34,2*	35,8*	76,3*	74,4*
6	СВ0987ЮЦ	к-9728	Нидерланды	30,1*	32,2*	82,1*	76,8*
7	Грюнди	и-0148165	Нидерланды	34,1*	29,6*	74,4*	75,7*
8	Муцио	к-9815	Нидерланды	32,1	29,3*	75,6*	79,3*
9	Эштон	к-9816	Нидерланды	31,8	27,9*	74,3*	82,6*
10	Дьюранго	к-9817	Нидерланды	32,9*	30,7*	75,8*	72,3*
11	Омега	к-9819	Турция	32,3	30,2*	73,0*	75,0*
<b>12</b>	<b>Парус (ус.л.)</b>	<b>к-9350</b>	<b>Россия</b>	<b>30,4*</b>	<b>26,0*</b>	<b>75,0*</b>	<b>78,4*</b>
13	Бутана (ус.л.)	и-0148180	Нидерланды	31,8	29,9*	73,0*	71,8
<b>14</b>	<b>Красавчик</b>	<b>к-9449</b>	<b>Россия</b>	<b>29,4*</b>	<b>27,6</b>	<b>78,3*</b>	<b>77,2*</b>
15	Исток	к-9353	Россия	32,3	30,9*	74,4*	76,8*
Среднее значение, ( $x_{cp} \pm SEM$ )				<b>31,8±0,4</b>	<b>29,9±0,6</b>	<b>74,5±0,8</b>	<b>75,2±0,9</b>

Примечание: к – сорт-контроль; \*варианты достоверно отличаются от контроля, по критерию наименьшей значимости (LSD test), при  $p < 0,05$ ; **жирным шрифтом** выделены источники аллелей низкого содержания крахмала в семенах и высокого амилозы в крахмале; **жирным курсивом** отмечены показатели, значительно отличающиеся по годам.

превосходили контроль, не отличались от него сорт Красавчик, статистически значимо уступал сорт Парус с усатым типом листа (на 1,0%).

Для селекции сортов гороха овощного использования приоритетным является низкое содержание крахмала в семенах (Самарина, 1971; Nleya, Minnaar de Kock, 2014). Такое зерно более сладкое в фазу технической спелости и при его консервировании меньше крахмала переходит в заливочную жидкость, благодаря чему она менее мутная и более привлекательная для потребителей. В среднем за два года изучения выделены сорта с низким содержанием крахмала в семенах: Парус (к-9350, Россия) – безлисточкового морфотипа с содержанием крахмала 30,4% в 2015 году и 26,0% в 2016 и Красавчик (к-9449, Россия) – традиционного морфотипа с содержанием крахмала 29,4% в 2015 году и 27,6% в 2016.

*Содержание амилозы в крахмале* семян овощного гороха в 2015 г. варьировало от 70,0 до 82,1% (табл. 9). По данному признаку только сорта Салинеро и Олинда статистически значимо не отличались от контроля, остальные его превосходили. В 2016 г. содержание амилозы у выделенных образцов находилось в пределах от 70,0 до 82,6%. Показатели сортов Салинеро, Олинда, Дьюранго традиционного морфотипа и Бутана безлисточкового значимо не отличались от контроля, тогда как значения остальных сортов существенно его превзошли.

За два года изучения выделены сорта, значительно превосходящие контроль по содержанию амилозы в крахмале семян: Асана (и-о148158, Нидерланды), СВ0987ЮЦ (к-9728, Нидерланды), Грюнди (и-о148165, Нидерланды), Муцио (к-9815, Нидерланды), Эштон (к-9816, Нидерланды), Омега (к-9819, Турция), Красавчик (к-9449, Россия), Исток (к-9353, Россия) – традиционного, Гропеса (к-9730, Нидерланды) и Парус (к-9350, Россия) – безлисточкового морфотипа.

В соответствии с результатами дисперсионного анализа двухлетних данных выделены источники комплекса признаков, уступающие контролю по содержанию крахмала в семенах и превышающие его по содержанию амилозы в крахмале: Красавчик (к-9449, Россия) – традиционного морфотипа со средними

показаниями по годам содержания крахмала 28,5% и содержания амилозы в крахмале 77,8% и сорт Парус (к-9350, Россия) – безлисточкового морфотипа с содержанием крахмала 28,2% и содержанием амилозы в крахмале 76,7%.

***Выделение стабильных генотипов по параметрам структуры урожая.***

Современные цели селекции включают в себя задачи по повышению продуктивности и стабильности. Данные признаки комплексные состоящие из нескольких компонентов и во многом зависят от воздействия внешних факторов. Существенные различия в погодных условиях 2015 и 2016 гг. позволили провести объективную оценку генотипов по наиболее важным для селекции овощного гороха элементам структуры урожая и выделить источники со средним и низким уровнем варьирования в оба года изучения.

Изучаемая выборка характеризуется высоким уровнем изменчивости (V более 20 %, приложение 8) по таким признакам как: продуктивность растения, масса 1000 семян, высота прикрепления нижнего боба, число узлов непродуктивных и продуктивных, число бобов на цветоносе и на растении, число семян с растения. Средним уровнем (от 10 до 20 %) по признакам: длина боба, число зерен в бобе. Низким (менее 10 %) – ширина боба. Высокая дифференциация большинства биометрических признаков свидетельствует о большом разнообразии исходного материала в изучаемой выборке, что повышает ценность выделяемых источников.

*Продуктивность (г/раст.)* растения первоочередной признак для селекции, от которого зависит урожайность всей популяции. За два года изучения отмечены сорта и линии с продуктивностью выше 10 г/раст.: Беркут (к-8856, Россия), Веста (к-9352, Россия), Дружный (к-9351, Россия), Спонтанный мутант (Россия), Г-388/45 (Россия), Рейньер (к-9821, Германия), Г-344/16 (Россия), Г-359/58 (Россия), Красавчик (к-9449, Россия), Исток (к-9353, Россия). В большинстве своем выделившиеся образцы представлены сортами, линиями и мутантными формами российской селекции, что объясняется их высокой приспособленностью к местным условиям.

*Масса 1000 семян.* В последние годы стало актуальным внедрение в производственные посевы сортов с массой 1000 семян до 150 грамм. Данный признак связан с повышенным содержанием амилозы в крахмале (табл. 10, в 2015 году  $r=-0,34$ , в 2016 году  $r=-0,32$ ). В 2015 году масса 1000 семян гороха изучаемой выборки находилась в пределах от 94 до 234 грамм, в 2016 от 80 до 242. За два года изучения из 39 сортов и линий пять отнесено к мелкосемянным: СВ0987ЮЦ (к-9728, 87 г.), Гропеса (к-9730, ус.л., 87 г.), Винко (к-9813, 131 г.), Омега (к-9819, 135 г.), Бутана (и-о148180, ус.л., 146 г.).

*Число непродуктивных узлов* во многом определяет группу спелости (Макашева, 1979) и очень важно при селекции направленной на расширение «конвейерного» поступления сырья на переработку. Особую ценность для селекции представляют пограничные значения признака с максимальным и минимальным выражением. В годы проведения исследования число непродуктивных узлов находилось в пределах от 8-10 у сортов очень ранней группы до 18-20 у среднепоздних. Образцы характеризовались низким и средним уровнем изменчивости по данному признаку (приложение 8,  $V < 15\%$ ). Выделены стабильные сорта и линии очень ранние к-9349/5 (к-9349, 8 шт.), Увертюра (к-9656, 8), Салинеро (к-9811, 8), и среднепоздние Исток (к-9353, 19), Бутана (и-о148180, ус.л., 19), Г-387 (ДТР, 19).

*Число бобов на цветоносе.* Повысить продуктивность вновь создаваемых сортов возможно за счет увеличения плодовой нагрузки на продуктивный узел. В 2015 году данный признак изменялся от 1,1 шт. до 3,8, в 2016 – от 1,0 до 3,7. За два года изучения выделены образцы с двумя и более бобами на цветоносе, основная часть из которых были с детерминантным типом роста стебля: Г-349/422 (ус.л., ДТР, 3,6 шт.), Г-387 (ус.л., ДТР, 3,4), Дружный (к-9351, ДТР, 3,2), Дьюранго (к-9817, 2,1).

*Число выполненных бобов на растении.* Наибольший практический интерес представляет число выполненных бобов на растении, так как только с них учитывается урожай зеленого горошка. Изучаемая выборка представлена образцами с числом бобов в 2015 году от 3,4 шт. до 7,8, а в 2016 – от 4,6 до 12,7.

Уровень изменчивости данного признака по сортам находился в диапазоне от низкого до высокого (2015 год  $6,2 < V, \% < 27,8$ , 2016 год  $8,5 < V, \% < 39,3$ ). Нами были выделены сорта и линии со средним и низким уровнем изменчивости признака и значением выше 7 шт. на растении: Г-359/58 (7,6 шт.), Рейньер (к-9821, 7,6), Веста (к-9352, 7,4), Г-349/422 (ус.л., ДТР, 7,4).

*Длина боба.* Это один из важных компонентов структуры урожая, так как чем длиннее бобы, тем больше в них семян, а, следовательно, выше продуктивность растения. По классификации, представленной у Р.Х. Макашевой (1979), бобы от 3 до 4,5 см. – мелкие, 4,5-6 – средние, 6-10 крупные, 10-15 – очень крупные. У изученной выборки сортов и линий овощного гороха бобы от средних до крупных размеров. Средние значения длины боба находились в 2015 году в пределах от 5,9 см. до 9,7, в 2016 – от 5,8 до 10,2. Внутрисортовая изменчивость признака была от низкой до средней (в 2015 году  $7,5 < V, \% < 18,9$ , в 2016  $6,7 < V, \% < 17,3$ ). Выделены образцы с крупными бобами от 7 см и стабильным значением признака: Олинда (к-630922, 9,6 см.), Веста (к-9352, 9,1), Г-344/16 (8,8), Донана (и-0148177, ус.л., 8,3), Бутана (и-0148180, ус.л., 8,2).

Согласно классификации (Макашева, 1979) число зерен в бобе варьировало от среднего до большого, в 2015 году от 5,3 шт. до 9,7, в 2016 – от 5,1 до 10,2. Данный признак один из наиболее вариабельных, с уровнем изменчивости от низкого до высокого (в 2015 году  $15,5 < V, \% < 21,8$ , в 2016  $9,7 < V, \% < 33,4$ ). Выделены образцы с большим числом зерен в бобе, свыше 7 шт. и средней величиной изменчивости признака в оба года: Муцио (к-9815, 10,0 шт.), Олинда (и-630922, 8,3), Г-359/58 (7,4).

*Число семян с растения.* На растениях изучаемых образцов в фазу технической спелости формировалось семян в 2015 году в среднем от 21,3 шт. до 65,6 в 2016 от 27,6 до 104,2. Изменчивость данного признака по сортам была от низкой до высокой (приложение 8). Выделены образцы с числом семян на растении от 45 и более штук и со средним и низким уровнем варьирования: Бутана (и-0148180, ус.л., 59,9 шт.), Г-359/58 (56,9), Г-305/28 (52,8), Веста (к-9352, 47,3).

По результатам двухлетнего изучения выделены источники, сочетающие три ценных признака из четырех изученных (число выполненных бобов на растении, длина боба, число зерен в бобе, семян с растения) со средним и низким уровнем варьирования в оба года: Винко (к-9813, Нидерланды), Олинда (и-630922, Нидерланды), Г-9424/7 (к-9424, Россия), Муцио (к-9815, Нидерланды), Веста (к-9352, Россия), Ресал (к-9818, Нидерланды), Рейньер (к-9821, Германия), Г-344/16 (Россия), Бутана (ус.л., и-0148180, Нидерланды), Г-359/58 (Россия).

Из группы раннеспелых сортов выделена линия Г-9424/7. Образец из мировой коллекции ВИР поступил на Крымскую ОСС ВИР в 2007 году, засушливом по ГТК. Большинство растений на делянке выжили в неблагоприятных условиях и из них были отобраны элитные, по признакам: число непродуктивных узлов 12-13, парный боб, число выполненных бобов в фазу технической спелости – не менее 6. В 2015 году сорт передали в Государственное сортоиспытание под названием Кудесник 2. Отличительной особенностью сорта также является относительно небольшая масса 1000 семян, по годам она варьировала от 146 до 164 граммов (2012-2017 гг.), и в среднем составила 150,7 г. Семена интенсивной зеленой окраски с ярко-выраженной мозговой поверхностью, угловато-квадратной формы. По результатам конкурсного сортоиспытания (приложение 9) урожайность нового сорта Кудесник 2 выше, чем у стандартного сорта Альфа. В настоящее время на новый сорт получен патент и авторское свидетельство (приложение 10), ведется его размножение и реализация.

Отдельно следует выделить линию Г-9349/5, с очень ранним наступлением фазы технической спелости, разница со стандартом Альфа составляет 7-9 дней. В 2005 году он поступил на Крымскую опытно-селекционную станцию из ВИРа под номером к-9349 для изучения. В том же году проведены первые отборы элитных растений из популяции по признакам: число непродуктивных узлов на растении 8-9, на цветоносе парные бобы средней длины, семена зеленого цвета с мозговой поверхностью. В последующие годы велись массовые отборы растений, изучение в питомниках предварительного и конкурсного сортоиспытания, размножение. В настоящее время сорт передан в Государственное сортоиспытание под названием

Изюминка (приложение 11), заявки на допуск и патент прошли регистрацию (Регистрация заявок ..., 2018). Конкурентными преимуществами сорта являются ультрараннеспелость и урожайность (приложение 12).

### **3.2.5. Анализ связей между продуктивностью, углеводным составом семян и селекционно значимыми признаками**

Под воздействием внешних факторов уровень взаимодействия между различными параметрами меняется, одни и те же признаки при разных условиях могут иметь связь от сильной ( $r > 0,7$ ) до слабой степени ( $r < 0,3$ ). Практический интерес представляют как временные зависимости, характеризующие реакцию генотипов на изменение условий, так и постоянные – означающие определенную закономерность в их проявлении. Поэтому проведенная нами оценка корреляций основных селекционно-значимых признаков овощного гороха в контрастных условиях 2015 и 2016 гг. особенно актуальна. Следует отметить, что в менее благоприятных условиях 2015 года число и степень взаимосвязей между признаками были выше, чем в 2016 (табл. 10).

Проведенный корреляционный анализ между основными фенологическими, биометрическими и биохимическими показателями (табл. 10), в условиях 2015 года, выявил статистически значимые связи между продуктивностью и почти всеми признаками за исключением ширины боба, числа зерен в бобе вызревших, содержания крахмала в семенах и амилозы в крахмале. В условиях 2016 года продуктивность растений статистически значимо не зависела от изучаемых признаков (табл. 10), незначительное влияние на ее уровень оказали: число выполненных бобов на растении ( $r = 0,28$ ) и число зерен с растения ( $0,26$ ). Наличие сильных положительных корреляций между продуктивностью и продолжительностью межфазных периодов ( $r = 0,76; 0,67; 0,81$ , табл. 10) только в 2015 году подтверждают негативный эффект воздействия абиотических стрессов на проявление признака. Как отмечалось ранее, чем длиннее был вегетационный период образца, тем в более благоприятных условиях происходило его развитие, у таких растений было больше бобов на плодоносе ( $r = 0,41$  с признаком «всходы-

техническая спелость», выполненных бобов на растении ( $r=0,78$ ), их бобы были длиннее ( $r=0,67$ ), сформировалось больше семян ( $r=0,67$ ) и продуктивность ( $r=0,81$ ) была выше, чем растений с очень коротким периодом «всходы-техническая спелость».

Значимых в оба года изучения корреляций между продуктивностью и другими селекционно-значимыми признаками не выявлено, отмечены только относительно устойчивые с числом выполненных бобов на растении и числом зерен с растения, которые в оба года изучения имели значимую связь между собой ( $r=0,74$  в 2015 году и  $r=0,47$  в 2016). При увеличении числа выполненных бобов формируется больше семян на растении, а значит, повышается продуктивность.

Содержание крахмала в семенах в засушливых условиях 2015 г. значимо не было связано с большинством изучаемых признаков, исключение составил «содержание амилозы в крахмале» ( $r=-0,60$ , табл. 10). При улучшении условий вегетации растений гороха в 2016 г. проявились положительные связи содержания крахмала в семенах и с другими признаками: числом выполненных бобов на растении ( $r=0,42$ ), числом зерен с растения ( $r=0,32$ ), обратная зависимость с массой 1000 семян ( $r=-0,38$ ), которые в свою очередь были связаны между собой. Таким образом, чем ниже масса 1000 семян образца, тем больше на его растениях образовывалось бобов и семян, в которых была выше концентрация крахмалас более низким содержанием амилозы.

Содержание амилозы в крахмале в 2015 году находилось в обратной зависимости от массы 1000 семян ( $r=-0,34$ ), ширины боба ( $r=-0,34$ ) и содержания крахмала в семенах ( $r=-0,60$ ), и прямой от числа зерен в бобе ( $r=0,47$ ) и в целом на растении ( $0,42$ ). Содержание амилозы в крахмале в 2016 году имело прямую связь с числом зерен в бобе ( $r=0,41$ ), обратную с массой 1000 семян ( $r=-0,32$ ), длиной периодов цветение-техническая спелость ( $r=-0,46$ ) и всходы-техническая спелость ( $r=-0,36$ ), длиной стебля ( $r=-0,33$ ) и высотой прикрепления нижнего боба ( $r=-0,34$ ).

Таблица 10. Корреляции между содержанием амилозы и крахмала в семенах и другими селекционно значимыми признаками у изученных образцов (n=39) овощного гороха (*Pisum sativum* L.) по годам наблюдений

Признак	всходы-цветение, дней	цветение-тс, дней	всходы-тс, дней	МС, г.	ДС, см.	ВПНБ, см.	ЧУНП, шт.	ЧУВ, шт.	ЧУП, шт.	ЧБЦ, шт.	ЧБРВ, шт.	ЧВБР, шт.	ДБ, см.	ШБ, см.	ЧЗВ, шт.	СР, шт.	ПР, г/раст.	СК, %	СА, %
2015 год																			
всходы-цветение, дней	1,00	<b>0,57</b>	<b>0,95</b>	0,24	<b>0,73</b>	<b>0,77</b>	<b>0,93</b>	<b>0,89</b>	0,18	<b>0,35</b>	<b>0,57</b>	<b>0,71</b>	<b>0,64</b>	0,17	0,22	<b>0,65</b>	<b>0,76</b>	-0,14	<b>0,36</b>
цветение-тс, дней		1,00	<b>0,80</b>	<b>0,37</b>	<b>0,57</b>	<b>0,53</b>	<b>0,64</b>	<b>0,64</b>	0,22	<b>0,39</b>	<b>0,54</b>	<b>0,70</b>	<b>0,53</b>	0,30	-0,02	<b>0,52</b>	<b>0,67</b>	0,27	-0,14
всходы-тс, дней			1,00	0,31	<b>0,75</b>	<b>0,76</b>	<b>0,92</b>	<b>0,90</b>	0,21	<b>0,41</b>	<b>0,62</b>	<b>0,78</b>	<b>0,67</b>	0,24	0,15	<b>0,67</b>	<b>0,81</b>	0,00	0,21
МС, г.				1,00	<b>0,44</b>	<b>0,38</b>	0,24	0,23	0,06	0,02	-0,04	0,03	<b>0,44</b>	<b>0,61</b>	<b>-0,37</b>	-0,22	<b>0,40</b>	0,08	<b>-0,34</b>
ДС, см.					1,00	<b>0,88</b>	<b>0,77</b>	<b>0,83</b>	<b>0,43</b>	0,03	<b>0,49</b>	<b>0,61</b>	<b>0,52</b>	<b>0,39</b>	-0,13	<b>0,38</b>	<b>0,77</b>	-0,04	-0,03
ВПНБ, см.						1,00	<b>0,84</b>	<b>0,77</b>	0,04	0,29	0,29	<b>0,50</b>	<b>0,54</b>	<b>0,45</b>	-0,01	<b>0,35</b>	<b>0,69</b>	0,03	0,04
ЧУНП, шт.							1,00	<b>0,95</b>	0,15	<b>0,37</b>	<b>0,52</b>	<b>0,67</b>	<b>0,61</b>	0,25	0,20	<b>0,61</b>	<b>0,74</b>	-0,01	0,26
ЧУВ, шт.								1,00	<b>0,46</b>	0,14	<b>0,64</b>	<b>0,72</b>	<b>0,58</b>	0,19	0,16	<b>0,64</b>	<b>0,78</b>	-0,03	0,20
ЧУП, шт.									1,00	<b>-0,61</b>	<b>0,54</b>	<b>0,39</b>	0,12	-0,10	-0,07	0,29	<b>0,36</b>	-0,06	-0,09
ЧБЦ, шт.										1,00	0,27	<b>0,41</b>	0,09	0,06	-0,01	0,30	0,11	0,07	0,21
ЧБРВ, шт.											1,00	<b>0,88</b>	0,25	-0,16	0,06	<b>0,74</b>	<b>0,51</b>	-0,07	0,20
ЧВБР, шт.												1,00	<b>0,37</b>	-0,12	0,05	<b>0,82</b>	<b>0,67</b>	-0,02	0,19
ДБ, см.													1,00	0,27	<b>0,45</b>	<b>0,50</b>	<b>0,69</b>	0,07	0,08
ШБ, см.														1,00	-0,28	-0,30	0,14	0,16	<b>-0,34</b>
ЧЗВ, шт.															1,00	<b>0,59</b>	0,12	-0,05	<b>0,47</b>
СР, шт.																1,00	<b>0,56</b>	-0,07	<b>0,42</b>
ПР, г/раст.																	1,00	0,09	0,00
СК, %																		1,00	<b>-0,60</b>

Продолжение таблицы 10

СА, %																				1,00
2016 год																				
всходы-цветение, дней	1,00	<b>0,33</b>	<b>0,95</b>	-0,09	<b>0,72</b>	<b>0,81</b>	<b>0,93</b>	<b>0,90</b>	0,30	<b>0,37</b>	<b>0,52</b>	<b>0,42</b>	<b>0,40</b>	-0,10	-0,18	0,23	-0,03	0,20	-0,25	
цветение-тс, дней		1,00	<b>0,60</b>	0,13	<b>0,50</b>	<b>0,39</b>	<b>0,39</b>	<b>0,49</b>	<b>0,39</b>	0,10	<b>0,40</b>	0,16	0,15	0,08	<b>-0,44</b>	-0,08	-0,19	0,20	<b>-0,46</b>	
всходы-тс, дней			1,00	-0,03	<b>0,77</b>	<b>0,82</b>	<b>0,91</b>	<b>0,92</b>	<b>0,38</b>	<b>0,34</b>	<b>0,57</b>	<b>0,41</b>	<b>0,39</b>	-0,06	-0,29	0,17	-0,09	0,24	<b>-0,36</b>	
МС, г.				1,00	0,16	0,14	-0,05	-0,08	-0,08	-0,17	<b>-0,43</b>	<b>-0,62</b>	<b>0,36</b>	<b>0,64</b>	<b>-0,35</b>	<b>-0,69</b>	0,10	<b>-0,38</b>	<b>-0,32</b>	
ДС, см.					1,00	<b>0,87</b>	<b>0,71</b>	<b>0,85</b>	<b>0,62</b>	-0,04	<b>0,52</b>	0,19	<b>0,40</b>	0,13	<b>-0,37</b>	-0,04	-0,07	0,03	<b>-0,33</b>	
ВПНБ, см.						1,00	<b>0,87</b>	<b>0,81</b>	0,21	0,29	<b>0,35</b>	0,18	<b>0,36</b>	0,21	<b>-0,32</b>	-0,04	-0,03	0,10	<b>-0,34</b>	
ЧУНП, шт.							1,00	<b>0,91</b>	0,19	<b>0,41</b>	<b>0,41</b>	<b>0,38</b>	<b>0,36</b>	-0,05	-0,15	0,21	0,00	0,14	-0,20	
ЧУВ, шт.								1,00	<b>0,58</b>	0,10	<b>0,58</b>	<b>0,39</b>	<b>0,37</b>	-0,13	-0,21	0,21	-0,07	0,11	-0,20	
ЧУП, шт.									1,00	<b>-0,58</b>	<b>0,58</b>	0,18	0,17	-0,23	-0,19	0,09	-0,17	-0,01	-0,08	
ЧБЦ, шт.										1,00	0,22	<b>0,39</b>	0,00	-0,06	-0,04	0,26	0,08	0,29	-0,17	
ЧБРВ, шт.											1,00	<b>0,65</b>	0,08	<b>-0,42</b>	-0,16	<b>0,47</b>	-0,12	0,21	-0,09	
ЧВБР, шт.												1,00	-0,04	<b>-0,56</b>	0,12	<b>0,88</b>	0,28	<b>0,42</b>	-0,04	
ДБ, см.													1,00	0,17	0,29	0,07	0,16	-0,12	-0,11	
ШБ, см.														1,00	-0,26	<b>-0,62</b>	0,02	-0,18	-0,23	
ЧЗВ, шт.															1,00	<b>0,57</b>	0,10	-0,06	<b>0,41</b>	
СР, шт.																1,00	0,26	<b>0,32</b>	0,17	
ПР, г/раст.																	1,00	0,07	0,00	
СК, %																		1,00	<b>-0,49</b>	
СА, %																				1,00

Примечание: *жирным курсивом* выделены значимые корреляции, при  $p < 0,05$ ; тс – техническая спелость; МС – масса 1000 семян, ДС – длина стебля, ВПНБ – высота прикрепления нижнего боба, ЧУНП – число узлов непродуктивных, ЧУВ – число узлов всего, ЧУП – число узлов продуктивных, ЧБЦ – число бобов на цветоносе, ЧБРВ – число бобов на растении всего, ЧВБР – число выполненных бобов на растении, ДБ – длина боба, ШБ – ширина боба, ЧЗВ – число зерен в бобе вызревших, СР – число семян с растения, ПР – продуктивность растения, СК – содержание крахмала в семенах, СА – содержание амилозы в крахмале

Отрицательные корреляции с вегетационными признаками свидетельствуют об образовании высокоамилозных крахмалов в большей степени у образцов очень ранней и ранней групп спелости.

