

# ЗЕРНОВОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ 3(63)2019

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

### GRAIN ECONOMY OF RUSSIA

#### THEORETICAL AND SCIENCE PRACTICAL JOURNAL

*Учредитель: Федеральное государственное  
бюджетное научное учреждение  
«Аграрный научный центр «Донской»*

*The founder: Federal State Budgetary Scientific  
Institution "Agricultural Research Center  
"Donskoy"*

#### РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

**Алабушев А. В.** – председатель, д-р с.-х. н., профессор, академик РАН;  
**Ионова Е. В.** – главный редактор, д-р с.-х. н.;  
**Донцова А. А.** – ответственный секретарь, к. с.-х. н.

#### EDITORIAL COUNCIL:

**Alabushev A.V.** – chairman of editorial council, Doctor of Agr.S., professor, academician of RAS;  
**Ionova E.V.** – chief editor, Doctor of Agr.S.;  
**Dontsova A.A.** – executive secretary, Candidate of Agr.S.

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Баталова Г. А.**, ФГБНУ «Северо-Восточный региональный аграрный научный центр» – академик РАН, д-р с.-х. н.;  
**Беспалова Л. А.**, ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П. П. Лукьяненко» – академик РАН, д-р с.-х. н., профессор;  
**Вислобокова Л. Н.**, филиал ФГБНУ «Россельхозцентр» по Тамбовской области – к. с.-х. н.;  
**Гончаренко А. А.**, МосНИИСХ «Немчиновка» – академик РАН;  
**Зезин Н. Н.**, УралНИИСХ – д-р с.-х. н.;  
**Лукомец В. М.**, ФГБНУ «ВНИИМК» – академик РАН, д-р с.-х. н.;  
**Медведев А. М.**, РАН – чл.-корр. РАН;  
**Долженко В. И.**, ФГБНУ «ВНИИЗР» – академик РАН, д-р с.-х. н., профессор;  
**Артохин К. С.**, НКЦ Ростовский филиал ООО «Агролига» – д-р с.-х. н.;  
**Волкова Г. В.**, ФГБНУ «ВНИИБЗР» – д-р биол. н.;  
**Подколзин А. И.**, Ставропольский ГАУ – д-р биол. н.;  
**Назаренко О. Г.**, ФГБУ ГЦАС «Ростовский» – д-р биол. н.;  
**Романенко А. А.**, ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П. П. Лукьяненко» – академик РАН, д-р с.-х. н.;  
**Сандухадзе Б. И.**, МосНИИСХ «Немчиновка» – академик РАН;  
**Сотченко В. С.**, ВНИИ кукурузы – академик РАН;  
**Храмцов И. Ф.**, СибНИИСХ – академик РАН, д-р с.-х. н., профессор;  
**Шевченко С. Н.**, Самарский НИИСХ – чл.-корр. РАН, д-р с.-х. н.;  
**Ле Зунь Хай**, Агрогенетический институт (г. Ханой, Вьетнам);  
**Халил Сурек**, Тракийский аграрный НИИ (г. Эдирне, Турция) – д-р н.;  
**Юсупов Г. Ю.**, Министерство сельского и водного хозяйства Туркменистана – к.с.-х. н.  
**Давлетов Ф. А.**, Башкирский НИИСХ ФГБНУ УФИЦ РАН – д. с.-х. н.

#### EDITORIAL BOARD:

**Batalova G.A.** – Doctor of Agr.S., academician of RAS, FSBSI 'North-East named after N.V. Rudnitsky';  
**Bespalova L.A.** – Doctor of Agr.S., academician of RAS, FSBSI 'NCG named after P.P. Lukiyenko';  
**Vislobokova L.N.** – Candidate of Agr.S., branch of the FSBSI "Russian Agricultural Center" in the Tambov region  
**Gontcharenko A.A.** – Doctor of Agr.S., academician of RAS, FSBSI Moscow RIA 'Nemtchinovka';  
**Zezin N.N.** – Doctor of Agr.S., FSBSI 'Ural RIA';  
**Lukomets V.M.** – Doctor of Agr.S., academician of RAS, FSBSI 'RIA of oil crops';  
**Medvedev A.M.** – RAS, corresponding member of RAS;  
**Dolzhenko V.I.** – Doctor of Agr.S., professor, academician RAS, FSBSI 'ARRIPP';  
**Artokhin K.S.** – Doctor of Agr.S., the Rostov Affiliate of the RCC ООО 'Agroliga';  
**Volkova G.V.** – Doctor of Biol.S., FSBSI 'ARRIBPP';  
**Podkolzin A.I.** – Doctor of Biol.S., Stavropolsky SAU;  
**Nazarenko O.G.** – Doctor of Biol.S., FSBI GTsAS 'Rostovsky';  
**Romanenko A.A.** – Doctor of Agr.S., academician of RAS, FSBSI 'NCG named after P.P. Lukiyenko';  
**Sandukhadze B.I.** – academician of RAS, FSBSI 'Moscow RIA "Nemchinovka";  
**Sotchenko V.S.** – academician of RAS, ARRI of maize;  
**Khramtsov I.F.** – Doctor of Agr.S., professor, Academician of RAS, SibRIA;  
**Shevchenko S.N.** – Doctor of Agr.S., academician of RAS, Samarsky RIA;  
**Le Zun Hai** – Agrogenetic Institute (Hanoi, Vietnam);  
**Khalil Surek** – PhD, Trakia Agricultural Research Institute (Edirne, Turkey);  
**Yusupov G.Yu.** – Candidate of Agricultural Sciences, Ministry of Agriculture and Water Management of Turkmenistan  
**Davletov F.A.** – Doctor of Agricultural Sciences, Bashkiria RIA FSBSI UFRC RAS

Свидетельство ПИ № ФС 77-38503 от 18 декабря 2009 г. Зарегистрировано в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций

Журнал включен в Перечень ВАК Минобразования России ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук (группа научных специальностей 06.01.00 – агрономия). Импакт-фактор РИНЦ – 0,416.

Перевод на английский язык – Скуйбеда О.Н.

Периодичность издания – 6 номеров. Подписано в печать 20.06.2019. Дата выхода: 28.06.2019.

Формат 60x84/8. Тираж 300. Заказ № 10/19068.

Отпечатано в ООО «Амирит», 410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 88.

## ЗЕРНОВОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ

### Содержание

#### ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

**Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В.** Использование сорго сахарного в качестве источника питательных веществ для человека (обзор литературы) **3**

**Горянин О.И., Шакуров И.Ш., Джангабаев Б.Ж., Горянина Т.А.** Совершенствование способов посева и норм высева озимой пшеницы в Заволжье **10**

**Попов А.С., Овсянникова Г.В., Сухарев А.А., Дуплий Н.Г.** Влияние препарата Агримитин на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в южной зоне Ростовской области **14**

#### СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

**Алабушев А.В., Донцова А.А., Филиппов Е.Г., Донцов Д.П., Перчук И.Н., Теплякова С.Б., Потоккина Е.К.** Поиск ассоциации аллельного полиморфизма генов Ppd и Vrn с изменчивостью основных хозяйственно-ценных признаков озимого ячменя **19**

**Громова С.Н., Скрипка О.В., Самофалов А.П., Подгорный С.В., Некрасова О.А., Чернова В.Л.** Продуктивность и элементы структуры урожая сортов и линий озимой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании в условиях «АНЦ «Донской» **26**

**Костылев П.И., Краснова Е.В., Аксенов А.В., Балукова Э.С.** Генетика ряда признаков у гибрида риса Светлый × Мавр **30**

**Морозов Н.А., Иванов В.В., Самсонов И.В., Рябова Т.В.** Продуктивность и качество зерна нового сорта озимой мягкой пшеницы Ирида **36**

**Ашиев А.Р., Хабибуллин К.Н., Скулова М.В.** Элементы структуры урожая у листочковых и усатых образцов гороха: изменчивость, взаимосвязи и перспективы их использования в селекционном процессе **40**

**Кривошеев Г.Я., Игнатъев А.С., Горбачева А.Г., Ветошкина И.А.** Подбор исходного материала для различных направлений селекции кукурузы на основе многокритериальной оценки **44**

**Шукис С.К., Шукис Е.Р.** Оценка коллекции гороха посевного в условиях Алтайского края **48**

**Игнатъев С.А., Регидин А.А.** Оценка параметров адаптивности коллекционных образцов эспарцета **53**

**Асадова А.И.** Селекционная ценность исходного материала вигны (Vigna Savi) в Азербайджане **59**

#### АГРОХИМИЯ

**Иванов А.И., Иванова Ж.А., Соколов И.В., Фрейдкин И.А.** Новое органико-минеральное удобрение на посевах зерновых культур **64**

**Петрова Л.И., Митрофанов Ю.И., Первушина Н.К., Лапушкина В.Н.** Влияние удобрений на формирование урожая озимой тритикале **69**

## GRAIN ECONOMY OF RUSSIA

### Contents

#### GENERAL AGRICULTURE AND PLANT-BREEDING

**Kovtunova N.A., Kovtunov V.V.** The use of sweet sorghum as a source of nutritious substances for human (literature review) **3**

**Goryanin O.I., Shakurov I.Sh., Dzhangabaev B.Zh., Goryanina T.A.** The improvement of winter wheat sowing methods and rates in the Zavolzhie **10**

**Popov A.S., Ovsyannikova G.V., Sukharev A.A., Dupliy N.G.** The effect of the preparation 'Agrimitin' on winter wheat productivity and grain quality in the southern part of the Rostov region **14**

#### PLANT-BREEDING AND SEED-GROWING OF AGRICULTURAL CROPS

**Alabushev A.V., Dontsova A.A., Filippov E.G., Dontsov D.P., Pepchuk I.N., Teplyakova S.B., Potokina E.K.** Search for the correlation between allelic polymorphism of the Ppd and Vrn genes with the variability of the main economically valuable traits of winter barley **19**

**Gromova S.N., Skripka O.V., Samofalov A.P., Podgorny S.V., Nekrasova O.A., Chernova V.L.** Productivity and its structure elements of the winter soft wheat varieties and lines in the competitive variety-testing conducted by the ARC "Donskoy" **26**

**Kostylev P.I., Krasnova E.V., Aksenov A.V., Balyukova E.S.** Genetics of the traits in the rice hybrid 'Svetly x Mavr' **30**

**Morozov N.A., Ivanov V.V., Samsonov I.V., Ryabova T.V.** Productivity and grain quality of the new winter soft wheat variety 'Iridas' **36**

**Ashiev A.R., Khabibullin K.N., Skulova M.V.** Yield structure elements of leafy and leafless pea samples: variability, correlation and prospects of their use in the breeding process **40**

**Krivosheev G.Ya., Ignatiev A.S., Gorbacheva A.G., Vetooshkina I.A.** The selection of the initial material for various directions of maize breeding on the basis of multi-criteria estimation **44**

**Shchukis S.K., Shchukis E.R.** The estimation of peas collection in the Altai **48**

**Ignatiev S.A., Regidin A.A.** The estimation of adaptability parameters of the collection samples of sainfoin **53**

**Asadova A.I.** The breeding value of vigna (Vigna Savi) initial material in Azerbaijan **59**

#### AGROCHEMISTRY

**Ivanov A.I., Ivanova Zh.A., Sokolov I.V., Freydkin I.A.** The new organic-mineral fertilizer for grain crops **64**

**Petrova L.I., Mitrofanov Yu.I., Pervushina N.K., Lapushkina V.N.** The effect of fertilizer usage on winter triticale productivity **69**

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОРГО САХАРНОГО В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

**Н.А. Ковтунова**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго кормового, n-beseda@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0409-5855;

**В.В. Ковтунов**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового, ORCID ID: 0000-0002-7510-7705

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

В настоящее время многие страны активно ведут работу по использованию сорго в пищевой промышленности – сок, сироп, патока, а также получение спирта и биоэтанола. Использование растений сорго сахарного в качестве заменителя сахара в пищевой промышленности и источника возобновляемой энергии в России не рассматривается. Главное назначение сорго, до последнего времени, было кормовое. Зеленую массу сахарного сорго можно использовать для получения зеленого корма, сена, сенажа, силоса, травяной муки, гранул и др. По питательности сорговый сироп не уступает сахаросодержащим продуктам из сахарной свеклы, тростника, при том что его возделывание более экономично и получение урожая основного сырья стабильно в любых условиях возделывания. Сироп из сорго сахарного в чистом виде легче усваивается организмом человека, чем кристаллический, и может быть полезным в производстве продуктов оздоровительного питания, которые можно употреблять больным сахарным диабетом. Это позволяет сделать вывод об актуальности данных исследований. Так, при возделывании сортов селекции АНЦ «Донской» при урожайности зеленой массы, убранной в фазе восковой спелости зерна, 37–46 т/га и содержании сахаров в соке стеблей 13–16%, выход «жидкого» сахара составляет 2,86–3,81 т/га. В нашей стране культуре сорго незаслуженно отводится слишком мало внимания со стороны как науки, так и производства. Посев в кормовом клине сахарного сорго на 10–20 га не является затруднительным, а эффективность такого посева вполне очевидна: только с площади 10 га можно получить около 25 т семян сахарного сорго, около 65 т листьев, стеблей для силоса или сена, около 10 т сиропа для питания населения и более 100 т отходов мезги-багассы, идущей на приготовление высококачественного силоса. Сорговый сироп – ценнейший продукт, который может быть использован в кондитерской промышленности и в подкормке всех животных.

