

На правах рукописи

ПЛЕТНЕВА МАРГАРИТА МИХАЙЛОВНА

**ОЦЕНКА ОБРАЗЦОВ ФАСОЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ
ПО ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ И КАЧЕСТВУ ЗЕРНА
ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ В ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

06.01.05 – селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук**

Тюмень – 2019

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»

Научный руководитель:

Казыдуб Нина Григорьевна,
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

Официальные оппоненты:

Мусаев Фархад Багадыр оглы,
доктор сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник лабораторно-аналитического и испытательного центра
ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»

Мирошникова Мария Петровна,
кандидат сельскохозяйственных наук,
научный сотрудник лаборатории селекции
зернобобовых культур ФГБНУ
«Федеральный научный центр
зернобобовых и крупяных культур»

Ведущая организация:

ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»

Защита состоится «24» декабря 2019 г. в 13-30 на заседании диссертационного совета Д 999.114.02 на базе ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья» по адресу:

625003 г. Тюмень, ул. Республики, 7
Телефон/факс: 8(3452) 29-01-52,
e-mail: dissgausz@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья» и на сайте университета <http://www.tsaa.ru>

Автореферат разослан «22» октября 2019 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор с.-х. наук

Турсумбекова Галина Шалкаровна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. Ценность зернобобовых культур не ограничивается высокими показателями содержания белка в зерне, повышением плодородия почв за счет их обогащения доступными формами азота. Деятельность клубеньковых бактерий также способствует получению экологически чистой или органической продукции растениеводства. По данным ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», норма потребления продукции бобовых культур должна составлять 13 кг на человека в год. Уровень благосостояния каждой страны в последнее время часто определяется количеством белка, потребляемого на душу населения.

В развитии отечественного производства растительных белковых продуктов особый интерес представляет фасоль обыкновенная *Phaseolus vulgaris L.* – богатый источник растительных белков, углеводов, витаминов группы В, калия, фосфора, магния, железа и клетчатки.

В условиях южной лесостепи Западной Сибири дефицит белка можно восполнить возделыванием фасоли обыкновенной. В этой связи возникает необходимость повышения содержания белка в продукции селекционным путем. Весьма актуальны вопросы комплексного изучения коллекции фасоли обыкновенной и выделение источников по качеству зерна с целью создания новых сортов.

Цель исследований – комплексная оценка коллекционных образцов фасоли обыкновенной и выделение ценного исходного материала для селекции на урожайность и качество зерна в южной лесостепи Западной Сибири.

Задачи исследований:

- дать оценку хозяйствственно-ценных признаков коллекционных образцов фасоли обыкновенной: выделить перспективные из них с высокой селекционной ценностью генотипа для использования в качестве исходного материала при межсортовой гибридизации;
- выявить перспективные образцы фасоли – источники качества зерна для селекции;
- оценить экологическую пластичность и стабильность генотипов фасоли в изменяющихся условиях среды обитания;
- создать новый гибридный материал фасоли путем межсортовой гибридизации;
- оценить характер наследования признаков растениями фасоли в поколении F_1 и наследуемость хозяйствственно-ценных признаков в поколении F_2 .

Научная новизна работы. В условиях южной лесостепи Западной Сибири впервые проведена оценка образцов фасоли обыкновенной по качеству зерна (содержанию белка, микро-, макроэлементов, разваримость) и другим селекционным признакам и выделены ценные генотипы. Созданы новые внутривидовые гибриды путем межсортовой гибридизации и проведена их селекционно-генетическая оценка. Выделены образцы с

наиболее оптимальным соотношением параметров экологической пластичности и стабильности по урожайности семян, которые рекомендованы для промышленного производства. Разработана и показана возможность использования фасолевой муки из сортов селекции Омского ГАУ в хлебобулочных изделиях, как добавки для приготовления композиционных смесей, с целью повышения белковости продукта.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Установлено влияние генотипа и факторов среды (температура воздуха, количество осадков) на величину параметров продуктивности фасоли. На основе теоретических и методических проработок получен селекционный материал, находящийся на разных этапах оценки; выделены и рекомендованы источники ценных признаков фасоли обыкновенной – наиболее перспективные и адаптированные к местным климатическим условиям. Созданный на основе коллекции исходный материал включен в селекционный процесс лаборатории селекции и семеноводства полевых культур им. С.И. Леонтьева учебно-опытного хозяйства Омского ГАУ. Созданы новые сорта фасоли: овощной – Сибирячка; зерновой: Омская юбилейная, Омичка, включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (2019). Материалы диссертации внедрены в учебном процессе ФГБОУ ВО «Омский ГАУ» по направлениям подготовки: Агрономия (35.03.04, 35.04.04), Садоводство (35.03.05, 35.04.05), Сельское хозяйство (Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений) (35.06.01).

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. На основании комплексного подхода изучения коллекционных образцов фасоли зерновой получен исходный материал для селекционной практики.
2. Выявленные коэффициенты корреляции между урожайностью образцов фасоли и элементами продуктивности, технологичностью; содержанием белка в зерне и температурой воздуха и количеством осадков за период вегетации являются основой для дальнейшей селекции.
3. Проявление закономерности наследования количественных признаков гибридами F_1 и F_2 служат основой повышения эффективности отбора селекционного материала фасоли обыкновенной в южной лесостепи Западной Сибири.

Апробация результатов. Основные положения диссертационной работы и результаты исследований доложены на следующих конференциях: I Международной научно-практической конференции (on-line) «Инновации в развитии с.-х. производства в современной России и Казахстане» (Омск, 2015); Lecture «Shelf Life of Food Products» as a part of the project TEMPUS «Development of Qualification Framework for Food Science Studies at Russian Universities – DEF'RUS» (Омск, 2015); Международной научно-практической конференции «Аграрная наука в инновационном развитии АПК» (Уфа, 2016); I Международном форуме «Зернобобовые культуры – развивающееся

направление в России» (Омск, 2016); Международной научно-практической конференция «Научные инновации – аграрному производству», посвященной 100-летнему юбилею ФГБОУ ВО Омский ГАУ (Омск, 2018); Втором Международном форуме «Зернобобовые культуры – развивающееся направление в России» (Омск, 2018); Национальной научно-практической конференции «Агрометеорология и сельское хозяйство: история, значение и перспективы» (Омск, 2016).