По данным за два года в изучаемой выборке ( $n=39$ ) отмечено наличие статистически значимой обратной зависимости между содержанием амилозы и массой 1000 семян, а также содержанием крахмала в семенах и содержанием амилозы в крахмале. Прямой характер зависимости отмечен между содержанием амилозы в крахмале и признаком «число зерен в бобе», который отрицательно связан с массой 1000 семян. Таким образом, у сортов и линий овощного гороха прослеживается следующая тенденция: чем ниже масса 1000 семян, тем выше их количество в бобе и содержание амилозы в крахмале. А повышенное содержание крахмала в семенах предполагает уменьшение содержания амилозы.

Изучение выборки образцов овощного гороха различающихся по длине вегетационного периода позволяет сделать оценку связи между скороспелостью и другими признаками, важными для селекции. В 2015 году наблюдалась достоверная связь сильной и средней степени продолжительности вегетационного периода, его составляющих и большинством биометрических параметров, тогда как в 2016 году таких связей меньше. При этом, если разделить признаки условно на вегетационные (продолжительность периодов всходы-цветение, цветение–техническая спелость, всходы-техническая спелость), вегетативные (длина стебля, высота прикрепления нижнего боба, число непродуктивных узлов), генеративные (число продуктивных узлов, число бобов на цветоносе и растении, длина боба, число зерен в бобе, число зерен с растения, продуктивность растения), биохимические (содержание крахмала в семенах, содержание амилозы в крахмале) окажется, что устойчивые и статистически значимые связи имеют в основном вегетационные и вегетативные и лишь некоторые генеративные. Наличие таких связей означает, что раннеспелые сорта и линии в сравнении с позднеспелыми, меньше по высоте, с более низкой закладкой первого продуктивного узла, меньшим

числом непродуктивных узлов, меньшим количеством бобов на растении. Такие признаки, как: число зерен в бобе, число семян с растения и продуктивность – в большей степени зависят от условий внешней среды. В благоприятных условиях генотип реализует свой потенциал независимо от продолжительности периода вегетации и его составляющих, тогда как при ухудшении условий, в том или ином периоде, происходит нарушение продукционных процессов, приводящее к снижению показателей генеративных признаков. Биохимические признаки в оба года изучения не были устойчиво и значимо связаны с вегетационными. Следовательно, продолжительность вегетационного периода и отнесение образца к той или иной группе спелости не отражают его продуктивный потенциал и биохимический состав семян (содержание крахмала в семенах и амилозы в крахмале).

#### **ГЛАВА 4. Комплексная оценка сортов овощного гороха традиционного и безлисточкового морфотипа по параметрам адаптивности, фотосинтетической деятельности и урожайности**

Современное производство гороха отличается внедрением сортов с различными листовыми мутациями, например: хамелеон, рассеченнолисточковый, многократнотенарноперистый и другие (Зеленов, 2001; Фадеев, 2014; Зеленов и др., 2017). Наиболее активно используются сорта гороха безлисточкового морфотипа, в том числе и овощного направления использования (Беседин, 2015), у которых ввиду отсутствия листочков рахис переходит в многократно разветвленные усики. Подобное изменение морфологии основного фотосинтезирующего органа может привести к изменению донорно-акцепторных связей при распределении ассимилятов. В связи с этим, требуется дополнительное изучение влияния рецессивной мутации гена *Afila* (ус.л.) на продукционные и адаптационные процессы у растений овощного гороха.

Изучение влияния условий среды на продуктивность растений гороха и выделение стабильных сортов становится все более актуальным. По некоторым данным, доля дисперсии фактора «среда» в общей изменчивости признака «масса семян с растения» овощного гороха составляет 12,7 %, тогда как взаимодействие факторов «генотип-среда» – 39,2% (Абросимова, Фадеева, 2015). На элементы продуктивности (масса бобов с растения, число бобов на растении, масса семян с растения) влияние климатических условий года может достигать 70% (Кузьмина и др., 2016). Открытым остается вопрос о доле влияния климатических факторов на физиологические процессы накопления и распределения ассимилятов.

В течение трех лет (2014-2016 гг.), нами проведены исследования влияния структуры листового аппарата на процессы накопления и распределения ассимилятов в растении, интенсивность фотосинтеза, урожайность и адаптивный потенциал. Изучено 12 сортов овощного гороха

традиционного морфотипа и 5 безлисточкового разных групп спелости, от очень ранней до среднепоздней. За стандарты приняты сорта, районированные для данной зоны возделывания и рекомендуемые Государственной комиссией по испытанию гороха овощного: в группе раннеспелых – Альфа 2, среднеранних – Беркут, среднеспелых – Адагумский, среднепоздних – Исток. Контрастные погодные условия 2014-2016 годов в период вегетации растений овощного гороха позволили провести объективную оценку их адаптивного потенциала и селекционной значимости.

#### **4.1. Листовой аппарат овощного гороха и его влияние на содержание и распределение ассимилятов**

##### **4.1.1. Структура листового аппарата растений традиционного и безлисточкового морфотипов**

Основным фотосинтезирующим органом растений является лист. Продуцируемые листовым аппаратом ассимиляты перераспределяются в растении, благодаря чему происходит рост вегетативной массы и формирование урожая. Исследования, проводимые на растениях гороха изогенных линий традиционного и безлисточкового морфотипов (Goldman, Critton, 1992; Коф и др, 2006; Ооржак, 2004, 2010) показали, что на всех этапах роста обычные и мутантные формы мало различаются по сухой массе листового аппарата, в большей степени отличия наблюдаются в его площади, которая выше у растений традиционного типа на всех этапах онтогенеза. Максимальное различие достигается к фазе развития настоящего листа, далее в предфлоральный период (перед цветением) и вплоть до созревания различия практически нивелируются. Оценка семенной продуктивности в фазу биологической зрелости показала, что между морфотипами разница не существенна, более значительное влияние на нее оказывал генетический фон, то есть исходный сорт. Линии высоко продуктивных сортов также имели высокие показатели семенной и общей продуктивности.

Мы считаем целесообразным проведение исследования в открытом грунте, с использованием сортов овощного гороха традиционного и безлисточкового морфотипов, включенных в Государственный реестр селекционных достижений по Северо-Кавказскому (6) региону, они наиболее продуктивны в условиях Краснодарского края. Нами рассмотрена площадь и сухая масса листового аппарата и его компонентов у сортов овощного гороха традиционного и безлисточкового морфотипов в фазы развития: 2-3 листа, цветение, техническая спелость.

*Площадь листового аппарата и его частей.* В среднем площадь листового аппарата (ЛА) у изучаемой выборки увеличивалась от фазы «2-3 листа», достигая максимума ( $6,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$ ) в фазу «цветение», после чего уменьшалась до  $5,1 \text{ м}^2/\text{м}^2$  в фазу «техническая спелость». При сравнении средних показателей площади ассимиляционной поверхности ЛА по годам, наблюдается, что на всех этапах роста она была статистически значимо ниже в 2015 г. (приложение 13), неблагоприятном для роста и развития растений овощного гороха. Следовательно, изучаемый признак зависел от изменения погодных условий.

При анализе групп образцов с доминантным и рецессивным проявлением гена *Afila*, прослеживается следующая закономерность: на всех этапах развития, от вегетативного до продуктивного периодов онтогенеза, площадь листового аппарата растений традиционного морфотипа больше, чем безлисточкового (рис. 10) на  $0,07 \text{ м}^2/\text{м}^2$  в фазу «2-3 листа», на  $0,50$  в фазу «цветение» и на  $0,60$  в фазу «техническая спелость». Эта тенденция согласуется с найденной для интактных растений, выращенных в условиях защищенного грунта (Ооржак, 2010). Однако в наших исследованиях статистически разница между морфотипами подтверждается только в фазу развития растений «2-3 листа», на остальных этапах онтогенеза она не существенна (приложение 13).

У растений изучаемых морфотипов максимальная площадь листового аппарата достигается в фазу цветения (рис. 11, приложение 13), далее к фазе технической спелости наблюдается постепенное отмирание ЛА. Площадь

ассимиляционной поверхности ЛА изучаемых морфотипов в более благоприятных условиях 2014 и 2016 гг. на всех этапах роста больше, тогда как в засушливом 2015 году она меньше. Таким образом, у сортов с усатым типом листа характер изменения площади листового аппарата в процессе онтогенеза и реакция на изменение климатических условий схожи с таковыми у обычных сортов.

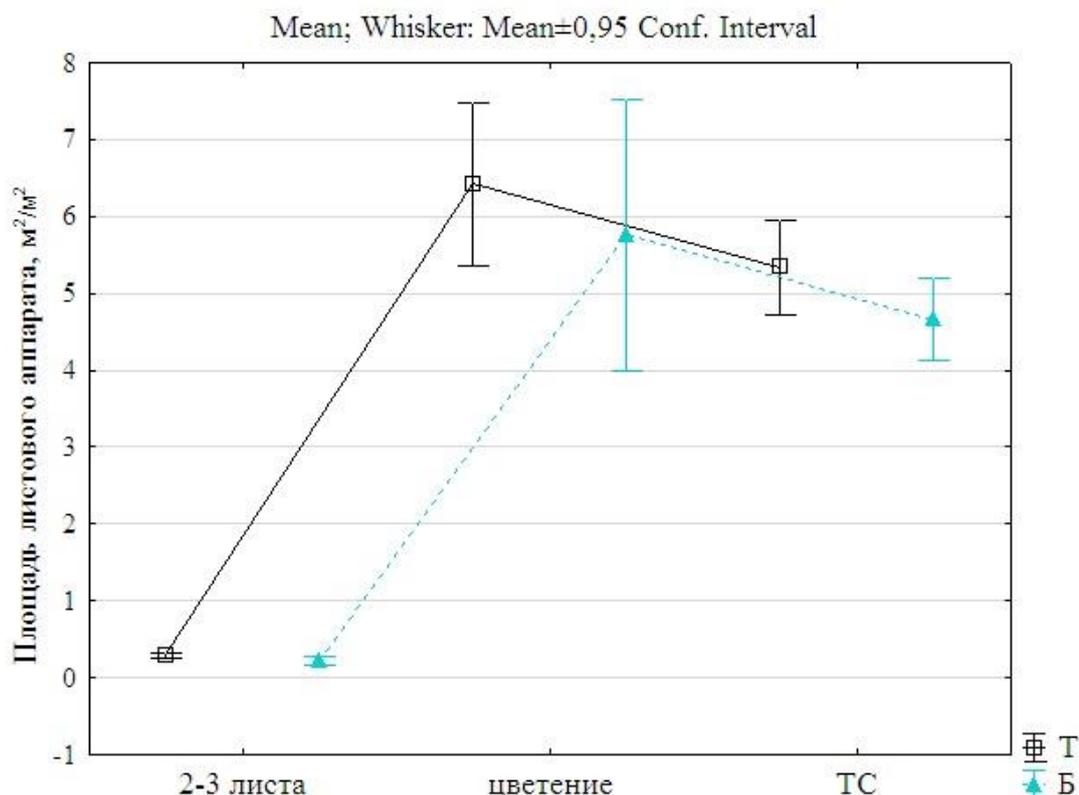


Рисунок 11. Динамика изменения площади листового аппарата у растений овощного гороха традиционного (Т) и безлисточкового (Б) морфотипов в фазы развития: 2-3 листа, цветение, техническая спелость (ТС), в среднем за 2014-2016 гг.

В структуре площади ЛА сортов традиционного морфотипа в изучаемые фазы развития преобладает лист (рахис, листочки, усики), тогда как у растений безлисточкового морфотипа прилистник. В начале роста, при развитии 2-3 настоящих листьев разница более очевидна (рис. 12, приложение 13), площадь листьев традиционной формы в среднем по годам изучения составила  $0,22 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , а прилистников  $0,08$ , тогда как площадь листьев (рахиса и усиков) безлисточковой формы была равна  $0,06 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , а прилистников  $0,16$ . Активный

вегетативный рост требует большого количества ассимилятов для формирования органов, в связи с этим у сортов с усатым типом листа небольшая площадь листьев (рахис, усики) компенсируется более активным развитием прилистников (71% от общей площади листового аппарата, рис.11).

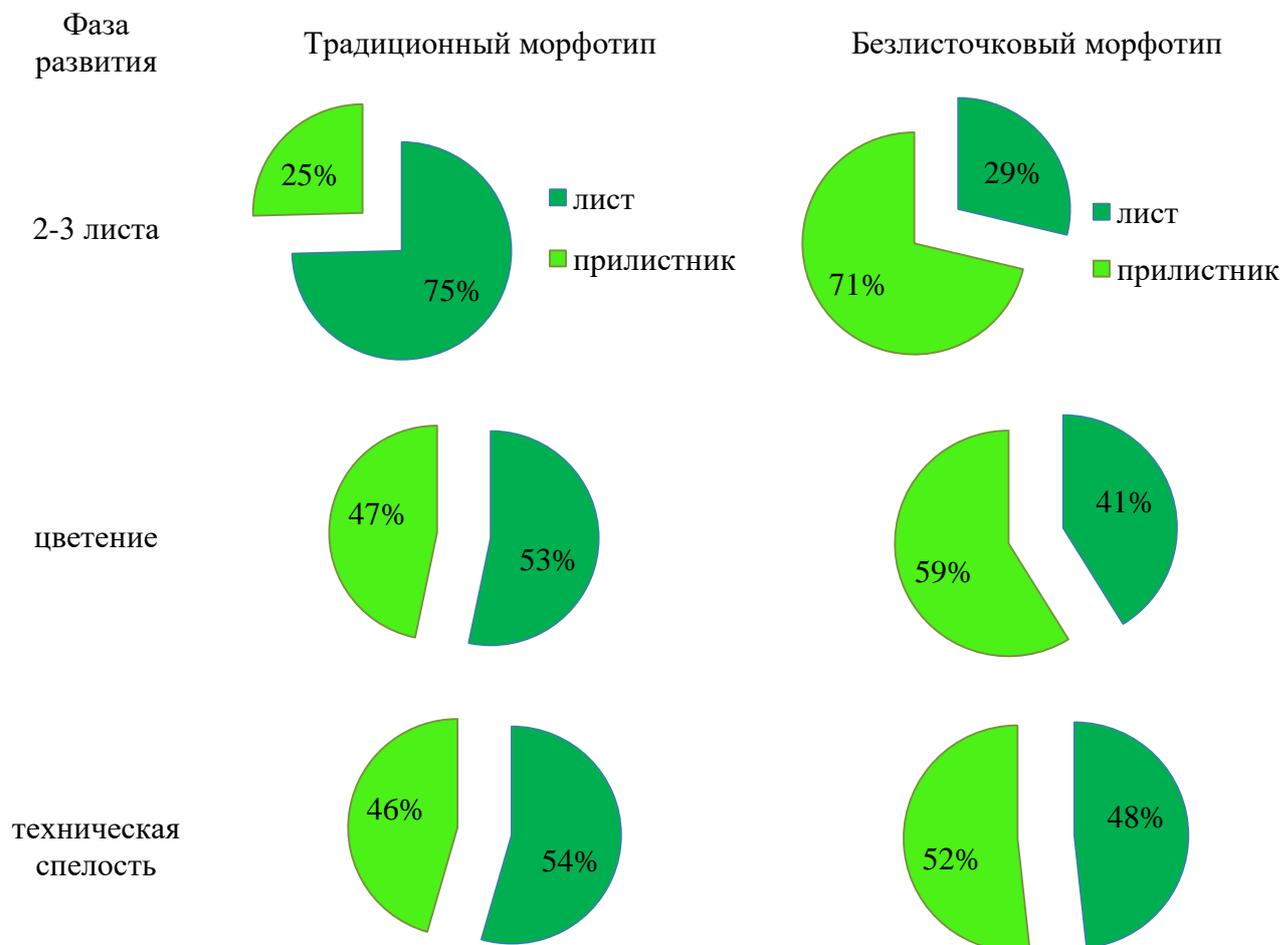


Рисунок 12. Соотношение площади листьев и прилистников в разные фазы развития у генотипов доминантных и рецессивных по гену *AFILA* (среднее за 2014-2016 гг.)

При дальнейшем росте растений безлисточковой формы усики разрастаются и к фазе цветения уже составляют 41% от общей площади листового аппарата (рис. 12), при этом доля прилистников соответственно уменьшается, такая тенденция сохраняется до наступления фазы «техническая спелость», когда площадь листьев ( $2,20 \text{ м}^2/\text{м}^2$  или 48% от общей площади ЛА) и прилистников ( $2,27 \text{ м}^2/\text{м}^2$  или 52%) практически уравнивается.

Доли компонентов листового аппарата традиционной формы в процессе роста изменяются иным образом (рис. 12). Часть площади, приходящаяся на листья, сокращается, а на прилистники увеличивается. В структуре площади листового аппарата традиционной формы в фазы «цветение» и «техническая спелость» процентное соотношение компонентов становится практически равным (46% лист, 54% прилистник).

Описанные изменения прослеживаются во все годы изучения (приложение 13), независимо от условий внешней среды. Согласно полученным данным, погодные условия произрастания влияют на площадь листового аппарата, не изменяя соотношение его компонентов.

*Сухая масса листового аппарата и его частей.* Динамика накопления сухой массы листового аппарата изучаемой выборки сортов (n=17) отличалась от динамики роста их площади. Сухая масса листового аппарата увеличивалась в процессе онтогенеза, достигая максимума в фазу «техническая спелость». Анализ средних данных выявил существенные отличия содержания сухой массы ЛА по годам изучения во все фазы развития (2-3 листа, цветение, техническая спелость). Самые низкие показатели были в 2015 году (приложение 14).

Сравнение средних показателей сухой массы ЛА групп с обычным и усатым типом листа в разные фазы развития не выявило значимых различий (приложение 14). Имеются лишь тенденции. У традиционной формы происходит увеличение массы листового аппарата вплоть до технической спелости (205,4 г), тогда как у безлисточковой формы пик массы наблюдается в фазу цветения (215,9 г, рис. 13). На ранних этапах развития сухая масса листового аппарата традиционных растений выше, чем безлисточковых (на 1,3 г), но уже к фазе цветения данный показатель выше у мутантной формы (на 22,8 г). При наступлении технической спелости масса листового аппарата традиционной формы и безлисточковой становится практически равной, разница между их средними показателями составляет 4,1 г (приложение 14).

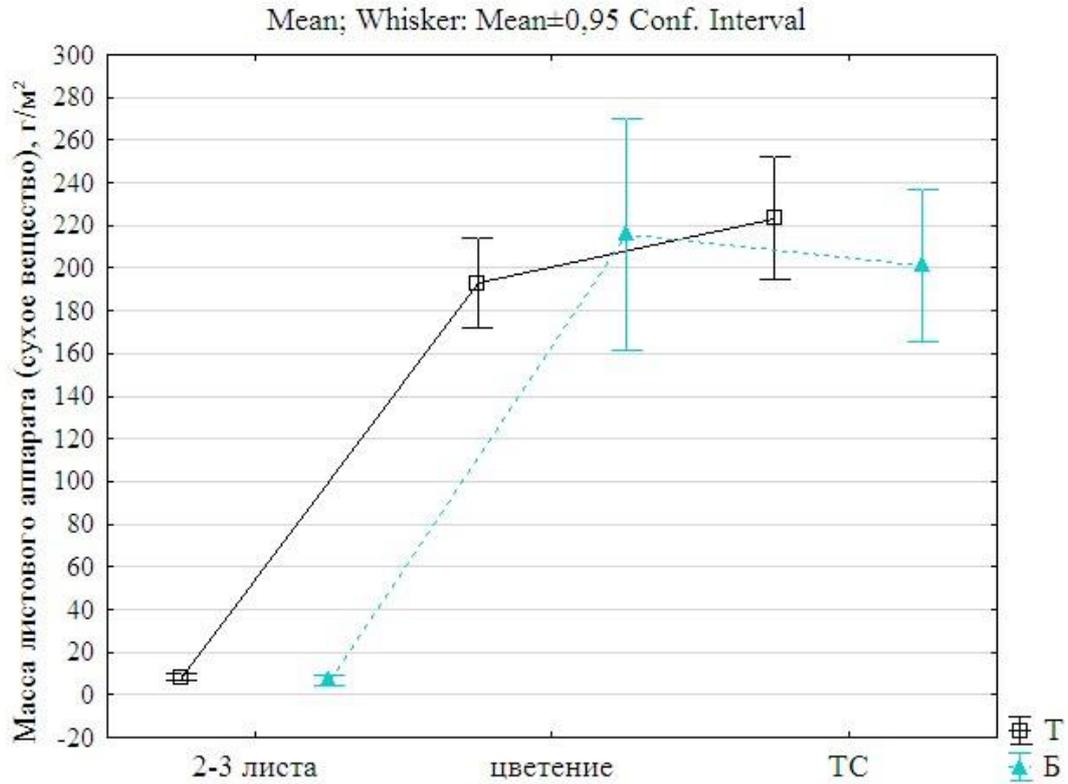


Рисунок 13. Динамика изменения сухой массы листового аппарата у растений овощного гороха традиционного (Т) и безлисточкового (Б) морфотипов в фазы развития: 2-3 листа, цветение, техническая спелость (ТС), в среднем за 2014-2016 гг.

Распределение сухих веществ между частями листового аппарата также отличается от соотношения их площадей. На ранних этапах развития у традиционного морфотипа сухая масса листа составляет 80% (8,2 г) от общей массы ЛА (10,2 г, рис. 14), тогда как на массу листа усатой формы приходится 38% (3,6 г, от общей массы ЛА – 9,2 г). К фазе цветения у растений изучаемых морфотипов почти 60% сухого вещества находится в листе (120,0 г, от общей массы ЛА – 192,5 для обычного морфотипа и 132,4 г, от 224,7 для безлисточкового), и данное соотношение сохраняется вплоть до технической спелости.

Процентное соотношение сухого вещества, приходящегося на компоненты листового аппарата, было определенным для каждой фазы развития растений овощного гороха и практически не менялось по годам (приложение 14).

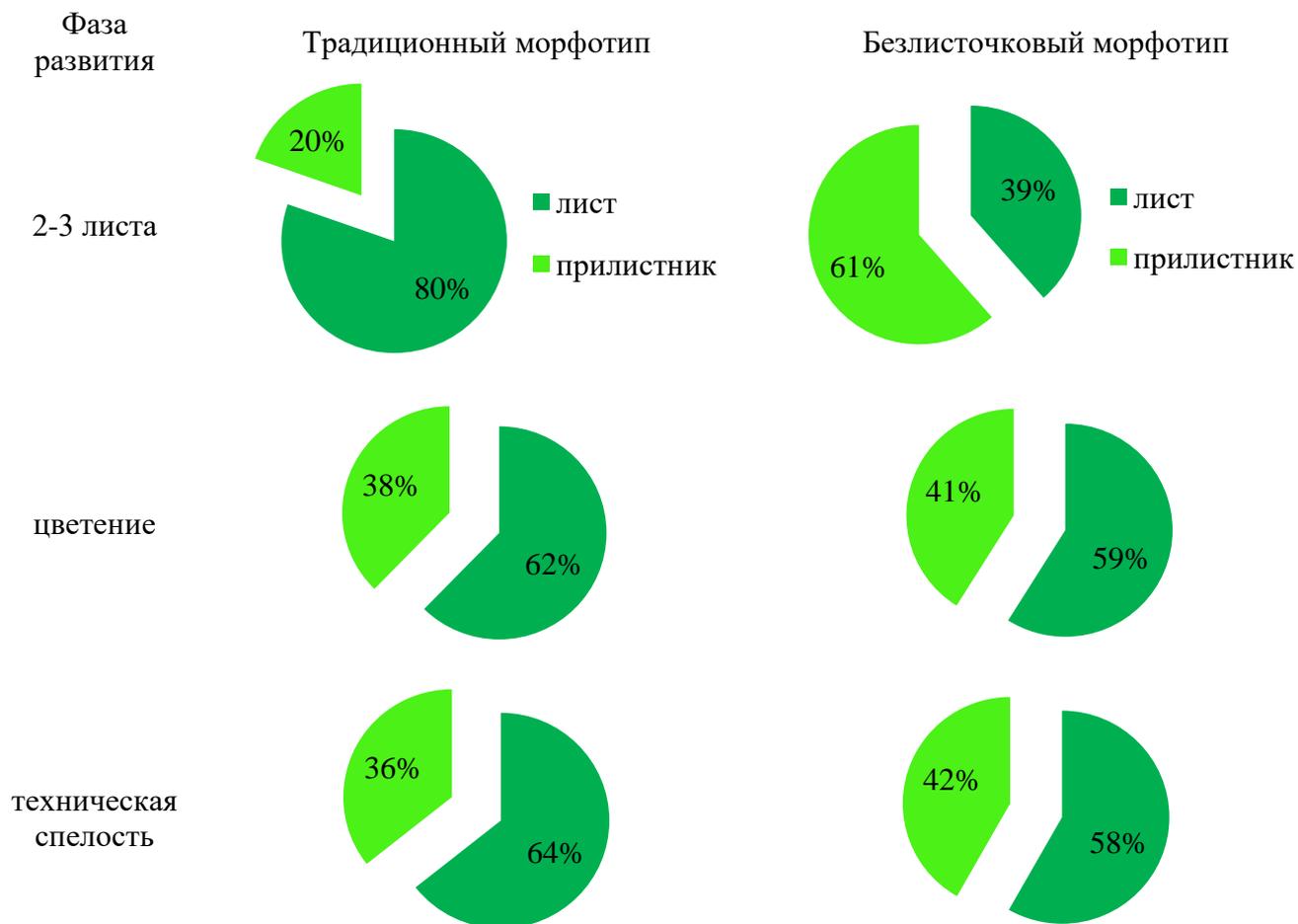


Рисунок 14. Соотношение сухой массы листьев и прилистников в разные фазы развития у генотипов доминантных и рецессивных по гену *AFILA* (среднее за 2015-2016 гг.)