**Ключевые слова:** сорго сахарное, сироп, патока, спирт, углеводы, питание.



## THE USE OF SWEET SORGHUM AS A SOURCE OF NUTRITIOUS SUBSTANCES FOR HUMAN (LITERATURE REVIEW)

**N.A. Kovtunova**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of forage sorghum breeding and seed-growing, n-beseda@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0409-5855;

**V.V. Kovtunov**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of grain sorghum breeding and seed-growing, ORCID ID: 0000-0002-7510-7705

FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

At present many countries are actively working over the use of sorghum in the food industry as juice, syrup, as well as for the production of alcohol and bioethanol. We do not consider the use of sweet sorghum as a sugar substitute in the food industry and a source of renewable energy in Russia. The main purpose of sorghum, until recently, was fodder. Green mass of sweet sorghum can be used to produce green fodder, hay, haylage, silage, grass meal, granules, etc. In terms of nutritional value, sorghum syrup is next best to sugar-containing products from sugar beet, sugar cane, while its cultivation is more economical and its yields are more stable in any conditions of cultivation. Sweet sorghum syrup in its pure form is more easily digested by the human body than in crystals, and may be used in the production of healthy food consumed by everyone including people with diabetes. This allows us to conclude about the relevance of these studies. Thus, the ARC "Donskoy" varieties, harvested in the phase of 'wax ripeness of kernels', produced 37–46 t/ha of green mass with 13–16% sugar in the juice of the stems, and the yield of 'liquid' sugar was 2.86–3.81 t/ha. In this country sorghum is unfortunately paid too little attention from both science and production. To sow fodder sweet sorghum on 10–20 hectares is not difficult, and the efficiency of such sowing is quite obvious: about 25 tons of seeds of sweet sorghum, about 65 tons of leaves, stems for silage or hay, about 10 tons of food syrup and more than 100 tons of pulp or bagasse used for making high-quality silage can be obtained from 10 hectares. Sorghum syrup is the most valuable product that can be used in the confectionery industry and in the feeding of all animals.

**Keywords:** sweet sorghum, syrup, molasses, alcohol, carbohydrates, nutrition.

**Введение.** Глобальное изменение климата, которое сопровождается увеличением температуры, уменьшением водных ресурсов, снижением выпадения атмосферных осадков, расширением площадей районов засух и опустыниванием, является серьезным основанием для поиска и выявления наиболее засухоустойчивых, жаростойких и в то же время высокопродуктивных культур для обеспечения потребностей пищевой, кормовой промышленности и альтернативной возобновляемой энергии. Кроме того, в наше время общество обеспоко-

ено состоянием пищевой промышленности: не хватает продуктов из натурального сырья, а имеющаяся продукция не соответствует требованиям по количеству минеральных веществ и витаминов. Чтобы дополнить свой рацион необходимыми организму элементами, люди употребляют химические добавки и витамины.

В настоящее время многие страны активно ведут работу по использованию сорго в пищевой промышленности – сок, сироп, патока, а также получение спирта и биоэтанола. Использование растений сорго

сахарного в качестве заменителя сахара в пищевой промышленности и источника возобновляемой энергии у нас в стране не рассматривается. Однако по питательности сорговый сироп не уступает сахаросодержащим продуктам из сахарной свеклы, тростника, при том что его возделывание более экономично и получение урожая основного сырья (зеленой массы) стабильно в любых условиях возделывания. Кроме того, сироп из сорго сахарного в чистом виде легче усваивается организмом человека, чем кристаллический, и может быть полезным в производстве продуктов оздоровительного питания, которые можно употреблять больным сахарным диабетом. Это позволяет сделать вывод об актуальности данных исследований.

**Обзор вопроса в мире и России.** Культура сорго отличается высокой устойчивостью к почвенной и воздушной засухе благодаря физиологическим особенностям (хорошо развитая корневая система, восковой налет на листьях и стеблях, размер устьиц и др.). Поэтому сорго способно давать высокие урожаи зеленой массы в условиях, когда другие кормовые культуры не способны реализовать своей потенциальной урожайности. В засушливые годы урожайность зеленой массы сорго сахарного составляет до 45 т/га, во влажные годы и при орошении – до 100 т/га, а содержание сахаров в соке стеблей – 14–18%.

Главное назначение сорго, до последнего времени, было кормовое. Зеленую массу сахарного сорго

можно использовать для получения зеленого корма, сена, сенажа, силоса, травяной муки, гранул и др. Однако в связи со слабой развитостью животноводства в РФ необходим поиск новых возможностей использования данной культуры. Сорта сахарного сорго с высоким содержанием сахара в соке были выведены в США в начале 1940-х гг. в связи с тем, что во время Второй мировой войны снизилось производство сахара из сахарного тростника и сахарной свеклы. В настоящее время интерес к сахарному сорго как резервной культуре для производства сахара, спирта и использования его в качестве горючего возрос (Аскарбеков и Байгазиева, 2015; Nahar, 2011; Oyier et al, 2017; Woods, 2001). Сахар из сорго является диетическим продуктом, который можно употреблять больным сахарным диабетом.

В природе нет другого такого растения, которое способно так быстро синтезировать сахарозу. В связи с тем, что оно может возделываться в засушливых регионах, где сахарную свеклу невыгодно выращивать либо невозможно, интерес к сорго бесспорен (Володько и др., 2012; Товолдиев и др., 2014). При сравнении с сахарным тростником по технологическим показателям сорго практически не уступает. В зонах, где возделывают сахарный тростник, возможно получение двух урожаев сорго при значительно меньших затратах на возделывание, так как внесение удобрений под сорго не обязательно (табл.1).

# 1. Сравнение сахарного сорго и тростника по технологическим показателям (Индия) 1. Comparison of sweet sorghum and cane according to their technology indicators (India)

| Параметры                                            | Сахарный тростник              | Сахарное сорго                                                  |
|------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Потребность в удобрениях, %                          | 100                            | 35–40                                                           |
| Продуктивность биомассы, т/га за сезон               | 65–80                          | 45–55 (1 урожай в год)<br>84–120 (2 урожая в год)               |
| Концентрация ферментируемых сахаров в стебле, %масс. | 10–14                          | 9,2–12,0                                                        |
| Выход ферментируемых сахаров, т/га за сезон          | 6,0–10,5                       | 3,6–6,2 (1 урожай)<br>7,2–12,4 (2 урожая в год)                 |
| Багасса влажностью 50%масс., т/га за сезон           | 19–24<br>(30% от массы стебля) | 10–14 (1 урожай, 25% от массы стебля)<br>20–28 (2 урожая в год) |

По содержанию сахаров сорго сахарное не уступает сахарному тростнику, однако отличается по составу. Сахарный тростник в своем соке содержит только глюкозу, а сок сорго, помимо сахарозы, глюкозы и крахмал, который препятствует кристаллизации. Так, в соке сахарного тростника содержится 12% сахарозы и 0,5% глюкозы, в корнеплодах сахарной свеклы – 17% сахарозы и 0,1% глюкозы, в соке сорго сахарного – 15–17% сахарозы и 1,5–2% глюкозы (Вахрушев, 1996; Смиловенко и Соколов, 2003). Поэтому из сорго получают не кристаллический сухой сахар, а сорговый мед («жидкий» сахар) и патоку, которые обладают питательной ценностью в связи с повышенным содержанием глюкозы. Именно поэтому ежегодно возрастает актуальность таких исследований.

Сироп из сорго и булочки – традиционный завтрак в южных штатах США. В США налажено промышленное производство сиропа из сорго. Сироп применяют для приготовления блинов, хлопьев, пива. Он является безглютеновым натуральным подсластителем (как кленовый сироп) (Helm and Beas, 1942; Hurst, 1990). В Египте сироп из тростника – очень популярный продукт. Однако непрерывное увеличение спроса на сироп обусловило привлечение внимания к сладкому сорго как дополнительному источнику сиропа. Кроме того, сок сорго с высоким процентом простого сахара может служить для производства алкоголя (Abd El-Razek and Beshet, 2009). В Австралии производство

сиропа из сорго организовано на заводах по усовершенствованной технологии. В Италии, Венгрии, Румынии проводятся исследования по получению сахаросодержащих продуктов, кристаллического сахара и спирта из сорго.

Изучение сиропа сорго в Турции («rekmez») показало, что он состоит из 91%-го инвертного сахара (глюкоза и фруктоза). Этот сахар легко переваривается и является легкодоступным источником энергии (Kavas, 1990). В сиропе сорго сахарного содержание HMF (HMF – гидроксибензилфурфурол – индикатор ухудшения качества, которое происходит в результате нагревания продуктов, содержащих углеводы – продукт разрушения сахаров) оставляет 15,3 мг/л – низкое. В Турции по стандарту максимальное значение HMF для качественных продуктов составляет 75 мг/л, в Европе для соков допустимое содержание не должно превышать 10 или 20 мг/л в зависимости от вида (Akbulut and Ozcan, 2008).

Установлено, что сироп сорго сахарного рафинадной чистоты и приближен к высшей шкале сахара – инвертный сахар. Глюкоза и фруктоза не только высокопитательные вещества, но и повышают защитную, обезвреживающую функцию печени, тонус сердечной мышцы (Дронов и др., 2013). Был получен сироп сорго сахарного со следующим соотношением углеводов: сахарозы – 50,55%, глюкозы – 15,30%, фруктозы – 10,15% к массе общего количества сахаров, наличие которых

дает возможность характеризовать полученный продукт как сахаропродукт повышенной пищевой ценности. По степени усвоения организмом человека на первом месте находятся простые углеводы (моносахариды). Сложные углеводы – свекольный и тростниковый сахар, прежде чем усвоиться в организме, должны разложиться на простые сахара. Таким образом, сироп из сорго сахарного легче усваивается организмом человека, чем кристаллический, и может быть полезным в производстве продуктов оздоровительного питания, которые можно употреблять больным сахарным диабетом.

В состав сиропа входят 19 аминокислот, 8 микроэлементов, в том числе железо, никель, кобальт, марганец, хром. Наличие в сиропе незаменимых аминокислот и минеральных веществ свидетельствует о значительной пищевой и биологической ценности полученного продукта. Эти факторы позволяют использовать сироп сорго в хлебопекарной, кондитерской, молочной промышленности. Экономическим рычагом внедрения в производство пищевого сиропа из сахарного сорго есть тот факт, что 1 т сахара в сиропе сорго дешевле 1 т сахара сахарной свеклы на 20%. Если свекловичный сахар заменить на сироп сорго в кондитерских изделиях и производстве безалкогольных напитков, это даст возможность удешевить пищевые изделия за счет снижения себестоимости их сахарной составляющей (Григоренко, 2016).

Информация по изучению питательности сиропа сорго в США и Украине приведена в таблицах 2 и 3.

В РФ предпринимались попытки получения сахарного сиропа из сорго. Первый шаг в этом направлении был сделан в 1930-е гг. в Крыму, Поволжье и на Северном Кавказе. Здесь кустарным способом была получена сорговая патока, которую применяли при варке варений. Однако высокая трудоемкость подготовки сырья, отсутствие машин, затруднения с хранением и короткий период переработки не позволили сахароварению из сорго конкурировать с базирующимся на индустриальной основе свеклосахарным производством. К тому же выход конечного продукта к массе стеблей сорго составляет 3,3–5%.

Ряд нерешенных проблем, возникающих при переработке сахарного сорго (разработка машин и оборудования по уборке и очистке стеблей перед их промышленной переработкой, оборудования для измельчения стеблей и отжима сока в промышленных масштабах, сезонность использования основных фондов перерабатывающего предприятия и рабочей силы), не позволил рассматривать данную культуру как дополнительный источник производства сахара.

В середине 1980-х гг. был сделан еще один шаг в решении этой проблемы. Начались работы по консервации и стерилизации сока, полученного из стеблей сахарного сорго, для кормления животных. Такие пункты были построены в Ростовской и Саратовской областях. В эту работу включались селекционеры, специалисты перерабатывающей промышленности.

## 2. Питательная ценность сиропа сорго\*

### 2. Nutritional value of sorghum syrup\*

| Вещество                | Единица измерения | Содержание в 100 г |
|-------------------------|-------------------|--------------------|
| Вода                    | г                 | 22,7               |
| Энергетическая ценность | Ккал              | 290                |
| Сахара                  | г                 | 247,17             |
| Кальций                 | мг                | 150                |
| Железо                  | мг                | 3,8                |
| Магний                  | мг                | 100                |
| Фосфор                  | мг                | 56                 |
| Калий                   | мг                | 1000               |
| Натрий                  | мг                | 8                  |
| Цинк                    | мг                | 0,41               |
| Тиамин                  | мг                | 0,33               |
| Рибофламин              | мг                | 0,51               |
| Ниацин                  | мг                | 0,33               |
| Витамин B6              | мг                | 2,21               |

\* USDA National nutrient database for Standard reference, 2011

## 3. Состав сока и сиропа сорго\*

### 3. Composition of juice and sorghum syrup\*

| Показатель                     | Сок  | Сироп |
|--------------------------------|------|-------|
| Вода, % масс                   | 86,7 | 23,81 |
| Сырая зола, % в сухом веществе | 1,2  | 3,92  |
| Общий сахар, %                 | 9,7  | 51,06 |
| Доброкачественность, %         | 73   | 67    |
| Моносахариды, %                | 2,4  | 16,23 |
| Кальций, г/кг                  | 0,32 | 1,63  |
| Нитраты, г/кг                  | 0,30 | 1,51  |
| Азот общий, г/кг               | 0,5  | 2,6   |
| Фосфор, мг/кг                  | 38,1 | 220,2 |

\* USDA National nutrient database for Standard reference, 2011

Сопоставимый расчет производства сахаристых веществ и кормов с 1 га сахарной свеклы, кукурузы на зерно и силос и сорго сахарного на пищевой сироп, произведенный совместно с НПО «Сахар» и НПО «Ростовсорго», показал, что при урожайности зеле-

ной массы 14 т/га из сорго сахарного возможно получение 2 т/га глюкозо-фруктозного сиропа (табл. 4).