Публикации. По теме диссертации опубликованы 24 научных работы, из них: 1 – Scopus, 1 – Web of science, 3 – в изданиях, включенных в перечень ВАК. Получены патенты на селекционное достижение сорта фасоли: овощная Сибирячка, зерновая Омская юбилейная, Омичка, они включены в Государственный реестр селекционных достижений (2019).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, рекомендаций для практической селекции и производства из библиографического списка, в котором 147 источников, в том числе 35 – на иностранных языках. Работа изложена на 217 страницах, содержит 33 таблицы, 24 рисунка, 17 приложений.

Личный вклад автора заключается в проведении полевых и лабораторных опытов, статистической обработке результатов исследований, обобщении полученных результатов, формировании научных положений и выводов, подготовке научных публикаций, текста и рисунков диссертационной работы.

Автор выражает искреннюю благодарность и признательность за помошь в выполнении работы научному руководителю – профессору Н.Г. Казыдуб, а также коллективу кафедры агрономии, селекции и семеноводства, лаборатории селекции и семеноводства полевых культур ФГБОУ ВО Омский ГАУ им. П.А. Столыпина; родным – за поддержку и понимание.

1. Фасоль, как объект исследований (обзор литературы)

В главе представлены обзор литературных источников по генетическим, морфобиологическим особенностям фасоли обыкновенной; история возделывания культуры, современное состояние производства и достижения селекции; биохимические особенности и технологическая оценка зерна; влияние взаимодействия «генотип-среда» на проявление основных морфобиологических признаков растений.

2. Условия, объект и методика исследований

Работа по сортоизучению коллекции фасоли обыкновенной проводилась по типу коллекционного питомника с 2014 г. по 2018 г. селекционного севооборота в учебно-опытном хозяйстве Омского ГАУ. Почва – лугово-черноземная среднемощная малогумусовая тяжелосуглинистая. Объект исследований – образцы фасоли обыкновенной

(120 образцов). После предварительной оценки в 2014 г. для дальнейшего расширенного изучения коллекции в 2015-2018 гг. отобрали 72 образца.

Предшественник культуры в севообороте – яровая пшеница. Посев проводили вручную. Схема посева: междурядье – 60 см, в ряду между растениями – 10 см. Глубина заделки семян – 5–6 см. Площадь делянки – 5,2 м². Стандарт – сорт фасоли обыкновенной Бийчанка.

Опыты закладывались по Методике полевого опыта в овощеводстве (С.С. Литвинов, Москва, 2011) и Методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (Москва, 1989). Коллекционный материал изучался по Методике ВИР (Методические указания, 1987). Полевую оценку устойчивости к болезням оценивали по шкале поражения в соответствии с классификатором (ВИР, 1984).

Химический анализ зерна выполняли в сертифицированной лаборатории Омского филиала ФГБУ «Федеральный центр оценки безопасности и качества зерна и продуктов его переработки» по нормативным документам: ГОСТ 10846 – 91 (белок), ГОСТ 30178 – 96 (цинк), ГОСТ 28458 – 90 (йод), ГОСТ 26928 – 86 (железо), ГОСТ 26570 – 95 (кальций).

Содержание сахара определяли с помощью рефрактометра Refracto 30P.

Межсортовую гибридизацию проводили по методике Ф.Ф. Суницы (1984).

Методику фасолевого компонента в хлебобулочных и кондитерских изделиях – по Ю.В. Колмакову (Омск, 2013).

Оценку зерна на разваримость с отбором по каждому сорту типичных зерен проводили по международному классификатору СЭВ культурных видов рода *Phaseolus* L. (Ленинград, 1985).

Экологическую пластичность сортов оценивали по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell (1966), которая позволяет определить как пластичность, так и стабильность генотипов (В.А. Зыкин, 1984), рассчитывали по формуле $b_i = \sum X_{ij} \cdot I_j / \sum I_j^2$. Степень фенотипического доминирования – по формуле G.M. Beil, R.E. Atkins (1965); коэффициент наследуемости H^2 вычислен по формуле I. Mahmud и H. Kramer (1951).

Кластерный анализ образцов фасоли выполнен с использованием компьютерного программного пакета SPSS версии PASW Statistics 20.

Для характеристики погодных условий в годы проведения опытов (2014–2018 гг.) использованы наблюдения Омской метеорологической станции (Агрометеорологические бюллетени, 2014-2018 гг.).

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по методике, полевого опыта (Б.А. Доспехов, 1985). Расчет и обработка экспериментальных данных выполнены с помощью пакета программ прикладной статистики MS Excel и Statistica 6.0.

3. Характеристика коллекционных образцов фасоли обыкновенной по хозяйственно-ценным признакам

Вегетационный период образцов фасоли. В условиях Западной Сибири продолжительность вегетационного периода имеет особую важность для созревания семян фасоли обыкновенной. Среднеранние и среднеспелые сорта обеспечивают решение многих проблем: уход от ранних и поздних заморозков, засухи, поражения болезнями и вредителями. Вегетационный период фасоли обыкновенной может составить от 80 до 190 суток.

В наших исследованиях установлены положительная корреляционная зависимость продолжительности вегетационного периода от суммы активных температур ($r = 0,99 \pm 0,01$) и сильная положительная корреляционная зависимость с количеством осадков за период вегетации ($r = 0,97 \pm 0,08$), то есть основное влияние на продолжительность вегетационного периода оказывают сумма активных температур и осадки. При анализе полученных результатов следует выделить из среднеранней группы образцы Оливковая, Омичка, Омская ранняя с периодом всходы – цветение – 32 суток, а из среднеспелой группы: Лукерья, Омская юбилейная, Сибаковская-100, Сизая, Нерусса с продолжительностью периода от 33 до 35 суток. Установлена корреляционная зависимость вегетационного периода с тепло- и влагообеспеченностью ($r = -0,52 \pm 0,49$).

Таким образом, выделенные из коллекции образцы Лукерья, Оливковая, Омичка, Омская юбилейная, Сибаковская-100, Рубин по продолжительности и структуре вегетационного периода рекомендуем использовать в качестве источников на сокращение межфазных периодов при селекции на скороспелость.