В структуре площади и сухой массы ЛА традиционных форм во все фазы развития преобладает лист, однако в процессе онтогенеза его доля постепенно уменьшается: по площади – в фазу «2-3 листа» -  $0,22 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (75% от площади ЛА), «цветение» -  $3,13$  (53%), «техническая спелость» -  $2,79$  (54%); по сухому веществу соответственно  $8,2 \text{ г}$  (80%),  $120,0$  (62%),  $128,4$  (64%). Для листа усатых форм наблюдается иная тенденция, в целом в структуре площади ЛА его доля меньше, чем прилистника, однако она постепенно увеличивается. Так, в фазу «2-3 листа» площадь листа составляет  $0,06 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (29% от площади ЛА), в фазу «цветение» -  $2,23$  (41%), «техническая спелость» -  $2,20$  (48%). Доля сухой массы листа в процессе онтогенеза также увеличивается, при этом к фазе

цветения она становится больше, чем у прилистника и составляет 59% (132,4 г), а в фазу «техническая спелость» 58% (104,3 г) от общей площади ЛА.

Таким образом, в период цветения и технической спелости между морфотипами не установлено статистически значимой разницы по площади ассимиляционной поверхности ЛА и его сухой массе. Выявлено, что климатические условия года влияют на площадь и сухую массу листового аппарата, не затрагивая соотношения его компонентов (листа и прилистника).

Разница в структуре листового аппарата форм с обычным и усатым типом листа потенциально может влиять на продукционные процессы, накопление сухих веществ и их дальнейшее распределение в надземной биомассе растений овощного гороха на разных этапах органогенеза и в зависимости от климатических условий произрастания.

#### **4.1.2. Содержание и распределение ассимилятов в надземной биомассе растений**

Известно, что как недостаток влаги, так и ее переизбыток отрицательно влияют на развитие растений. Ввиду контрастных погодных условий сложившихся в годы изучения (2014-2016 гг., приложение 2) на разных этапах органогенеза растений гороха мы смогли оценить их влияние на накопление и распределение ассимилятов в надземной части растений.

Период от посева до появления 2-3 настоящих листьев на растениях овощного гороха в 2014 году проходил при недостаточной обеспеченности влагой (ГТК=0,63), в 2015 году в этот период наблюдалось значительное переувлажнение (ГТК=5,99), а в 2016 условия характеризовались как нормальные (ГТК=1,69). Содержание сухого вещества в надземной части растений изменялось соответственно погодным условиям, минимальное значение (9,5 г/м<sup>2</sup>) отмечено в 2015 году, а максимальное (12,5) в 2016, разница между ними была статистически значимой (при  $p < 0,05$ , табл. 11). Показатель за 2014 год значимо не отличался от остальных, имея промежуточное значение 11,8 г/м<sup>2</sup>. Переизбыток влаги в 2015 году привел к значимому снижению

накопления ассимилятов и в частях растений, в сравнении с показателями за 2016 год (табл. 11). Распределение продуктов фотосинтеза между органами в годы изучения также было не одинаковым. В 2015 году на осевые органы расходовалось 37,7% сухих веществ, от общего их содержания в надземной биомассе. При более благоприятных условиях роста в 2016 году на осевые органы приходилось 20,4%. Таким образом, при избыточном увлажнении гороха на ранних этапах вегетативного роста синтезировалось меньше сухих веществ с увеличением их концентрации в осевых органах.

Таблица 11. Содержание сухих веществ ( $\frac{\text{г/м}^2}{\%}$ ) в надземной биомассе растений овощного гороха в разные фазы онтогенеза (2014-2016 гг.)

Часть растения	2-3 листа			цветение			техническая спелость		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016
зерно	-	-	-	-	-	-	$\frac{*335,1*}{35,1}$	$\frac{*187,7*}{33,9}$	$\frac{*225,9*}{28,7}$
створки боба	-	-	-	-	-	-	$\frac{*147,8}{15,5}$	$\frac{*105,8*}{19,1}$	$\frac{137,9*}{17,5}$
лопатки	-	-	-	-	-	-	$\frac{*16,9}{1,8}$	$\frac{12,5*}{2,3}$	$\frac{*49,9*}{6,3}$
цветки	-	-	-	$\frac{*9,0}{2,8}$	$\frac{9,4}{3,7}$	$\frac{*10,5}{2,9}$	-	-	-
листовой аппарат	-	$\frac{5,9*}{62,3}$	$\frac{9,9*}{79,6}$	$\frac{*196,5*}{62,5}$	$\frac{*162,6*}{63,7}$	$\frac{*241,3*}{65,7}$	$\frac{*263,7}{27,6}$	$\frac{*159,7*}{28,9}$	$\frac{227,4*}{28,9}$
осевые органы	-	$\frac{3,6*}{37,7}$	$\frac{2,5*}{20,4}$	$\frac{*110,0}{35,2}$	$\frac{*83,4*}{32,6}$	$\frac{115,5*}{31,4}$	$\frac{*189,2*}{19,8}$	$\frac{*87,8*}{15,9}$	$\frac{*145,5*}{18,5}$
общее	$\frac{11,8}{100,0}$	$\frac{9,5*}{100,0}$	$\frac{12,5*}{100,0}$	$\frac{*314,5*}{100,0}$	$\frac{*255,5*}{100,0}$	$\frac{*367,3*}{100,0}$	$\frac{*954,2}{100,0}$	$\frac{*553,4*}{100,0}$	$\frac{786,6*}{100,0}$

Примечание: \*- выделены показатели значительно отличающиеся по годам, оценка проведена по t-критерию, при  $p < 0,05$

Условия активного вегетативного роста и закладки генеративных органов растений гороха в 2014 году были от умеренно-засушливых для ранних сортов до умеренных для среднеспелых (ГТК от 0,78 до 1,48). В 2015 году после избыточного увлажнения на ранних этапах органогенеза растений гороха, наступил период с практически полным отсутствием осадков на фоне высоких температур (ГТК от 0,15 до 0,58). В 2016 году значения ГТК (от 0,70 до 1,36) соответствовали умеренной засухе и умеренному увлажнению. Самые неблагоприятные условия для роста и развития растений овощного гороха

сложились в 2015 году, в связи с чем, в растениях было накоплено значительно меньше сухих веществ ( $255,5 \text{ г/м}^2$ , табл. 11), в сравнении с показателями за 2014 и 2016 года ( $314,5 \text{ г/м}^2$  и  $367,3$  соответственно). Наименьший стресс от воздействия экзогенных факторов для растений гороха наблюдался в 2016 г., когда было синтезировано максимальное количество ассимилятов. Также погодные условия отразились на показателях содержания сухих веществ в органах растений, в 2015 году в осевых органах и листовом аппарате растений гороха накоплено значительно меньше ассимилятов, чем в 2014 и 2016 годах (табл. 11). Однако, существенные отличия условий произрастания овощного гороха сильно не изменили характер распределения сухих веществ между органами в пределах надземной части растений (табл. 11). В среднем по годам на осевые органы приходилось  $33,0\%$  сухих веществ, на листовой аппарат –  $63,9$ , на генеративные органы –  $3,1$ . Следует отметить, что при более благоприятных условиях 2016 года в листовом аппарате накапливалось больше ассимилятов, чем в 2014 и 2015 годах, на  $3,2\%$  и  $2,0$ , а в осевых органах меньше, на  $3,6\%$  и  $1,2$  соответственно.

К периоду формирования бобов состояние растений значительно отличалось, так наиболее мощные и развитые они были в 2016 году, а слаборазвитые в 2015. Этапы органогенеза, от массового цветения до наступления фазы технической спелости, в 2014 году проходили в условиях от умеренно засушливых ( $\text{ГТК}=0,85$ , приложение 2) до умеренных ( $1,13$ ). В 2015 году этот межфазный период для большинства образцов был с умеренным ( $\text{ГТК}=1,44$ ) и достаточным увлажнением ( $1,56$ ). Низкое значение гидротермического коэффициента для сортов позднего срока созревания ( $\text{ГТК}=0,56$ , приложение 2) объясняется выпадением основных осадков перед началом цветения растений данной группы. Погодные условия 2016 года в период формирования генеративных органов растений гороха были от достаточно увлажненных ( $\text{ГТК}=1,57$ ) до избыточно увлажненных ( $\text{ГТК}=2,55$ ). Таким образом, можно считать, что наименее благоприятные условия для развития растений складывались в 2015 году, в котором к наступлению фазы

технической спелости в надземной части растений было накоплено значительно меньше сухих веществ, чем в 2014 и 2016 годах (на 400,8 и 233,2 г/м<sup>2</sup> соответственно, при  $p < 0,05$ ). Содержание сухих веществ в зерне, створках боба, лопатках, листовом аппарате и осевых органах также было значительно ниже в этом году (табл. 11). Сложившиеся экологические условия в разные годы исследования не сильно повлияли на донорно-акцепторные связи при распределении ассимилятов между вегетативными и генеративными органами, в среднем по годам на осевые органы и листовый аппарат в сумме приходилось 46,5% сухих веществ, остальные 53,4% накапливались в зерне, створках боба и лопатках. Некоторые отличия при распределении продуктов фотосинтеза между генеративными органами наблюдались в условиях избыточного увлажнения (2016 год), когда на лопатки приходился максимальный процент ассимилятов (6,3%), а на бобы самый низкий (46,7%) от общего их содержания в надземной биомассе. Следовательно, избыточное увлажнение на этапе формирования бобов гороха привело к пролонгации периода закладки все новых плодов, которое происходило в ущерб наливу уже имеющихся бобов, что отразилось на урожае зеленого горошка, который в 2016 году был значительно ниже, чем в 2014 (на 0,28 кг/м<sup>2</sup>, при  $НСР_{05} = 0,07$ , табл. 15).

Суммируя вышеприведенный анализ можно сделать следующие выводы: в неблагоприятных условиях 2015 года у растений гороха овощного в фазы развития «2-3 листа», «цветение», «техническая спелость» содержалось достоверно меньше сухих веществ в общей надземной биомассе и частях растений; переизбыток влаги на начальных этапах роста и при формировании продуктивных органов привел к снижению накопления сухих веществ и вызвал изменения в структуре распределения ассимилятов; при более стабильных, от умеренно засушливых до умеренных, погодных условиях сложившихся на всех этапах органогенеза в 2014 году, к фазе технической спелости в растениях гороха было накоплено максимальное количество ассимилятов (табл. 11) и сформирован максимальный урожай (1,29 кг/м<sup>2</sup>, табл. 15).

Реакция растений гороха традиционного и безлисточкового морфотипов на изменение погодных условий носила общий характер, описанный ранее для всей совокупности генотипов ( $n=17$ , табл. 11, приложение 15), в связи с чем, дальнейшее сравнение растений этих морфотипов проводили по средним данным за три года изучения.

Общее содержание сухих веществ в надземной биомассе растений гороха традиционного и безлисточкового морфотипов в изучаемые фазы развития статистически значимо не различалось, отмечены лишь общие тенденции, наблюдаемые во все годы эксперимента (приложение 15). Так при формировании на растениях овощного гороха 2-3 настоящих листьев общее содержание сухих веществ выше у форм традиционного морфотипа (на  $2,3 \text{ г/м}^2$ , рис. 15). К наступлению массового цветения больше ассимилятов накапливается у растений безлисточкового морфотипа (на  $90,5 \text{ кг/м}^2$ ). В фазу технической спелости показатель общего содержания сухих веществ у группы растений с обычным типом листа ( $797,7 \text{ кг/м}^2$ ) выше данного показателя группы с усатым листом ( $685,6$ ).

При сравнении средних значений содержания сухих веществ в различных органах надземной части растений гороха в фазы развития: 2-3 листа, цветение, техническая спелость – значимая разница между морфотипами выявлена только по содержанию сухих веществ в осевых органах, при наступлении технической спелости данный показатель выше у традиционных форм (на  $45,4 \text{ г/м}^2$ , при  $p < 0,05$ , рис. 15).

Распределение ассимилятов в надземной части растений гороха изучаемых морфотипов происходило по общей тенденции, наблюдаемой во все годы изучения (приложение 15, рис. 16). На ранних этапах развития у растений безлисточкового морфотипа на осевые органы приходился больший процент ассимилятов, чем у традиционных растений, в среднем разница составила 6%. Предположительно это связано с тем, что ввиду редукции листочков на начальных этапах роста листовой аппарат усатой формы еще недостаточно

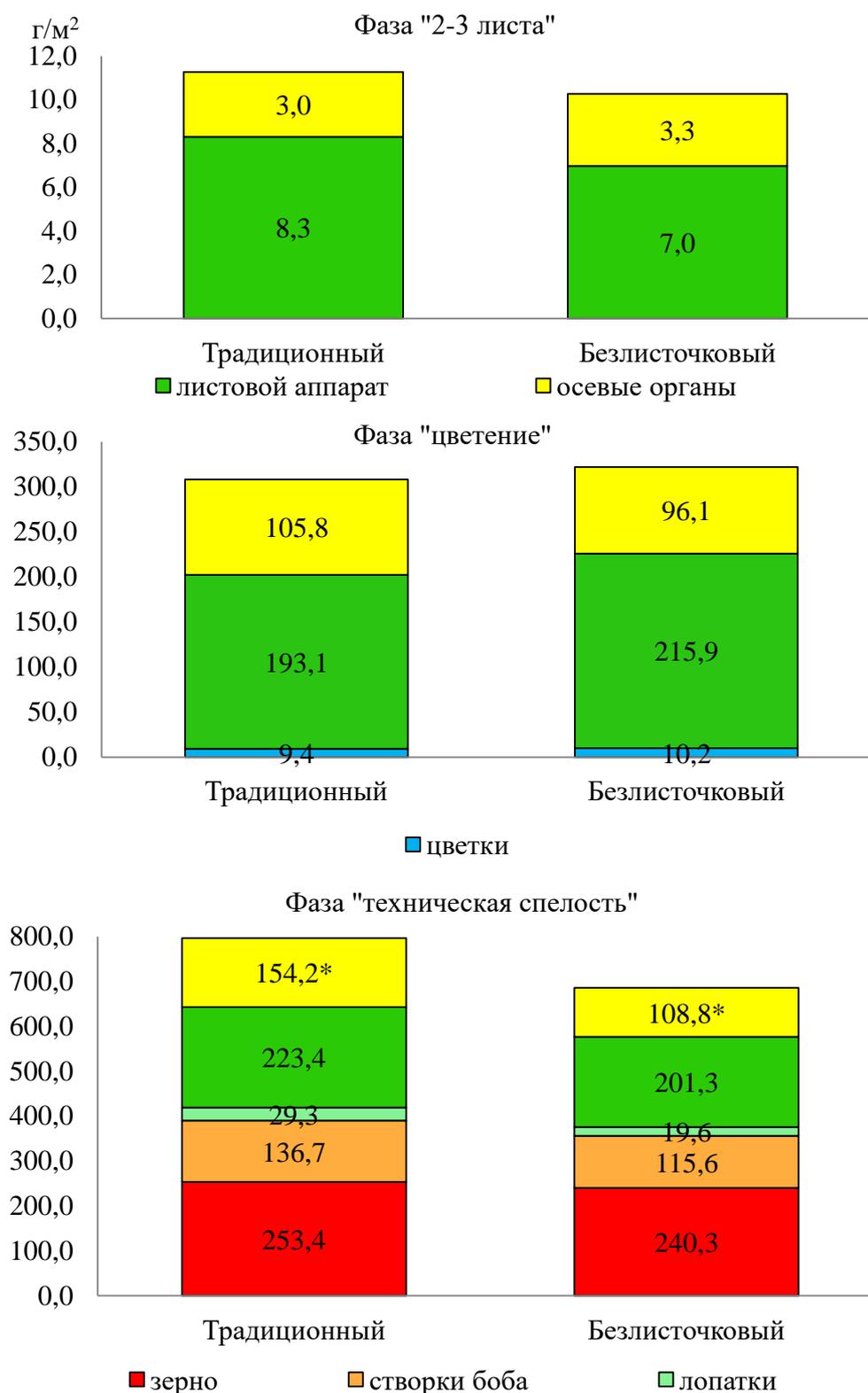


Рисунок 15. Содержание сухих веществ (г/м<sup>2</sup>) в надземной биомассе растений овощного гороха традиционного и безлисточкового морфотипа (среднее за 2014-2016 гг.)

развит и его фотосинтезирующие функции частично восполняются стеблем. К фазе цветения на осевые органы безлисточковой формы приходится уже на 4%

меньше ассимилятов, в сравнении с традиционной формой. Данная разница сохраняется до наступления технической спелости (рис. 16). Следует отметить, что на этом периоде онтогенеза между изучаемыми морфотипами по площади и содержанию сухих веществ в листовом аппарате значимой разницы не наблюдается (приложение 13 и 15, рис. 15), соответственно ЛА данных форм развит одинаково. Следовательно, на поздних этапах органогенеза повышенное содержание сухих веществ в осевых органах традиционной формы связано с усилением опорной функции стебля, тогда как у безлисточковой формы он реализуется благодаря более интенсивному развитию усиков. Также отмечена разница в донорно-акцепторных связях между вегетативными и генеративными органами в фазу технической спелости. У безлисточковой формы на генеративные органы приходится 55% сухих веществ, в том числе 35% на зерно, тогда как у традиционной – 53 и 32, соответственно. Морфоструктурные изменения листового аппарата безлисточковой формы спровоцировали некоторые изменения донорно-акцепторных связей между органами, в результате которых у мутантных растений накапливаются ассимиляты и формируется урожай сопоставимые с традиционной формой (рис. 15, табл. 15).

Имеющиеся морфоструктурные особенности листового аппарата безлисточковой формы овощного гороха не вызвали значимых изменений в накоплении ассимилятов в надземной биомассе растений и ее частях (органах). В большей степени они зависели от условий выращивания, так в неблагоприятном 2015 году общая сухая масса растений изучаемых морфотипов и их частей была самой низкой в сравнении с показателями за 2014 и 2016 гг.

Несмотря на отсутствии разницы между морфотипами в содержании сухого вещества, распределение продуктов фотосинтеза в надземной биомассе изучаемых морфотипов несколько отличалось. У растений безлисточковой формы в сравнении с традиционной на ранних этапах роста были более развиты осевые органы, а в фазу цветения – листовый аппарат, при наступлении

технической спелости на вегетативные органы приходился более низкий процент ассимилятов. Данные изменения можно считать компенсаторным механизмом редукции листочков, позволяющим накапливать сопоставимое с традиционной формой количество сухих веществ на всех этапах органогенеза.

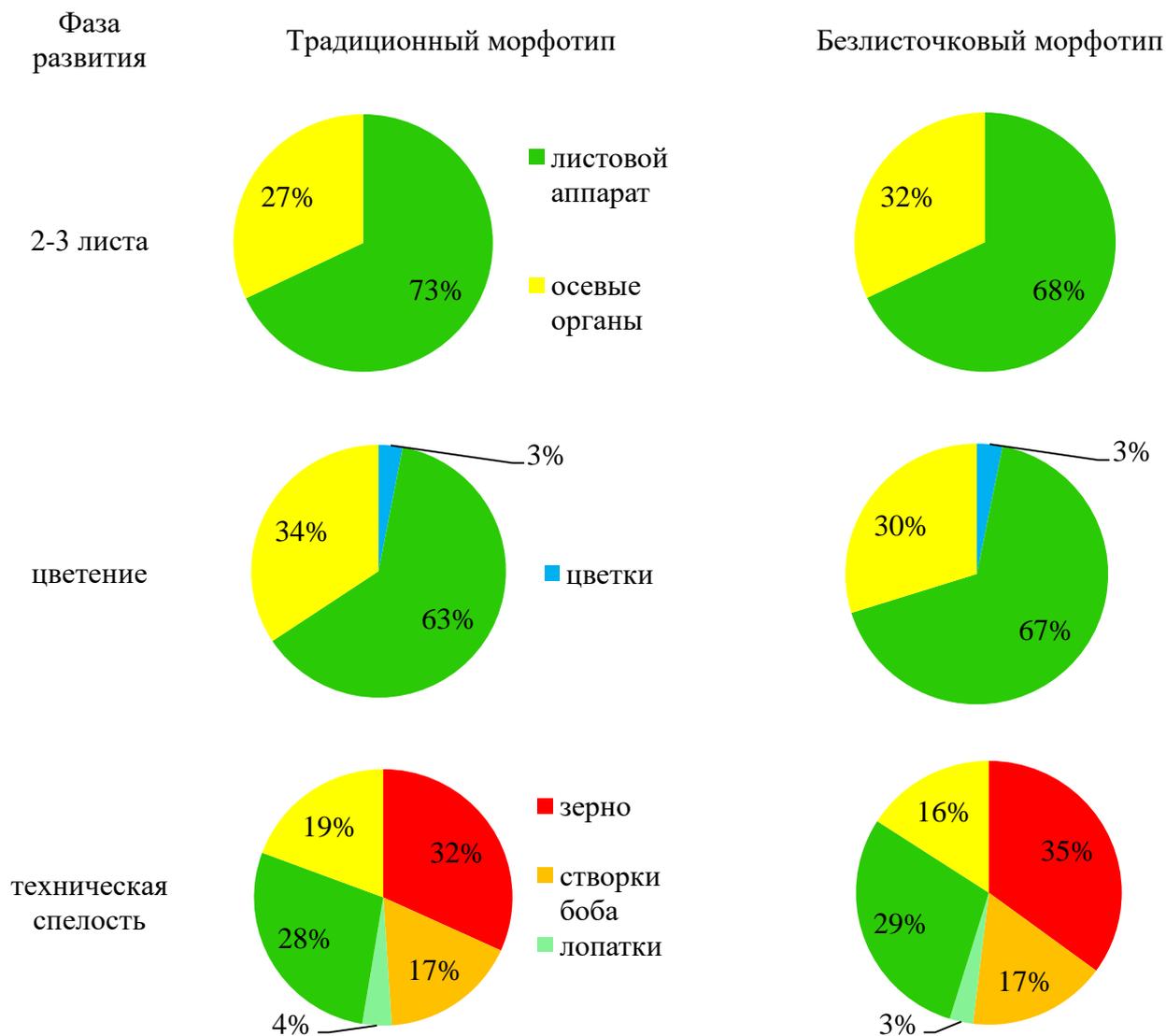


Рисунок 16. Распределение ассимилятов в надземной части растений овощного гороха традиционного и безлисточкового морфотипа в фазы развития: 2-3 листа, цветение, техническая спелость (в среднем за 2014-2016 гг.)

#### 4.2. Адаптивность генотипов овощного гороха по некоторым хозяйственно ценным признакам

В меняющихся климатических условиях все большую актуальность приобретает изучение адаптивного потенциала растений. Современные сорта

должны обладать экологической стабильностью по основным хозяйственно ценным признакам, поддерживая определенный их уровень при минимальной зависимости от средовых факторов.

#### 4.2.1. Чистая продуктивность фотосинтеза

Показателем интенсивности работы листового аппарата является чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ). Считают, что у современных сортов на фоне уменьшения площади листового аппарата происходит повышение интенсивности фотосинтетической активности листьев (Амелин, Лаханов, 1992; Чекалин и др, 2010; Амелин, 2016). Данный признак демонстрирует среднее количество сухого вещества, продуцируемое 1 м<sup>2</sup> листовой поверхности в сутки, за определенный промежуток времени. Нами рассмотрен период от фазы развития растений «2-3 листа» до технической спелости. Чем выше данный показатель, тем интенсивней работа листового аппарата.

В годы изучения (2014-2016 гг.) на чистую продуктивность фотосинтеза влияли: генотип (25%), среда (49%) и их взаимодействие (21%). В большей степени показатель зависел от погодных условий. Чистая продуктивность фотосинтеза статистически значимо отличалась в годы исследования, с максимальным значением (8,08г/м<sup>2</sup> в сутки) в 2014 г. и минимальным (4,75) в 2016 (табл.12).

Таблица 12. Влияние факторов генотипа и среды на чистую продуктивность фотосинтеза овощного гороха (2014-2016 года)

Источник варьирования	Средний квадрат (mS)	F <sub>факт.</sub>	F <sub>05</sub>	Доля влияния фактора, %	НСР <sub>05</sub>
Генотип (фактор А)	9,99	28,72	1,85	25	0,55
Среда (фактор В)	158,46	455,4	3,09	49	0,23
Взаимодействие факторов (А×В)	4,33	12,45	1,63	21	0,23

Между средними показателями чистой продуктивности фотосинтеза сортов с обычным и усатым типом листа статистически значимой разницы не выявлено (табл. 13). Высокие значения признака могут быть как у сортов с его

доминантным, так и рецессивным наследованием. При этом группа безлисточкового морфотипа более стабильна в проявлении признака, в связи с чем, уровень ее селекционной ценности выше, чем группы традиционного морфотипа. Таким образом, считаем возможным выделить адаптивные генотипы с высоким значением ЧПФ в совокупности сред, не зависимо от типа листа.

Сравнивая сорта разных групп спелости, из них выделяются значимо превышающие стандарты по чистой продуктивности фотосинтеза: в группе ранних – все, среднеранних – Муцио и Омега, среднеспелой – Амбассадор (табл.13). Наибольшей общей адаптивной способностью (ОАС) из них отличаются сорта: Асана (2,44) и Винко (1,29) традиционного морфотипа и Хезбана (1,27) – безлисточкового. Однако данный признак характеризует лишь средний показатель ЧПФ, а не стабильность генотипа – способность поддерживать определенный уровень признака в совокупности сред.

Реакция генотипа на изменение условий среды описывается значением специфической адаптивной способности ( $\sigma_{CAC_i}$ ). Чем ближе САС определенного сорта к нулю, тем больше изменения его показателей и в среднем по выборке соответствуют друг другу. Таким образом, реакция сортов Амбассадор (об.л., 0,72) и Бутана (ус.л., 0,80), в большей степени соответствуют средней реакции по выборке.