В настоящее время разработана схема поэтапного получения сиропа из сорго сахарного (см. рисунок).

#### 4. Производство сахаристых веществ и кормов\* 4. The production of sugary substances and feeds\*

| Культура                   | Урожайность, т/га | Урожайность, т/га              | Сбор к.е., кг/га |
|----------------------------|-------------------|--------------------------------|------------------|
| Сахарная свекла            | 9,1               | 2,2 сахар                      | 3401             |
| Кукуруза на зерно (стебли) | 6,4               | 1,6 глюкозо-фруктозного сиропа | 4174             |
| Сахарно сорго              | 14                | 2 глюкозо-фруктозного сиропа   | 5600             |

\*Данные Института пищевой биотехнологии и геномики НАН Украины (Володько и др., 2012)

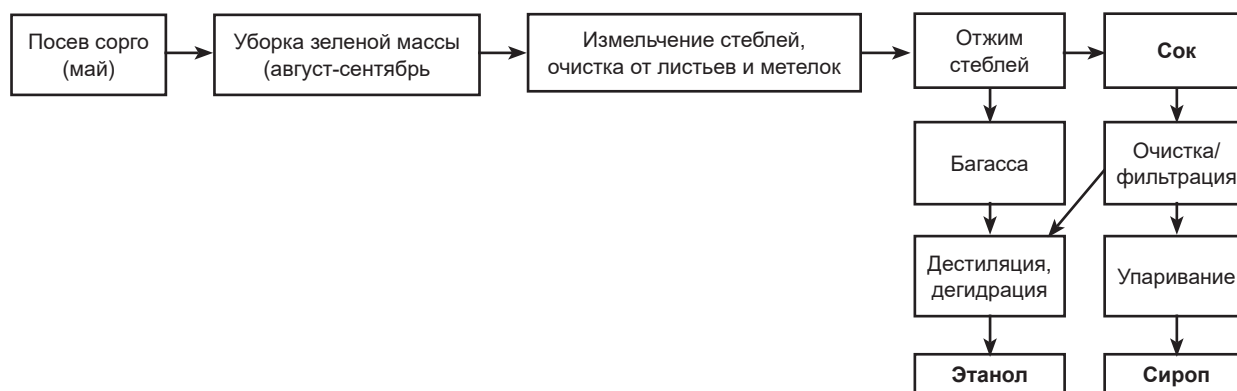


Рис. 1. Этапы получения сиропа из сорго сахарного  
Fig. 1. The stages of syrup production from sweet sorghum

Первый этап – посев сорго. Сорго – неприхотливая к почвам культура, даже на засоленных почвах она дает неплохие урожаи зеленой массы (Коробко и Волков, 2013; Rania et al, 2007). Посев сорго проводится при температуре почвы на глубине заделки семян 14 °С (май). Высокий урожай зеленой массы можно получить только при соблюдении необходимой агротехники, отвечающей местным почвенно-климатическим условиям и требованиям этой культуры. Способ подготовки почвы – по типу полупара. Уборку зеленой массы сорго сахарного проводят в фазе восковой спелости зерна.

При получении сока и сиропа из стеблей сорго важным моментом является необходимость отделения от стеблей листьев и метелки. Установлено, что с 1 га урожай зерна у сорго составляет около 20 ц, листьев – 15 ц, стеблей – 150 ц. Количество сока составляет 80–85% от массы стеблей. Поэтому для получения сиропов рекомендуются сорта не только с высоким содержанием сахаров в соке стеблей, но и со слабой облиственностью.

При производстве сиропа, соков и этанола необходимо подбирать сорта сорго, которые не только позволяют получать высокий выход сока, но и имеют высокое содержание сахаров (Abdel-Tawab et al, 2004).

Известно, что накопление сахаров в растениях сорго идет в течение всей вегетации и наибольший их прирост отмечен в фазе восковой и полной спелости зерна. После первых заморозков, которые убивают растения сорго, сок в стеблях начинает сбрасываться (Аскарбеков и Байгазиева, 2015).

Так, при возделывании сахарного сорго в Ростовской области, Краснодарском и Ставропольском краях при урожайности зеленой массы до 50 т/га можно получать 3,4–5,4 т/га сбрасываемых углеводов при содержании сахаров 15% (Колов и др., 2011). Из сортов селекции АНЦ «Донской» при урожайности зеленой массы, убранной в фазе восковой спелости зерна, 37–46 т/га и содержании сахаров в соке стеблей 13–16% выход «жидкого» сахара составляет 2,86–3,81 т/га (табл. 5).

#### 5. Выход сахара из сортов сорго сахарного селекции «АНЦ «Донской» 5. Sugar yield from sweet sorghum varieties developed by the ARC «Donskoy»

| Сорт                 | Урожайность зеленой массы, т/га | Урожайность стеблей, т/га | Содержание сахаров, % | Выход сока, т/га | Выход сахара, т/га |
|----------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------|--------------------|
| Зерноградский янтарь | 37                              | 26,2                      | 16                    | 21,0             | 3,36               |
| Дебют                | 38                              | 25,3                      | 14                    | 20,4             | 2,86               |
| Лиственит            | 42                              | 29,0                      | 13                    | 23,2             | 3,02               |
| Южное                | 46                              | 31,7                      | 15                    | 25,4             | 3,81               |

Сахар из стеблей сорго в виде сиропа можно получить доступным способом на простейшей установке. Этот способ сводится к трем основным моментам:

- 1) получение из стеблей сорго сока;
- 2) очистка сока;
- 3) выпаривание и упаривание сока до полусиропа и сиропа.

Так, например, сок из стеблей сорго получают на двухвальном вальцевом станке, где можно получить до 25–30% сока от веса перерабатываемых качественных стеблей. Стебли сорго падают на вальцы в целом виде. В станке под вальцами устанавливают корыто-сборник, куда стекает отжатый сок. По мере накопления сока его фильтруют, чтобы очистить от механических примесей: мелких частиц листьев, стеблей, земли. Процеженному соку дают отстояться в течение 2–3 часов, чтобы осели мелкие примеси, которые невозможно уловить при фильтрации. После отстоя сок спускают на испаритель. Сорговый сок способен быстро сбавляться (закисать), поэтому необходимо стремиться к сокращению времени на проведение всех операций – от отжатия сока до получения готового сиропа.

Далее проводят выпаривание сока до получения сиропа. Готовый сироп упаковывают в бочкотару. Бочки перед употреблением нужно обрабатывать таким же способом, как под вино (Технология комплексной переработки сорго; Таршилов и Федькин, 1990).

Сок сорго – зелено-серая жидкость, состоящая из белков и мезги. Сироп, получаемый на кустарной установке, часто бывает невысокого товарного качества: цвет его темнее нормального, при неумелой работе сироп может иметь запах подгорелого сахара и горьковатый привкус, но питательная ценность его от этого мало снижается.

Экспериментальные исследования показали, что в сиропе, помимо сахаров, содержатся высокомолекулярные полимеры, а также микро- и макроэлементы, обладающие биологической активностью. Поэтому полученный сироп представляет большой интерес при создании напитков специального назначения (профилактических, общеукрепляющих). При этом специфический аромат и вкус соргового сиропа могут послужить основой для создания новой оригинальной вкусовой гаммы безалкогольных напитков. В результате экспериментов установлено, что сироп из сорго

сахарного перспективен в качестве заменителя сахара при производстве безалкогольных напитков, квасов, концентратов, а также пива.

Работы, проводимые в Киевском технологическом институте пищевой промышленности по использованию сиропа в хлебопекарной и кондитерской промышленности, показали, что им можно полностью заменить сахар в булочных изделиях и в массовых сортах хлеба, готовящихся из смеси ржаной и пшеничной муки. При выработке кондитерских изделий максимальная замена сахара может составлять: для мармелада – 10%, фруктово-желейных конфет – 6% и начинок для карамелей – 15%. Химический состав сиропа из сахарного сорго близок к составу пчелиного меда, что позволит использовать сироп в подкормках пчел (Метлин, 1990).

Были проведены совместные исследования ученых из России и Украины по изучению влияния сиропа на уровень цезия в организме животных (крыс). Исследования проводили 20 дней, ежедневно вводя цезий в организм и лечение сиропом дважды в день (10 мл/кг). Установлено, что при применении сиропа сорго возрастает снижение содержания цезия в крови, кишечнике, мозге и т. д. и возрастает экскреция цезия с мочой и калом, тем самым сироп способствует снижению содержания радиоактивного цезия и после более детального изучения может использоваться в фармакологии (Жила и др., 1992).

Из отходов биомассы сорго (багасса) готовят брикеты и используют в качестве твердого топлива.

**Заключение.** Необходимо отметить, что в нашей стране культуре сорго неслаженно отводится слишком мало внимания со стороны как науки, так и производства. Посев в кормовом клине сахарного сорго на 10–20 га не является затруднительным и не требует большого напряжения труда при его обработке. А эффективность такого посева вполне очевидна: только с площади 10 га можно получить около 25 т семян сахарного сорго, около 65 т листьев, стеблей для силоса или сена, около 10 т сиропа для питания населения и более 100 т отходов мезги-багассы, идущей на приготовление высококачественного силоса. Сорговый сироп – ценнейший продукт, который может быть использован в кондитерской промышленности и в подкормке всех животных.

#### Библиографические ссылки

1. Аскарбеков Э.Б., Байгазиева Г.И. Использование сахарного сорго в производстве спирта // Вестник Алма-тинского технологического университета. 2015. № 4 (109) [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://readera.ru/140204827>.
2. Аскарбеков Э.Б., Байгазиева Г.И. Основы получения спирта из сиропа сорго // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. 2015. № 4. С. 30–35.
3. Вахрушев Н.А. Сахар из сорго // Кукуруза и сорго. 1996. № 6. С. 16–17.
4. Володько А.И., Новак А.Г., Цыганков С.П. Сахарное сорго – энергетическая культура для производства биоэтанола в Украине // Відновлююча енергетика. 2012. № 2. С. 88–93.
5. Григоренко Н.О. Сорго сахарное и перспективное направление его использования // Вестник пищевой промышленности «Сахарная отрасль». 2016. № 5. С. 5–7.
6. Дронов А.В., Дышлюк М.Ю., Обложко Е.М. Ресурсный потенциал сорго всех видов при производстве кормов и продуктов переработки в условиях Брянской области // Вестник ФГБОУ «Брянская ГСХА». 2013. № 2. С. 3–7.
7. Жила В.А., Губский Ю.И., Гаценко Г.Н., Метлин В.В. Сироп сорго сахарного – продукт переработки растительного сырья, способствующий выведению радионуклидов из организма // Проблемы биологии, селекции и технологии возделывания и переработки сорго : тезисы докладов. Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1992. С. 40–41.
8. Колов О.В., Буенков А.Ю., Горбунов В.С., Семин Д.С. Новый прием повышения содержания сахаров в растениях сахарного сорго в условиях Нижнего Поволжья // Агро XXI. 2011. № 4–6. С. 34–35.
9. Коробко В.В., Волков Д.П. Устойчивость некоторых сортов зернового сорго к разнокачественному засолению // Известия Саратовского университета. Серия «Химия. Биология. Экология». 2013. № 2 [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ustoychivost-nekotoryh-sortov-zernovogo-sorgo-k-raznokachestvennomu-zasoleniyu>.
10. Метлин В.В. Использование сахарного сорго в народном хозяйстве // Технология создания сортов, возделывания и использования сорго: сб. научных трудов. 1990. С. 15–20.