Продуктивность растений и ее элементы. Элементами продуктивности растений являются: число бобов на растении, масса семян с растения, число семян в бобе и масса 1000 семян. У коллекционных образцов число бобов менялось в зависимости от погодных условий года и варьировало от 8 до 123 шт. /раст. В среднем максимальное значение по коллекции в 2016 г. составило 31 шт. /раст., что связано с благоприятными условиями выращивания (ГТК 1,35 – оптимально увлажненный). У выделенных образцов Оливковая, Омская ранняя, Омичка за годы изучения количество бобов на растения в среднем составило 24 шт. Из среднеспелой группы: Лукерья, Сибаковская-100, Омская юбилейная завязали максимальное количество бобов на растении – в среднем 20 шт. Максимальным количеством бобов – 73 шт./раст. отличился образец Marcus boon и образцы Сизая, Нерусса – 25 шт./раст.

Показатель числа семян в бобе варьировал от 3 до 6 шт. С максимальным числом семян в бобе (6 штук) выделены образцы из среднеранней группы – сорт Омская ранняя, из среднеспелой – Лукерья, Сизая, Омская юбилейная, Нерусса, Оливковая.

По показателю семенной продуктивности растений из среднеспелой группы у сортов Лукерья, Сизая, Омская юбилейная, Сибаковская-100 отмечено максимальное значение – 37,0 г (на 24 г больше, чем у сорта-стандарта Бийчанка). Все представленные образцы изучаемой коллекции превосходили сорт-стандарт по данному показателю. Наибольшая масса семян с растения по годам отмечена у сортов Лукерья, Мексика № 4, 14372 (Азербайджан), 15663 (Англия), Cornell – около 50 г, варьируя от 37,2 до 54,6 г.

У изученных образцов показатель массы 1000 семян варьировал от 200 до 685 г. В среднем по коллекции он составил 350 г. Из среднеспелой группы выделен образец Оливковая (350 г) с меньшей, чем у сорта-стандарта Бийчанка, массой на 230 г. Из среднеранней и позднеспелой группы отмечены образцы: Гайдаровская, Нерусса, Belmidak KR-1. Масса 1000 семян не превысила у сорта Омской ранней 300 г в сравнении с сортом-стандартом Бийчанка.

Урожайность семян коллекционных образцов фасоли варьировала от 0,1 до 1,50 кг/м². Высокоурожайными были образцы из среднеспелой группы: Лукерья, Омская юбилейная, Сибаковская-100, Сизая, Оливковая, превысившие сорт-стандарт Бийчанка больше чем на 0,30 кг/м². Нами выявлена корреляция между урожайностью и элементами продуктивности: сильная зависимость между урожайностью и семенной продуктивностью ($r = 0,95 \pm 0,07$); средняя – между урожайностью и массой 1000 семян ($r = 0,50 \pm 0,22$); между урожайностью и количеством бобов на растении ($r = 0,30 \pm 0,26$).

Влияние генотипа и экологических факторов на продуктивность культуры. Параметры экологической пластиности рассчитывали у выделенных 12 образцов фасоли зерновой, обладающих комплексом ценных признаков в условиях южной лесостепи Омской области. Дисперсионный анализ показал (рис. 1), что доминирующее влияние на продуктивность растений фасоли зерновой в условиях Омской области оказывают погодные условия (59,0%). Достоверным было также влияние генотипа (4,0%) и взаимодействия генотип x среда (разные годы) (11,0%). Наиболее благоприятные условия были характерны для 2017 г. – индекс условий среды (I_j) составил + 0,09; худшие условия для произрастания сортов (генотипов) – в 2014 г.: I_j = -0,11.

На основании оценки адаптивной способности и стабильности генотипов фасоли обыкновенной в изменяющихся условиях среды можно выделить образцы с высокой отзывчивостью на улучшение условий выращивания – Омичка, Лукерья, Сизая, Шоколадница, Оливковая, Омская юбилейная; с низкой – Бийчанка, Сибаковская-100, Рубин, Нерусса, Петух. Раннее выявление реакции у сортов на изменение условий выращивания позволяет в последующем научно обоснованно спланировать их испытание, размещая сорта с высокой отзывчивостью на улучшение среды обитания по

высоким агрофонам в более благоприятных почвенно-климатических зонах, а сорта с низкой – в неблагоприятных.