Дополнительным критерием оценки взаимодействия генотипа и среды считается коэффициент регрессии ( $b_i$ ) описывающий экологическую пластичность сорта, чем больше коэффициент отклоняется от единицы, тем сильнее связь между факторами. Согласно данному критерию слабая реакция на изменение условий у сортов: Бутана (ус.л.) и Амбассадор (об.л.). К отзывчивым относятся: Асана и Муцио традиционного морфотипа. Остальные сорта являются пластичными, их уровень чистой продуктивности фотосинтеза изменяется соразмерно с общим уровнем изменчивости по выборке (табл. 13).

Таблица 13. Адаптивность и селекционная ценность сортов овощного гороха по признаку «чистая продуктивность фотосинтеза, г/м<sup>2</sup> в сутки» в Краснодарском крае (2014-2016 гг.)

ГС	Сорт (фактор А)	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м <sup>2</sup> в сутки в год изучения (фактор Б)				OAC <sub>i</sub>	σCAC <sub>i</sub>	S <sub>gi</sub> , %	b <sub>i</sub>	СЦГ <sub>i</sub>
		2014	2015	2016	x <sub>i</sub>					
Традиционный морфотип (n=12)										
1	Альфа 2 (St)	6,65	4,56	3,59	4,93	-1,14	1,54	31,2	0,88	2,40
1	Асана	13,91	5,41	6,21	8,51*	<u>2,44</u>	4,68	55,0	2,57	0,82
1	Прима	9,55	4,42	5,38	6,45*	0,37	2,71	42,1	1,45	1,99
1	Винко	10,08	5,36	6,66	7,36*	<u>1,29</u>	2,42	32,9	1,24	3,39
1	СВ0987ЮЦ	8,24	7,64	5,15	7,01*	0,94	1,62	23,0	0,72	<u>4,36</u>
2	Беркут(St)	6,60	5,98	3,63	5,41	-0,67	1,54	28,5	0,70	2,87
2	Муцио	9,59	5,37	4,20	6,39*	0,31	2,82	44,1	1,61	1,76
2	Ресал	7,79	5,30	4,57	5,88	-0,19	1,67	28,3	0,96	3,15
2	Омега	7,80	6,24	4,73	6,25*	0,18	1,51	24,1	0,82	3,78
3	Адагумский(St)	6,28	3,80	3,83	4,63	-1,44	1,40	30,2	0,79	2,34
3	Амбассадор	6,78	5,39	5,51	5,89*	-0,18	<u>0,72</u>	<u>12,2</u>	<u>0,42</u>	<u>4,71</u>
4	Исток(St)	8,01	4,11	3,52	5,21	-0,86	2,43	46,5	1,38	1,23
	Среднее по морфотипу	8,44	5,30	4,75	6,16	0,09	2,09	33,18	1,13	2,73
Безлисточковый морфотип(n=5)										
1	Хезбана	8,65	8,18	5,21	7,35*	<u>1,27</u>	1,85	25,2	0,79	<u>4,31</u>
1	Стайл	8,55	5,92	5,08	6,52*	0,44	1,79	27,5	1,03	3,58
2	Донана	6,63	4,68	4,48	5,26	-0,81	1,15	21,9	0,67	3,37
2	Бинго	6,62	3,66	4,82	5,03	-1,04	1,47	29,2	0,71	2,62
4	Бутана	5,55	5,75	4,19	5,17	-0,91	<u>0,80</u>	<u>15,5</u>	<u>0,27</u>	3,85
	Среднее по морфотипу	7,20	5,64	4,76	5,87	-0,21	1,41	23,84	0,69	3,55
	Среднее по выборке	8,08	5,40	4,75	6,07					

Примечание: ГС - группа спелости; 1-ранняя, 2-среднеранняя. 3-среднезрелая, 4-среднепоздняя; \* - различия со стандартом достоверны, при p<0,05; подчеркнуты показатели выделенных генотипов по изучаемому признаку

В одном генотипе важно сочетание высокого значения признака и его стабильности в различных средах. Для выделения сбалансированных сортов по данным критериям используют параметр «селекционная ценность генотипа» (СЦГ). Максимальный уровень селекционной ценности у сортов СВ0987ЮЦ (к-9728, Нидерланды) с обычным типом листа и Хезбана (к-9812, Нидерланды) с усатым. Листовой аппарат данных сортов работает с высокой интенсивностью в совокупности сред. Сорт Амбассадор с высоким значением СЦГ (4,71) обладает

низкой общей адаптивной способностью ( $OAC_i=(-0,18)$ ), в связи с чем, не может считаться селекционно ценным.

#### **4.2.2. Урожайность зеленого горошка в фазу технической спелости**

Урожайность овощного гороха в фазу технической спелости и ее стабильность - важные признаки для перерабатывающей промышленности, так как загрузка сырьем консервных комбинатов должна быть максимально полной и равномерной. В зависимости от планируемой урожайности на предприятиях составляют график поступления сырья на переработку, разрабатывают структуру посевных площадей, в соответствии с которой закупают семена. Следовательно, колебания урожайности гороха по годам могут нанести значительный ущерб предприятию.

Наблюдаемая в последние годы тенденция на изменение погодных условий, при которой засушливые периоды чередуются с переувлажненными, предполагает поиск стабильных генотипов в меняющихся средовых условиях (Фомин, Коробова, 2000). По некоторым данным (Сапега, 2015), максимальное влияние на урожайность гороха оказывает фактор «климатические условия года» 65%, тогда как вклад мест выращивания (20%) и генотипов (2,2%) меньше. Сравнение сортов гороха традиционного и безлисточкового морфотипов по экологической пластичности признака «семенная продуктивность» и по интенсивности образования репродуктивных органов показало, что усатые сорта более отзывчивы на изменение условий (Филатова, Браилова, 2016; Коробова и др., 2016, Шурхаева, Фадеева, 2009). Следовательно, безлисточковые формы менее стабильны и более чувствительны к воздействию экзогенных факторов по данным признакам. Это делает актуальной задачу по поиску высокопродуктивных стабильных генотипов, в том числе, и гороха овощного использования (Шульпеков и др., 2014; Абросимова, Фадеева, 2015; Кузьмина и др., 2016).

В нашем исследовании на урожайность овощного гороха в фазу технической спелости значительное влияние ( $F_{\text{факт.}} > F_{05}$ ) оказали: генотип (фактор А), среда (фактор В) и взаимодействие этих факторов (табл. 14) с

преобладанием воздействия среды (32 %). Средняя урожайность «зеленого горошка» изучаемой выборки сортов, в крайне неблагоприятных погодных условиях 2015 года, (0,83 кг/м<sup>2</sup>) была значительно ниже, чем в 2014 (на 0,46кг/м<sup>2</sup>, при НСР<sub>05</sub>=0,07) и в 2016 годах (на 0,18).

Таблица 14. Влияние факторов генотипа и среды на урожайность овощного гороха (2014-2016 гг.)

Источник варьирования	Средний квадрат (mS)	F <sub>факт.</sub>	F <sub>05</sub>	Доля влияния фактора, %	НСР <sub>05</sub>
Генотип (фактор А)	0,21	8,05	1,85	20	0,16
Среда (фактор В)	2,79	13,18	3,09	32	0,07
Взаимодействие факторов (А×В)	0,17	12,47	1,63	30	0,07

Группа сортов безлисточкового морфотипа незначительно отличалась по урожайности зеленого горошка от группы традиционного. По параметрам адаптивной способности морфотипы также имели схожую характеристику с чуть более высокой селекционной ценностью усатых сортов.

При сравнении средних показателей урожайности сортов разных групп спелости за три года (табл. 15) выделяются генотипы значительно превосходящие стандарты: в группе ранних сортов – Прима (на 0,34 кг/м<sup>2</sup>, при НСР<sub>05</sub>=0,16) и среднеранних – Омега (на 0,22 кг/м<sup>2</sup>) традиционного морфотипа. Значимо уступали стандартам: среднеранний сорт Донана и среднепоздний – Бутана (на 0,31кг/м<sup>2</sup>) безлисточкового морфотипа. Урожайность зеленого горошка остальных сортов статистически значимо не отличалась от стандартов.

Общая адаптивная способность у изучаемой выборки находилась в пределах от -0,18 до 0,27. Максимальные положительные значения ОАС у сортов Прима (0,27), Омега (0,25), Муцио (0,14), Исток (0,13).

По специфической адаптивной способности в изучаемой выборке выделяются сорта: Альфа (0,00), Беркут (0,05) – традиционного и Бутана (0,08) безлисточкового морфотипа, изменение их показателей соответствовали средним значениям по выборке. А уровень их относительной стабильности генотипа менее 10%.

Таблица 15. Адаптивность и селекционная ценность сортов овощного гороха по признаку «урожайность зеленого горошка, кг/м<sup>2</sup>» в Краснодарском крае (2014-2016 гг.)

ГС	Сорт (фактор А)	Урожайность, кг/м <sup>2</sup> в год изучения (фактор Б)				ОАС <sub>i</sub>	σСАС <sub>i</sub>	s <sub>gi</sub> , %	b <sub>i</sub>	СЦГ <sub>i</sub>
		2014	2015	2016	x <sub>i</sub>					
Традиционный морфотип (n=12)										
1	Альфа 2 (St)	1,07	0,92	0,94	0,98	0,00	<u>0,00</u>	<u>0,0</u>	<u>0,34</u>	<u>0,98</u>
1	Асана	1,38	0,42	1,02	0,94	-0,10	0,48	51,2	2,01	-0,04
1	Прима	1,65	0,66	1,65	1,32*	<u>0,27</u>	0,56	42,5	1,91	0,18
1	Винко	1,49	0,91	0,98	1,13	0,08	0,30	27,0	1,30	0,51
1	СВ0987ЮЦ	0,80	0,88	1,14	0,94	-0,10	0,16	16,7	<u>-0,27</u>	0,62
2	Беркут(St)	1,17	0,98	1,07	1,07	0,03	<u>0,05</u>	<u>4,5</u>	<u>0,41</u>	<u>0,97</u>
2	Муцио	1,81	1,00	0,74	1,19	<u>0,14</u>	0,55	46,7	1,95	0,06
2	Ресал	1,54	0,75	0,88	1,06	0,01	0,42	39,3	1,76	0,22
2	Омега	1,79	0,97	1,12	1,29*	<u>0,25</u>	0,43	33,4	1,83	0,42
3	Адагумский(St)	1,03	0,78	0,80	0,87	-0,18	0,11	12,8	0,56	0,64
3	Амбассадор	0,80	0,86	1,09	0,92	-0,13	0,13	14,2	<u>-0,20</u>	0,66
4	Исток(St)	1,49	1,09	0,94	1,17	<u>0,13</u>	0,27	23,2	0,98	0,62
	Среднее по морфотипу	1,34	0,85	1,03	1,07	0,03	0,30	26,7	1,05	0,49
Безлисточковый морфотип(n=5)										
1	Хезбана	1,31	0,91	1,13	1,12	0,07	0,18	16,1	0,83	<u>0,75</u>
1	Стайл	1,19	0,77	1,13	1,03	-0,01	0,22	20,9	0,85	0,59
2	Донана	1,02	0,72	0,53	0,76*	-0,29	0,23	30,7	0,75	0,29
2	Бинго	1,49	0,77	1,09	1,11	0,07	0,35	31,5	1,54	0,40
4	Бутана	0,98	0,75	0,87	0,87*	-0,18	<u>0,08</u>	<u>8,8</u>	<u>0,47</u>	0,71
	Среднее по морфотипу	1,20	0,78	0,95	0,98	-0,07	0,21	21,6	0,89	0,55
	Среднее по выборке	1,29	0,83	1,01	1,04					

Низкой реакцией на изменение внешних условий характеризуются сорта: Амбассадор (b<sub>i</sub>= (-0,20)), СВ0987ЮЦ (-0,27), Альфа (0,34), Беркут (0,41), и Бутана (ус.л., 0,47). К экологически пластичным относятся сорта: Исток (b<sub>i</sub>=0,98), Адагумский (0,56) традиционного морфотипа и Стайл (0,85), Хезбана (0,83), Донана (0,75) – безлисточкового. Отзывчивыми сортами на изменение условий являются: Асана (b<sub>i</sub>=2,01), Прима (1,91), Муцио (1,95), Омега (1,83), Ресал (1,76) традиционного и Бинго (1,54) безлисточкового морфотипа.

Наибольшей селекционной ценностью обладают сорта: в группе ранних сортов – Альфа (0,98) и Хезбана (ус.л., 0,75), среднеранней – Беркут (0,97), в среднеспелой группе сорта Адагумский (0,64) и Амбассадор (0,66) практически равны, в среднепоздней – Бутана (ус.л., 0,71). Более высокая селекционная ценность сорта Бутана, в сравнении со стандартом Исток, объясняется тем, что низкая урожайность сорта Бутана (на 0,30 кг/м<sup>2</sup>, чем у Исток (St)) компенсируется ее стабильностью ( $s_{gi}=8,8\%$  - Бутана,  $s_{gi}=23,2\%$  - сорт Исток).

Наиболее ценными генотипами по урожайности и комплексу признаков адаптивности являются Беркут (к-8856, Россия) и Альфа 2 (к-7071, Россия) с обычным типом листа и Хезбана (к-9812, Нидерланды) – с усатым.

#### 4.2.3. Продуктивность единицы листового аппарата

Рассматривая физиологию листового аппарата и проводя оценку селекционной значимости его преобразований, необходимо учитывать хозяйственную составляющую. К примеру, если два сорта - мелколистный и крупнолистный, имеющий большую площадь листьев, формируют одинаковую урожайность товарной продукции, это значит, что листья первого работают более продуктивно, фотосинтетический аппарат его более активный и ассимиляты растениями используются более рационально, с точки зрения хозяйственной значимости (Фотосинтетическая деятельность растений в посевах, 1961).

Нами рассмотрен параметр «продуктивность единицы листового аппарата», демонстрирующий массу «зеленого горошка» приходящуюся на один метр квадратный ассимиляционной поверхности листового аппарата в фазу технической спелости. Согласно данным в таблице 16, на изучаемый признак наибольшее влияние оказало взаимодействие факторов генотипа и среды (47%). Максимально высокая продуктивность в среднем по выборке отмечена в 2014 году (0,24 кг/м<sup>2</sup>), тогда как в 2015 и 2016 она ниже на 0,02 и 0,01 кг/м<sup>2</sup>, при  $НСР_{05}=0,01$  (табл.17).

Таблица 16. Влияние факторов генотипа и среды на продуктивность единицы листового аппарата овощного гороха (2014-2016 гг.)

Источник варьирования	Средний квадрат (mS)	F <sub>факт.</sub>	F <sub>05</sub>	Доля влияния фактора, %	НСР <sub>05</sub>
Генотип (фактор А)	0,02	17,04	1,85	35	0,03
Среда (фактор В)	0,03	18,94	3,09	5	0,01
Взаимодействие факторов (А×В)	0,02	11,38	1,63	47	0,01

Средние значения продуктивности единицы листового аппарата групп сортов традиционного и безлисточкового морфотипов статистически значимо не отличались. По параметрам адаптивности усатые сорта относились к более стабильным, тогда как традиционные к пластичным.

По результатам дисперсионного анализа выделены образцы, значимо превышающие стандарты по продуктивности единицы листового аппарата: в группе ранних – все сорта, среднеранней – Омега, среднеспелой – Амбассадор. Высокая общая адаптивная способность у сортов Асана (0,10) и Винко (0,08) – традиционного морфотипа (табл. 17).

Изменение продуктивности единицы листового аппарата по годам у сортов Ресал и Омега с обычным типом листа и Стайл с усатым, соответствовали общей тенденции по выборке. Отклонения средней степени ( $10 \leq s_{gi}, \% \leq 20$ ) отмечены у сортов Адагумский, Винко, Амбассадор – традиционного морфотипа и Бинго, Бутана, Хезбана – безлисточкового.

Продуктивность ЛА сортов Беркут, Ресал, Стайл (ус.л.), Бинго (ус.л.), Бутана (ус.л.) практически не зависела от условий выращивания. Тогда как значения данного признака сортов Винко и Адагумский изменялись соразмерно общей реакции выборки. Остальные генотипы являются отзывчивыми на изменение условий и в большей степени реагируют на их изменение.

Высокой и устойчивой по годам продуктивностью единицы листового аппарата обладали генотипы: Ресал (к-9818, Нидерланды), Омега (к-9819, Турция) и Стайл (ус.л., к-9814, США) с показателем признака «селекционная ценность генотипа» 0,21.

Таблица 17. Адаптивность и селекционная ценность сортов овощного гороха по признаку «продуктивность единицы листового аппарата, кг/м<sup>2</sup>» в Краснодарском крае (2014-2016 гг.)

ГС	Сорт (фактор А)	Продуктивность единицы листового аппарата, кг/м <sup>2</sup> в год изучения (фактор Б)				OAC <sub>i</sub>	σCAC <sub>i</sub>	S <sub>gi</sub> , %	b <sub>i</sub>	СЦГ <sub>i</sub>
		2014	2015	2016	x <sub>i</sub>					
Традиционный морфотип (n=12)										
1	Альфа 2 (St)	0,16	0,20	0,10	0,15	-0,07	0,04	29,3	1,26	0,06
1	Асана	0,55	0,13	0,27	0,31*	<u>0,10</u>	0,21	67,2	6,17	-0,12
1	Прима	0,36	0,14	0,25	0,25*	0,03	0,11	42,3	2,45	0,03
1	Винко	0,34	0,24	0,31	0,30*	<u>0,08</u>	0,05	16,7	0,77	0,19
1	СВ0987ЮЦ	0,15	0,28	0,21	0,21*	0,00	0,06	29,8	-1,39	0,08
2	Беркут(St)	0,15	0,30	0,14	0,20	-0,02	0,09	47,0	<u>0,14</u>	0,01
2	Муцио	0,25	0,23	0,14	0,21	-0,01	0,06	26,6	2,37	0,09
2	Ресал	0,21	0,23	0,23	0,22	0,00	<u>0,01</u>	<u>3,0</u>	<u>-0,25</u>	<u>0,21</u>
2	Омега	0,26	0,29	0,23	0,26*	0,05	<u>0,02</u>	<u>9,3</u>	0,67	<u>0,21</u>
3	Адагумский(St)	0,15	0,15	0,10	0,13	-0,08	<u>0,02</u>	16,6	1,07	0,09
3	Амбассодор	0,17	0,22	0,26	0,22*	0,00	0,04	18,6	-1,94	0,13
4	Исток(St)	0,21	0,14	0,13	0,16	-0,06	0,04	25,4	1,69	0,08
	Среднее по морфотипу	0,25	0,21	0,20	0,22	0,00	0,06	27,7	1,08	0,09
Безлисточковый морфотип(n=5)										
1	Хезбана	0,29	0,30	0,21	0,27*	0,05	0,04	16,2	1,76	0,18
1	Стайл	0,24	0,22	0,24	0,23*	0,02	<u>0,01</u>	<u>5,0</u>	<u>-0,03</u>	<u>0,21</u>
2	Донана	0,17	0,20	0,10	0,15*	-0,06	0,05	32,6	1,54	0,05
2	Бинго	0,25	0,18	0,23	0,22	0,00	<u>0,03</u>	13,9	0,30	0,16
4	Бутана	0,18	0,23	0,17	0,19	-0,02	<u>0,03</u>	15,7	0,40	0,13
	Среднее по морфотипу	0,23	0,23	0,19	0,21	0,00	0,03	16,7	0,80	0,15
	Среднее по выборке	0,24	0,22	0,20	0,22					

В нашей работе рассмотрена совокупность признаков, характеризующих сорта традиционного и безлисточкового морфотипов овощного гороха в фазу технической спелости по параметрам продуктивности и урожайности (чистая продуктивность фотосинтеза, урожайность зеленого горошка и продуктивность единицы листового аппарата). По данным признакам между их средними показателями разница либо отсутствовала, либо была статистически не существенной, более того, изучаемые генотипы с усатым типом листа оказались более стабильными за счет чего имели большую селекционную ценность.

Комплексная оценка сортов овощного гороха позволила выделить наиболее биоэнергетически сбалансированные генотипы, которые при высоком продукционном потенциале формировали стабильно высокий урожай зеленого горошка в меняющихся средовых условиях: Беркут (к-8856, Россия) традиционного морфотипа и Хезбана (к-9812, Нидерланды) – безлисточкового.

Таким образом, морфоструктурные изменения главного фотосинтезирующего органа - листового аппарата овощного гороха отразились на площади его компонентов и распределении ассимилятов в пределах надземной биомассы, однако не изменили общего содержания сухих веществ в растении и его частях, интенсивности фотосинтетических процессов, уровня урожайности и его (ЛА) продуктивности. Следовательно, необходимо расширение селекционных программ с участием безлисточковых генотипов овощного гороха и более активное их внедрение в производственные посевы.

## ВЫВОДЫ

1. Выявлена дифференциация 522 образцов гороха по 9 морфологическим и морфометрическим признакам, а также по группам спелости, на основании чего для более детального изучения отобрано 39 образцов с разными сроками созревания и с комплексом параметров особо значимых для селекции овощных сортов.
2. Установлено, что засушливые условия, сложившиеся в Краснодарском крае в 2015 г., спровоцировали снижение продуктивности, изменение содержания крахмала в семенах (у разных морфотипов по-разному) и угнетение ростовых процессов растений овощного гороха всех морфотипов. Наибольший негативный эффект неблагоприятных климатических условий 2015 г., проявился на показателях растений очень ранней, ранней и среднеранней групп спелости.
3. Выделены стабильные источники *повышенной питательной ценности*: сорт Красавчик – с содержанием крахмала 28,5% и содержанием амилозы в крахмале 77,8% и сорт Парус (ус.л.) – с содержанием крахмала 28,2% и содержанием амилозы в крахмале 76,7%; *комплекса ценных признаков*: Винко, Олинда, Муцио, Веста, Ресал, Рейньер, Г-344/16, Бутана (ус.л.), Г-359/58; линия Г-9424/7 (Кудесник 2); линия Г-9349/5 (Изюминка).
4. Выявлены следующие тенденции (при  $p < 0,05$  и  $n = 39$ ): чем меньше масса 1000 семян, тем выше содержание амилозы в крахмале, а повышенное содержание крахмала в семенах предполагает уменьшение содержания амилозы в нем; биохимический состав семян (содержание крахмала в семенах и амилозы в крахмале) и продуктивность не зависят от продолжительности вегетационного периода.
5. Обнаружено что, у растений безлисточковой формы, в сравнении с традиционной, на ранних этапах роста более развиты осевые органы, в фазу цветения – листовой аппарат, а при наступлении технической спелости более высокий процент ассимилятов приходится на репродуктивные органы. В результате этого растения безлисточкового морфотипа накапливают

сопоставимое с традиционной формой количество сухих веществ на всех этапах органогенеза.

6. Между средними показателями чистой продуктивности фотосинтеза, урожайности и продуктивности единицы листового аппарата сортов традиционного и безлисточкового морфотипов статистически значимой разницы не установлено. Группа сортов с усатым типом листа по изученным признакам более стабильна, за счет чего имеет большую селекционную ценность.

7. Выделены сорта с высокой селекционной ценностью по следующим признакам: *чистой продуктивности фотосинтеза* – СВ0987ЮЦ и Хезбана (ус.л.); *урожайности* – Беркут, Альфа 2 и Хезбана (ус.л.); *продуктивности единицы листового аппарата* – Ресал, Омега и Стайл (ус.л.); *биоэнергетически сбалансированные сорта* – Беркут, Хезбана (ус.л.).

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

В селекции, направленной на получение высокопродуктивных сортов овощного гороха, использовать родительские формы со стабильным значением признака или их совокупности в меняющихся условиях среды. Наиболее ценные источники комплекса признаков: Винко, Олинда, Муцио, Веста, Ресал, Рейньер, Г-344/16, Бутана, Г-359/58. При селекции направленной на повышение качества консервов «зеленый горошек» использовать исходные формы с низким содержанием крахмала в семенах и высоким амилозы в крахмале, такие как Красавчик и Парус (ус.л.) селекции филиала КрымскаяОСС ВИР.

При селекции, направленной на придание устойчивости к полеганию растений овощного гороха на основе форм, сочетающих дтерминантный тип роста стебля и усатый тип листа, особое внимание следует уделять повышению их адаптивной способности, т.к. они более зависимы от среды, чем традиционный и безлисточковый морфотипы.

Ввиду отсутствия разницы между сортами традиционного и безлисточкового морфотипов по комплексу признаков продуктивности, урожайности, интенсивности фотосинтетических процессов, биометрических параметров и реакции на изменения климатических факторов, рекомендуем расширить объемы селекционных работ и производство форм с усатым типом листа.

В производственных посевах, в качестве дополнения к существующему сортименту группы ранних сортов рекомендуем использовать сорт Кудесник 2, с высокой урожайностью и массой 1000 семян 150,7 грамм.

Для расширения конвейерного поступления сырья на переработку рекомендуем включать в производственные посевы сорт Изюминка очень раннего срока созревания, у которого фаза технической спелости наступает на 7-9 дней раньше, чем у стандартного сорта Альфа.