11. Смиловенко Л.А., Соколов С.Л. Исходный материал для селекции сорго сахарного // Генетика и селекция растений на Дону /под ред. В.Г. Картамышева. Ростов-на-Дону, 2003. Вып. 3. С. 164–169.
12. Таршилов С.Л., Федькин С.И. Исследования прессов для отжима сока из листостебельной массы сахарного сорго // Технология создания сортов, возделывания и использования сорго : сборник научных трудов. 1990. С.131–132.
13. Технология комплексной переработки сорго [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: [http://www/sergeyosetrov.narod.ru/Projects/Starch/Complex\\_processing\\_of\\_sorghum.htm](http://www/sergeyosetrov.narod.ru/Projects/Starch/Complex_processing_of_sorghum.htm).
14. Товолдиев Т., Рустамова Г., Хусанов Б., Набиева Н. Изучение сахара в стеблях сорго // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2014. № 4. С. 62–64.
15. Abd El-Razek A.M., Besheit S.Y. Potential of some sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) varieties for syrup and ethanol production in Egypt // Sugar Tech. 2009. № 11(3). P. 239–245.
16. Abdel-Tawab F.M., Abo-Doma A., Allam A., Hussein M.H., Abdel-Aziz S.H. Molecular genetic characterization of some controlling total biomass and brix in sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) // Proceed. Int. Conf. Genet. Eng. & Appl. 2004. P. 239–250.
17. Akbulut, Ozcan M.M. Some Physical, chemical, and rheological properties of Sweet Sorghum (*Sorghum Bicolor* (L) Moench) Pekmez (Molasses) // International Journal of Food Properties. 2008. №11. P. 79-91. DOI: 10.1080/10942910701233389.
18. Helm C.A., Beasley R. Growing Sorghum and Making Sorghum Syrup // Univ. of Mo. Circular 235, 1942. P. 1123–1140.
19. Hurst W. C. Making Syrup for Profit // Univ. of Ga. Bulletin 686, 1990. P. 621–630.
20. Nahar K. Sweet Sorghum: an Alternative Feedstock for Bioethanol // Iranica Journal of Energy & Environment. 2011. № 2(1). P. 58–61.
21. Kavas A. Üzüm ve Incirin Beslenmedeki Yeri ve Önemi. Sağlıklı Beslenme Kuru Incir ve Çekirdeksiz Kuru Üzümün Önemi Semineri (The Important in Health Nutrition of Raisin and Fig Fruit in Turkish) // Tebliği. 1990. № 4. P. 53–65.
22. Oyier M.O., Owuochi J.O., Oyoo M.E., Cheruiyot E., Mulianga B., Rono J. Effect of Harvesting Stage on Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Genotypes in Western Kenya // The Scientific World Journal. 2017. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2017/8249532/>. doi.org/10.1155/2017/8249532.
23. Rania A.A., Younis, Ahmed M.F., Mervat M. EL-Menshawī. Molecular genetic markers associated with salt tolerance in grain sorghum // Arab J. Biotech. 2007. Vol. 10. № (2). P. 249–258.
24. USDA National nutrient database for Standard reference. Release 24. 2011. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: [http://www.greenharvest.eu/\\_rsrc/1449819982751/wondergrain/voedingswaarde-sorghum/Sorghum%20Nutritional%20comparisons\\_Pagina\\_1.jpg](http://www.greenharvest.eu/_rsrc/1449819982751/wondergrain/voedingswaarde-sorghum/Sorghum%20Nutritional%20comparisons_Pagina_1.jpg).
25. Woods J. The potential for energy production using sweet sorghum in southern Africa // Energy Sustain. 2001. № 5. P. 31–38.

### References

1. Askarbekov E.B., Bajgazieva G.I. Ispol'zovanie sahar'nogo sor'go v proizvod-stve spir'ta [The use of sweet sorghum in the production of alcohol] // Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2015. № 4 (109) [Elektronnyj resurs]. Rezhim do-stupa: URL: <https://readera.ru/140204827>.
2. Askarbekov E.B., Bajgazieva G.I. Osnovy polucheniya spir'ta iz siropa sor'go [Methods of obtaining alcohol from sorghum syrup] // Izvestiya Nacional'noj akademii nauk Respubliki Kazahstan. 2015. № 4. S. 30–35.
3. Vahrushev N.A. Sahar iz sor'go [Sorghum Sugar] // Kukuruza i sor'go. 1996. № 6. S. 16–17.
4. Volod'ko A.I., Novak A.G., Cygankov S.P. Saharnoe sor'go – energeticheskaya kul'tura dlya proizvodstva bioetanolu v Ukraine [Sweet sorghum is energy cereal for the production of bioethanol in Ukraine] // Bidnovlyunova energetika. 2012. № 2. S. 88–93.
5. Grigorenko N.O. Sor'go sahar'noe i perspektivnoe napravlenie ego ispol'zova-niya [Sweet sorghum and promising direction of its use] // Vestnik pishchevoj promyshlennosti «Saharnaya otrasl'». 2016. № 5. S. 5–7.
6. Dronov A.V., Dyshlyuk M.YU., Oblozhko E.M. Resursnyj potencial sor'go vsekh vidov pri proizvodstve kormov i produktov pererabotki v usloviyah Bryanskoj oblasti [Resource potential of sorghum of all kinds in the production of food and processed products in the Bryansk region] // Vestnik FGBOU «Bryanskaya GSKHA». 2013. № 2. S. 3–7.
7. Zhila V.A., Gubskij YU.I., Gacenko G.N., Metlin V.V. Sirop sor'go sahar'nogo – produkt pererabotki rastitel'nogo syr'ya, sposobstvuyushchij vyvedeniyu radionuklidov iz organizma [Sweet sorghum syrup is a product of plant processing that promotes the elimination of radionuclides from the body] // Problemy biologii, selekcii i tekhnologii vozdeleyvaniya i pererabotki sor'go: Tezisy dokladov. Zernograd: VNIPTIMESKH, 1992. S. 40–41.
8. Kolov O.V., Buenkov A.YU., Gorbunov V.S., Semin D.S. Novyj priem povyshe-niya soderzhaniya saharov v rasteniyah sahar'nogo sor'go v usloviyah Nizhnego Povolzh'ya [A new method to increase sugar content in sweet sorghum plants in the Lower Volga region] // Agro XXI. 2011. № 4–6. S. 34–35.
9. Korobko V.V., Volkov D.P. Ustojchivost' nekotoryh sortov zernovogo sor'go k raznokachestvennomu zasoleniyu [Resistance of some grain sorghum varieties to different salinization] // Izvestiya Saratovskogo universiteta. Seriya «Himiya. Biologiya. Ekologiya». 2013. № 2 [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ustojchivost-nekotoryh-sortov-zernovogo-sor'go-k-raznokachestvennomu-zasoleniyu>.
10. Metlin V.V. Ispol'zovanie sahar'nogo sor'go v narodnom hozyajstve [The use of sweet sorghum in the national economy] // Tekhnolo-giya sozdaniya sortov, vozdeleyvaniya i ispol'zovaniya sor'go: sb. nauchnyh trudov. 1990. S. 15–20.
11. Smilovenko L.A., Sokolov S.L. Iskhodnyj material dlya selekcii sor'go sahar'nogo [The initial material for sweet sorghum breeding] // Genetika i selekcija rastenij na Donu (pod red. V.G. Kartamysheva). Rostov-na-Donu, 2003. Vyp. 3. S. 164–169.
12. Tarshilov S.L., Fed'kin S.I. Issledovaniya pressov dlya otzhima soka iz listo-stebel'noj massy sahar'nogo sor'go [The study of the presses extracting juice from leafy mass of sweet sorghum] // Tekhnologiya sozdaniya sortov, vozdeleyvaniya i ispol'zovaniya sor'go: sb. nauchnyh trudov. 1990. S. 131–132.
13. Tekhnologiya kompleksnoj pererabotki sor'go [Technology of complex sorghum processing] [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: URL: [http://www/sergeyosetrov.narod.ru/Projects/Starch/Complex\\_processing\\_of\\_sorghum.htm](http://www/sergeyosetrov.narod.ru/Projects/Starch/Complex_processing_of_sorghum.htm).

14. Tovoldiev T., Rustamova G., Husanov B., Nabieva N. Izuchenie sahara v steblyah sorgo [Study of sugar in sorghum stalks] // Teoreticheskie i prikladnye aspekty sovremennoj nauki. 2014. № 4. S. 62–64.
15. Abd El-Razek A.M., Besheit S.Y. Potential of some sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) varieties for syrup and ethanol production in Egypt // Sugar Tech. 2009. № 11(3). R. 239–245.
16. Abdel-Tawab F.M., Abo-Doma A., Allam A., Hussein M.H., Abdel-Aziz S.H. Molecular genetic characterization of some controlling total biomass and brix in sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) // Proceed. Int. Conf. Genet. Eng. & Appl. 2004. R. 239–250.
17. Akbulut, Ozcan M.M. Some Physical, chemical, and rheological properties of Sweet Sorghum (*Sorghum Bicolor* (L) Moench) Pekmez (Molasses) // International Journal of Food Properties. 2008. № 11. R. 79–91. DOI: 10.1080/10942910701233389.
18. Helm C.A., Beasley R. Growing Sorghum and Making Sorghum Syrup // Univ. of Mo. Circular 235, 1942. P. 1123–1140.
19. Hurst W. C. Making Syrup for Profit // Univ. of Ga. Bulletin 686, 1990. P. 621–630/
20. Nahar K. Sweet Sorghum: an Alternative Feedstock for Bioethanol // Iranica Journal of Energy & Environment. 2011. № 2 (1). R. 58–61.
21. Kavas A. Üzüm ve Incirin Beslenmedeki Yeri ve Önemi. Sağlıklı Beslenme Kuru Incir ve Çekirdeksiz Kuru Üzümün Önemi Semineri (The Important in Health Nutrition of Raisin and Fig Fruit in Turkish) // Tebliği. 1990. № 4. R. 53–65.
22. Oyier M.O., Owuochi J.O., Oyoo M.E., Cheruiyot E., Mulianga B., Rono J. Effect of Harvesting Stage on Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Genotypes in Western Kenya // The Scientific World Journal. 2017. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: URL: <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2017/8249532/>. doi.org/10.1155/2017/8249532
23. Rania A.A., Younis, Ahmed M.F., Mervat M. EL-Menshaw. Molecular genetic markers associated with salt tolerance in grain sorghum // Arab J. Biotech. 2007. Vol. 10. № (2). R. 249–258.
24. USDA National nutrient database for Standard reference. Release 24. 2011. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: URL: [http://www.greenharvest.eu/\\_rsrc/1449819982751/wondergrain/voedingswaarde-sorghum/Sorghum%20Nutritional%20comparisons\\_Pagina\\_1.jpg](http://www.greenharvest.eu/_rsrc/1449819982751/wondergrain/voedingswaarde-sorghum/Sorghum%20Nutritional%20comparisons_Pagina_1.jpg).
25. Woods J. The potential for energy production using sweet sorghum in southern Africa // Energy Sustain. 2001. № 5. R. 31–38.

**Критерии авторства.** Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОСЕВА И НОРМ ВЫСЕВА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВОЛЖЬЕ

**О.И. Горянин**<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела земледелия, ORCID ID: 0000-0002-5405-2880;

**И.Ш. Шакуров**<sup>2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, представитель по продажам, ORCID ID: 0000-0001-9346-1735;

**Б.Ж. Джангабаев**<sup>1</sup>, старший научный сотрудник отдела земледелия; ORCID ID: 0000-0003-4445-5974;

**Т.А. Горянина**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории серых хлебов, ORCID ID: 0000-0002-6851-5938

<sup>1</sup>ФГБНУ «Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н. М. Тулайкова», 446254, Самарская область, Безенчукский район, п. Безенчук, ул. К. Маркса, 41.

<sup>2</sup>АО «Байер», 443010, Самара, ул. Мичурина, 78

В современных условиях озимая пшеница является ведущей зерновой культурой в Поволжье и России. Однако для повышения эффективности ее возделывания необходимо дальнейшее совершенствование технологии. Цель работы – выявление на фоне применения протравителя Сценик Комби оптимальной нормы высева и способа посева озимой мягкой пшеницы в сложившихся климатических условиях Среднего Заволжья. В 2015–2018 гг. оценено влияние двух способов посева (обычный рядовой и широкорядный) и пяти норм высева озимой пшеницы Светоч при применении протравителя Сценик Комби в сравнении с контролем. Установлено, что наибольшие условный чистый доход и уровень рентабельности получены на вариантах с нормой 2,0–4,0 млн/га млн – 12251,5–12498,3 руб./га и 107,7–121,5%. Наибольший коэффициент размножения выявлен при обычном рядовом посеве с нормой 1 млн/га до 100 (2016 г.), что в 2–4 раза выше, чем при посеве с нормой 2,0–5,0 млн/га. Полученная закономерность свидетельствует о перспективности этой нормы при возделывании семян высоких репродукций на семеноводческие цели как при обычном рядовом (ширина междурядий 15 см), так и широкорядном посеве (30 см). При посеве 2,0 млн/га и более установлено преимущество обычного рядового посева по сравнению с широкорядным, на 0,4 т/га (16,9%). При возделывании озимой мягкой пшеницы рекомендуются препараты: протравитель – Сценик Комби.

**Ключевые слова:** озимая пшеница, нормы высева, способы посева, протравитель.



## THE IMPROVEMENT OF WINTER WHEAT SOWING METHODS AND RATES IN THE ZAVOLZHE

**O.I. Goryanin**<sup>1</sup>, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher of the department of agriculture, ORCID ID: 0000-0002-5405-2880;

**I.Sh. Shakurov**<sup>2</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, sales representative, ORCID ID: 0000-0001-9346-1735;

**B.Zh. Dzhangabaev**<sup>1</sup>, senior researcher of the department of agriculture; ORCID ID: 0000-0003-4445-5974;

**T.A. Goryanina**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of grey bread, ORCID ID: 0000-0002-6851-5938

<sup>1</sup>FSBSI "Samarsky Research Institute of Agriculture named after N.M. Tulaykov",

446254, Samara region, Bezechuksky district, v. of Bezenchuk, Karl Marks Str., 41.