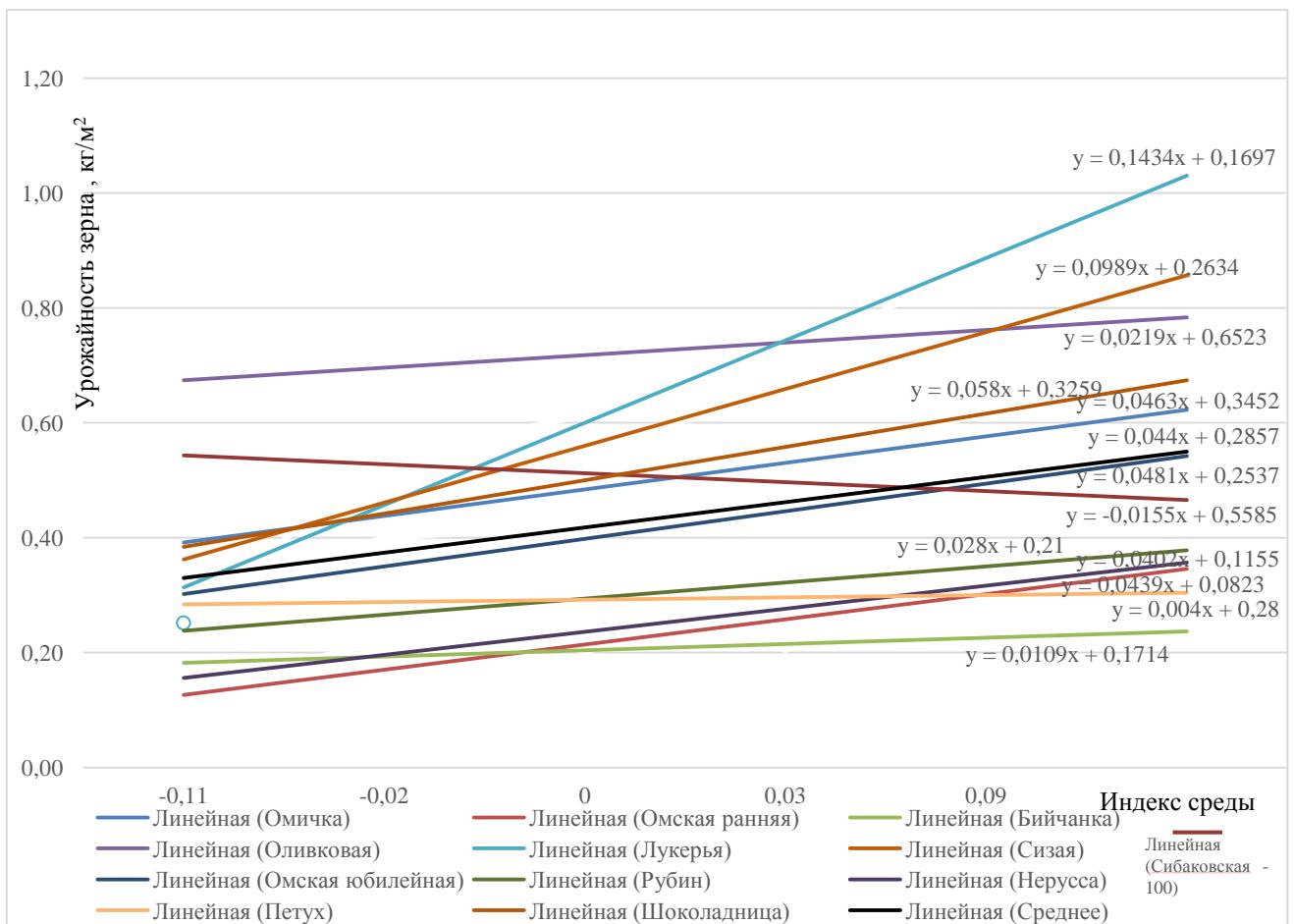


Рис. 1 – Линии регрессии урожайности образцов фасоли зерновой, 2014-2018 гг.

Особенности роста, развития и пригодность растений фасоли к механизированной уборке. Существуют определенные параметры сорта, пригодного к машинной уборке: детерминантный характер роста, компактный неполегающий куст с высотой 35–55 см, дружное созревание бобов и прикрепление нижнего боба на высоте не менее 16 см; расстояние от кончика нижнего боба до почвы должно быть не менее 6 см. Проведенные опыты позволили выделить образцы с высотой прикрепления нижнего боба от 17 до 20 см у кустовых форм и 22 см – у вьющихся. У коллекционных образцов признак высота растения варьировал от 17 до 90 см. Так, в среднем за пять лет испытаний по высоте прикрепления нижнего боба выделены образцы: Лукерья, Сибаковская-100, Шоколадница, К-14830, 13614 (Куба), Петух, 15663 (Англия); значение данного признака у них варьировало от 14 до 27 см. Максимальный показатель – у образца К-14830 (27,0 см). Наибольшее расстояние от земли до кончика боба имели образцы: Лукерья, Оливковая, Сизая, Сибаковская-100, Шоколадница, К-14830 со значениями от 6,0 до 19,0 см. Результаты наших исследований позволяют

рекомендовать выделенные образцы для использования в качестве источников признака высокого прикрепления нижнего боба из среднеспелой группы: Оливковая, Омичка, Лукерья, Омская юбилейная, Гайдаровская и из позднеспелой: К-14830, Шоколадница.

Устойчивость коллекционных образцов фасоли к болезням. Из грибных болезней фасоли в условиях Западной Сибири наиболее вредоносен антракноз. Устойчивые к антракнозу образцы: Лукерья, Оливковая, Омичка, Сибаковская-100, Del papa, Zitekid, Norwegian. Показана корреляционная зависимость между поражением антракнозом и ГТК за вегетационный период ($r = 0,60 \pm 0,46$). В результате испытания коллекции в контрастные по гидротермическому показателю годы на устойчивость к заболеванию фасоли зерновой в южной лесостепи Западной Сибири нами выделены образцы: Оливковая, Сибаковская-100, Лукерья, Омичка, Омская юбилейная, Сизая, 14352 (Танзания), Zitekid, Шоколадница. Их рекомендуется использовать в качестве источников устойчивости к антракнозу.

Кластерный анализ количественных признаков образцов фасоли. Методы многомерной статистики позволяют проводить объективную комплексную оценку исходного материала. Для разделения исходного множества объектов на группы широко используется кластерный анализ, путем попарного сравнивания образцов по выбранным критериям. В исследованиях нам необходимо было классифицировать результаты оценки хозяйствственно-ценных признаков образцов коллекции. С этой целью мы подвергли иерархической кластеризации 18 образцов. Кластерный анализ образцов фасоли зернового назначения позволил разбить их на группы (кластеры) и выделить из них обладающие комплексом хозяйствственно-ценных признаков, важных при селекции культуры на высокую продуктивность, высокие технологические качества зерна и пригодность к механизированной уборке. Это образцы: Шоколадница, Сизая, Лукерья, Сибаковская-100, 15220 (Канада), Zitekid. Данная группировка с привлечением методов элементарной статистики оказалась более корректной по сравнению с общепринятой классификацией. В последующем их целесообразно использовать в качестве источников по представленным признакам, максимально адаптированным к условиям региона.

4. Биохимический состав и технологическая оценка зерна фасоли

Биохимический состав зерна. В современных условиях селекционная работа с фасолью обыкновенной должна быть направлена на удовлетворение потребностей по переработке продукции. Это позволит расширить ареал возделывания культуры и сферы ее использования. Зерна фасоли обыкновенной должны иметь хорошую разваримость и высокие вкусовые качества. Эти показатели тесно связаны с химическим составом зерна. Нами выделены образцы со стабильным содержанием белка и микро-, макроэлементов: Лукерья, Оливковая, Сизая, Омская юбилейная. Их

целесообразно использовать в селекционной практике как источники данных веществ. Установлено влияние погодных условий на показатель белковости зерна: чем выше была температура воздуха в период вегетации, тем меньше в семенах содержание белка. Однако семена некоторых сортов имели высокое содержание белка, независимо от климатических условий. Это образцы с повышенным содержанием белка: от 23,75 до 25,51% (Сизая, Сибаковская-100, Оливковая).