## Список работ, опубликованных по теме диссертации

### В изданиях, рекомендованных в перечне ВАК:

1. Беседин, А.Г. Урожайность гороха овощного на Кубани / А.Г. Беседин, О.В. Аликина // Картофель и овощи.– 2014.– № 10.– С. 18-19
2. Аликина, О.В. Исходный материал для создания сортов гороха овощного на Кубани / О.В. Аликина, А.Г. Беседин // Овощи России.– 2016.– №1.– С. 14-17
3. Аликина, О.В. Сравнительная оценка сортов овощного гороха двух морфотипов по комплексу признаков в условиях Краснодарского края / О.В. Аликина, А.Г. Беседин, О.В. Путин, М.А. Вишнякова // Тр. по прикл. бот., ген. и сел.– 2016.– Т.177.– Вып.1.– С.35-61
4. Беседин, А.Г. Кудесник 2 – новый раннеспелый сорт гороха овощного для консервной промышленности / А.Г. Беседин, О.В. Путина (Аликина) // Овощи России.–2017.– №3 (36).– С. 78-79
5. Путина, О.В. Сравнительная оценка использования сортов овощного гороха российской и зарубежной селекции / О.В. Путина, А.Г. Беседин // Плодоводство и ягодоводство России: сборник научных работ.- М: ФГБНУ ВСТИСП, 2017.– Т.50.– С. 252 – 256
6. Путина, О.В. Углеводный состав семян и его связь с другими селекционно значимыми признаками у овощного гороха (*Pisum sativum* L.) в условиях Краснодарского края / О.В. Путина, С.В. Бобков, М.А. Вишнякова // Сельскохозяйственная биология.–2018.– Т.53.– №1.– С. 179–188.

### В прочих изданиях:

7. Беседин, А.Г. Сравнительная оценка сортов гороха овощного по адаптивности к абиотическим стрессорам / А.Г. Беседин, О.В. Аликина // Селекция и семеноводство овощных культур: сборник научных трудов – М.: Издательство ВНИИССОК, 2014.– №45.– С. 29-32
8. Аликина, О.В. Детерминантные и фасциированные формы гороха овощного / О.В. Аликина // Хранение и использование генетических ресурсов

садовых и овощных культур: сборник тезисов докладов и сообщений международной научно-практической конференции; г. Крымск, 19-21 августа 2015 г.– Крымск: Филиал Крымская ОСС ВИР, 2015.– С. 99-101

9. *Аликина, О.В.* Изучение сортов овощного гороха двух морфотипов в условиях Краснодарского края / О.В. Аликина, А.Г. Беседин // Современные решения в развитии сельскохозяйственной науки и производства. Междунар. саммит молодых ученых: материалы саммита (г. Краснодар, 26-30 июля 2016г.) ВНИИ риса.– Казань, 2016.– С. 7-11

10. Беседин, А.Г. Технология выращивания гороха овощного селекции филиала Крымская ОСС ВИР в Краснодарском крае: методические рекомендации / авт.-сост.: А.Г. Беседин, *О.В. Путина*.– Крымск: Филиал Крымская ОСС ВИР, 2016.– 28 с.

11. *Путина, О.В.* Генетическое разнообразие овощного гороха по содержанию и составу крахмала семян / О.В. Путина, С.В. Бобков, Н.О. Костикова // Наука, инновации и международное сотрудничество молодых ученых-аграриев: материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов (Орел, 23-24 декабря 2016 г.).– ФГБНУ ВНИИЗБК, 2016.– С.188-194

– Авторское свидетельство № 67988. Горох овощной Кудесник 2 выдано в соответствии с решением Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений от 28.02.2018. Авторы: Беседин А.Г., *Аликина О.В.*, Семенова Е.В.

– Патент на селекционное достижение № 9551. Горох овощной Кудесник 2, заявка № 8457047. Зарегистрировано в государственном реестре охраняемых селекционных достижений 28.02.2018 г.

## Список литературы

1. Абросимова, Т. Н. Адаптивная способность и селекционная ценность коллекции овощных сортов гороха / Т. Н. Абросимова, А.Н. Фадеева // Овощи России.– 2015.– № 1(26).– С. 27-30.
2. Агаркова, С. Н. Влияние метеорологических факторов на скрещиваемость гороха в условиях Орловской области // С. Н. Агаркова, М.Д. Варлахов, Е.И. Макагонов // Бюллетень Всесоюзного ордена Ленина и ордена Дружбы народов научно-исследовательского института растениеводства им. Н.И. Вавилова.– Ленинград, 1975.– В.53.– С. 48-51.
3. Амелин, А.В. Использование фотосинтетической активности листьев гороха в селекции на семенную продуктивность / А.В. Амелин, А.П. Лаханов // Доклады ВАСХНИЛ.– 1992.– № 7.– С. 7-10.
4. Амелин, А.В. Особенности изменений климата на территории Орловской области за последние 100 лет и их влияние на развитие растениеводства в регионе / А.В. Амелин, С. Н. Петрова // Вестник ОрелГАУ.– 2006.– № 2-3.– С. 75-78.
5. Амелин, А.В. Повышение активности и эффективности фотосинтеза культурных растений с помощью селекции / А.В, Амелин // Зернобобовые и крупяные культуры.– 2016.– № 2(18).– С. 89-94.
6. Амелин, А.В. Физиологические основы селекции гороха / А.В. Амелин // Зернобобовые и крупяные культуры.– 2012.– № 1.– С. 46-52.
7. Андреев, Н.Р. Применение крахмалопродуктов для улучшения качества хлебобулочных изделий / Н.Р. Андреев, Н.Д.Лукин, С. Т. Быкова // Материалы докладов Международной конференции «Хлебопекарное производство– 2014» Международная промышленная академия 1-3 декабря 2014 г.– Москва, 2014.– 143 с.
8. Беседин, А.Г. Новый сорт гороха / А.Г. Беседин // Картофель и овощи.– 2015.– № 8.– С. 38.

9. Беседин, А.Г. Основные направления и результаты селекции гороха овощного на Кубани [Электронный ресурс] / А.Г. Беседин // Плодоводство и виноградарство Юга России.– 2015.– № 36(06).– Режим доступа <http://journal.kubansad.ru/pdf/15/06/11.pdf>.– (Дата обращения: 01.04.2016).
10. Беседин, А.Г. Сорты и основные приемы возделывания гороха овощного на Кубани / А.Г. Беседин // Овощи России.– 2013.– № 1(18)– С. 86-89.
11. Брежнева, В.И. Достижения в селекции зимующего гороха / И.В. Брежнева // Научный журнал КубГАУ.– 2012.– № 78(04).– С. 665-674.
12. Бугрей, И.В. Влияние экстремальных условий погоды на рост, развитие и урожайность гороха / И.В. Бугрей, С. В. Мных, С. В. Веригин, В.С. Боландина // Современные технологии сельскохозяйственного производства и приоритетные направления развития аграрной науки: материалы международной научно-практической конференции, 4-7 февраля 2014г.– по с. Персиановский: Изд-во Донского ГАУ, 2014г.– С. 107-110.
13. Бугрей, И.В. Микроклимат и освещенность в посевах гороха / И.В. Бугрей, С. В. Мных // Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: материалы международной научно-практической конференции, 4 февраля 2015г.– по с. Персиановский: Донской ГАУ, 2015 г.– С. 136-140.
14. Бугрей, И.В. Продуктивность и причины полегания сортов гороха с разными морфотипами листа / И.В. Бугрей, А.П. Авдеенко // Современные проблемы науки и образования.– 2012.– №. 1.
15. Будин, К. Ресурсы засухоустойчивости растений и сортов / К. Будин // Бюлл. ВИР.– 1973.– Т. 31.– С. 3-9.
16. Вавилов, Н.И. Мировые ресурсы засухоустойчивых сортов / Н.И. Вавилов // Докл. Всер. конф. по борьбе с засухой.– Москва, 1931.– Бюл.2.
17. Вербицкий, Н.М. Селекция сортов гороха на основе новых морфотипов / Н.М. Вербицкий // Аграрная Россия.– 2002.– № 1.– С. 48-50.

18. Вишнякова, М.А. Генофонд зернобобовых культур и адаптивная селекция как факторы биологизации и экологизации растениеводства / М.А. Вишнякова // Сельскохозяйственная биология.– 2008.– № 3.– С. 3-23.
19. 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, Т. В. Шеленга, С. В. Булынец, Т. В. Буравцева, И.И. Яньков, Т. Г. Александрова, Г.П. Егорова // Зернобобовые и крупяные культуры.– 2014.– № 2(10).– С. 6-16.
20. Вишнякова, М.А. Исходный материал для селекции овощных зернобобовых культур в коллекции ВИР / М.А. Вишнякова, С. В. Булынцева, М.О. Бурляева, Т. В. Буравцева, Г.П. Егорова, Е.В. Семенова, И.В. Сеферова // Овощи России.– 2013.– № 1(18).– С. 16-25.
21. Вишнякова, М.А. Пути эффективного использования генетических ресурсов растений в создании конкурентоспособных отечественных сортов зернобобовых культур / М.А. Вишнякова // Труды КубГАУ.– 2015.– № 3(54).– С. 111-117.
22. Вишнякова, М.А. Роль ВИРа в мобилизации, сохранении и использовании генофонда зернобобовых культур: история и современность / А.М. Вишнякова // Зернобобовые и крупяные культуры.– 2012.– № 1.– С. 27-37.
23. Возиян, В.И. Питательная ценность сортов сои, гороха, фасоли и содержание в них антипитательных веществ / В.И. Возиян, М.Г. Таран, М.Д. Якобуца, Л.П. Авадэний // Зернобобовые и крупяные культуры.– 2013.– № 1.– С. 26-29.
24. Волчков, Ю.А. Наследование признака «тип роста стебля» у гороха / Ю.А. Волчков, А.М. Дрозд // Сборник научных трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции.– 1986.– Т. 101.– С. 46-48.
25. Гарипова, С. Р. Сравнение морфометрических показателей симбиоза, продуктивности и устойчивости к корневым гнилям и плодовой гнили у усатых и листочковых сортов гороха в условиях Предуралья / С. Р. Гарипова, О.В.

- Маркова, Р.К. Вахитова, Д.В. Гарифуллина, И.К. Каримов, Ф.А. Давлетов // Вестник Башкирского университета.– 2015.– Т. 20.– № 2.– С. 460-466.
26. Генерозова, И.П. Ингибирование метаболической активности митохондрий этиолированных проростков гороха, подвергнутых водному стрессу / И.П. Генерозова, С. Н. Маевская, А.Г. Шугаев // Физиология растений.– 2009.– Т. 56.– № 1.– С. 45-52.
27. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований).– М.: Колос, 1979.– 416 с.
28. Драгавцев, В.А. Управление взаимодействием «генотип-среда» - важнейший рычаг повышения урожаев сельскохозяйственных растений / В.А. Драгавцев, И.А. Драгавцева, И.Л. Ефимова, А.С. Моренец, И.Ю. Савин // Труды Кубанского государственного университета.– 2016.– № 2(59).– С. 105-121.
29. Драгавцев, В.А. Уроки эволюции генетики растений / В.А. Драгавцев // Биосфера.– 2012.– Т. 4.– № 3.– С. 251-262.
30. Дрозд, А.М. К разработке объективного метода качественной оценки сортов и гибридов овощного гороха / А.М. Дрозд, Л.Н. Самарина, А.С. Швецов // Тр. Крымской ОСС [ВИР].– Краснодар, 1968.– Т. 4.– С. 146-152.
31. Дрозд, А.М. Зимостойкие сорта гороха для предгорной зоны Краснодарского края: дис....канд. с.х. наук. / Дрозд Анатолий Мефодиевич.– Ст. Крымская, Краснодарского края, 1953.– 154 с.
32. Дрозд, А.М. Изменение продуктивности овощных сортов гороха и качества зеленого горошка в процессе его перезревания / А.М. Дрозд, Л.Н. Самарина // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции.– 1976.– Т. 56.– Вып. 2.– С. 29-39.
33. Дрозд, А.М. Изучение и использование коллекционных образцов в селекции овощного гороха / А.М. Дрозд // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции.– 1979.– Т. 65.– Вып.3.– С. 38-44.
34. Дрозд, А.М. Овощной горох / А.М. Дрозд // Тр. плодоовощ. ОСС. - Краснодар, 1956.– Т. I.– С. 30-40.

35. Друшляк, Н.Г. Изменение физиолого-биохимических характеристик семян гороха (*Pisum sativum* L.) при хранении и обработке их фитогормонами: автореф. дис. ...канд. биолог. наук: 03.00.12 / Друшляк Наталья Геннадьевна.– Воронеж, 2009.– 20 с.
36. Дьяченко, Е.А. Молекулярно-генетическое разнообразие гороха (*Pisum sativum* L.) из коллекции ВИР на основе данных AFLP-анализа / Е.А. Дьяченко, Н.Н. Рыжова, М.А. Вишнякова, Е.З. Кочиева // Генетика.– 2014.– Т. 50.– № 9.– С. 1040-1049.
37. Ермаков, А.И. Методы биохимического исследования растений/А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош и др.-Л.: Агропромиздат. Ленингр. отделение.- 1987.- 430 с.
38. Ершова, А.Н. Выделение, хроматографическая очистка и свойства  $\beta$ -глюкозидазы растений гороха, подвергнутых воздействию гипоксии и  $\text{CO}_2$ -среды / А.Н. Ершова, О.Н. Баркалова // Сорбционные и хроматографические процессы.– 2009.– Т. 9.– № 5.– С. 714-721.
39. Ершова, А.Н. Продукция активных форм кислорода и антиоксидантные ферменты растений гороха и сои при гипоксии и высоком содержании  $\text{CO}_2$  в среде / А.Н. Ершова, Н.В. Попова, О.С. Бердникова // Физиология растений.– 2011.– Т. 58– № 6.– С. 834-843.
40. Жученко, А.А. Настоящее и будущее адаптивной системы селекции и семеноводства растений на основе идентификации и систематизации их генетических ресурсов / А.А. Жученко // Сельскохозяйственная биология.– 2012.– № 5.– С. 3-19.
41. Зеленов, А.Н. Создание и использование в селекции генетического разнообразия рассеченнолисточкового морфотипа гороха / А.А. Зеленов, А.Н. Зеленов, Т.С. Наумкина, Н.Е. Новикова, А.М. Задорин, Г.А. Бурдина, С.В. Бобков // Зернобобовые и крупяные культуры.– 2017.– №2 (22).– С.8-16.
42. Зеленов, А.Н. Селекция гороха на высокую урожайность семян: дисс. ...в форме научн. доклада ...д.с.х.н.: 06.01.05 / Зеленов Анатолий Николаевич.– Брянск, 2001.– 60с.

43. Кайгородова, И.М. Изучение перспективных образцов гороха овощного как генетических источников в селекции на качество и продуктивность / И.М. Кайгородова, Е.П. Пронина, О.Н. Пышная // Овощи России.– 2013.– № 1(18).– С. 30-34.
44. Карпунин, И.И. Классификация биологически разлагаемых полимеров / И.И. Карпунин, В.В. Кузьмич, Т. Ф, Балобанова // Наука и техника.– 2015.– № 5.– 53-58.
45. Кильчевский, А.В. Генетико-экологические основы селекции растений / А.В. Кильчевский // Вестник ВЦГиС. – 2005.– Т. 9.– № 4.– С. 518-526.
46. Кильчевский, А.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Сообщение I. Обоснование метода / А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева // Генетика. – 1985. – Т. XXI. – № 9. – С. 1481-1490
47. Кильчевский, А.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Сообщение II. Числовой пример и обсуждение / А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева // Генетика. – 1985. – Т. XXI. – № 9. – С. 1490-1498
48. Колесник, Л.С. Диетические вареные колбасные изделия с функциональным компонентом – резистентным крахмалом / Л.С. Колесник // Биология в сельском хозяйстве.– 2017.– № 2(15).– 26-32.
49. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение. Методическое указание / М.А. Вишнякова [и др.].-СПб: ГНУ ВИР Россельхозакадемии, 2010. -141 с.
50. Кондакова, М.А. Влияние гипертермии на содержание суперкомплексов и комплексов системы окислительного фосфорилирования в митохондриях проростков гороха *Pisum Sativum* L. / М.А. Кондакова, И.В. Уколова, Г.Б. Боровский, В.К. Войников // Вестник ИрГСХА.– 2016.– № 77.– С. 71-78.
51. Кондыков, И.В. Биология и селекция детерминантных форм гороха / И.В. Кондыков, В.И. Зотиков, А.Н. Зеленов, Н.Н. Кондыкова, В.Н. Уваров // РАСХН, ВНИИЗБК.– Орел: Полиграфическая фирма «Картуш», 2006.– 120 с.

52. 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.
53. 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.
54. Коняев, Н.Ф. Научные основы высокой продуктивности овощных растений. Часть 1.– Новосибирск: изд-во НСХИ, 1978.– 99 с.
55. Коробова, Н.А. Экологическая пластичность и урожайность различных морфотипов гороха / Н.А. Коробова, А.А. Козлов, А.П. Коробов, Е.В. Пучкова // Известия ОГАУ.– 2016.– № 3(59)– С. 50-52.
56. Косаковская, И.В. Стрессовые белки растений / И.В. Косаковская.– Киев, 2008.– 154 с.
57. Костылев, П.И. Сравнение листочковых и усатых морфотипов гороха в расщепляющихся гибридных популяциях / П.И. Костылев, А.А. Лысенко // Труды КубГАУ.– 2009.– № 5(20)– С. 216-220.
58. Коф, Э.М. Скорости роста побега и корня у интактных растений листовых мутантов гороха / Э.М. Коф, И.А. Виноградова, А.С. Ооржак, З.В. Калиберная // Физиология растений.– 2006.– Т. 53.– № 1.– С. 128-138.
59. Кузьмина, С.П. Изучение образцов овощного гороха по экологической пластичности в Омском ГАУ / С.П. Кузьмина, Н.Г. Казыдуб, Е.В. Бондаренко // Труды Кубанского государственного аграрного университета.– 2016.– № 4(67)– С. 67-73.
60. Курганова, Л.Н. Прооксидантно-антиоксидантный статус хлоропластов гороха при действии стрессирующих абиотических факторов среды. 2. Антиоксидантная система защиты / Л.Н. Курганова, И.В. Балалаева, А.П. Веселова, Е.О. Половинкина, Е.А. Чуманкина // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского.– 2010.– № 2(2)– С. 550-556.

61. Макашева, Р.Х. Горох. Культурная флора СССР. Зерновые бобовые культуры / Р.Х. Макашева.– Ленинград: «Колос», 1979.–IV.–Ч. 1.– 250 с.
62. Мамаева, А.С. Регуляция оксидом азота клеточного цикла в культуре *Arabidopsis thaliana in vitro* в зависимости от функционирования пути передачи этиленового сигнала: дис. ...канд. биол. наук.: 03.01.05 / Мамаева Анна Станиславовна.– Москва, 2015.– 176 с.
63. Митева, Л.П.-Е. Изменение пула глутатиона и некоторых ферментов его метаболизма в листьях и корнях растений гороха, обработанных гербицидом глифосатом // Л.П.-Е. Митева, С. В. Иванова, В.С. Алексеева // Физиология растений.– 2010.– Т. 57.– № 1.– С. 139-145.
64. 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. 8-14.
65. 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. 8-14.
66. Новикова, Н.Е. Водный обмен у растений гороха с разным морфологическим типом листа / Н.Е. Новикова // Сельскохозяйственная биология.– 2009.– № 5.– С. 73-77.
67. Новикова, Н.Е. Водный обмен у растений гороха с разным морфологическим типом листа / Н.Е. Новикова // Сельскохозяйственная биология.– 2009.– № 5.– С. 73-77.
68. Новикова, Н.Е. Механизмы антиоксидантной защиты при адаптации генотипов гороха (*Pisum sativum* L.) к неблагоприятным абиотическим факторам среды / Н.Е. Новикова, В.И. Зотиков, Д.М. Фенин // Вестник Орел ГАУ.– 2011.– № 2.– С. 5-8.

69. Новикова, Н.Е. о стабильности урожайности сортов гороха с усатым типом листа / Н.Е. Новикова, А.П. Лаханов // *Аграрная Россия*.– 2002.– № 1.– С. 43-45.
70. Омелянюк, Л.В. Продуктивность образцов зернобобовых культур, созданных в ГНУ СибНИИСХ, в зависимости от погодных условий вегетации / Л.В. Омелянюк, А.М. Асанов // *Достижения науки и техники АПК*.– 2013.– № 5.– С. 17-20.
71. Ооржак, А.С. Изучение роста и продуктивности листовых мутантов гороха *Pisum sativum* L. / А.С. Ооржак // *Труды Томского Государственного университета*.– 2010.– Т. 274.– С. 284-287.
72. Павловская, Н.Е. Изменения содержания белка и крахмала в семенах гороха / Н.Е. Павловская, М.А. Яроватая // *Аграрная наука*.– 2004.– № 5.– С. 8-9.
73. Пакудин, В.З. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур / В.З. Пакудин, Л.М. Лопатина // *Сельскохозяйственная биология*.– 1984.– №4.– С. 109-113.
74. Пермяков, А.Н. Методика определения площади листьев с помощью программы определения «AreaS» / А.Н. Пермяков, М.И. Дулов, В.Г. Васин, А.А. Толпекин, Е.В. Зуев // *Официальный сайт ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА [электронный ресурс]*.–Режим доступа :<http://old.ssaa.ru/> (дата обращения 15 марта 2009 г.)
75. Перфильева, А.И. Роль митохондрий в регуляции экспрессии генов при биотическом и тепловом шоке / А.И. Перфильева, Е.Г. Рихванов // *Факторы устойчивости растений и микроорганизмов в экстремальных природных условиях и техногенной среде: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием и школы молодых ученых, 12– 15 сентября 2016 г.*– Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2016.– С. 143-144.
76. Петербургский международный экономический форум 23 мая 2014 г. Санкт-Петербург / *Официальный сайт Президента России [Электронный*

ресурс].–Режим доступа: <http://kremlin.ru/news/21080> (дата обращения 15 марта 2015 г.)

77. Попова, И.А. Индуцированные мутации овощного гороха / И.А. Попова // Труды по селекции и семеноводству овощных культур.– 1975.– Т. III.– С. 66-73.

78. Полунин, Я.Я. О корреляциях между качеством зеленого горошка и некоторыми морфологическими и физиологическими признаками гороха / Я.Я. Полунин, В.И. Аршинов // Труды по селекции и семеноводству овощных культур.– 1976.– Т. IV.– С. 21-25.

79. Регистрация заявок и включение в реестры (Статистика, 2018) [Электронный ресурс] / Официальный сайт ФГБУ «Госсорткомиссия».– Режим доступа: <http://reestr.gossort.com/reestr/culture/217> (дата обращения 26.04.2018.)

80. Рекомендации по возделыванию гороха овощного в Краснодарском крае / сост.: В.А. Кулик, Н.П. Ищенко, Я.А. Голубев, Е.М. Сорочинская, А.Г. Беседин, В.А. Беседина.– Краснодар, 2006.– 20 с.

81. Розвадовский, А.М. Модификационная изменчивость и коррелятивная взаимосвязь основных хозяйственно-ценных признаков гороха в условиях правобережья лесостепи УССР / А.М. Розамовский // Доклады ВАСХНИЛ.– 1984.– С. 16-18.

82. Самарин, Н.А. Морфофизиологическая характеристика растений гороха овощного использования в зависимости от типа листа / Н.А. Самарин, С. Н. Самарина // Сборник научных трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции.– 1990.– Т. 135.– С. 45-52.

83. Самарин, Н.А. Продуктивность гороха овощного в зависимости от водообеспечения / Н.А. Самарин, Л.Н. Самарина // Сельскохозяйственная биология.– 1983.– № 4.– С. 9-12.

84. Самарина, Л.Н. Исследование биохимических и технологических свойств сортов овощного гороха для консервирования из коллекции ВИР: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 03 093 / Самарина Лариса Николаевна.– Ленинград.– 1971.– 24 с.

85. Сапега, В.А. Урожайность и параметры адаптивной способности и стабильности сортов гороха / В.А. Сапега // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук.– 2015.– №5.– С. 14-17
86. 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.
87. Семеренко, С.А. Экология и защита растений [Электронный ресурс] / С.А. Семеренко // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК.– 2015.– № 4 (164).– Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/ekologiya-i-zaschita-rasteniy> (дата обращения: 23.01.2018).
88. Сидорова, К.К. Генетика мутантов гороха / К.К. Сидорова.– Новосибирск: Наука, 1981.– 169 с.
89. Сидорова, К.К. Изучение аллелизма у фенотипически сходных мутантов гороха в связи с законом гомологических рядов в наследственной изменчивости / К.К. Сидорова // Генетика.– 1970.– Т. VI.– № 11.– С. 23-35.
90. Синюшин, А.А. Генетическая коллекция гороха посевного (*Pisum sativum* L.) кафедры генетики биологического факультета МГУ и ее применение в научных исследованиях / А.А. Синюшин, О.А. Аш, Г.А. Хартина // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции.– 2016.– Т. 177.– Вып.3.– С. 47-60.
91. Синюшин, А.А. Генетический контроль признака фасциации у гороха посевного (*Pisum sativum* L.) / А.А. Синюшин, С. А. Гостимский // Генетика.– 2008.– Т. 44.– № 6.– С. 807-814.
92. Синюшин, А.А. Изучение генетического контроля активности апикальных меристем у гороха посевного (*Pisumstivum*L.): автореф. дис. ...канд. биол. наук: 03.02.07 / Синюшин Андрей Андреевич.– Москва, 2012.– 24 с.
93. Соболева, Г.В. Использование физиологических методов в селекции гороха на засухоустойчивость / Г.В. Соболева, В.Н. Уваров // Земледелие.– 2015.– № 4.– С. 37-38.