<sup>2</sup>AO "Bayer",

443010, Samara, Michurin Str., 78

At present winter wheat is the leading grain crop in the Volga region and Russia. However, it's necessary to improve its cultivation technologies to increase its efficiency. The purpose of the work is to identify the optimum sowing methods and rates of winter soft wheat with the application of disinfectant 'Stsenik Kombi' in the climatic conditions of the Middle Zavolzhie. In 2015–2018 there was estimated the influence of two sowing methods (row and wide-row) and five sowing rates of the winter wheat variety 'Svetoch' when applying disinfectant 'Stsenik Kombi' in comparison with the control variety. It has been established that the highest net income (12251.5–12498.3 rubles/ha) and level of profitability (107.7–121.5%) were obtained on options with the sowing rate of 2.0–4.0 million/ha. The highest breeding rate was found in the usual ordinary sowing rate of 1 million/ha to 100 (in 2016), which is in 2–4 times higher than when sown with the rate of 2.0–5.0 million/ha. The obtained regularity indicates the prospects of this sowing rate when cultivating seeds of high reproductions for seed production purposes, both in ordinary row sowing (the width of the spacing is 15 cm), and in wide-row sowing (30 cm). When sowing 2.0 million/ha or more, there was established a prevalence of ordinary row sowing over wide-row sowing on 0.4 t/ha (or 16.9%). The application of disinfectant 'Stsenik Kombi' is recommended in winter wheat cultivation.

**Keywords:** winter wheat, sowing rates, sowing methods, disinfectant.

**Введение.** В настоящее время самой распространенной культурой в Поволжье и России является озимая пшеница. Однако для устойчивости и повышения эффективности производства зерна необходимо дальнейшее изучение технологии этой культур, пересмотр и переоценка отдельных технологических операций ее возделывания (Горянин О.И. и др., 2014; 2018, Грабовец А.И., Фоменко М.А., 2007).

На Безенчукской опытной станции (в настоящее время ФГБНУ «Самарский НИИСХ») нормы высева

и способы посева полевых культур начали изучать с 1911 г. В модельном опыте за 1911–1918 гг. была выявлена перспективность возделывания озимых зерновых при нормах 1,5–2 млн/га, по сравнению с 3 и более млн/га всхожих семян (Маклашов Ф.И., 1937).

При активном внедрении интенсивных технологий в 70–80-х гг. XX в. оптимальные нормы высева озимых зерновых значительно выросли и составили 4,5–5,0 млн/га (Калимуллин А.Н., 1999). При благоприятных условиях увлажнения они актуальны до на-

стоящего времени (Тухтаев М.О., 2012; Маслова Г.Я. и др., 2018).

Однако при сложившихся рыночных отношениях приобретение семян – одна из самых затратных статей технологической карты. Распространенные нормы для озимых – 4,5–5,0 млн/га при всхожести на уровне 40–60% на основной площади производственных посевов не оправданы. Поэтому необходима оптимизация затрат при посеве. Кроме того, большое разнообразие посевных агрегатов и комплексов, появление препаратов с ростостимулирующим эффектом требуют уточнения и совершенствования отдельных технологических операций.

Цель работы – выявление на фоне применения протравителя Сценик Комби оптимальной нормы высева и способа посева озимой мягкой пшеницы в сложившихся климатических условиях Среднего Заволжья.

**Материалы и методы исследований.** Изучение способов посева (2014–2017 гг.) и норм высева (2014–

2018 гг.) озимой пшеницы Светоч при применении 4-компонентного инсектофунгицидного протравителя Сценик Комби, КС (клотианидин 250 г/л + протиоконазол 37,5 г/л + тебуконазол 5 г/л + флуоксастробин 37,5 г/л) с ростостимулирующим эффектом проведено в многолетнем стационаре в зернопаровом севообороте на черноземе обыкновенном (табл. 1). Повторность – трехкратная. Размещение вариантов – систематическое. Площадь деленок – 100 м<sup>2</sup>.

С 2014 по 2016 г. при посеве применялись сеялка СН-16, в 2017 – Клен. Изучаемую культуру возделывали в зерновом севообороте по черному пару.

Анализ элементов структуры урожая осуществляли по методике Госсортсети (1985); учет урожая – методом сплошной уборки учетной площади деланки комбайном Сампо-130. Результаты учетов и наблюдений обрабатывали методом дисперсионного анализа на ЭВМ (Программа AGROS ver. 2.09.).

## 1. Изучение норм высева и способов посева озимой пшеницы

### 1. The study of winter wheat sowing methods and rates

| Способы посева                                 | Обработка семян     | Норма высева, млн шт. всх. семян/га |
|------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| Обычный рядовой (ширина междурядий – 15 см)    | Без обработки (б/о) | 5,0                                 |
| -//-                                           | Сценик Комби        | 5,0                                 |
| -//-                                           | -//-                | 4,0                                 |
| -//-                                           | -//-                | 3,0                                 |
| -//-                                           | -//-                | 2,0                                 |
| -//-                                           | -//-                | 1,0                                 |
| Рядовой широкорядный (ширина междурядий 30 см) | -//-                | 2,0                                 |
| -//-                                           | -//-                | 1,5                                 |
| -//-                                           | -//-                | 1,0                                 |

При изучении вопроса условия вегетации озимой пшеницы в весенне-летний период 2015 г. при гидротермическом коэффициенте за май–июнь 0,93 были близкими к норме. В 2016 и 2018 г. при возделывании культуры отмечена весенне-летняя засуха сильной интенсивности (ГТК за май–июнь – 0,21–0,39). В 2017 г. условия для роста и развития растений пшеницы были благоприятными при ГТК за май–июнь 1,85.

**Результаты и их обсуждение.** При своевременной борьбе с сорняками в паровом поле засоренность посевов изучаемой культуры на всех вариантах в осенний период была слабой и очень слабой. При позднем сроке посева в 2016 г. выявлено изреживание посевов в ранневесенний период, что снизило конкурентную способность культурных растений к сорнякам при нормах 1,0–2,0 млн/га и привело к существенному снижению урожайности по сравнению с нормами 3,0–5,0 млн/га.

При изучении способов посева и норм высева озимой пшеницы не установлено изменения сроков появления всходов, но выявлен широкий диапазон полевой всхожести. Наименьшие значения показателя установлены при норме высева 5,0 млн/га – 60–66%. Сокращение количества высеваемых семян способствовало увеличению площади питания проростков и полевой всхожести до 80–90% (1,0 млн/га).

При анализе элементов структуры урожая максимальное количество продуктивных стеблей выявлено на варианте с нормой высева 5,0 млн/га до 550 шт/м<sup>2</sup>. Однако увеличение количества продуктивных стеблей, по сравнению с нормами 1,0–4,0 млн/га, составило

15–80%. Выравнивание густоты стеблестоя на изучаемых вариантах связано с увеличением коэффициента продуктивной кустистости. При посеве 4,0–5,0 млн/га всхожих семян коэффициент был минимальным – 1,5–2,0. При посеве 1,0–2,0 млн показатель возрастал до 3,3–3,9, что способствовало значительному увеличению массы и количества зерна с растения.

В среднем за три года установлены значительные колебания продуктивности в зависимости от норм высева и способов посева – 2,15–3,28 т/га. Применение протравителя Сценик Комби при нормах 2,0–5,0 млн/га, на фоне низкого количества вредителей (злаковые мухи) и отсутствия болезней на варианте б/о семян (5,0 млн/га) в осенний период, обеспечило увеличение урожайности, по сравнению с этим вариантом на 0,17–0,55 т/га (6,2–20,1%) (табл. 2).

При анализе норм высева при применении препарата Сценик Комби было установлено, что выравнивание урожая на варианте 3,0 млн/га, по сравнению с общепринятой нормой – 5,0 млн/га, связано с увеличением показателей продуктивности колоса. Наибольшая урожайность озимой пшеницы установлена при норме высева 4,0 млн/га – 3,28 т/га, что существенно на 0,38–1,13 т/га (13,1–52,6%) выше посевов с нормами 1,0–2,0 млн/га.

При широкорядном посеве увеличение нормы до 2,0 млн/га способствовало значительному (на 16,9%) снижению урожайности, по сравнению с такой же нормой, высеянной обычным рядовым способом.

При изучении норм высева в среднем за четыре года получены близкие значения со средними данными за 2015–2017 гг. (табл. 3).

**2. Влияние способов посева на урожайность зерна озимой пшеницы  
(после подработки и приведения к 14% влажности), т/га (среднее за 2015–2017 гг.)**  
**2. The effect of sowing methods on winter wheat productivity  
(after cultivation and bringing to 14% humidity), t/ha, (average in 2015–2017)**

| Варианты                          | Годы |      |      | Среднее |
|-----------------------------------|------|------|------|---------|
|                                   | 2015 | 2016 | 2017 |         |
| 1. Рядовой посев б/о 5,0 млн/га   | 2,16 | 4,02 | 2,01 | 2,73    |
| 2. -//- (Сценик Комби) 5,0 млн/га | 2,54 | 4,60 | 2,56 | 3,23    |
| 3. -//- (Сценик Комби) 4,0 млн/га | 2,59 | 4,62 | 2,64 | 3,28    |
| 4. -//- (Сценик Комби) 3,0 млн/га | 2,67 | 4,55 | 2,03 | 3,08    |
| 5. -//- (Сценик Комби) 2,0 млн/га | 2,66 | 4,46 | 1,57 | 2,90    |
| 6. -//- (Сценик Комби) 1,0 млн/га | 2,53 | 3,82 | 0,60 | 2,32    |
| 7. Широкоярдный 1,0 млн/га        | 2,35 | 3,75 | 0,36 | 2,15    |
| 8. Широкоярдный 1,5 млн/га        | 2,43 | 3,93 | 0,66 | 2,34    |
| 9. Широкоярдный 2,0 млн/га        | 2,41 | 4,10 | 0,92 | 2,48    |
| НСР <sub>05</sub>                 | 0,28 | 0,16 | 0,44 | 0,29    |

**3. Влияние норм высева на урожайность зерна озимой пшеницы  
(после подработки и приведения к 14% влажности), т/га, среднее за 2015–2018 гг.**  
**3. The effect of sowing rates on winter wheat productivity  
(after cultivation and bringing to 14% humidity), t/ha, average in 2015–2018**

| Варианты                          | Годы |      |      |      | Среднее |
|-----------------------------------|------|------|------|------|---------|
|                                   | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |         |
| 1. Рядовой посев б/о 5,0 млн/га   | 2,16 | 4,02 | 2,01 | 3,09 | 2,82    |
| 2. -//- (Сценик Комби) 5,0 млн/га | 2,54 | 4,60 | 2,56 | 3,28 | 3,25    |
| 3. -//- (Сценик Комби) 4,0 млн/га | 2,59 | 4,62 | 2,64 | 3,22 | 3,27    |
| 4. -//- (Сценик Комби) 3,0 млн/га | 2,67 | 4,55 | 2,03 | 3,19 | 3,11    |
| 5. -//- (Сценик Комби) 2,0 млн/га | 2,66 | 4,46 | 1,57 | 3,08 | 2,94    |
| 6. -//- (Сценик Комби) 1,0 млн/га | 2,53 | 3,82 | 0,60 | 2,56 | 2,38    |
| НСР <sub>05</sub>                 | 0,28 | 0,16 | 0,44 | 0,18 | 0,26    |

Максимальная урожайность установлена при норме 4,0 млн/га – 3,27 т/га, что на 0,29–0,45 т/га (10,3–16,0%) выше посевов без обработки семян и на 0,38–0,89 т/га (13,1–52,6%) при норме 1,0–2,0 млн/га.

Изучаемые нормы высева и способы посева, изменяя продуктивность пшеницы и элементы структуры колоса, не влияли на значения натурности зерна (719–751 г/л). Уменьшение нормы до 1,0–2,0 млн/га способствовало увеличению массы 1000 зерен на 1,3–2,5 г (3,4–6,6%) до 39,7–40,3 г, по сравнению с нормами 4,0–5,0 млн/га.

При расчете экономической эффективности наибольшие условный чистый доход и уровень рентабельности установлены на вариантах с нормой 2,0–4,0 млн/га – 12251,5–12498,3 руб./га и 107,7–121,5% соответственно, что на 743,2–990,0 руб./га и 15,7–29,5% выше варианта с 5,0 млн/га.

Минимальные экономические показатели получены на контроле и при минимальной норме высева 1,0 млн/га (табл. 4).