Особый интерес представляет корреляция между содержанием белка с другими хозяйствственно-ценными признаками, в частности, с массой семян с растения. Анализ корреляционных связей содержания белка и массы семян с растения показал наличие средней связи между этими признаками ($r = 0,40 \pm 0,29$).

Проведенные нами расчеты взаимосвязи между содержанием белка в зерне образцов фасоли и продолжительностью их вегетационного периода показали в 2014, 2017 и 2018 гг. отрицательную корреляцию, но в 2015 и 2016 гг. была положительная слабая и средняя корреляция между признаками. Это связано с коротким вегетационным периодом у выделенных образцов в сравнении с другими годами, а также умеренными осадками в период созревания бобов. Таким образом, можно сделать вывод об отрицательной зависимости между содержанием белка в зерне и температурой воздуха. В наших исследованиях была положительная корреляция между количеством выпавших осадков за август и содержанием белка в зерне. Опыты также показали что, по сравнению с июлем, количество осадков в августе за 2014-2018 гг. было меньшим – это положительно сказалось на накоплении белка в зерне.

Технологическая оценка зерна. Для фасоли зерновой важным признаком является скорость развариваемости зерна, зависящая от водопоглотительной способности и формы семян, толщины семенной кожуры, условий минерального питания, условий среды, при которых происходило формирование и созревание семян. Все новые сорта фасоли омской селекции имели отличную развариваемость (от 57 до 67 мин) и были отнесены к I группе. Наименьшее время варки – у сортов Сизая (57 мин) и Лукерья (58 мин).

Использование фасолевой муки сортов селекции Омского ГАУ в хлебобулочных изделиях. Впервые проведены опыты по применению фасолевого компонента в хлебобулочных и кондитерских изделиях. Использовали фасолевую муку сортов селекции Омского ГАУ как добавку к пшеничной муке для приготовления композиционных смесей, повышения белковости хлебобулочных изделий. Изучение динамики хлебопекарных свойств в зависимости от соотношения пшенично-фасолевых мучных компонентов проведено на 4 сортах фасоли и муке хлебопекарной 1-го сорта. Отмечено увеличение содержания белка (на 2,2%) в хлебе пшенично-фасолевых композитов из семян трех сортов: Оливковая, Лукерья и Омичка.

5. Создание исходного материала для селекции фасоли обыкновенной с использованием метода гибридизации

Подбор родительских пар фасоли для скрещиваний. Выделены 16 образцов фасоли обыкновенной с комплексом хозяйствственно-ценных признаков, высоким качеством зерна и красной окраской кожуры, которые рекомендованы для межсортовых скрещиваний. Проведена оценка генетического и биологического потенциала коллекционных образцов фасоли зерновой различных эколого-географических групп для их введения в схему скрещиваний. В последующие годы (с 2015 по 2018 г.) ежегодно выполняли от 4 до 12 комбинаций скрещиваний.

Корреляция количественных признаков фасоли с продуктивностью и селекционной ценностью рекомбинантов. Мы изучили корреляционные связи между элементами продуктивности и белковости в условиях южной лесостепи Омской области у отобранных коллекционных 16 образцов фасоли обыкновенной различного происхождения.

Рассчитали частные коэффициенты корреляции массы семян с растения (r = 0,92 ± 0,07), урожайности (r = 0,83 ± 0,10), количества бобов с растения (r = 0,70 ± 0,13). Коэффициент множественной детерминации массы семян с растения ($R^2 = 0,91 \pm 0,10$), урожайности ($R^2 = 0,86 \pm 0,18$), количества бобов с растения ($R^2 = 0,71 \pm 0,19$). Связь между урожайностью, массой семян и количеством бобов с растения существенна на 5%-ном уровне. Вариация урожайности фасоли зерновой на 86% связана с действием изучаемых факторов и на 14% обусловлена влиянием других неучтенных факторов. Наиболее тесная прямолинейная положительная корреляция на протяжении почти всего периода исследований была между основными элементами продуктивности растений.

Наиболее тесная положительная связь выявлена в 2016, 2017 и 2018 гг. между признаками урожайности и массой семян с растения (r = 0,99 ± 0,08), в 2014 г. (r = 0,94 ± 0,13) между признаками урожайности и количеством бобов с растения.

Наследование и наследуемость хозяйствственно-ценных признаков гибридами F_1 и F_2 . Характер наследования признаков, связанных с продолжительностью вегетационного периода, значим при создании сортов разных сроков созревания. Продолжительность вегетационного периода в гибридных популяциях фасоли зерновой у большинства растений наследовалась по типу положительного сверхдоминирования (гетерозиса). Отмечено также отрицательное доминирование и промежуточное наследование с уклонением в сторону скороспелого родителя, что свидетельствует о возможности отбора в расщепляющихся популяциях скороспелых форм (табл. 1). В жестких условиях 2015 г. признак наследовался преимущественно по типу гетерозиса: в более благоприятных

(2016 г.) по типу положительного (у 60% гибридных комбинаций), отрицательного доминирования (20%).

Таблица 1 – Характер наследования и наследуемость продолжительности вегетационного периода и высоты прикрепления нижнего боба гибридами фасоли зерновой F_1 и F_2 , 2016-2017 гг.

Комбинация скрещивания	Продолжительность вегетационного периода, сутки			Высота прикрепления нижнего боба, сантиметры		
	hp		$H2, \%$	hp		$H2, \%$
	2016	2017		2016	2017	
Омичка x Петух	+1,22	+1,0	12,1	-1,18	-1,57	44,5
Омичка x Лукерья	+1,4	+1,0	16,7	-0,45	-0,22	17,7
Омичка x Оливковая	+0,1	+2,0	29,1	+0,2	+0,06	12,1
Лукерья x Rovet	+3,0	-1,0	8,3	+0,18	+1,8	33,5
Лукерья x Empress	+3,0	+1,0	9,2	+0,47	-1,89	42,1

Наследуемость продолжительности вегетационного периода гибридами 2-го поколения невысокая: 8,3-29,1%. Наследуемость признака наибольшая в комбинации Омичка x Петух и Лукерья x Empress.