94. Соболева, Г.В. Сравнительная оценка регенерантных линий гороха, полученных методами клеточной селекции / Г.В. Соболева // Зернобобовые и крупяные культуры.– 2015.– № 1(13).– С. 20-25.
95. Соловьева, В.К. Новые формы луцильного гороха / В.К. Соловьева // Агробиология.– 1958.– № .5.– С. 29-32.
96. Сорты растений, включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Сорты культуры «Горох овощной» [Электронный ресурс] // Официальный сайт ФГБУ «Госсорткомиссия».– Режим доступа: <http://reestr.gossort.com/reestr/culture/217> (дата обращения 26.04.2018.)
97. Сулим, А.С. TILLING– Современная технология «обратной» генетики растений / А.С. Сулема, В.А. Жуков // Сельскохозяйственная биология.– 2015.– Т. 50.– № .3.– С. 288-297.
98. Сухарев, Д.Н. Ботанико-фармакогностическое изучение различных сортов гороха посевного: автореф. дис. ...канд. фармацевтических наук: 15.00.02 / Сухарев Дмитрий Николаевич.– Москва.– 2005.– 24 с.
99. Сухенко, Н.Н. Сравнительная характеристика линий гороха листочковых и усатых морфотипов / Н.Н. Сухенко // Научный журнал КубГАУ.– 2013.– № 91(07).– С. 1227-1237.
100. Сучкова, Т. Н. Физиолого-биохимические особенности накопления углеводов и белков в семенах высокоамилозных сортов и линий гороха (*Pisum sativum* L.): автореф. дис. ...канд.биолог. наук: 03.00.12 / Сучкова татьяна Николаевна.– Воронеж, 2009.– 22 с.
101. Тедеева, А.А. Фотометрические особенности сортов гороха / А.А. Тедеева, З.П. Оказова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.– 2016.– № 3.– С. 419-423.
102. Указ президента России от 6 августа «О применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности Российской Федерации» [Электронный ресурс] / Официальный сайт Президента России.– Режим доступа: <http://kremlin.ru/news/46404> (дата обращения 15 марта 2015 г.)

103. Ушакова, В.А. Новые сорта овощного гороха для расширения конвейера / В.А. Ушакова, И.П. Котляр, Е.П. Пронина // Картофель и овощи.– 2014.– № 12.– С. 30-31.
104. Ушакова, О.В. Сортовая специфика минерального состава семян гороха овощного / О.В. Ушакова, Н.А. Голубкина, В.А. Ушаков, Е.П. Пронина, И.П. Котляр, А.А. Кошеваров // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования.– 2017.– № 3.– С. 81-85.
105. Фадеев, Е.А. Селекционная ценность исходного материала гороха (*Pisum sativum* L.) с различной морфологией листа и боба: дис. ...канд. с.х. наук: 06.01.05 / Фадеев Евгений Александрович.– Казань, 2014. – 168с.
106. Фадеева, А.Н. Перспективы селекции мозговых сортов гороха / А.Н. Фадеева, Т.Н. Абросимова // Селекция и семеноводство овощных культур.– 2009.– №45. – С. 140-143.
107. Федеральный закон от 03.07.2016 № 358-ФЗ «о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования государственного регулирования в области генно-инженерной деятельности» [Электронный ресурс] / Кодексы и Законы.– Режим доступа: <https://www.zakonrf.info/doc-33626510/> (дата обращения 18.04.2018)
108. Федяева, А.В. Изменение митохондриального мембранного потенциала как универсальная реакция клеток растений на стрессы абиотической природы / А.В. Федяева, И.В. Любушкина, Е.Г. Рихванов // Факторы устойчивости растений и микроорганизмов в экстремальных природных условиях и техногенной среде: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием и школы молодых ученых, 12– 15 сентября 2016 г.– Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2016.– С. 177-178.
109. Федяева, А.В. Синтез БТШ и гибель культур клеток растений при тепловом воздействии / А.В. Федяева, А.В. Степанов, Т.П. Побежимова, Е.Г. Рихванов // Вестник ИрГТУ– 2014.– № 2 (85).– С. 167-171.

110. 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.
111. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах (методы и задачи учета в связи с формированием урожая) / А.А. Ничепорович, Л.Е. Строгонова, С. Н. Чмора, М.П. Власова.– Издательство Академии наук СССР: Москва, 1961.– 135 с.
112. Халафян, А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. 3-е изд. Учебник – М.: ООО «Бином-Пресс», 2007 г. – 512с.
113. Хангильдин, В.В. Генетические факторы / В.В. Хальгиндин // Генетика и селекция гороха.– Издательство «Наука», 1975.– С. 37-106.
114. Цыганок, Н. О способах переработки зеленого горошка / Н. Цыганок, Е. Кутепова // Овощеводство.– 2017.– № 9.– С. 70-73.
115. Цыганок, Н.С. Наследование и изменчивость элементов продуктивности у детерминантных форм овощного гороха / Н.С. Цыганок // Доклады ВАСХНИЛ.– 1991.– № 8.– С. 30-34.
116. Чуб, В.В. Фасциация цветка и побега: от феноменологии к построению модели преобразования апикальной меристемы / В.В. Чуб, А.А. Синюшин // Физиология растений.– 2012.– Т. 59.– № 4.– С. 574-590.
117. Шелепина, Н.В. Использование высокоамилозного горохового крахмала в производстве функциональных пищевых продуктов / Н.В. Шелепина // Вопросы питания.– 2016.– Т. 85.– № S2.– С. 221
118. Шелепина, Н.В. Научно-практическое обоснование эффективных способов переработки зерна современных сортов и форм гороха: автореф. дис. ...доктора с.х. наук: 05.18.01 / Н.В. Шелепина.– Мичуринск-наукоград РФ, 2014.– 33 с.
119. Шульпеков, А.С. Подбор сортов и совершенствование элементов технологии выращивания гороха овощного для заморозки в условиях юго-запада ЦЧЗ: автореф. ди с. ...канд. с.х. наук: 06.01.05; 06.01.09 / А.С. Шульпеков.– 2013.– Москва.– 21 с.

120. Шурхаева, К.Д. Изменчивость элементов продуктивности коллекционных образцов гороха / К.Д. Шурхаева, А.Н. Фадеева // Зернобобовые и крупяные культуры.– 2015.– № 3 (15).– С. 71-76.
121. Шурхаева, К.Д. Особенности формирования репродуктивных органов гороха различных морфотипов / К.Д. Шурхаева, А.Н. Фадеева // Вестник Казанского государственного аграрного университета.– 2009.– Т. 4.– №1.– С. 118-121.
122. Янковская, Г.П. Урожайность и биохимический состав гибридов гороха овощного / Г.П. Янковская, Е.С. Досина, А.И. Чайковский // Овощеводство.– 2008.– Т. 13.– С. 82-90.
123. Яньков, И.И. Исходный материал для селекции сортов гороха новых морфобиологических типов / И.И. Яньков, В.П. Сердюк, Р.К. Прорешнева, Г.И. Проскурякова // Сборник научных трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции.– 1990.– Т. 135.– С. 59-66.
124. Alcázar, R. Polyamines: molecules with regulatory functions in plant abiotic stress tolerance / R. Alcázar, T. Altabella, F. Marco, C. Bortolotti, M. Reymond, C. Koncz, P Carrasco, A.F. Tiburcio //Planta.– 2010.– Vol.231.– №. 6.– С. 1237-1249.
125. Ali, Z. Dicistronic binary vector system—A versatile tool for gene expression studies in cell cultures and plants / Z. Ali, H.M. Schumacher, E. Heine-Dobbernack, A. El-Banna, F.Y. Hafeez, H.J. Jacobsen, H. Kiesecker //Journal of Biotechnology.– 2010.– Vol.145.– № .1.– P.9-16.
126. Ali, Z. Soil bacteria conferred a positive relationship and improved salt stress tolerance in transgenic pea (*Pisum sativum* L.) harboring Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> antiporter / Z. Ali, N. Ullah, S. Naseem, M. I. U. HAQ, H. J. Jacobsen//Turkish Journal of Botany.– 2015.– Vol.39.– № .6.– P.962-972.
127. Arscad, M. Inoculation with *Pseudomonas* spp. containing ACC-deaminase partially eliminates the effects of drought stress on growth, yield, and ripening of pea (*Pisum sativum* L.) /M. Arscad, B.Shaharoon, T.Mahmood // Pedosphere.– 2008.– Vol.18.– № .5.– P.611-620.

128. Ashraf, M. Photosynthesis under stressful environments: an overview / M. Ashraf, P.J.C. Harris //Photosynthetica.– 2013.– Vol.51.– № 2.– P.163-190.
129. Balsera, M. Characterization of Tic110, a channel-forming protein at the inner envelope membrane of chloroplasts, unveils a response to Ca<sup>2+</sup> and a stromal regulatory disulfide bridge / M. Balsera, T.A. Goetze, E. Kovács-Bogdán, P. Schürmann, R. Wagner, B.B. Buchanan, J. Soll, B. Bölder //Journal of Biological Chemistry.– 2009.– Vol.284.– № 5.– C. 2603-2616.
130. Belford, R.K. Effects of waterlogging at different stages of development on the growth and yield of peas (*Pisum sativum* L.) / R.K. Belford, R.Q. Cannell, R.J. Thomson, C.W. Dennis //Journal of the Science of Food and Agriculture.– 1980.– Vol.31.– № 9.– C. 857-869.
131. Benjamin, J.G. Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea / J.G. Benjamin, D.C. Nielsen //Field crops research.– 2006.– Vol.97.– № 2.– P.248-253.
132. Bertholdsson, N.O. The influence of the pea plant ideotype on seed protein content and seed yield / O.N. Bertholdsson //Journal of Agronomy and Crop Science.– 1990.– Vol.164.– № 1.– P.54-67.
133. Beverige, C.A. Axillary meristem development. Budding relationships between networks controlling flowering, branching, and photoperiod responsiveness / C.A.Beveridge, J.L.Weller, S.R.Singer, J. M. Hofer //Plant Physiology.– 2003.– Vol.131.– № 3.– P.927-934.
134. Bhattacharyya, M.K. The wrinkled-seed character of pea described by Mendel is caused by a transposon-like insertion in a gene encoding starch-branching enzyme / M.K. Bhattacharyya, A.M. Smith, T.H.N. Ellis, C. Hedley, C. Martin //Cell.– 1990.– Vol.60.– № 1.– P.115-122.
135. Bogracheva, T.T. Starch Thermoplastic films from arrange of pea (*Pisum sativum*) mutants / T.T. Bogracheva, C.Meares, A.Rebrov, C.Hedley // 5<sup>th</sup> European Conf. Grain Legumes.– 2004.– P.47-48.
136. Bordat, A. Translational genomics in legumes allowed placing in silico 5460 unigenes on the pea functional map and identified candidate genes in *Pisum sativum*

L / A. Bordat, V. Savoie, M. Nicolas, J. Salse, A. Chauveau, M. Bourgeois, J. Potier, H. Houtin, C. Rond, F. Murat, P. Marget, G. Aubert, J. Burstin // G3: Genes, Genomes, Genetics.– 2011.– Vol.1.– № .2.– P.93-103.

137. Bushey, D.F. Characteristics and safety assessment of intractable proteins in genetically modified crops / D.F. Bushey, G.A. Bannon, B.F. Delaney, G. Graser, M. Hefford, X. Jiang, T.C. Lee, K.M. Madduri, M. Pariza, L.S. Privalle, R. Ranjan, G. Saab-Rincon, B.W. Schafer, J.J. Thelen, J.X.Q. Zhang, M.S. Harper // Regulatory Toxicology and Pharmacology.– 2014.– Vol.69.– № .2.– P.154-170.

138. Charlton, A. NMR profiling of transgenic peas / A. Charlton, T. Allnut, S. Holmes, J. Chisholm, S. Bean, N. Ellis, P. Mullineaux, S. Oehlschlager // Plant Biotechnology Journal.– 2004.– Vol.2.– № .1.– P.27-35.

139. Chocobar-Ponce, S. Mitochondrial respiration: involvement of the alternative respiratory pathway and residual respiration in abiotic stress responses / S. Chocobar-Ponce, C. Prado, R. González, M. Rosa, F.E. Prado // Physiological Mechanisms and Adaptation Strategies in Plants Under Changing Environment.– Springer New York, 2014.– C. 321-364.

140. Corpas, F.J. Metabolism of Reactive Nitrogen Species in Pea Plants Under Abiotic Stress Conditions / J.F. Corpas, M. Chaki, A. Fernández-Ocaña, R. Valderrama, J.M. Palma, A. Carreras, J.C. Begara-Morales, M. Airaki, L. A del Río, J.B. Barroso // *Plant and Cell Physiology*.– 2008.– Vol.49.– P.1711–1722.

141. Creig, J. Mutations at the *rug4* locus alter the carbon and nitrogen metabolism of pea plants through an effect on sucrose synthase / J. Creig, P. Barratt, H. Tatge, A. Déjardin, L. Handley, C.D. Gardner, L. Barber, T. Wang, C. Hedley, C. Martin, A.M. Smith // *The Plant Journal*.– 1999.– Vol.17.– № .4.– P.353-362.

142. Creig, J. Mutations in the gene encoding starch synthase II profoundly alter amylopectin structure in pea embryos / J. Creig, J.R. Lloyd, K. Tomlinson, L. Barder, A. Edwards, T.L. Wang, C. Martin, C.L. Hedley, A.S. Smith // *The Plant Cell*.– 1998.– Vol.10.– № .3.– P.413-426.

143. Denyer, K. Two isoforms of the GBSSI class of granule-bound starch synthase are differentially expressed in the pea plant (*Pisum sativum* L.) / K. Denyer, L. M.

- Barber, E. A. Edwards, A. M. Smith, T. L. Wang //Plant, Cell & Environment.– 1997.– Vol.20.– № .12.– P.1566-1572.
144. Dita, M.A. Biotechnology approaches to overcome biotic and abiotic stress constraints in legumes / M.A. Dita, N.Rispain, E. Prats, D. Rubiales, K.B. Singh //Euphytica.– 2006.– Vol.147.– № .1-2.– P.1-24.
145. Dostálová, R. Study of Resistant Starch (RS) Content in Peas during Maturation / R. Dostálová, J.Horacek, I.Hasalova, R.Trojan // CzechJFoodSci.– 2009.– Vol. 27.– P.120-124.
146. Dutta, S. Role of temperature stress on chloroplast biogenesis and protein import in pea / S.Dutta, S.Mohanty, B.C.Tripathy // Plant physiology.– 2009.– Vol.150.– № .2.– P.1050-1061.
147. Ellis, T.H.N. An integrated and comparative view of pea genetic and cytogenetic maps / T.H.N. Ellis, S.J.Poyser // New Phytologist.– 2002.– Vol.153.– № .1.– P.17-25.
148. El-Nashar, Y.I. Phenotypic and biochemical profile changes in calendula (*Calendula officinalis* L.) plants treated with two chemical mutagenesis //Genetics and molecular research: GMR.– 2016.– Vol.15.– № .2.- gmr.15028071
149. Feller, U. Drought stress and carbon assimilation in a warming climate: Reversible and irreversible impacts // Journal of plant physiology.– 2016. – Vol.203. – C. 84-94.
150. Georgieva, K. Photosynthetic response of different pea cultivars to low and high temperature treatments / K.Georgieva, H.K. Lichtenthaler // Photosynthetica.– 2006.– Vol.44.– № .4.– P.569-578.
151. Gill, S.S. Glutathione and glutathione reductase: A boon in disguise for plant abiotic stress defense operations / S.S. Gill, N.A. Anjum, M. Hasanuzzama, R. Gill, D.K. Trivedi, I Ahmad, E. Pereira, N Tuteja //Plant Physiology and Biochemistry.– 2013.– Vol.70.– P.204-212.
152. Goldman, I.L. Seasonal Variation in Leaf Component Allocation in Normal, Afila, and Afila-tendrilled Acacia PeaFoliage Near-isolines / I.L. Goldman, E.T. Gritton // J. Amer. Soc. Hort. Sci.– 1992.– Vol.117(6)– P.1017-1020.

153. Greenwood, C.T. Studies on the biosynthesis of starch granules. 2. The properties of the components of starches from smooth-and wrinkled-seeded peas during growth / C.T. Greenwood, J. Thomson // *Biochemical Journal.*– 1962.– Vol.82.– № .1.– P.156-164.
154. Gullon, F. Carbohydrate fractions of legumes: uses in human nutrition and potential for health / F. Gullon, M. M. J. Champ // *British Journal of Nutrition.*– 2002.– Vol.88.– № .S3.– P.293-306.
155. Handa, Y.T. Effect of leaf surface wetness and wettability on photosynthesis in bean and pea / Y.T.Hanba, A.Moriya, K.Kimura // *Plant, Cell & Environment.*– 2004.– Vol.27.– № .4.– P.413-421.
156. Harrison, C.J. Evidence that the *rug3* locus of pea (*Pisum sativum* L.) encodes plastidial phosphoglucomutase confirms that the imported substrate for starch synthesis in pea amyloplasts is glucose-6-phosphate / C. J.Harrison, C. L.Hedley, T. L. Wang // *Plant journal.*– 1998.– Vol.13.– № .6.– P.753-762.
157. Hildmann, P. Growth at moderately elevated temperature alters the physiological response of the photosynthetic apparatus to heat stress in pea (*Pisum sativum* L.) leaves / P.Haldimann, U.Feller // *Plant, Cell & Environment.*– 2005.– Vol.28.– № .3.– P.302-317.
158. Hylton, C. The *rb* mutation of peas causes structural and regulatory changes in ADP glucose pyrophosphorylase from developing embryos / C.Hylton, A. M.Smith // *Plant Physiology.*– 1992.– Vol.99.– № .4.– P.1626-1634.
159. Iturbe-Ormaetxe, I. Oxidative damage in pea plants exposed to water deficit or paraquat / I. Iturbe-Ormaetxe, P.R. Escuredo, C. Arrese-Igor, M. Becana // *Plant physiology.*– 1998.– Vol.116.– № 1.– P.173-181.
160. Jeuffroy, M. Effect of a short period of high day temperatures during flowering on the seed number per pod of pea (*Pisum sativum* L) / M.H. Jeuffroy, C. Duthion, J.M. Meynard, A. Pigeaire // *Agronomie.*– 1990.– Vol.10.– № 2.– P.139-145.
161. John Innes Centre– Departments [Электронныйресурс].– Режим доступа: <https://www.jic.ac.uk/staff/trevor-wang/appgen/starch/mutants.html> (дата обращения 29.03.2016 г.)

162. Juliano, B.O. A simplified assay for milled-rice amylase / B.O. Juliano // *Cereal Sci. Today.*–1971.–Vol. 16.–P. 334.
163. Krursheed, S. Induced phenotypic diversity in the mutagenized populations of Faba bean using physical and chemical mutagenesis [Электронный ресурс] / S.Khursheed, A.Raina, K.Parveen, S. Khan // *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences.*– 2017.– Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2017.03.001>
164. Krusell, L. The *Clavata2* genes of pea and *Lotus japonicus* affect autoregulation of nodulation / L.Krusell, N. Sato, I. Fukuhara, B. E. Koch, C. Grossmann, S.Okamoto, E. Oka-Kira, Y. Otsudo, G.Aubert, T. Nakagawa, S. Sato // *The Plant Journal.*– 2011.– Vol.65.– № .6.– P.861-871.
165. Lee, R. Genetically modified  $\alpha$ -amylase inhibitor peas are not specifically allergenic in mice / R. Y.Lee, D.Reiner, G.Dekan, A.E.Moore, T.J.Higgins, M.M Epstein // *PloS one.*– 2013.– Vol.8.– № .1.– e52972.
166. Lopez, A. Essential elements and cadmium and lead in fresh and canned peas (*Pisum sativum* L.) / A.Lopez, H. L.Williams, F. W.Cooler // *Journal of Food Science.*– 1986.– Vol.51.– № .3.– P.604-607.
167. Muller, B. Water deficits uncouple growth from photosynthesis, increase C content, and modify the relationships between C and growth in sink organs / B.Muller, F. Pantin, M. Génard, O. Turc, S. Freixes, M. Piques, Y. Gibon // *Journal of Experimental Botany.*– 2011.– Vol.62.– № 6.– P.1715-1729.
168. Naegeli, H. Scientific Opinion on application EFSA-GMO-BE-2013-118 for authorisation of genetically modified maize MON 87427× MON 89034× 1507× MON 88017× 59122 and subcombinations independently of their origin, for food and feed uses, import and processing submitted under Regulation (EC) No 1829/2003 by Monsanto Company / H. Naegeli, A.N. Birch, J. Casacuberta, A. De Schrijver, M.A. Gralak, P. Guerche, H. Jones, B. Manachini, A. Messéan, E.E. Nielsen, F. Nogué, C. Robaglia, N. Rostoks, J. Sweet, C. Tebbe, F. Visioli, J.-M. Wal, F. Álvarez, A. Lanzoni, K. Paraskevopoulos // *EFSA Journal.* – 2017.– Vol.15.– №. 8.– e04921.

169. Nleya, K.M. Relating physico-chemical properties of frozen green peas (*Pisum sativum* L.) to sensory quality / K. M.Nleya, A. Minnaar, H. L.de Kock // *Journal of the Science of Food and Agriculture*.– 2014.– Vol.94.– № . 5.– P.857-865.
170. Ortega-Galisteo, A.P. S-Nitrosylated proteins in pea (*Pisum sativum* L.) leaf peroxisomes: changes under abiotic stress / A.P. Ortega-Galisteo, M. Rodriguez-Serrano, D.M. Pozmiño, D.K. Gupta, L.M. Sandalio, M.C. Romero-Puertas // *Journal of Experimental Botany*.– 2013– Vol. 63.– № 5.– P.2089–2103.
171. Osman, H.S. Enhancing antioxidant–yield relationship of pea plant under drought at different growth stages by exogenously applied glycine betaine and proline / H.S. Osman // *Annals of Agricultural Sciences*.– 2015.– Vol.60.– № .2.– P.389-402.
172. Pereira, G. Two powdery mildew resistance mutations induced by ENU in *Pisum sativum* L. affect the locus *er1* / G.Pereira, J Leitão // *Euphytica*.– 2010.– Vol.171.– № .3.– C. 345-357.
173. Prescott, V.E. Transgenic expression of bean  $\alpha$ -amylase inhibitor in peas results in altered structure and immunogenicity / V.E. Prescott, P.M. Campbell, A. Moore, J. Mattes, M.E. Rothenberg, P.S. Foster, T.J.V. Higgins, S.P. Hogan // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.– 2005.– Vol.53.– № .23.– P.9023-9030.
174. Rickman, J.C. Nutritional comparison of fresh, frozen, and canned fruits and vegetables II. Vitamin A and carotenoids, vitamin E, minerals and fiber / J.C. Rickman, C.M. Bruch, D.M. Barrett // *Journal of the Science of Food and Agriculture*.– 2007.– Vol.87.– P.1185-1196.
175. Rincon, F. Some Mineral Concentration Modifications during Pea Canning / F. Rincon, G. Zurera, R. Morend, G. Ros // *Journal of Food Science*.– 1990.– Vol.55.– № 3 –P.751-754.
176. Sagan, M.*Sym28* and *Sym29*, two new genes involved in regulation of nodulation in pea (*Pisum sativum* L.) / M. Sagan, G. Duc // *Symbiosis*.– 1996.– Vol.20.– № .3.– P.229-245.
177. Sánchez, F.J. Growth of epicotyls, turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plants (*Pisum sativum* L.) subjected to water stress / F. J. Sánchez, E.F. De

Andres, J.L.Tenorio, L. Ayerbe // *Field Crops Research*.– 2004.– Vol.86.– № .1.– P.81-90.

178. Sánchez, M.A. Characterization of scientific studies usually cited as evidence of adverse effects of GM food/feed / M. A.Sánchez, W. A.Parrott // *Plant Biotechnology Journal*.– 2017.– № 15.– P.1227-1234.

179. Shade, R.E. Transgenic pea seeds expressing the  $\alpha$ -amylase inhibitor of the common bean are resistant to bruchid beetles / R. E. Shade, H. E. Schroeder, J. J. Pueyo, L. M. Tabe, L. L. Murdock, T. J. V. Higgins, M. J Chrispeels // *Nature Biotechnology*.– 1994.– Vol.12.– № .8.– P.793-796.

180. Sharma, A. Induction of powdery mildew resistance in garden pea (*Pisum sativum* L.) using mutagenesis / A. Sharma, V. J. Dhole, Y. Singh, V. Katoch, D. R. Chaudhary // *Proceedings of the Regional Symposium on Sustaining Small-Scale Vegetable Production and Marketing Systems for Food and Nutrition Security (SEAVEG2014), 25-27 February 2014, Bangkok, Thailand*.– AVRDC-The World Vegetable Center, 2015.– P.141-145.

181. Singer, S.R. Determinate (*det*) mutant of *Pisum sativum* (*Leguminosae: Papilionoideae*) exhibits an indeterminate growth pattern / S.R.Singer, L.P.Hsiung, S.C. Huber // *American Journal of Botany*.– 1990.– Vol.77.– № 10.– P.1330-1335.

182. Smith, A.M. Evidence that the *rb* locus alters the starch content of developing pea embryos through an effect on ADP glucose pyrophosphorylase / A. M.Smith, M.Betty, I. D.Bedford // *Plant Physiology*.– 1989.– Vol.89.– № .4.– P.1279-1284.

183. Snoad, B. The effects of three genes which modify leaves and stipules in the pea plant / B. Snoad, L. Frusciante, L.M. Monti // *Theoretical and Applied Genetics*.– 1985.– Vol.70.– № 3.– P.322-329.

184. Stevens, R.G. Cloning and characterisation of a cytosolic glutathione reductase cDNA from pea (*Pisum sativum* L.) and its expression in response to stress / R.G. Stevens, G.P. Creissen, P. M. Mullineaux // *Plant Molecular Biology*.– 1997.– 35.– P. 641-654.

185. Stoker, R. Irrigation of garden peas on a good cropping soil / R. Stoker // *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*.– 1977.– Vol.5.– № .3.– P.233-236.