**4. Экономическая эффективность норм высева озимой пшеницы, руб/га,  
(среднее за 2015–2018 гг.)**

**4. Economic efficiency of winter wheat sowing rates, rub/ha, (average in 2015–2018)**

| Варианты                   | Стоимость продукции | Производственные затраты | Условный чистый доход | Уровень рентабельности, % |
|----------------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 1. Б/о 5,0 млн/га          | 21127,5             | 10672,3                  | 10455,2               | 98,0                      |
| 2. Сценик Комби 5,0 млн/га | 24015,0             | 12506,7                  | 11508,3               | 92,0                      |
| 3. Сценик Комби 4,0 млн/га | 24107,5             | 11609,2                  | 12498,3               | 107,7                     |
| 4. Сценик Комби 3,0 млн/га | 23345,0             | 10895,2                  | 12449,8               | 114,3                     |
| 5. Сценик Комби 2,0 млн/га | 22337,5             | 10086,0                  | 12251,5               | 121,5                     |
| 6. Сценик Комби 1,0 млн/га | 18572,5             | 9242,5                   | 9330,0                | 100,9                     |

**Выводы.** В современных условиях при применении ростостимулирующего препарата Сценик Комби норма высева семян озимой пшеницы не должна превышать 4 млн/га. Обычный рядовой посев с нормой 1 млн/га обеспечил наибольший коэффициент размножения – 100 (2016 г.), который превышал значения на других нормах в 2–4 раза, что свидетельствует о перспективности этой нормы при возделывании озимой

пшеницы на семеноводческие цели как при рядовом (ширина междурядий 15 см), так и ширококормом посеве (30 см). При увеличении нормы высева до 2,0 млн/га и более выявлено преимущество обычного рядового посева. При защите растений озимой мягкой пшеницы рекомендуются препараты: протравитель – Сценик Комби.

#### Библиографические ссылки

1. Горянин О.И., Чичкин А.П., Джангабаев Б.Ж. Оптимальные параметры агроценозов, средообразующих факторов и агротехнологий возделывания озимой пшеницы в Самарском Заволжье // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 10. С. 18–22.
2. Горянин О.И., Шевченко С.Н., Корчагин В.А. Тенденции изменения климата и его влияние на возделывание сельскохозяйственных культур в Среднем Заволжье // Метеорология и гидрология. 2018. № 6. С. 106–110.
3. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Озимая пшеница : монография. Ростов-на-Дону, 2007. 600 с.
4. Калимуллин А.Н. Научные основы производства семян зерновых культур в Среднем Поволжье. Самара, 1999. 178 с.
5. Маклашов Ф.И. Способы посева и нормы высева озимых культур // Итоги работы Безенчукской опытной станции за 32 года. Куйбышевское изд-во, 1937. С. 95–103.
6. Маслова Г.Я., Шарапов И.И., Шарапова Ю.А. Урожайность и элементы продуктивности новых сортов озимой пшеницы в зависимости от различных норм высева в условиях Среднего Поволжья // Известия Самарского научного центра РАН. 2018. № 2 (3). С. 599–600.
7. Тухтаев М.О. Влияние нормы высева на урожайность зерна озимой пшеницы // Аграрная наука. 2012. № 8. С. 18–19.

#### Reference

1. Goryanin O.I., Chichkin A.P., Dzhangabaev B.ZH. Optimal'nye parametry agroce-nozov, sredoobrazuyushchih faktorov i agrotekhnologij vozdel'vaniya ozimoy pshenicy v Samarskom Zavolzh'e [Optimal parameters of agroecosystems, environment-forming factors and agrotechnologies for winter wheat cultivation in the Samarskoe Zavolzhie] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2014. № 10. S. 18–22.
2. Goryanin O.I., Shevchenko S.N., Korchagin V.A. Tendencii izmeneniya klimata i ego vliyanie na vozdel'vanie sel'skhozaystvennykh kul'tur v Srednem Zavolzh'e [Climate change tendencies and its influence on grain crop production in the Middle Zavolzhie] // Meteorologiya i gidrologiya. 2018. № 6. S. 106–110.
3. Grabovec A.I., Fomenko M.A. Ozimaya pshenica: monografiya [Winter wheat: a monograph]. Rostov-na-Donu, 2007. 600 s.
4. Kalimullin A.N. Nauchnye osnovy proizvodstva semyan zernovykh kul'tur v Srednem Povolzh'e. Samara [Scientific basis for grain crop production in the Middle Povolzhie]. 1999. 178 s.
5. Maklashov F.I. Sposoby poseva i normy vyseva ozimyykh kul'tur [Sowing methods and rates of winter grain crops] // Itogi raboty Bezenchukской opytной stancii za 32 goda. Kuibyshevskoe izd-vo, 1937. S. 95–103.
6. Maslova G.YA., Sharapov I.I., Sharapova YU.A. Urozhajnost' i elementy produk-tivnosti novyykh sortov ozimoy pshenicy v zavisimosti ot razlichnykh norm vyseva v usloviyakh Srednego Povolzh'ya [Productivity and productivity elements of new winter wheat varieties depending on the different sowing rates in the Middle Povolzhie] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. 2018. № 2(3). S. 599–600.
7. Tuhtaev M.O. Vliyanie normy vyseva na urozhajnost' zerna ozimoy pshenicy [The effect of sowing rate on winter wheat productivity] // Agrarnaya nauka. 2012. № 8. S. 18–19.

**Критерии авторства.** Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА АГРИМИТИН НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЮЖНОЙ ЗОНЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**А.С. Попов**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией технологии возделывания зерновых культур, ORCID ID: 0000-0001-6593-1138;

**Г.В. Овсянникова**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878;

**А.А. Сухарев**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878;

**Н.Г. Дуплий**, аспирант, ORCID ID: 0000-0001-5782-9942

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Использование биологических стимуляторов способствует активации метаболизма растений, что повышает коэффициент использования минеральных удобрений, улучшает защитные механизмы растений против воздействия неблагоприятных факторов. В статье рассматривается эффект от обработки семян озимой пшеницы препаратом Агримитин и протравителем-фунгицидом Винцит Форте. Установлено, что обработка семян препаратами способствовала повышению урожайности озимой пшеницы. В среднем за 2017–2018 гг. в варианте с обработкой семян препаратом Агримитин прибавка урожайности в сравнении с контрольным вариантом составила 0,18 т/га по мягкой озимой пшенице Лидия и 0,25 т/га по твердой озимой пшенице Лазурит. Совместное применение препаратов способствовало увеличению урожайности на 0,37 т/га по мягкой озимой пшенице и на 0,44 т/га по твердой. Структурный анализ урожайности показал, что применение препаратов способствовало увеличению числа продуктивных стеблей до 580–648 шт./м<sup>2</sup> против контроля 564–621 шт./м<sup>2</sup>. Число зерен в колосе и масса зерна с колоса мягкой озимой пшеницы под действием препаратов практически не изменялись. Твердая озимая пшеница реагировала на обработку препаратами увеличением числа зерен в колосе от 30,6 до 32,8 шт., а масса зерна с колоса возрастала от 1,38 до 1,55 г. Максимальная рентабельность производства озимой мягкой и озимой твердой пшеницы отмечена в варианте с совместным применением препаратов Агримитин + Протравитель – 184,2 и 208,6% соответственно. При этом уровень условного чистого дохода повысился у мягкой озимой пшеницы на 3136 руб./га и у твердой озимой пшеницы на 4624 руб./га относительно контрольного варианта – 58145 руб./га и 64796 руб./га соответственно.

**Ключевые слова:** мягкая озимая пшеница, твердая озимая пшеница, препараты, Агримитин, Винцит Форте, урожайность, прибавка, качество, урожайность.



## THE EFFECT OF THE PREPARATION 'AGRIMITIN' ON WINTER WHEAT PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY IN THE SOUTHERN PART OF THE ROSTOV REGION

**A.S. Popov**, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory of cultivation technologies of grain crops, ORCID ID: 0000-0001-6593-1138;

**G.V. Ovsyannikova**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of cultivation technologies of grain crops, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878;

**A.A. Sukharev**, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory of cultivation technologies of grain crops, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878;

**N.G. Dupliy**, post-graduate student, ORCID ID: 0000-0001-5782-9942

FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The use of biological stimulants promotes plant metabolism, which improves the utilization of mineral fertilizers and plant defense mechanisms against the effect of unfavorable factors. The paper discusses the results of winter wheat seed treatment with 'Agrimitin' and a fungicide disinfectant 'Vintsit Forte'. It has been determined that seed treatment with the preparations promoted the increase of winter wheat productivity. In 2017–2018 after seed treatment with 'Agrimitin', the average productivity increase was 0.18 t/ha for the winter soft wheat variety 'Lydia' and 0.25 t/ha for the winter durum wheat variety 'Lazurit' compared with the productivity of the control variety. The combined use of preparations promoted the productivity increase on 0.37 t/ha for the winter soft wheat and on 0.44 t/ha for the winter durum wheat. The structural analysis of productivity showed that the use of preparations increased the number of productive stems to 580–648 pcs/ m<sup>2</sup> in comparison with 564–621 pcs/m<sup>2</sup> of the control variety. A number of kernels per ear and mass of kernels per ear of winter soft wheat after seed treatment had no significant increase. Winter durum wheat showed better effect of seed treatment: 'number of kernels per ear' increased from 30.6 pcs. to 32.8 pcs., and 'mass of kernels per ear' raised from 1.38 g to 1.55 g. The maximum profitability of winter soft and durum wheat production was identified in the variant with a combined use of the preparations 'Agrimitin' + 'Protravitel' (184.2% and 208.6% respectively). At the same time, the net income rate of winter soft wheat increased on 3,136 rubles/ha and that of winter durum wheat increased on 4,624 rubles/ha, compared to the net income rate of the control variety (58145 rubles/ha and 64796 rubles/ha, respectively).

**Keywords:** winter soft wheat, winter durum wheat, preparations, 'Agrimitin', 'Vintsit Forte', increase, quality, productivity.

**Введение.** Увеличение урожайности зерна озимой пшеницы в современных условиях невозможно без применения научно обоснованных технологий ее возделывания. При этом рациональное использование минеральных удобрений, микроэлементов, биопрепа-

ратов и стимуляторов роста является определяющим фактором получения высоких и стабильных урожаев. В острозасушливые годы внесение минеральных удобрений в почву не дает положительного результата, поэтому использование минеральных удобрений и сти-

муляторов роста в жидком виде для обработки семян и растений по вегетации с целью повышения урожайности и качества зерна в условиях засухи и других стрессовых ситуаций является эффективным.

Ростовская область – крупнейшая житница России, и поэтому вопросы повышения урожайности и качества полевых культур имеют первостепенное значение. В настоящее время урожайность основных культур нестабильна по годам (Алабушев и др., 2009). Использование биологических стимуляторов способствует активации метаболизма, создает условия для снижения доз внесения минеральных удобрений, повышает коэффициент их использования. Биостимуляторы повышают защитный механизм растений против действия неблагоприятных факторов, не создают угрозы нарушения экологического равновесия в биосфере, играют существенную роль в антирезистентной защите (Старикова и Костылев, 2014).

Цель исследований заключалась в оценке влияния препарата Агримитин на урожайность и качество зерна мягкой и твердой озимой пшеницы.

**Материалы и методы исследований.** Полевые опыты проводили в 2017–2018 гг. на опытном поле ФГБНУ «АНЦ «Донской». Технология возделывания изучаемых культур соответствовала Зональным системам земледелия Ростовской области 2013–2020 гг. с применением современных средств механизации и интенсификации производства.

Объектами исследований являлись сорта: мягкой озимой пшеницы – Лидия; твердой озимой пшеницы – Лазурит.

Исследовали следующие варианты опыта:

1. Контроль;
2. Агримитин;
3. Протравитель;
4. Агримитин + Протравитель.

Агримитин – биологический стимулятор-индуктор, предназначенный для предпосевной обработки семенного материала сельскохозяйственных культур.

Препарат Агримитин воздействует на мембранные процессы в клетке и проявляет антистрессовую активность в условиях засухи, защищает клетки, эффективно помогает растениям восстановиться после изменения температурного и водного баланса, уменьшает транспирацию, повышает всасывание растениями воды и питательных веществ.

Одним из базовых компонентов препарата Агримитин является SkQ3, одно из соединений класса SkQ (Ионы Скулачева), которые представляют собой низкомолекулярные антиоксиданты, способные благодаря своей структуре адресно проникать в митохондрию клетки.

SkQ-соединение состоит из трех частей: антиоксиданта, С-алифатического линкера и липофильного катона.

Вещество SkQ наиболее эффективно воздействует на растения. Его можно использовать в качестве действующей субстанции в биотехнологических препаратах, предназначенных для защиты растений от стресса, продления срока их вегетации.

В качестве протравителя применяли препарат Винцит Форте (Имазалил – 15 г/л; Тиabendазол – 25 г/л; Флутриафол – 37,5 г/л). Обработку семян стимулятором и протравителем проводили непосредственно перед посевом в соответствии с инструкцией по использованию препарата.

Расход препаратов: 1) Агримитин – 0,3 л/т семян; 2) протравитель – 1,2 л/т семян, расход воды составлял 10 л на тонну семян.

Посев озимой пшеницы провели с нормой высева 5 млн всхожих семян на гектар. Сроки посева в 2016 г. – 10 октября, в 2017 г. – 20 сентября. Посевы размещали по предшественнику черный пар на удобренном агрофоне: аммофос ( $N_{14,4}$ :  $P_{62,4}$  д.в.) под предпосевную культивацию и весной применяли две подкормки аммиачной селитрой – весной по тало-мерзлой почве ( $N_{34,4}$  д.в.) и в фазе весеннего кущения ( $N_{34,4}$  д.в.).

Общая площадь опытной делянки – 55 м<sup>2</sup>, учетная – 41,25 м<sup>2</sup>.

Исследования осуществляли в соответствии с общепринятыми методиками (Доспехов, 2012; Моисейченко и др., 1996; Минеев и др., 1993).