Высота прикрепления нижнего боба у гибридов наследовалась преимущественно по типу положительного сверхдоминирования (у 44,5 % гибридов). Отмечено частичное доминирование и промежуточное наследование, а также наследуемость данного показателя гибридами – 12,1 – 42,1%.

При установлении характера наследования числа бобов на растении выявлено, как частичное, так и сверхдоминирование. Наследуемость признака высокая, что позволяет вести отбор ценных форм по данному показателю. Масса семян с растения наследовалась преимущественно по типу частичного сверхдоминирования. Наследуемость показателя составила 2,4–70,8% (табл. 2).

Таблица 2 – Характер наследования и наследуемость показателей числа бобов и семенной продуктивности гибридами фасоли зерновой F_1 и F_2 , 2016-2017 гг.

Комбинация скрещивания	Количество бобов с растения, штук			Масса семян с растения, граммов		
	hp		$H2, \%$	hp		$H2, \%$
	2016	2017		2016	2017	
Омичка x Петух	-2,0	+1,1	36,5	+0,15	-0,5	32,6
Омичка x Лукерья	-1,0	+0,2	18,4	+0,58	-0,38	2,4
Омичка x Оливковая	-1,75	+0,43	23,2	-0,51	+0,28	27,9
Лукерья x Rovet	-1,4	-1,0	40,2	+0,11	-2,0	60,4
Лукерья x Empress	+0,25	-0,75	50,5	+0,1	-0,45	70,8

Установленные особенности наследования хозяйствственно-ценных признаков у гибридов фасоли зерновой позволяют рекомендовать проведение отбора по признакам, имеющим гетерозисный эффект – массе семян с растения, количеству бобов с растения и высоте прикрепления нижнего боба в их поздних поколениях.

Проводимые исследования подтверждают достоверность генотипического разнообразия, как образцов, так и гибридов фасоли обыкновенной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Экспериментальные исследования по изучению коллекционных образцов фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris L.*) в условиях южной лесостепи Западной Сибири дали возможность выделить источники отдельных хозяйствственно-ценных признаков, представляющих интерес для селекции:

- по скороспелости: Омичка, Лукерья, Оливковая, Сизая, Омская юбилейная, Омская ранняя;
- числу бобов с растения: Лукерья, Шоколадница, Оливковая, Омская юбилейная, Нерусса, Омичка;
- массе семян с растения: Омичка, Лукерья, Оливковая, Сибаковская-100, Шоколадница, Zitekid, 14372 (Азербайджан), 15663 (Англия);
- урожайности семян с 1 кг/м²: Лукерья, Омичка, Оливковая, Сибаковская-100, Омская юбилейная, Сизая, Cornell 49242, 15663 (Англия);
- устойчивости к поражению болезнями (антракноз): Лукерья, Оливковая, Омичка, Сизая, Сибаковская-100, Омская юбилейная, 1565 (Абхазия);
- пригодности к механизированной уборке: Лукерья, Оливковая, Омичка, Шоколадница, Сизая, Zitekid, 15220 (Канада), 14104 (Румыния), Red kidney.

2. Экспериментальные результаты по биохимическому составу и технологической оценке зерна и их роли в технологии хлебобулочных изделий функционального назначения позволили выделить источники:

- с высоким содержанием белка в зерне: Оливковая, Лукерья, Омичка, Сибаковская-100, Омская юбилейная, Сизая, 1565 (Абхазия);
- высоким содержанием микро-, макроэлементов: Лукерья, Оливковая, Сизая, 15659 (Абхазия), Омичка;
- с хорошей разваримостью 55–60 минут: Нерусса, Сибаковская-100, Сизая, Омичка, Лукерья.

3. Выявлена достоверная корреляция между хозяйствственно-ценными признаками и показателями фасоли зерновой:

- урожайностью и массой семян с растения ($r = 0,95 \pm 0,07$);
- урожайностью и количеством бобов с растения ($r = 0,94 \pm 0,13$);
- урожайностью и массой 1000 семян ($r = 0,50 \pm 0,22$);

- высотой прикрепления нижнего боба и расстоянием от кончика боба до почвы ($r = 0,69 \pm 0,19$);
- содержанием белка и массой семян с растения ($r = 0,40 \pm 0,29$);
- содержанием белка и количеством выпавших осадков за август ($r = 0,43 \pm 0,23$).

4. Кластерный анализ коллекции фасоли зерновой позволил выделить группу образцов, превосходящих по оптимальному сочетанию признаков их пригодности к механизированной уборке и комплекса хозяйственно-ценных признаков: Лукерья, Шоколадница, Сизая, Омская юбилейная, Сибаковская-100, Zitekid, (15220) Канада. Для них характерно сочетание большого числа бобов на растении (18 шт.) и числа семян в бобе (5 шт.), высокая масса семян с растения (33,6 г), высокое прикрепление нижнего боба (18,4 см) и высокое расстояние от кончика нижнего боба до почвы (9,8 см).

5. На основании оценки адаптивной способности и стабильности генотипов фасоли обыкновенной в изменяющихся условиях среды следует выделить образцы с высокой отзывчивостью на улучшение условий выращивания: Омичка, Лукерья, Сизая, Шоколадница, Оливковая, Омская юбилейная; с низкой – Бийчанка, Сибаковская – 100, Рубин, Нерусса, Петух. Раннее выявление реакции сортов на изменение условий выращивания позволяет в последующем научно обоснованно спланировать их испытание, размещая сорта с высокой отзывчивостью на улучшенных средах обитания по высоким агрофонам в более благоприятных почвенно-климатических зонах, а сорта с низкой – в неблагоприятных.

РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ СЕЛЕКЦИИ И ПРОИЗВОДСТВА

Для повышения эффективности селекционного процесса при создании новых сортов фасоли обыкновенной целесообразно использовать в качестве источников комплекса ценных признаков выделенные сорта: Оливковая, Нерусса, Шоколадница, Лукерья, Омичка, Сибаковская-100, Сизая.