186. Sukhov, V. Variation potential induces decreased PSI damage and increased PSII damage under high external temperatures in pea / V. Sukhov, L. Surova, O.Sherstneva, A. Bushueva, V. Vodeneev // *Functional Plant Biology*.– 2015.– Vol.42.– № .8.– P.727-736.
187. Turner, S.R. The effect of different alleles at the *r* locus on the synthesis of seed storage proteins in *Pisum sativum* / S.R.Turner, D. H. P.Barratt, R.Casey // *Plant molecular biology*.– 1990.– Vol.14.– № .5.– P.793-803.
188. Vanyushin, B.F. Apoptosis in plants: Specific Features of Plant Apoptotic Cells and Effect of Various Factors and Agents / B.F. Vanyushin, L.E. Bakeeva, V.A. Zamyatnina, N.I. Aleksandrushkina // *International Review of Cytology*.– 2004.– Vol.233.– P.135-179.
189. Vesely, P. Pea phytohemagglutinin selective agglutination of tumour cells / P. Vesely, G.Entlicher, J.Kocourek // *Cellular and Molecular Life Sciences*. – 1972. – Vol.28. – №.9. – P.1085-1086.
190. Vidal-Valverde, C. Assessment of nutritional compounds and antinutritional factors in pea (*Pisum sativum*) seeds / C. Vidal-Valverde, J. Frias, A. Hernández, P.J.Martín-Alvarez, I. Sierra, C. Rodríguez, I. Blazquez, G. Vicente // *Journal of the Science of Food and Agriculture*.– 2003.– Vol.83.– № 4.– P.289-306.
191. Wang, N. Effect of cultivar and environment on physicochemical and cooking characteristics of field pea (*Pisum sativum*) / N. Wang, D. W. Hatcher, T. D. Warkentin, R. Toews // *Food Chemistry*.– 2010.– Vol.118.– № .1.– P.109-115.
192. Wang, T.L. Can we improve the nutritional quality of legume seeds? / T.L. Wang, C.Domoney, C.L. Hedley, R. Casey, M. A.Grusak // *Plant Physiology*.– 2003.– Vol.131.– № 3.– P. 886-891.
193. Ya'Acov, Y.L. Haramaty E. The characterization and contrasting effects of the nitric oxide free radical in vegetative stress and senescence of *Pisum sativum* Linn. foliage / Y.L. Ya'Acov, E. Haramaty // *Journal of Plant Physiology*.– 1996.– Vol.148.– № .3-4.– P. 258-263.

## Приложение 1

Метеорологические данные, Крымской метеорологической станции, по декадам, за период изучения (2013-2016 гг.)

Год	Март	Апрель			Май			Июнь			Июль
	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I
Среднесуточная температура воздуха, °С											
2013 г.	5,9	12,9	10,6	14,6	19,7	18,5	21,2	19,0	22,7	24,2	23,5
2014 г.	9,2	8,2	13,9	13,8	15,8	19,7	20,3	21,4	20,7	21,1	22,6
2015 г.	8,3	8,1	10,7	11,1	13,9	16,5	19,9	20,7	22,7	21,8	24,0
2016 г.	7,7	11,6	15,3	13,5	14,7	17,0	17,7	18,0	22,0	26,2	23,3
ср.многолет.	7,3	10,8	11,3	12,3	14,0	16,2	17,6	19,1	20,3	21,1	22,2
Сумма осадков, мм											
2013 г.	6,0	7,0	2,1	2,3	0,0	38,8	3,0	34,7	9,5	1,6	89,4
2014 г.	9,3	3,5	10,3	3,7	1,8	15,3	27,5	7,7	27,5	19,7	22,6
2015 г.	21,0	33,7	24,1	14,8	5,6	1,0	47,6	9,1	13,4	56,8	14,3
2016 г.	18,6	0,5	34,7	1,8	17,3	17,9	47,5	61,2	13,3	4,9	23,3
ср.многолет.	16,0	18,0	15,0	15,0	10,0	19,0	19,0	14,0	16,0	22,0	18,0

## Приложение 2

Метеорологические показатели, основанные на данных метеорологической станции  
расположенной в г. Крымск, Краснодарский край (2013-2016 гг.)

Сорт	Даты наступления фаз				посев-всходы			всходы-цветение			цветение-тс			всходы-тс		
	ПОСЕВ	ВСХОДЫ	ЦВЕТЕНИЕ	ТС	$\Sigma_{\text{активных}} > 10^{\circ}\text{C}$	сумма осадков	ГТК	$\Sigma_{\text{активных}} > 10^{\circ}\text{C}$	сумма осадков	ГТК	$\Sigma_{\text{активных}} > 10^{\circ}\text{C}$	сумма осадков	ГТК	$\Sigma_{\text{активных}} > 10^{\circ}\text{C}$	сумма осадков	ГТК
2013 год																
Изюминка	1 IV	17 IV	9 V	30 V	149,2	9,0	0,60	320,0	12,4	0,39	411,5	41,8	1,02	753,1	20,2	0,27
Прима	1 IV	17 IV	13 V	1 VI	149,2	9,0	0,60	392,1	12,4	0,32	383,3	41,8	1,09	795,2	61,0	0,77
Альфа 2	1 IV	17 IV	17 V	6 VI	149,2	9,0	0,60	464,0	45,0	0,97	402,6	70,9	1,76	886,1	83,3	0,94
Беркут	1 IV	17 IV	22 V	10 VI	149,2	9,0	0,60	561,7	51,2	0,91	381,8	37,7	0,99	965,0	88,9	0,92
Адагумский	1 IV	17 IV	28 V	14 VI	149,2	9,0	0,60	692,6	54,2	0,78	338,3	34,7	1,03	1055,6	88,9	0,84
Исток	1 IV	17 IV	2 VI	19 VI	149,2	9,0	0,60	795,2	61,0	0,77	352,7	37,4	1,06	1171,1	98,4	0,84
2014 год																
Изюминка	1 IV	15 IV	10 V	30 V	94,9	8,8	0,93	369,7	35,5	0,96	396,8	42,5	1,07	786,8	78,0	0,99
Прима	1 IV	15 IV	14 V	2 VI	94,9	8,8	0,93	443,5	35,5	0,80	388,1	43,8	1,13	851,4	84,1	0,99
Альфа 2	1 IV	15 IV	20 V	11 VI	94,9	8,8	0,93	567,1	37,5	0,66	456,7	48,2	1,06	1044,9	97,8	0,94
Беркут	1 IV	15 IV	26 V	16 VI	94,9	8,8	0,93	684,5	74,7	1,09	441,2	37,4	0,85	1146,0	112,4	0,98
Адагумский	1 IV	15 IV	21 V	18 VI	94,9	8,8	0,93	586,5	50,8	0,87	580,2	61,3	1,06	1187,8	112,4	0,95
Исток	1 IV	15 IV	6 VI	23 VI	94,9	8,8	0,93	913,0	86,0	0,94	359,3	39,4	1,10	1291,4	125,4	0,97
2015 год																
к-9349	27 III	15 IV	16 V	1 VI	77,9	39,2	5,03	352,2	45,5	1,29	306,0	47,6	1,56	677,1	118,4	1,75
Прима	27 III	15 IV	19 V	4 VI	77,9	39,2	5,03	404,1	45,5	1,13	314,2	47,9	1,52	739,2	123,2	1,67
Альфа 2	27 III	15 IV	24 V	11 VI	77,9	39,2	5,03	499,3	45,5	0,91	365,6	56,7	1,55	887,8	127,2	1,43

Продолжение приложения 2

Беркут	27 III	15 IV	26 V	15 VI	77,9	39,2	5,03	542,2	45,5	0,84	416,2	64,5	1,55	980,6	135,0	1,38
Адагумский	27 III	15 IV	27 V	19 VI	77,9	39,2	5,03	563,9	70,8	1,26	481,8	69,5	1,44	1068,8	140,3	1,31
Исток	27 III	15 IV	4 VI	22 VI	77,9	39,2	5,03	718,3	118,4	1,65	396,3	22,2	0,56	1138,1	140,6	1,24
2016 год																
к-9349	29 III	14 IV	9 V	1 VI	138,0	33,6	2,43	345,8	22,5	0,65	398,3	65,4	1,64	763,2	88,4	1,16
Прима	29 III	14 IV	12 V	3 VI	138,0	33,6	2,43	393,9	27,8	0,71	389,1	87,9	2,26	801,6	122,2	1,52
Альфа 2	29 III	14 IV	18 V	14 VI	138,0	33,6	2,43	502,9	33,9	0,67	476,0	121,2	2,55	999,4	162,1	1,62
Беркут	29 III	14 IV	24 V	20 VI	138,0	33,6	2,43	598,6	50,0	0,84	516,9	112,4	2,17	1143,5	162,4	1,42
Адагумский	29 III	14 IV	25 V	23 VI	138,0	33,6	2,43	615,7	50,3	0,82	584,1	112,1	1,92	1227,3	163,7	1,33
Исток	29 III	14 IV	1 VI	24 VI	138,0	33,6	2,43	744,1	87,9	1,18	483,2	75,8	1,57	1252,2	164,5	1,31

Примечание: тс – техническая спелость;  $\Sigma_{\text{активных } t > 10^{\circ}\text{C}}$  – сумма активных температур больше 10 градусов; ГТК – гидротермический коэффициент

## Приложение 3

Характеристика изученной выборки овощного гороха (n=39) по комплексу селекционно значимых признаков,  $\bar{x}_{cp} \pm SEM$  (2015-2016 гг.)

№	Показатели	2015 г.		2016 г.	
		$\bar{x}_{cp} \pm SEM$	V, %	$\bar{x}_{cp} \pm SEM$	V, %
1	Продуктивность, г/раст.	<b>8,1±0,4</b>	31,0	<b>12,6±0,5</b>	24,5
2	Содержание крахмала в семенах, %	<b>33,0±0,3</b>	6,0	<b>30,6±0,3</b>	6,4
3	Содержание амилозы в крахмале, %	70,2±0,7	6,5	71,8±0,8	6,9
4	Масса 1000 семян, шт.	183±6	19,3	180,1±5	18,2
5	Длина стебля, см.	<b>59,1±1,9</b>	19,7	<b>73,8±2,4</b>	20,1
6	Высота прикрепления нижнего боба, см.	<b>45,3±1,6</b>	21,5	<b>52,8±2,0</b>	23,3
7	Число узлов непродуктивных, шт.	13,6±0,5	23,0	13,9±0,5	23,8
8	продуктивных	<b>4,5±0,2</b>	25,2	<b>5,9±0,3</b>	28,3
9	всего	<b>18,1±0,6</b>	19,3	<b>19,8±0,6</b>	20,1
10	Число бобов на цветоносе, шт.	<b>1,6±0,1</b>	34,1	<b>1,7±0,1</b>	36,0
11	растении вызревших	<b>5,9±0,2</b>	19,3	<b>6,9±0,3</b>	22,6
12	растении всего	<b>7,0±0,3</b>	22,9	<b>9,7±0,5</b>	29,4
13	Длина боба, см.	<b>7,9±0,2</b>	14,8	<b>8,1±0,2</b>	12,7
14	Ширина боба, см.	1,2±0,0	8,1	1,2±0,0	8,6
15	Число зерен в бобе, шт.	6,9±0,2	14,4	6,8±0,2	15,2
16	Чисор семян с растения, шт.	<b>40,3±1,5</b>	24,0	<b>47,7±2,3</b>	30,4

Примечание: **жирным курсивом** выделены показатели значительно отличающиеся по годам, оценка проведена по t-критерию Стьюдента, при  $p < 0,05$

## Приложение 4

## Распределение изученной выборки овощного гороха по группам спелости

№	Название сорта/гибрида	Var1	Var2	CLUSTER	DISTANCE	Группа спелости
1	Г-9349/5	48	8	1	1,57	очень ранняя
2	Увертюра	48	9	1	1,53	очень ранняя
3	Салинеро	48	8	1	1,69	очень ранняя
4	Асана	49	10	1	0,79	очень ранняя
5	Прима (St-1)	50	9	1	0,39	очень ранняя
6	Стайл	50	9	1	0,34	очень ранняя
7	Карина	51	9	1	1,02	очень ранняя
8	Хезбана	52	12	1	2,41	очень ранняя
9	Винко	52	10	1	1,75	очень ранняя
10	Альфа 2 (St-2)	59	14	2	1,36	ранняя
11	Олинда	55	11	2	2,68	ранняя
12	Г-9424/7	56	13	2	1,04	ранняя
13	Гропеса	59	14	2	1,30	ранняя
14	Г-305/28	58	14	2	0,64	ранняя
15	СВ0987ЮЦ	59	13	2	1,12	ранняя
16	Грюнди	58	14	2	0,61	ранняя
17	Муцио	56	13	2	1,07	ранняя
18	Беркут (St-3)	64	14	3	0,08	среднеранняя
19	Эштон	61	14	3	2,20	среднеранняя
20	Дьюранго	62	13	3	1,93	среднеранняя
21	Веста	63	15	3	1,25	среднеранняя
22	Ресал	64	13	3	0,86	среднеранняя
23	Донана	65	15	3	0,66	среднеранняя
24	Бинго	65	14	3	0,30	среднеранняя
25	Омега	65	15	3	0,42	среднеранняя
26	Дружный	66	15	3	1,14	среднеранняя
27	Спонтанный мутант	66	14	3	1,01	среднеранняя
28	Г-388/45	66	15	3	1,04	среднеранняя
29	Рейньер	66	15	3	1,03	среднеранняя
30	Амбассадор	65	17	4	1,34	среднеспелая
31	Адагумский (St-4)	68	16	4	0,60	среднеспелая
32	Г-349/442	67	18	4	0,71	среднеспелая
33	Парус	67	15	4	1,36	среднеспелая
34	Г-344/16	67	17	4	0,34	среднеспелая
35	Бугана	68	19	5	0,35	среднепоздняя
36	Г-387	67	19	5	0,72	среднепоздняя
37	Г-359/58	69	19	5	0,42	среднепоздняя
38	Красавчик	68	18	5	0,44	среднепоздняя
39	Исток (St-5)	70	18	5	1,07	среднепоздняя

## Приложение 5

Продуктивность и биохимические показатели традиционного и безлисточкового морфотипов гороха овощного ( $x_{\text{ср}} \pm \text{SEM}$ ), 2015-2016 гг.

Параметры	Год	Традиционный морфотип (n=30)	Безлисточковый морфотип(n=9)
Продуктивность, г/раст.	2015	8,3±2,8*	7,4±1,4*
	2016	13,0±3,0*	11,3±3,2*
	ср.знач.	10,7±3,7	9,4±3,2
Содержание крахмала, %	2015	33,1±2,1*	32,8±1,4
	2016	30,4±1,7*	31,1±2,7
	ср.знач.	31,8±2,3	32,0±2,3
Содержание амилозы в крахмале, %	2015	69,9±4,9	71,3±3,3
	2016	72,0±5,2	71,3±4,4
	ср.знач.	71,0±5,1	71,3±3,8

Примечание: \* - значимые отличия между показателями по годам (t-test), при  $p < 0,05$

## Приложение 6

Показатели продуктивности и биохимических параметров овощного гороха с индетерминантным и измененным типом роста стебля

Сорт, линия	Продуктивность г/раст.			Содержание крахмала, %			Содержание амилозы в крахмале, %		
	2015 г	2016 г	$x_{cp}$	2015 г	2016 г	$x_{cp} \pm SEM$	2015 г	2016 г	$x_{cp} \pm SEM$
Беркут (St-3)	11,6	11,0	11,3	33,8	29,5	31,7±0,8	67,5	74,6	71,1±1,4
Спонтанный мутант из Беркута (Фас.)	10,5	12,4	11,5	34,3	34,2	34,3±0,1	65,2	63,5	64,4±0,4
Дружный (ДТР)	10,0	14,6	12,3	37,4	31,8	34,6±1,1	66,8	64,2	65,5±0,5
Адагумский (St-4)	9,3	8,7	9,0	36,3	31,7	34,0±0,9	66,8	64,9	65,9±0,5
Г-349/442 (ус.л., ДТР)	7,4	13,8	10,6	32,7	32,8	32,8±0,1	72,8	67,7	70,3±1,0
Исток (St-5)	12,9	11,8	12,4	32,5	30,9	31,7±0,3	74,4	76,8	75,6±0,5
Г-387 (ус.л., ДТР)	7,8	14,2	11,0	33,3	32,2	32,8±0,3	72,0	69,5	70,8±0,6

Примечание: Фас.-фасциированный тип роста стебля

## Приложение 7

Биометрические параметры растений овощного гороха с индетерминантным и детерминантным типом роста стебля, 2015-2016 гг.

Признак	Среднее по индетерминантным стандартам (n=3)			Среднее по детерминантным формам (n=3)		
	2015 г	2016 г	$\bar{x}_{cp} \pm SEM$	2015 г	2016 г	$\bar{x}_{cp} \pm SEM$
Масса 1000 семян, г	217,3	196,7	207,0 $\pm$ 5,4	204,3	193,3	198,8 $\pm$ 7,6
Длина стебля, см.	72,6	88,0	80,3* $\pm$ 4,4	57,8	69,2	63,5* $\pm$ 5,6
Высота прикрепления нижнего боба, см.	53,4	59,2	56,3 $\pm$ 1,9	53,0	63,8	58,4 $\pm$ 5,5
Число узлов непродуктивных, шт.	16,7	16,0	16,4 $\pm$ 0,8	16,4	17,8	17,1 $\pm$ 0,9
продуктивных	5,4	8,1	6,8* $\pm$ 0,7	2,0	2,1	2,1* $\pm$ 0,0
всего	22,1	24,0	23,1* $\pm$ 1,1	18,4	20,0	19,2* $\pm$ 0,9
Число бобов на цветоносе, шт.	1,4	1,2	1,3* $\pm$ 0,1	3,3	3,5	3,4* $\pm$ 0,1
выполненных на растении	6,4	5,9	6,2 $\pm$ 0,7	6,5	7,4	7,0 $\pm$ 0,3
на растении всего	7,5	9,8	8,7 $\pm$ 1,1	6,5	7,5	7,0 $\pm$ 0,3
Длина боба, см.	8,9	9,1	9,0 $\pm$ 0,3	8,0	8,2	8,1 $\pm$ 0,3
Ширина боба, см.	1,2	1,2	1,2 $\pm$ 0,0	1,2	1,3	1,3 $\pm$ 0,0
Число зерен в бобе вызревших, шт.	6,8	6,5	6,7 $\pm$ 0,3	6,3	6,5	6,4 $\pm$ 0,3
Число семян с растения, шт.	43,8	38,8	41,3 $\pm$ 3,1	40,4	47,2	43,8 $\pm$ 2,0
Продуктивность растения, г/раст.	11,3	10,5	10,9 $\pm$ 0,7	8,4	14,2	11,3 $\pm$ 1,3

Примечание: \* - значимые отличия между показателями миморфотипов (t-test), при  $p < 0,05$

## Приложение 8

Биометрические параметры изученной выборки овощного гороха (n=39) и уровень их изменчивости ( $x_{cp}$ , V, %, 2015-2016 гг.)

Название образца	Масса 1000 семян, г	Длина стебля		ВПНБ		Число узлов				Число бобов				Боб				ЧЗВ		Семян с растения		Продуктивность, г/раст.		
		см.	V, %	см.	V, %	непродуктивных, шт.	V, %	продуктивных, шт.	всего, шт.	V, %	на цветоносе, шт.	выполненных, шт.	V, %	на растении, шт.	V, %	длина, см.	V, %	ширина, см.	V, %	шт.	V, %		шт.	V, %
2015 год																								
к-9349	202	60,2	7,7	40,2	12,4	8,4	7,1	4,5	12,8	7,9	1,1	4,5	18,8	4,8	23,1	6,4	13,0	1,2	4,4	5,5	20,7	24,4	17,5	5,9
Увертюра	140	47,5	8,8	38,1	6,7	8,8	7,2	3,4	12,2	3,5	1,1	3,4	15,2	3,7	18,2	6,3	14,5	1,3	3,3	6,3	15,6	21,3	11,2	3,7
Салинеро	196	46,0	7,0	31,0	11,2	7,9	9,3	3,6	11,5	4,6	1,3	4,2	24,6	4,6	29,3	5,9	12,5	1,2	2,6	5,6	19,9	23,5	20,9	4,8
Асана	146	45,6	9,1	37,3	7,5	9,4	7,4	3,5	12,9	6,8	1,5	3,8	16,6	5,1	32,6	6,4	14,6	1,1	4,3	6,8	21,9	25,7	24,3	3,5
Прима	234	43,1	7,4	29,3	3,6	8,5	8,3	5,0	13,5	5,2	1,1	4,4	15,9	5,3	21,9	7,0	15,3	1,2	3,9	5,5	28,2	24,4	11,5	5,0
Стайл	192	41,6	2,1	28,0	9,4	8,8	5,0	4,1	12,9	4,7	1,2	4,6	11,6	5,0	14,1	5,9	11,9	1,1	4,4	5,3	21,2	24,2	8,5	4,9
Альфа 2	212	63,5	9,5	44,8	6,7	14,4	10,5	5,8	20,2	8,3	1,3	5,2	15,2	7,6	20,8	8,2	8,8	1,2	6,7	6,3	17,6	32,9	14,0	9,6
Карина	196	48,7	9,4	36,9	8,0	9,4	9,0	4,5	13,9	7,9	1,2	4,6	21,0	5,5	37,6	6,5	13,3	1,2	3,5	6,3	21,9	28,8	26,4	4,2
Хезбана	154	52,8	4,4	45,5	6,7	11,8	3,6	4,2	16,0	4,2	1,2	4,8	16,4	5,1	23,5	6,6	14,4	1,2	0,0	6,7	22,8	32,2	13,9	7,6
Винко	126	43,7	6,7	30,7	10,6	9,7	8,5	4,7	14,4	3,6	1,4	5,5	9,6	6,6	20,5	6,5	10,5	1,0	5,0	7,3	20,2	39,9	15,9	5,8
Олинда	194	43,5	5,0	34,1	8,8	11,2	5,6	4,3	15,5	4,6	1,4	5,2	12,2	6,1	12,1	9,3	8,8	1,1	4,3	7,9	18,9	41,3	15,8	6,6
Г-9424/7	154	62,2	3,9	54,1	6,5	12,6	4,1	4,3	16,9	5,9	1,7	6,2	14,8	7,4	17,1	6,2	11,5	1,1	5,2	6,3	22,4	38,8	16,6	8,4
Гропеса	94	40,9	10,7	32,1	6,6	13,8	3,1	4,6	18,4	3,8	1,8	6,3	16,8	8,4	17,9	6,8	10,3	0,9	0,0	8,1	22,3	51,2	23,9	5,5
Г-305/28	216	62,4	10,0	46,2	11,8	13,2	4,8	5,0	18,2	6,2	1,7	6,2	19,8	8,6	23,4	8,4	15,9	1,2	5,4	7,4	18,6	46,1	16,7	8,9
СВ0987ЮЦ	92	47,8	6,7	33,5	5,5	12,5	5,7	5,0	17,5	6,7	1,9	7,5	21,1	9,4	17,5	7,1	10,4	0,9	3,6	8,8	21,0	65,6	22,3	6,7
Грюнди	172	52,2	9,8	46,7	9,1	13,6	3,8	3,0	16,6	3,1	1,6	4,3	11,2	4,7	17,5	9,5	13,1	1,3	3,3	8,5	23,3	36,7	16,3	6,8