Погодные условия во время проведения опыта были в целом благоприятны для роста и развития озимой пшеницы. В осенний период 2016 г. среднесуточная температура воздуха была ниже нормы (9,7 °С) и составила 9,0 °С, а количество выпавших осадков – 106,9 мм (при норме 131,5 мм), но благодаря раннему возобновлению весенней вегетации (1 марта 2017 года) растения озимой пшеницы дополнительно раскустились и сформировали высокий урожай.

В осенний период 2017 г. среднесуточная температура воздуха составила 11,3 °С (норма – 9,7 °С), а количество выпавших осадков – 119,7 мм (норма – 131,5 мм). За осенне-зимний период выпало 307,4 мм осадков, что на 30,2 мм превысило сумму осадков по среднемноголетним показателям (277,2 мм).

Среднесуточная температура октября была на 0,8 °С выше среднемноголетней (9,4 °С), что благоприятно отразилось на появлении всходов и развитии растений озимой пшеницы. Среднесуточная температура декабря составила 3,6 °С, что выше среднемноголетней (–1,2 °С). Положительные температуры в декабре способствовали продолжительной вегетации озимой пшеницы. Возобновление весенней вегетации отмечено 5 апреля 2018 г. Поздняя весна и повышенные температуры в этот период способствовали сокращению продолжительности весеннего кущения озимых культур. Однако благодаря хорошему развитию растений озимой пшеницы с осени был получен высокий урожай.

**Результаты и их обсуждение.** Применение препарата Агримитин оказывало положительное действие на урожайность озимой пшеницы. В среднем за 2017–2018 гг. в варианте с обработкой семян препаратом Агримитин прибавка урожайности в сравнении с контрольным вариантом составила 0,18 т/га по мягкой озимой пшенице и 0,25 т/га по твердой озимой пшенице (табл. 1).

**1. Влияние препарата Агримитин на урожайность озимой пшеницы, т/га (2017–2018 гг.)**  
**1. The effect of the preparation 'Agri-mitin' on winter wheat productivity, t/ha (2017–2018)**

| Вариант опыта            | Мягкая озимая пшеница, сорт Лидия |          | Твердая озимая пшеница, сорт Лазурит |          |
|--------------------------|-----------------------------------|----------|--------------------------------------|----------|
|                          | урожайность                       | прибавка | урожайность                          | прибавка |
| Контроль                 | 8,86                              | –        | 8,30                                 | –        |
| Агримитин                | 9,04                              | 0,18     | 8,55                                 | 0,25     |
| Протравитель             | 9,14                              | 0,28     | 8,66                                 | 0,36     |
| Агримитин + Протравитель | 9,23                              | 0,37     | 8,74                                 | 0,44     |
| НСР <sub>0,05</sub>      | 0,22                              | –        | 0,24                                 | –        |

Следует отметить, что применение только препарата Агримитин позволило получить достоверное превышение урожайности над контрольным вариантом лишь на твердой озимой пшенице.

Совместное применение препарата Агримитин и протравителя позволило увеличить урожайность до 9,23 т/га при возделывании мягкой озимой пшеницы и до 8,74 т/га при возделывании твердой озимой пшеницы. Превышение над контрольным вариантом составило 0,37 и 0,44 т/га соответственно, что достоверно превышает наименьшую существенную разницу в опыте.

Обработка семян мягкой озимой пшеницы сорта Лидия протравителем и препаратом Агримитин позволила получить дополнительно 0,09 т/га зерна в сравнении с обработкой семян только протравителем. Прибавка урожайности твердой озимой пшеницы сорта Лазурит при совместном применении препарата Агримитин и протравителя составила 0,08 т/га.

Структурный анализ показал, что рост урожайности в вариантах с применением препарата Агримитин главным образом связан с увеличением числа продуктивных стеблей, массы зерна с колоса и числа зерен в колосе (табл. 2).

## 2. Влияние препарата Агримитин на элементы структуры урожайности озимой пшеницы (2017–2018 гг.) 2. The effect of the preparation 'Agrimitin' on the structure elements of winter wheat productivity (2017–2018)

| Вариант опыта                        | Число продуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup> | Число зерен в колосе, шт. | Масса зерна с колоса, г |
|--------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Мягкая озимая пшеница, сорт Лидия    |                                                |                           |                         |
| Контроль                             | 621                                            | 32,5                      | 1,55                    |
| Агримитин                            | 634                                            | 32,3                      | 1,55                    |
| Протравитель                         | 642                                            | 32,4                      | 1,56                    |
| Агримитин + Протравитель             | 648                                            | 32,6                      | 1,58                    |
| Твердая озимая пшеница, сорт Лазурит |                                                |                           |                         |
| Контроль                             | 564                                            | 30,6                      | 1,38                    |
| Агримитин                            | 570                                            | 31,7                      | 1,43                    |
| Протравитель                         | 574                                            | 32,4                      | 1,51                    |
| Агримитин + Протравитель             | 580                                            | 32,8                      | 1,55                    |

В среднем за годы исследований число зерен в колосе у мягкой озимой пшеницы сорта Лидия как на контрольном варианте, так и на вариантах с обработками препаратами отличалось мало и составило 32,3–32,6 шт., однако при применении препарата Агримитин и протравителя наблюдалась тенденция к росту массы зерна с колоса. На контрольном варианте масса зерна с одного колоса находилась на уровне 1,55 г, а на варианте с обработкой семян протравителем – 1,56 г, а при совместном применении препарата Агримитин и протравителя достигала 1,58 г. В вариантах с обработкой препаратами возрастало и число продуктивных стеблей с 621 шт./м<sup>2</sup> на контроле до 634 шт./м<sup>2</sup> при обработке только препаратом Агримитин. Применение только протравителя способствовало увеличению числа продуктивных стеблей до 642 шт./м<sup>2</sup>, а совместное применение протравителя и препарата Агримитин увеличивало число продуктивных стеблей до 648 шт./м<sup>2</sup>.

Твердая озимая пшеница сорта Лазурит реагировала на обработку препарата увеличением показателей структуры урожая. На контрольном варианте в среднем за 2017–2018 гг. растения формировали 564 шт./м<sup>2</sup> продуктивных стеблей, при применении только препарата Агримитин – 570 шт./м<sup>2</sup>, при применении только протравителя – 574 шт./м<sup>2</sup>, а при совместном применении Агримитина и протравителя – 580 шт./м<sup>2</sup>. Соответственно число продуктивных стеблей на 1 м<sup>2</sup> увеличивалось на 6, 10 и 16 шт./м<sup>2</sup>. Одновременно наблюдалось повышение показателей продуктивности колоса – увеличились число зерен в колосе с 30,6 шт. до 32,8 шт. и масса зерна с колоса с 1,38 г до 1,55 г.

Применение препарата Агримитин и протравителя способствовало увеличению таких качественных показателей зерна пшеницы, как натура и масса 1000 зерен (табл. 3).

## 3. Влияние препарата Агримитин на качественные показатели зерна озимой пшеницы (2017–2018 гг.) 3. The effect of the preparation 'Agrimitin' on qualitative traits of winter wheat kernels (2017–2018)

| Вариант опыта                        | Натура, г/л | Масса 1000 зерен, г | Белок, % | Клейковина, % |
|--------------------------------------|-------------|---------------------|----------|---------------|
| Мягкая озимая пшеница, сорт Лидия    |             |                     |          |               |
| Контроль                             | 788         | 47,6                | 14,3     | 30,3          |
| Агримитин                            | 791         | 48,1                | 14,2     | 29,5          |
| Протравитель                         | 792         | 48,4                | 14,2     | 29,1          |
| Агримитин + Протравитель             | 792         | 48,6                | 14,1     | 29,0          |
| Твердая озимая пшеница, сорт Лазурит |             |                     |          |               |
| Контроль                             | 800         | 45,1                | 14,1     | 28,0          |
| Агримитин                            | 803         | 45,2                | 14,2     | 28,8          |
| Протравитель                         | 803         | 46,7                | 14,2     | 29,3          |
| Агримитин + Протравитель             | 804         | 47,3                | 14,3     | 29,8          |

В среднем за годы исследований мягкая озимая пшеница сорта Лидия на контрольном варианте формировала массу на уровне 788 г/л, а масса 1000 зерен при этом составляла 47,6 г. Применение препарата Агримитин и протравителя способствовало увеличению массы зерна до 791–792 г/л, а масса 1000 зерен возрастала до 48,1–48,6 г. Содержание белка и клейковины в зерне мягкой пшеницы сорта Лидия имело тенденцию к снижению. На контрольном варианте содержание белка составило 14,3, клейковины – 30,3%, а при применении препарата Агримитина и протравителя оно снижалось до 14,1–14,2% и до 29,0–29,5% соответственно. Эта тенденция вероятно связана с эффектом разбавления при увеличении урожайности.

Тенденция к увеличению массы отмечена и у твердой озимой пшеницы сорта Лазурит. Масса увеличивалась с 800 г/л на контроле до 803–804 г/л в вариантах с обработкой препаратами. Как на контроле, так и в варианте с применением только препарата Агримитин масса 1000 зерен практически не изменялась, составляла 45,1–45,2 г. Увеличение массы 1000 зерен наблюда-

лось в вариантах с применением протравителя до 46,7 г и совместном применении протравителя и препарата Агримитин до 47,3 г.

В отличие от мягкой озимой пшеницы, твердая озимая пшеница сорта Лазурит показала тенденцию к увеличению содержания белка и клейковины в зерне под воздействием препарата Агримитин и протравителя. На контрольном варианте содержание белка – 14,1 и клейковины – 28,0%. В вариантах с обработкой Агримитином и протравителем содержание белка достигало 14,2–14,3, а клейковины – 28,8–29,8%.

Расчет экономической эффективности обработки семян озимой пшеницы препаратом Агримитин и протравителя показал, что самая низкая эффективность производства озимой пшеницы была отмечена на контрольном варианте без применения предпосевной обработки семян, где уровень рентабельности производства мягкой озимой пшеницы составил 178,0%, а условный чистый доход 58145 руб./га, а при возделывании твердой озимой пшеницы 198,3% и 64796 руб./га соответственно (табл. 4).

#### 4. Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы с применением препарата Агримитин (2017–2018 гг.)

#### 4. Economic efficiency of winter wheat cultivation treated with the preparation 'Agrimitin' (2017–2018)

| Вариант опыта                        | Урожайность, т/га | Затраты, руб./га | Валовой доход, руб./га | Условный чистый доход, руб./га | Себестоимость, руб./т | Рентабельность, % |
|--------------------------------------|-------------------|------------------|------------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------|
| Мягкая озимая пшеница, сорт Лидия    |                   |                  |                        |                                |                       |                   |
| Контроль                             | 8,86              | 32670            | 90815                  | 58145                          | 3687                  | 178,0             |
| Агримитин                            | 9,04              | 32890            | 92660                  | 59770                          | 3638                  | 181,7             |
| Протравитель                         | 9,14              | 33055            | 93634                  | 60579                          | 3618                  | 183,3             |
| Агримитин + протравитель             | 9,23              | 33275            | 94556                  | 61281                          | 3607                  | 184,2             |
| Твердая озимая пшеница, сорт Лазурит |                   |                  |                        |                                |                       |                   |
| Контроль                             | 8,30              | 32670            | 97466                  | 64796                          | 3938                  | 198,3             |
| Агримитин                            | 8,55              | 32890            | 100404                 | 67514                          | 3849                  | 205,3             |
| Протравитель                         | 8,66              | 33055            | 101755                 | 68700                          | 3817                  | 207,8             |
| Агримитин + Протравитель             | 8,74              | 33275            | 102695                 | 69420                          | 3807                  | 208,6             |

Обработка семян препаратом Агримитин позволила увеличить уровень рентабельности производства мягкой озимой пшеницы до 181,7%, а условный чистый доход – до 59770 руб./га. По твердой озимой пшенице рентабельность в сравнении с контрольным вариантом (198,5%) выросла до 205,3%, а условный чистый доход – до 67514 руб./га. Уровень рентабельности при обработке семян озимой мягкой и озимой твердой пшеницы протравителем составил 183,3 и 207,8% соответственно. Максимальная рентабельность производства озимой мягкой и озимой твердой пшеницы отмечена в варианте с совместным применением препаратов Агримитин + Протравитель – 184,2 и 208,6% соответственно. При этом уровень условного чистого дохода повысился у мягкой озимой

пшеницы на 3136 руб./га и у твердой озимой пшеницы на 4624 руб./га относительно контрольного варианта – 58145 руб./га и 64796 руб./га соответственно.

**Выводы.** Использование препарата Агримитин для предпосевной обработки семян озимой пшеницы является эффективным агротехническим приемом, так как способствует повышению урожайности культуры на 0,18–0,25 т/га, а рентабельности – до 181,7–205,3%. Дополнительный эффект можно получить от совместного применения препарата Агримитин и протравителя. При одновременной обработке семян озимой пшеницы двумя этими препаратами прибавка урожайности может достигать 0,36–0,44 т/га, а уровень рентабельности возрастать до 184,2–208,6%.

#### Библиографические ссылки

1. Алабушев А.В., Гуреева А.В., Раева С.А. Состояние и направление развития зерновой отрасли. Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2009. 192 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Книга по Требованию, 2012. 352 с.
3. Моисейченко В.Ф., Трифонова М.Ф., Заверюха А.Х., Ещенко В.Е. Основы научных исследований в агрономии. М.: Колос, 1996. 336 с.
4. Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. М.: Колос, 1993. 415 с.