В селекции на качество зерна целесообразно вовлекать в гибридизацию сорта фасоли зерновой селекции Омского ГАУ: Сизая, Омичка, Лукерья, Оливковая (среднее содержание белка в семенах в зависимости от погодных условий года выращивания по сортам варьировало от 23,75 до 25,51%), стабильно сохранившие в течение нескольких поколений селекционно значимые показатели.

Приоритетным направлением в селекции фасоли обыкновенной для условий южной лесостепи Западной Сибири остаются: ранне- и среднеспелость (78-89 суток); высокая урожайность семян (2,5-4,7 т/га); технологичность в сочетании с хорошими вкусовыми достоинствами.

Для производственных посевов следует рекомендовать сорта фасоли обыкновенной селекции Омского ГАУ: Омская юбилейная, Оливковая, Лукерья, Омичка, Сизая. Целесообразно продолжать их размножение в условиях южной лесостепи и внедрение в производство.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ:

1. Казыдуб Н.Г. Результаты участия Омского ГАУ в реализации государственной программы импортозамещения / Н.Г. Казыдуб, С.П. Кузьмина, **М.М. Коробейникова*** // Тр. Кубан. гос. аграрн. ун. – 2016. – № 2 (59). – С. 162-167.
2. Казыдуб Н.Г. Основные направления и результаты селекционной работы зернобобовых культур в Омском ГАУ/ Н.Г. Казыдуб, С.П. Кузьмина, А.А. Бурлаков, **М.М. Плетнева** //Тр. Кубан. гос. аграрн. ун. – 2017. – № 4 (67). – С.74-78.
3. Казыдуб Н.Г. Моделирование параметров продуктивности фасоли для условий южной лесостепи Западной Сибири / Н.Г. Казыдуб, **М.М. Коробейникова***, Т.В. Маракаева // Вестн. Ом. гос. аграр. ун-т. – 2015. – № 3. – С. 12-16.

Публикации в изданиях, входящих в перечень Web of science:

1. Казыдуб Н.Г. Оценка экономической эффективности выращивания фасоли овощной с использованием различных способов: рассадного, временных укрытий, открытого грунта. Economic effectiveness assessment of vegetable bean cultivation using various methods: seedling, temporary shelters, open ground / Н.Г. Казыдуб, **М.М. Плетнева**, М.А. Копылова // International journal of advanced biotechnology and research", Номер ISSN 22183973, 18119506 Индекс H4 Q4; Пакистан.– 2017.– № 2. – Том 8. – Вып. 4. – С. 881-883.

Публикации в изданиях, входящих в перечень Scopus:

1. Kazydub N. Biochemical composition of seeds and green beans of common bean varieties, breded in Omsk State Agrarian University under conditions of southern forest-steppe zone of Western Siberia / N. Kazydub, M. Pletneva, T. Marakayeva, S. Kuzmina, A. Pinkal, O. Kotsyubinskaya // Eesti Maaulikool/Estonian University of life Sciences . – 2017. – С. 1918-1927.

Публикации в других изданиях:

1. Казыдуб Н.Г. Отбор перспективных образцов для селекции фасоли с использованием кластерного анализа в условиях южной лесостепи Западной Сибири / Н.Г. Казыдуб, **М.М. Коробейникова***, М.В. Епачинцев, Т.В. Маракаева // Вестн. Ом. гос. аграр. ун. – 2014. – № 4. – С. 8-15.
2. Казыдуб Н.Г. Фасоль как продукт функционального питания в Западно-Сибирском регионе / Н.Г. Казыдуб, **М.М. Коробейникова***, Е.С. Селукова // Студенческая наука об актуальных проблемах и перспективах инновационного развития регионального АПК: материалы Регион. XIV научн.- практ. конф. – Тара: 2015. – С. 13-18.
3. Казыдуб Н.Г. Фасоль – как продукт функционального питания в Западно-Сибирском регионе / Н.Г. Казыдуб, **М.М. Коробейникова*** // Теория и практика успеха: материалы III Всерос. конф., аккредитованной по программе «УМНИК»: – Омск: 2015. – С. 241-246.
4. Казыдуб Н.Г. Разработка технологий и рецептур хлебобулочных изделий с повышенным содержанием белка / Н.Г. Казыдуб, **М.М. Коробейникова*** // Теория и практика успеха: материалы IV Всерос. конф., аккредитованной по программе «УМНИК»: – Омск: ОГИС, 2015. – С. 240-244.
5. Казыдуб Н.Г. Сорта фасоли зерновой селекции Омского ГАУ для условий южной лесостепи Западной Сибири / Н.Г. Казыдуб, **М.М. Коробейникова***, Е.С. Радченко // Зернобобовые культуры, развивающееся направление в России: материалы I Междунар. форума. – Омск: ОмГАУ. – 2016. – С. 37-42.
6. Казыдуб Н.Г. Создание среднеспелого сорта фасоли зерновой Омская юбилейная для условий южной лесостепи Западной Сибири / Н.Г. Казыдуб, **М.М. Плетнева**, С.В. Коркина // О вопросах и проблемах современных сельскохозяйственных наук, выпуск III:

- сб. научн. тр. по итогам Междунар. науч.- практ. конф.– Челябинск: Ареал. – 2016. – С. 18-23.
7. Казыдуб Н.Г. Результаты селекции фасоли зерновой в Омском ГАУ / Н.Г. Казыдуб, С.П. Кузьмина, **М.М. Коробейникова*** // Пути повышения эффективности использования генетических ресурсов зернобобовых в селекции: материалы Междунар. научн. конф.. – Спб.: Р – КОПИ. – 2016. – С. 57-59.
8. Казыдуб Н.Г. Выведение конкурентоспособных сортов фасоли обыкновенной, адаптированных к условиям Западной Сибири / Н.Г. Казыдуб, С.П. Кузьмина, **М.М. Плетнева**, Н.А. Дворцов // Проблемы обеспечения безопасности и качества пищевых продуктов: материалы Междунар. научн. конф. – Ереван: «Национальный государственный институт Армении». – 2017. – С. 179-182.
9. Казыдуб Н.Г. Селекционная оценка образцов фасоли зерновой (*Phaseolus Vulgaris L.*) и выделение источников хозяйственно-ценных признаков для селекции в южной лесостепи Западной Сибири / Н.Г. Казыдуб, **М.М. Коробейникова*** // Наука молодых – Инновационное развитие АПК: материалы Междунар. мол. науч.-практ. конф.– Уфа: «Башкирский ГАУ», 2016. – С. 45-50.
10. Kazydub N. Import substation of leguminous crops as a stimulus for the development of Russian plant breeding / N. Kazydub, **M. Pletneva**, S. Kuzmina, O. Kotsyubinskaya // ACTA SSIENTIFIC AGRICULTURE (ISSN: 2581 – 365X), London. – 2018. – С. 96-100.
11. Казыдуб Н.Г. Направления и результаты работы по селекции зернобобовых культур в Омском ГАУ / Н.Г. Казыдуб, **М.М. Плетнева**, С.П. Кузьмина, О.А. Коцюбинская, А.А. Бурлаков // Зернобобовые культуры, развивающееся направление в России: материалы II Междунар. форума. – Омск: ОмГАУ. – 2018. – С. 77-82.
12. Казыдуб Н.Г. Результаты селекционной работы с зернобобовыми культурами в Омском ГАУ как фактор устойчивости сельских территорий / Н.Г. Казыдуб, **М.М. Плетнева**, С.П. Кузьмина, О.А. Коцюбинская // Агротуризм в устойчивом развитии сельских территорий: материалы Междунар. науч. - практ. конф. – Улан-Удэ: БГСХА. – 2018. – С. 60-68.
13. Казыдуб Н.Г. Биохимический состав семян фасоли обыкновенной (*phaseolus vulgaris L.*) в условиях южной лесостепи Западной Сибири / Н.Г. Казыдуб, **М.М. Коробейникова***, С.П. Кузьмина // Состояние и перспективы развития садоводства в сибири: материалы II Национальной науч. -практ. конф., посвящ. 85-летию плодового сада Омского ГАУ им. профессора А.Д. Кизюрина. – Омск: ОмГАУ. – 2016. – С. 57-62.
14. Казыдуб Н.Г. Конкурентоспособные сорта фасоли обыкновенной, селекции Омского ГАУ / Н.Г. Казыдуб, **М.М. Плетнева**, Н.А. Дворцов // Инновационные внедрения в области сельскохозяйственных наук: сборник научных трудов по итогам Междунар. науч.-практ. конф. № 2. – М.: Ареал, 2017. – С. 6-9.
15. Казыдуб Н.Г. Зернобобовые культуры в структуре функционального питания (фасоль зерновая и овощная, горох овощной, нут) / Н.Г. Казыдуб, **М.М. Плетнева**, С.П. Кузьмина, О.А. Коцюбинская, Е.А. Коновалова // Зернобобовые культуры, развивающееся направление в России: материалы II Междунар. форума. – Омск: ОмГАУ. – 2018. – С. 192-199.
16. Казыдуб Н.Г. Импортозамещение в селекции зернобобовых культур как основа обеспечения продовольственной безопасности: основные направления работы и результаты селекции в Омском ГАУ / Н.Г. Казыдуб, **М.М. Плетнева**, С.П. Кузьмина, А.А. Бурлаков // Научные инновации – аграрному производству: материалы Междунар. науч. - практ. конф., посвящ. 100-летнему юбилею Омского ГАУ. – Омск: ОмГАУ. – 2018. – С. 648-654.
17. Казыдуб Н.Г. Влияние погодных условий на продуктивность и химический состав семян фасоли зерновой в условиях южной лесостепи Западной Сибири / Н.Г. Казыдуб, **М.М. Коробейникова***, Н.А. Дворцов, Т.В. Маракаева // Агрометеорология и сельское хозяйство: история, значение и перспективы: сборник материалов Национальной (Всерос.)

науч. -практ. конф., посвящ. 100-летнему юбилею со дня образования учебной лаборатории агрометеорологии. – Омск: Омский ГАУ. – 2016. – С. 13-15.

18. Казыдуб Н.Г. Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства фасоли обыкновенной в южной лесостепи Западной Сибири / Н.Г. Казыдуб, **М.М. Плетнева**, С.П. Кузьмина, О.А. Коцубинская // Сотрудничество Китая и России в рамках инициативы "один пояс, один путь": сборник материалов Междунар. науч.-практ. конф. – Харбин: Центр исследования России Харбинского инженерного университета. – 2017. – С. 244-249.

19. Казыдуб Н.Г. Направление и результаты селекции фасоли в Омском ГАУ / Н.Г. Казыдуб, **М.М. Коробейникова***, С.П. Кузьмина, Т.В. Маракаева // Генофонд и селекция растений: тезисы докладов III Междунар. конф., посвящ. 130-летию Н.И. Вавилова.– Новосибирск. – 2017. – С. 26-27.

Авторские свидетельства, патенты

20. Патент № 8842 РФ. Сорт фасоли овощной «Сибирячка» / Н.Г. Казыдуб, **М.М. Коробейникова***, М.А. Копылова, Т.В. Маракаева, С.П. Кузьмина, Н.А. Шитиков / Омский ГАУ им. П.А. Столыпина. Дата регистрации в Государственном реестре селекционных достижений РФ 06.02.2017.

21. Патент № 10476 РФ. Сорт фасоли зерновой «Омская юбилейная» / Н.Г. Казыдуб, **М.М. Коробейникова***, С.Ю. Пучкова, Н.А. Шитиков / Омский ГАУ им. П.А. Столыпина. Дата регистрации в Государственном реестре селекционных достижений РФ 14.06.2019.

22. Патент № 8262432 РФ. Сорт фасоли зерновой «Омичка» / Н.Г. Казыдуб, **М.М. Плетнева***, О.А. Коцубинская, Е.С. Фрейлих, С.П. Кузьмина, / Омский ГАУ им. П.А. Столыпина. Дата регистрации в Государственном реестре селекционных достижений РФ 14.06.2019.

***В связи с замужеством фамилия изменена на фамилию «Плетнева»**