## Продолжение приложения 8

Беркут	214	64,5	5,3	50,8	9,5	14,2	2,9	4,3	18,5	4,5	1,5	6,0	10,5	6,5	16,1	9,3	18,9	1,2	0,0	7,8	17,8	46,8	10,5	11,6
Муцио	174	49,4	3,5	42,5	8,7	12,9	5,7	3,3	16,2	5,7	1,4	4,2	10,0	4,5	15,7	9,3	16,1	1,2	0,0	9,7	15,2	40,9	15,5	8,3
Эштон	172	53,8	8,3	44,9	7,1	13,5	5,2	3,8	17,3	3,9	1,8	5,6	19,2	6,8	13,5	7,5	8,0	1,2	3,9	7,4	14,5	41,6	20,1	6,0
Дьюранго	172	57,6	7,7	44,8	6,9	13,7	6,9	4,0	17,7	5,4	2,1	5,7	14,4	8,3	21,3	8,0	8,9	1,3	3,9	7,4	17,3	42,1	15,5	6,3
Веста	194	69,9	7,0	48,6	6,5	14,6	5,4	4,9	19,4	2,8	1,9	7,1	9,7	9,0	12,8	8,9	7,5	1,1	4,7	6,5	17,2	46,1	12,2	12,5
Ресал	170	53,4	9,6	41,0	4,9	13,4	4,0	3,6	17,0	4,8	2,3	6,3	15,1	8,1	20,6	8,0	10,4	1,2	5,7	7,1	21,3	44,9	19,4	9,0
Амбассадор	188	73,4	7,1	51,3	4,0	16,7	2,9	6,0	22,7	7,5	1,4	6,7	22,3	8,1	28,7	7,9	10,3	1,2	4,0	6,9	22,6	46,0	23,2	7,9
Донана	182	62,3	7,7	46,7	11,4	13,9	5,0	4,4	18,3	4,1	1,9	6,1	6,2	8,3	16,7	8,4	8,3	1,2	0,0	5,5	21,0	34,0	9,6	7,5
Бинго	182	52,4	10,9	39,4	8,8	13,9	2,7	4,7	18,6	7,5	1,8	6,1	11,2	8,3	23,8	7,8	10,2	1,2	3,2	7,1	16,6	43,7	16,1	9,1
Омега	135	69,3	8,2	48,6	9,7	14,3	7,8	5,7	20,0	6,5	1,4	6,6	14,9	7,7	9,8	8,0	14,2	1,1	4,6	7,0	25,6	46,0	18,1	10,1
Адагумский	228	72,7	9,7	49,7	9,0	17,3	4,4	6,6	23,9	4,5	1,3	6,4	8,3	8,6	21,1	7,9	13,6	1,3	3,7	6,1	29,9	39,3	21,8	9,3
Г-349/442	208	56,4	9,7	51,1	16,6	15,4	14,3	2,0	17,4	13,4	3,8	7,3	9,8	7,5	10,1	7,6	12,8	1,3	4,3	6,2	24,7	44,9	11,2	7,4
Дружный	226	49,3	7,2	44,6	6,7	14,7	5,1	2,0	16,7	4,5	2,9	5,7	13,2	5,7	13,2	9,1	9,9	1,2	4,6	7,0	26,7	39,9	11,4	10,0
Спонтанный мутант	194	67,2	8,8	50,2	10,4	14,0	13,4	5,6	19,6	10,6	1,4	7,8	27,8	8,0	23,4	9,6	14,5	1,2	4,4	6,6	26,8	51,1	31,8	10,5
г-388/45	230	73,4	9,5	55,0	6,1	14,9	4,6	5,4	20,3	2,4	1,2	6,0	9,6	6,3	12,0	9,7	11,9	1,3	6,3	7,1	22,8	42,6	12,2	10,7
Рейньер	176	63,9	4,4	43,4	6,6	14,4	3,7	6,6	21,0	2,7	1,4	7,4	10,6	9,3	12,0	7,0	10,5	1,2	6,5	6,0	24,7	44,7	15,6	12,0
Парус	208	70,7	6,7	46,0	7,0	13,3	12,8	6,0	19,3	5,8	1,7	7,3	22,0	10,1	27,0	8,3	10,8	1,2	0,0	6,3	23,9	45,6	34,9	8,1
Бутана	142	64,0	9,0	48,1	10,4	17,9	8,8	5,6	23,4	6,0	1,3	6,6	17,3	7,4	18,8	8,5	9,4	1,2	4,8	8,5	21,1	55,6	16,3	8,9
г-344 16	208	78,7	8,4	66,6	10,0	18,9	3,7	4,7	23,6	5,4	1,5	6,1	6,2	7,1	15,0	8,9	9,0	1,2	4,3	6,6	18,8	40,4	11,9	10,2
Г-387	180	67,7	6,0	63,3	6,2	19,1	2,0	2,0	21,1	1,8	3,1	6,4	12,2	6,3	12,0	7,1	14,2	1,3	2,9	5,7	27,5	36,4	16,4	7,8
г-359/58	218	80,3	5,2	66,9	5,4	18,3	2,7	4,3	22,6	2,4	2,0	7,3	10,4	8,4	17,9	8,8	12,4	1,3	4,4	7,3	16,5	53,4	11,7	11,5
Красавчик	232	70,6	7,2	55,6	8,1	18,3	5,2	4,7	23,0	7,1	1,4	5,9	11,8	6,7	20,6	9,1	14,8	1,1	4,3	7,2	26,9	42,4	7,9	11,3
Исток	210	80,6	6,1	59,7	6,6	18,6	6,1	5,3	23,9	3,8	1,4	6,9	15,6	7,6	18,5	9,3	13,4	1,2	0,0	6,6	28,1	45,3	16,4	12,9
х <sub>ср</sub>	184	59,1	7,5	45,3	8,2	13,6	6,1	4,5	18,1	5,4	1,6	5,9	14,6	7,0	19,2	7,9	12,0	1,2	3,6	6,9	21,6	40,3	16,8	8,1
V, %	19,3	19,7	-	21,5	-	23,0	-	25,2	19,3	-	34	19,3	-	22,9	-	14,8	-	8,1	-	14,4	-	24,0	-	31,0
2016 год																								
к-9349	200	70,2	9,3	39,1	13,4	8,3	8,1	6,3	14,6	8,0	1,4	7,0	22,3	8,7	23,0	7,3	9,3	1,2	2,7	6,1	21,5	42,7	20,9	16,2
Увертюра	180	59,2	5,9	41,4	7,5	8,2	7,7	4,8	13,0	8,9	1,0	4,6	21,0	4,8	21,5	7,4	13,6	1,4	5,2	6,8	16,4	31,4	25,4	14,5

## Продолжение приложения 8

Салинеро	202	59,4	6,3	38,7	6,8	8,0	5,9	4,4	12,4	5,6	1,3	5,7	11,8	5,6	12,5	6,9	17,3	1,3	4,8	6,5	19,6	36,9	17,8	15,3
Асана	194	52,2	7,5	42,6	7,8	9,7	5,0	3,8	13,5	7,2	1,4	4,9	17,9	5,3	26,8	6,6	14,6	1,2	3,6	6,9	17,6	33,8	24,1	12,0
Прима	242	54,6	12,0	33,8	16,8	9,2	12,3	5,5	14,7	7,2	1,1	5,1	17,2	6,3	19,9	8,6	11,6	1,3	3,3	7,2	22,4	37,4	31,9	12,9
Стайл	190	48,8	3,7	33,3	12,1	9,2	6,9	4,3	13,5	6,3	1,3	5,7	8,5	5,8	10,9	6,5	14,0	1,2	2,6	5,8	21,6	33,2	9,8	10,1
Альфа 2	222	84,0	16,0	53,0	12,5	14,0	14,7	8,2	22,2	10,7	1,2	5,4	27,7	10,0	11,2	7,8	16,0	1,2	4,2	6,2	33,3	34,9	32,4	7,2
Карина	196	54,0	6,8	35,8	14,0	9,2	10,0	5,2	14,4	7,5	1,3	5,2	15,2	6,5	23,2	7,0	12,9	1,3	4,2	7,0	14,2	36,2	15,6	14,1
Хезбана	174	65,8	5,9	46,7	7,8	11,3	4,4	4,6	15,9	7,3	1,6	6,0	18,6	7,1	19,2	7,6	9,6	1,2	2,9	7,9	13,6	47,1	18,2	9,9
Винко	136	44,8	9,2	30,1	10,8	9,5	5,5	4,8	14,3	3,4	1,5	6,0	13,6	7,3	23,3	6,6	12,1	1,1	5,0	7,5	15,0	45,1	14,5	8,6
Олинда	188	60,4	13,4	36,9	13,8	10,2	7,7	5,3	15,5	6,3	1,7	6,6	12,8	9,1	26,1	9,9	6,9	1,2	3,9	8,7	9,7	57,3	15,1	17,2
Г-9424/7	146	75,4	7,8	55,3	8,3	12,9	11,2	6,2	19,1	11,2	1,9	6,3	15,1	11,5	21,8	7,4	6,7	1,2	3,9	7,2	13,7	45,5	16,7	14,7
Гропеса	80	63,2	6,4	42,6	8,9	14,3	6,6	7,3	21,6	7,9	2,1	12,7	16,2	15,2	22,3	6,9	10,7	0,9	5,6	8,0	24,7	104	16,0	16,1
Г-305/28	182	76,1	14,2	52,5	19,7	14,4	12,3	6,5	20,9	8,6	1,8	8,4	17,0	11,5	16,5	9,1	11,1	1,2	3,9	7,1	23,4	59,5	17,8	18,3
СВ0987ЮЦ	82	64,6	8,6	41,7	13,1	13,2	4,8	6,3	19,5	5,0	2,4	10,6	11,9	14,9	19,6	6,9	11,8	0,9	4,8	8,1	20,3	85,2	11,7	9,4
Грюнди	170	66,0	6,9	53,8	6,1	13,9	5,3	4,7	18,6	9,2	1,7	6,5	13,1	8,0	19,5	9,2	13,2	1,2	6,0	8,4	29,4	54,5	19,7	12,5
Беркут	200	81,5	13,2	57,9	6,0	14,4	3,6	6,8	21,2	8,3	1,2	6,5	25,4	8,3	26,1	9,7	11,8	1,3	4,2	7,4	22,3	48,2	29,4	11,0
Муцио	172	63,4	11,5	47,9	12,1	12,3	5,5	4,4	16,7	6,9	1,8	5,5	12,9	7,8	16,9	10,0	7,2	1,3	3,3	10,2	14,0	56,0	14,9	8,7
Эштон	158	64,6	18,8	48,2	16,5	14,3	7,4	5,3	19,6	10,0	2,0	7,5	22,9	10,4	21,4	7,5	12,1	1,2	3,9	6,2	31,2	47,1	25,2	15,1
Дьюранго	170	74,8	7,6	51,7	12,8	13,2	4,8	5,7	18,9	5,3	2,1	7,8	17,9	12,0	24,2	7,6	10,8	1,3	2,5	6,1	28,6	46,7	23,5	9,4
Веста	188	80,5	10,9	59,3	9,6	15,7	5,2	6,0	21,7	4,4	2,0	7,6	12,7	11,7	20,6	9,3	8,7	1,3	4,1	6,4	21,1	48,4	19,5	15,7
Ресал	162	83,7	15,6	51,8	6,5	12,9	4,2	8,1	21,0	11,8	1,9	9,2	16,0	15,9	30,7	7,7	10,0	1,3	5,5	6,9	19,6	63,0	20,3	12,3
Амбассадор	182	90,9	3,6	73,4	8,3	18,2	4,3	6,4	24,6	4,8	1,5	7,3	11,3	9,6	14,9	7,5	9,9	1,2	5,2	5,9	23,2	42,9	14,4	12,0
Донана	186	86,9	7,4	66,0	5,8	15,2	5,5	6,4	21,7	7,3	2,5	5,9	39,3	16,0	35,1	8,2	7,0	1,2	4,2	5,1	28,4	29,9	41,8	5,0
Бинго	200	65,0	11,0	49,5	12,1	14,7	9,1	6,2	20,9	9,7	1,7	6,3	16,8	10,4	24,9	7,4	8,7	1,2	3,9	6,0	23,8	38,0	21,1	12,2
Омега	134	88,6	11,6	62,0	11,4	15,3	9,1	7,6	22,9	7,5	1,4	6,6	21,3	10,6	27,1	8,3	8,4	1,1	4,5	6,4	29,3	40,9	37,6	9,4
Адагумский	200	95,8	9,4	60,0	12,6	15,4	9,8	9,3	24,6	11,1	1,1	5,0	26,2	9,8	15,3	8,2	9,9	1,3	3,6	5,5	27,2	27,6	30,2	8,7
Г-349/442	180	83,1	6,9	77,3	6,5	19,8	3,6	2,3	22,0	4,2	3,4	7,5	17,5	7,6	13,9	7,9	11,0	1,4	6,4	6,0	25,3	44,0	10,2	13,8
Дружный	190	50,5	5,8	45,5	8,4	15,5	10,9	2,0	17,5	9,7	3,5	6,9	16,4	7,0	17,1	9,0	13,7	1,1	4,1	7,3	22,1	48,5	16,3	14,6
Спонтанный мутант	200	80,2	10,1	55,1	10,0	14,4	6,8	6,5	20,9	7,4	1,4	8,4	25,0	9,3	30,9	9,9	12,2	1,3	4,0	6,6	20,0	55,1	29,1	12,4

## Продолжение приложения 8

Г-388/45	233	98,6	5,9	65,6	14,6	14,6	12,4	7,4	22,0	7,9	1,5	6,8	19,2	11,2	22,2	9,6	10,2	1,2	4,7	6,5	22,9	44,0	14,6	15,9
Рейньер	164	80,1	8,1	53,8	11,5	14,9	6,7	7,3	22,2	6,0	1,4	7,7	13,1	10,1	19,9	7,3	10,7	1,2	5,9	5,7	19,9	44,1	17,4	15,0
Парус	194	89,9	9,2	62,3	10,3	16,1	5,2	6,6	22,8	7,0	2,0	7,1	30,4	13,5	23,1	8,1	9,4	1,2	4,5	5,5	23,0	40,6	22,5	11,2
Бутана	150	85,4	5,3	62,8	4,1	19,2	6,3	7,2	26,4	5,0	1,3	7,7	9,2	9,6	12,9	7,9	8,9	1,2	5,8	8,4	22,4	64,2	18,6	9,6
Г-344 16	196	97,5	7,7	71,8	10,1	15,1	14,8	7,3	22,4	13,7	1,5	7,4	13,1	10,7	26,1	8,7	7,5	1,2	3,5	5,7	23,2	42,4	16,2	12,2
Г-387	210	73,9	12,7	68,7	13,3	18,3	7,5	2,1	20,4	6,8	3,7	7,9	13,6	7,9	13,6	7,7	12,4	1,3	8,1	6,3	29,7	49,1	25,3	14,2
Г-359/58	180	94,4	13,5	75,4	12,7	19,4	10,3	5,8	25,1	10,5	1,8	8,0	9,4	10,6	12,3	8,8	6,9	1,2	2,9	7,5	13,8	60,4	12,8	17,4
Красавчик	200	83,8	11,4	58,2	7,9	18,0	6,7	7,4	25,4	6,2	1,2	7,2	9,7	9,2	13,3	9,2	10,9	1,1	5,4	7,2	19,8	52,1	9,4	15,7
Исток	190	86,7	9,2	59,7	13,9	18,1	7,4	8,1	26,3	1,9	1,4	6,1	19,8	11,3	35,7	9,4	13,5	1,2	4,6	6,6	24,3	40,6	22,0	11,8
х <sub>ср</sub>	180	73,8	9,4	52,8	10,7	13,9	7,6	5,9	19,8	7,5	1,7	6,9	17,4	9,7	20,9	8,1	10,8	1,2	4,4	6,8	21,8	47,7	20,5	12,6
V, %	18,2	20,1	-	23,3	-	23,8	-	28,3	20,1	-	36	22,6	-	29,4	-	12,7	-	8,6	-	15,2	-	30,4	-	24,5

Примечание: ВПНБ-высота прикрепления нижнего боба; ЧЗВ-число зерен в бобе вызревших

## Приложение 9

Сравнительная характеристика нового сорта Кудесник 2 и стандартного – Альфа (конкурсное сортоиспытание, филиал Крымская ОСС ВИР, 2014-2015 гг.)

Признаки		Сорта	
		Альфа – стандарт	Кудесник 2
Группа созревания		ранняя	ранняя
Период от всходов до уборки на зеленый горошек, дни		57	55
Тип междоузлий		укороченные	короткие
Урожайность, т/га	бобов	12,2	17,4
	зеленого горошка	6,0	9,1
Процент к стандарту	бобов	100	142
	зеленого горошка	100	152
Процент выхода горошка		49,2	52,5
Дегустационная оценка, балл	свежего	5	5
	консервированного	4,9	4,8



## Приложение 10

## Патент и авторское свидетельство на сорт Кудесник 2

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Государственная комиссия Российской Федерации  
по испытанию и охране селекционных достижений»

**ПАТЕНТ**  
**НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ**  
**№ 9551**

**Горох овощной**  
Pisum sativum L.

**КУДЕСНИК 2**

Патентообладатель  
ФИЛИАЛ КРЫМСКАЯ ОСС ВИР

Авторы -  
АЛИКИНА ОЛЬГА ВЛАДИМИРОВНА  
БЕСЕДИН АНАТОЛИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ  
СЕМЕНОВА ЕЛЕНА ВИКТОРОВНА

ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 8457047 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 19.11.2015 г.  
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ ПРИЛАГАЕТСЯ  
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ  
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 28.02.2018 г.

Врио председателя  Д.И. Паспеков

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Государственная комиссия Российской Федерации  
по испытанию и охране селекционных достижений»

## АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 67988

Горох овощной

### КУДЕСНИК 2

выдано в соответствии с решением Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений от 28.02.2018

ПО ЗАЯВКЕ № 8457047 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 19.11.2015

Патентообладатель(и)  
ФИЛИАЛ КРЫМСКАЯ ОСС ВИР

Автор(ы) : АЛИКИНА ОЛЬГА ВЛАДИМИРОВНА  
БЕСЕДИН А.Г., СЕМЕНОВА Е.В.

*Зарегистрировано в Государственном реестре  
охраняемых селекционных достижений*

*Врио председателя*



Д.И. Паспеков

## Приложение 11

## Уведомление о приеме заявки на патент сорта гороха овощного Изюминка

ФГБУ "ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМИССИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ИСПЫТАНИЮ И ОХРАНЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ"

Орликов пер., 1/11, Москва, 107139  
Тел. : ( 495 ) 607-86-26; Факс ( 495 ) 411-83-66

## УВЕДОМЛЕНИЕ О ПРИЕМЕ ЗАЯВКИ

Кому : ФИЛИАЛ КРЫМСКАЯ ОСС ВИР  
Адрес : 353384, КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ, Г.КРЫМСК-4, УЛ.ВАВИЛОВА, 12

Культура **Горох овощной**  
Сорт / Гибрид **ИЗЮМИНКА**

Ваша заявка на выдачу патента прошла процедуру предварительной экспертизы.

Заявке присвоен № **73169 / 8261453** Дата регистрации **13.11.2017**  
Год начала испытаний **2018** Дата приоритета **13.11.2017**

Решение по Вашей заявке будет принято после:

- оценки на ООС по результатам испытаний на ГСУ. Вы должны выслать в указанные ниже пункты испытаний с отметкой "идентификация" необходимое количество посадочного материала:

ЕГОРЬЕВСКАЯ ГСИС п. Новый, 21, Егорьевский район, Московская область, 140341 г. семки  
1000

В установленные сроки Вам необходимо оплатить соответствующие госпошлины и выслать копии платежных поручений в отдел Регистрации Госкомиссии. Размер пошлин указан в рублях:

4 Экспертиза селекционного достижения на новизну	руб. 330
5 Испытание селекционного достижения на отличимость, однородность и стабильность	5280

Пошлины принимаются на прилагаемый счет.

Платеж производится отдельно по каждому заявленному селекционному достижению. В платежном поручении необходимо указать код госпошлины в соответствии с положением о патентных госпошлинах на селекционные достижения, культуру и название сорта (гибрида), за который производится платеж.

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА РЕГИСТРАЦИИ  
И ГОСРЕЕСТРОВ



"28" 02.18  
О.М. ПЕРЦУХОВА

С:\Заяв\Рег\2017\_01\_1\_опр

Заявка № 73169 (19.03.18)

## Приложение 12

Сравнительная характеристика нового сорта Изюминка и стандартного – Альфа (конкурсное сортоиспытание, филиал Крымская ОСС, 2016-2017 гг.)

Признаки		Сорта	
		Альфа – стандарт	Изюминка
Группа созревания		ранняя	очень ранняя
Период от всходов до уборки на зеленый горошек, дни		53	44
Тип междуузлий		укороченные	укороченные
Урожайность, т/га	бобов	10,9	16,7
	зеленого горошка	5,1	7,3
Процент к стандарту	бобов	100	154
	зеленого горошка	100	144
Процент выхода горошка		47,0	43,9
Дегустационная оценка, балл	свежего	5	5
	консервированного	4,8	4,8



## Приложение 13

Площадь листового аппарата и его частей ( $m^2/m^2$ ) у традиционных и безлисточковых форм овощного гороха в разные фазы развития и годы исследования (2014-2016 гг.)

Морфотип	Год	2-3 листа			цветение			техническая спелость		
		Л	П	ЛА	Л	П	ЛА	Л	П	ЛА
традиционный	2014	0,23	0,07	0,30	2,87	2,59	5,46	2,90	2,33	5,23
	2015	0,17	0,06	0,23	2,16	2,07	4,23	2,14	2,08	4,23
	2016	0,26	0,09	0,35	4,36	3,45	7,81	3,31	2,47	5,79
	х <sub>ср</sub>	0,22	0,08	<b>0,29</b>	3,13	2,70	5,83	2,79	2,29	5,08
безлисточковый	2014	0,06	0,12	0,17	1,60	2,31	3,91	2,74	2,08	4,82
	2015	0,05	0,12	0,16	1,54	2,23	3,77	1,53	2,00	3,54
	2016	0,09	0,23	0,32	3,81	4,80	8,61	2,35	2,73	5,08
	х <sub>ср</sub>	0,06	0,16	<b>0,22</b>	2,23	3,11	5,43	2,20	2,27	4,48
по выборке	2014	-	-	0,26*	-	-	6,63*	-	-	5,79*
	2015	-	-	*0,21	-	-	*4,09*	-	-	*4,02*
	2016	-	-	*0,34*	-	-	*7,97	-	-	*5,60
	х <sub>ср</sub>	-	-	0,27	-	-	6,23	-	-	5,14

Примечание: Л-лист; П-прилистник; ЛА-лиственной аппарат; **жирным курсивом** выделены значимые отличия между морфотипами (t-test), при  $p < 0,05$ ; \*-значимые отличия между средними показателями по годам

## Приложение 14

Сухая масса листового аппарата и его частей (г) у традиционных и безлисточковых форм овощного гороха в разные фазы развития и годы исследования (2014-2016 гг.)

Морфотип	Год	2-3 листа			цветение			техническая спелость		
		Л	П	ЛА	Л	П	ЛА	Л	П	ЛА
традиционный	2014	-	-	-	-	-	194,3	-	-	217,2
	2015	-	-	6,4	96,9	61,0	157,9	102,5	64,4	166,9
	2016	8,2	2,0	10,2	143,1	84,1	227,1	154,4	77,8	232,2
	X <sub>ср</sub>	-	-	8,3	120,0	72,5	193,1	128,4	71,1	205,4
безлисточковый	2014	-	-	-	-	-	198,4	-	-	245,6
	2015	-	-	4,7	98,8	75,1	174,0	79,2	63,2	142,4
	2016	3,6	5,7	9,2	165,8	109,5	275,3	129,4	86,4	215,8
	X <sub>ср</sub>	-	-	7,0	132,4	92,3	215,9	104,3	74,8	201,3
по выборке	2014	-	-	-	-	-	*195,5*	-	-	263,7*
	2015	-	-	5,9*	-	-	*162,6*	-	-	*159,7*
	2016	-	-	9,9*	-	-	*241,3*	-	-	*227,4
	X <sub>ср</sub>	-	-	7,9	-	-	199,8	-	-	216,9

## Приложение 15

Содержание сухих веществ ( $\frac{\text{г/м}^2}{\%}$ ) в надземной биомассе растений овощного гороха традиционного и безлисточкового морфотипа в разные фазы онтогенеза (2014-2016 гг.)

Часть растения	Фаза "2-3 листа"				Фаза "цветение"				Фаза "техническая спелость"			
	2014	2015	2016	$x_{\text{ср}} \pm \text{SEM}$	2014	2015	2016	$x_{\text{ср}} \pm \text{SEM}$	2014	2015	2016	$x_{\text{ср}} \pm \text{SEM}$
Традиционный морфотип (n=12)												
зерно	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>349,8</u> 34,6	<u>187,1</u> 32,6	<u>223,3</u> 27,7	<u>253,4±21,8</u> 31,8
створки боба	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>158,0</u> 15,6	<u>111,0</u> 19,3	<u>141,2</u> 17,5	<u>136,7±8,2</u> 17,1
лопатки	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>19,5</u> 1,9	<u>15,1</u> 2,6	<u>53,3</u> 6,6	<u>29,3±5,1</u> 3,7
цветки	-	-	-	-	<u>8,8</u> 2,8	<u>9,6</u> 3,8	<u>9,8</u> 2,8	<u>9,4±0,8</u> 3,0	-	-	-	-
листовой аппарат	-	<u>6,4</u> 64,6	<u>10,2</u> 80,3	<u>8,3±0,6</u> 72,5	<u>194,3</u> 61,3	<u>157,9</u> 62,3	<u>227,1</u> 64,1	<u>193,1±10,3</u> 62,6	<u>271,2</u> 26,8	<u>166,9</u> 29,1	<u>232,2</u> 28,8	<u>223,4±14,2</u> 28,0
осевые органы	-	<u>3,5</u> 35,4	<u>2,5</u> 19,7	<u>3,0±0,2</u> 27,5	<u>114,1</u> 36,0	<u>86,1</u> 34,0	<u>117,2</u> 33,1	<u>105,8±6,1</u> 34,3	<u>211,7</u> 20,9	<u>94,4</u> 16,4	<u>156,3</u> 19,4	<u>154,2±12,8</u> 19,3
общее	13,3	<u>9,9</u> 100,0	<u>12,7</u> 100,0	11,9±0,7	<u>317,2</u> 100,0	<u>253,6</u> 100,0	<u>354,1</u> 100,0	<u>308,3±16,0</u> 100,0	<u>1012,3</u> 100,0	<u>574,5</u> 100,0	<u>806,4</u> 1000,	<u>797,7±50,4</u> 100,0
Безлисточковый морфотип(n=5)												
зерно	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>299,8</u> 36,8	<u>189,0</u> 37,6	<u>232,2</u> 31,4	<u>240,3±16,9</u> 35,0
створки боба	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>123,2</u> 15,1	<u>93,3</u> 18,6	<u>130,2</u> 17,6	<u>115,6±7,7</u> 16,9
лопатки	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>10,9</u> 1,3	<u>6,2</u> 1,2	<u>41,7</u> 5,6	<u>19,6±6,7</u> 2,9

Продолжение приложения 15

цветки	-	-	-	-	<u>9,2</u> 3,0	<u>9,1</u> 3,5	<u>12,3</u> 3,1	<u>10,2±0,7</u> 3,2	-	-	-	-
листовой аппарат	-	<u>4,7</u> 54,7	<u>9,2</u> 76,7	<u>7,0±1,1</u> 68,0	<u>198,4</u> 64,5	<u>174,0</u> 66,9	<u>275,3</u> 69,0	<u>215,9±25,2</u> 67,0	<u>245,6</u> 30,1	<u>142,4</u> 28,3	<u>215,8</u> 29,2	<u>201,3±16,6</u> 29,4
осевые органы	-	<u>3,9</u> 45,3	<u>2,7</u> 22,5	<u>3,3±0,6</u> 32,0	<u>100,2</u> 32,6	<u>76,8</u> 29,5	<u>111,3</u> 27,9	<u>96,1±9,5</u> 29,8	<u>135,2</u> 16,6	<u>72,0</u> 14,3	<u>119,2</u> 16,1	<u><b>108,8±11,9</b></u> 15,9
общее	8,2	<u>8,6</u> 100	<u>12,0</u> 100	9,6±1,0	<u>307,8</u> 100	<u>259,9</u> 100	<u>398,8</u> 100	<u>322,2±34,5</u> 100	<u>814,6</u> 100	<u>502,9</u> 100	<u>739,1</u> 100	<u>685,6±46,1</u> 100