5. Система ведения агропромышленного производства Ростовской области (на период 2013–2020 гг.) Ч.:2. Ростов-на-Дону, 2013. 272 с.

6. Старикова Д.В., Костылев П.И. Влияние химических стимуляторов и биологических препаратов на продуктивность озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2014. № 1. С. 54–59.

#### References

1. Alabushev A.V., Gureeva A.V., Raeva S.A. Sostoyanie i napravlenie razvitiya zernovoj otrasli [The state and direction of the grain industry development]. Rostov-na-Donu: ZAO «Kniga», 2009. 192 s.

2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial]. M.: Kniga po Trebovaniyu, 2012. 352 s.

3. Moisejchenko V.F., Trifonova M.F., Zaveryuha A.H., Eshchenko V.E. Osnovy nauch-nyh issledovanij v agronomii [Fundamentals of research in agronomy]. M.: Kolos, 1996. 336 s.

4. Mineev V.G., Debreteni B., Mazur T. Biologicheskoe zemledelie i mineral'nye udobreniya [Biological agriculture and mineral fertilizers]. M.: Kolos, 1993. 415 s.

5. Sistema vedeniya agropromyshlennogo proizvodstva Rostovskoj oblasti (na pe-riod 2013–2020 gg.) [The system of management of agro-industrial production of the Rostov region (for the period 2013-2020)] Ч.:2. Ростов-на-Дону, 2013. 272 с.

6. Starikova D.V., Kostylev P.I. Vliyanie himicheskikh stimulyatorov i biologi-cheskikh preparatov na produktivnost' ozimoy pshenicy [The effect of chemical stimulants and biological preparations on winter wheat productivity] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2014. № 1. С. 54–59.

**Критерии авторства.** Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

# СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

УДК 633.161:631.52

DOI 10.31367/2079-8725-2019-63-3-19-25

## ПОИСК АССОЦИАЦИИ АЛЛЕЛЬНОГО ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНОВ PPD И VRN С ИЗМЕНЧИВОСТЬЮ ОСНОВНЫХ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ

**А.В. Алабушев**<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, директор, ORCID ID: 0000-0001-5675-1021;

**А.А. Донцова**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией селекции и семеноводства озимого ячменя, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;

**Е.Г. Филиппов**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент по специальности, зав. отделом селекции и семеноводства ячменя, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926;

**Д.П. Донцов**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства ярового ячменя, ORCID ID: 0000-0001-9253-3864;

**И.Н. Перчук**<sup>2</sup>, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела биохимии и молекулярной биологии, ORCID ID: 0000-0001-6568-5248;

**С.Б. Теплякова**<sup>2</sup>, младший научный сотрудник лаборатории мониторинга генетической эрозии растительных ресурсов, ORCID ID: 0000-0002-5624-4245;

**Е.К. Потоккина**<sup>2</sup>, доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории мониторинга генетической эрозии растительных ресурсов, ORCID ID: 0000-0002-2578-6279

<sup>1</sup>ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

<sup>2</sup>ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42-44

Озимый ячмень является важной сельскохозяйственной культурой, зерно которой используется на фуражные и пищевые цели. Основное преимущество озимого ячменя над яровым заключается в более раннем сроке созревания, в возможности использовать зимние и ранневесенние запасы влаги, благодаря чему озимый ячмень формирует урожайность в 1,5–2 раза выше по сравнению с яровым. В связи с усилением аридности климата на юге страны актуальным является создание раннеспелых сортов озимого ячменя, а также сортов с альтернативным типом развития (двуручек). Длина вегетационного периода (в частности период «всходы-колошение») и отзывчивость на яровизацию у ячменя контролируются генетическими системами Ppd и Vrn. При этом известно, что гены Ppd и Vrn обладают плейотропным эффектом, то есть влияют на многие признаки, в том числе на общую адаптивность и семенную продуктивность растений. Поэтому среди анализируемых признаков, зависимость которых от аллельного разнообразия генов-кандидатов требуется установить, должны присутствовать не только сроки начала колошения и отзывчивость на яровизацию, но и другие хозяйственно-ценные признаки (параметры урожайности, степень полегания и др.). Целью исследования являлось установление влияния аллельного полиморфизма изучаемых генов на изменчивость основных хозяйственно-ценных признаков. Объектом исследований являлись 94 сорта местной (Зерноград, Ростовская обл., РФ) и инорайонной селекции. Установлено, что из пяти тестируемых маркерных систем исследовательские испытания прошли успешно лишь для одной – системы маркеров для гена Vrn-H2, определяющего тип развития ячменя (озимый, яровой, двуручка). Полиморфизм гена Vrn-H2 достоверно влияет на содержание белка в зерне и устойчивость сортов к полеганию.

**Ключевые слова:** озимый ячмень, вегетационный период, маркер, аллельный полиморфизм.



## SEARCH FOR THE CORRELATION BETWEEN ALLELIC POLYMORPHISM OF THE PPD AND VRN GENES WITH THE VARIABILITY OF THE MAIN ECONOMICALLY VALUABLE TRAITS OF WINTER BARLEY

**A.V. Alabushev**<sup>1</sup>, Doctor of Agricultural Sciences, professor, academician of RAS, director, ORCID ID: 0000-0001-5675-1021;

**A.A. Dontsova**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, head of the laboratory of winter barley breeding and seed production, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;

**E.G. Filippov**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, professor associate, head of the department for barley breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926;

**D.P. Dontsov**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory of spring barley breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0001-9253-3864;

**I.N. Pepchuk**<sup>2</sup>, Candidate of Biological Sciences, senior researcher of the department for biochemistry and molecular biology, ORCID ID: 0000-0001-6568-5248;

**S.B. Teplyakova**<sup>2</sup>, junior researcher of the laboratory of monitoring of plant genetic erosion, ORCID ID: 0000-0002-5624-4245;

**E.K. Potokina**<sup>2</sup>, Doctor of Biological Sciences, main researcher of the laboratory of monitoring of plant genetic erosion, ORCID ID: 0000-0002-2578-6279

<sup>1</sup>FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

<sup>2</sup>FRC All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov

190000, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya Str., 42-44

Winter barley is an important agricultural crop whose grain is used for fodder and food purposes. The main advantage of winter barley over spring barley is in an earlier ripening period, the ability to use winter and early spring moisture reserves, due to which winter barley produces a yield in 1.5–2 times higher than spring barley. Because of increasing climate aridity in the south of the country, the

development of early ripening winter barley varieties, as well as varieties with an alternative type of development (facultative wheat) is of great importance. The length of the growing period (especially 'sprouts-earing' phase) and responsiveness to barley vernalization is controlled by the Ppd and Vrn genetic systems. It is known that the Ppd and Vrn genes have a pleiotropic effect, that is, they affect many traits, including the general adaptability and seed productivity of plants. Therefore, among the analyzed traits, the dependence of which on the allelic diversity of the genes is required to be established, there should be present not only the starting time of earing and responsiveness to vernalization, but also other economically valuable traits (productivity parameters, lodging degree, etc.). The purpose of the study was to establish the influence of allelic polymorphism of the studied genes on the variability of the main economically valuable traits. The object of the research was 94 varieties of local (Zernograd, Rostov region, Russia) and other district breeding. It has been identified that the research tests were successful for only one of the five tested marker systems. It was the marker system for the Vrn-H2 gene, which determines the type of barley development (winter, spring, facultative). The polymorphism of the Vrn-H2 gene significantly influences on the protein percentage in the kernels and on the resistance of varieties to lodging.

**Keywords:** winter barley, vegetation period, marker, allelic polymorphism.

**Введение.** Основные площади посева озимого ячменя в РФ расположены в зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения. В связи с этим урожайность данной культуры значительно варьирует по годам. Одним из лимитирующих факторов для этой зоны является устойчивость растений к различным видам засух в период вегетации (Алабушев, 2012). Наибольший ущерб приносят длительные засухи, когда с момента посева и фактически до самой уборки осадки в виде продуктивных отсутствуют, а среднесуточная температура воздуха достигает 37 °С и более (Румянцев и Глуховцев, 2011).

У раннеспелых сортов озимого ячменя налив зерн проходит в более комфортных погодных условиях по сравнению со средне- и позднеспелыми сортами.

Кроме того, в последние годы осенью складываются острозасушливые условия, в связи с чем всходы озимого ячменя появляются лишь в октябре–ноябре, при этом может наблюдаться изреженность посевов. Это может стать причиной гибели ослабленных растений в зимний период. Поэтому использование в производстве сортов-двуручек является особенно актуальным в настоящее время. При изреживании посевов ячменя весной можно произвести подсев участка семенами того же сорта, в связи с чем семеноводческая ценность посева будет сохранена.

Известно, что локус Ppd контролирует фотопериодическую чувствительность ячменя (Cockram et al, 2007). Присутствие доминантного аллеля Ppd-H1 ассоциировано с ранним колошением в условиях длинного дня. Увеличение срока вегетации связано с наличием рецессивного аллеля. При коротком дне сроки колошения контролируются геном Ppd-H2 (Laurie et al, 1995). Использование молекулярного маркирования гена Ppd-H1 также позволяет контролировать перенос желательного доминантного аллеля Ppd-H1 в скрещиваниях при выведении новых раннеспелых сортов.

Гены Vrn контролируют отзывчивость на яровизацию. Озимые генотипы ячменя (Vrn-H1, Vrn-H2, Vrn-H3) чувствительны к яровизации, яровые и сорта с альтернативным типом развития могут в разной степени реагировать на воздействие холода, но в целом яровизация не является для них необходимым условием для начала цветения.

С практической точки зрения в селекции идентификация аллелей гена Vrn-H2 является очень важной, поскольку позволит в лабораторных условиях быстро идентифицировать тип развития сортов.

Испытуемые гены-кандидаты обладают плеiotропным эффектом, то есть влияют на многие признаки, в том числе на общую адаптивность и семенную продуктивность растений. Поэтому среди анализируемых агробиологических признаков, зависимость которых от аллельного разнообразия генов-кандидатов требуется установить, должны присутствовать не только сроки начала колошения, но и другие хозяйственно-ценные признаки (параметры урожайности, продуктивности, степень полегаемости).

Цель исследования – установить влияние аллельного полиморфизма изучаемых генов на изменчивость основных хозяйственно-ценных признаков.

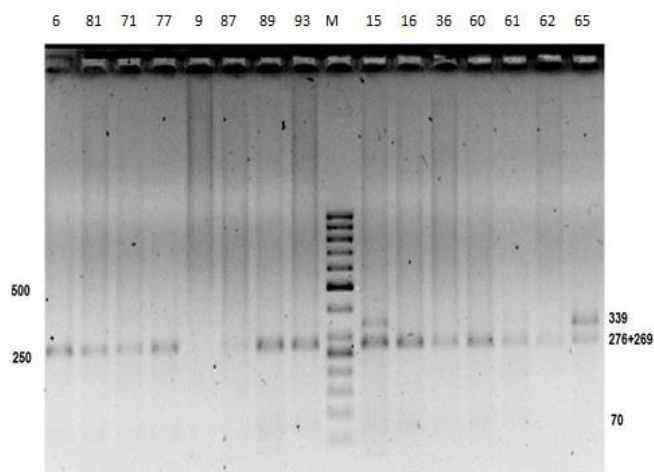
**Материалы и методы исследований.** Объектом исследований являлись 94 сорта местной (Зерноград, Ростовская обл., РФ) и инорайонной селекции. Оценку изучаемых сортов проводились в отделе селекции и семеноводства ячменя ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» в 2015–2017 гг. Изучаемые сорта высевали на делянках площадью 10 м<sup>2</sup>. Посев без повторений. Стандартом являлся сорт местной селекции Мастер.

Коллекционные образцы были проанализированы по основным хозяйственно-ценным признакам, представляющим наибольший интерес для практической селекции: урожайность, масса 1000 зерен, содержание белка в зерне, устойчивость к полеганию и длительность периода «всходы–колошение». Массу 1000 зерен определяли согласно ГОСТу 10842-89. Содержание белка в зерне – по ГОСТу 10846-91. Оценку по устойчивости к полеганию проводили согласно Международному классификатору СЭВ рода *Hordeum* L. (1983) по 5-балльной шкале: 1 – очень низкая, 2 – низкая, 3 – средняя, 4 – высокая, 5 – очень высокая. Длительностью периода «всходы–колошение» является сумма дней от фазы «полные всходы» до фазы «полное колошение», включая зимний период.

Для проведения молекулярно-генетического скрининга изучаемых образцов семена озимого ячменя обеззараживали 2 минуты в 5% растворе KMnO<sub>4</sub>, затем тщательно промывали дистиллированной водой и проращивали на влажной фильтровальной бумаге в чашках Петри в течение 4–5 дней при 25 °С. Геномную ДНК выделяли из листьев ячменя по стандартной методике с использованием СТАВ-буфера (Saghai-Marooft et al, 1984). Качество и количество выделенной ДНК проверяли с помощью спектрофотометра Shimadzu UV mini-1240. ПЦР проводили в амплификаторе GeneAmp PCR system 9700. Визуализацию продуктов ПЦР проводили с помощью электрофореза в 1,3% агарозном геле с добавлением 1% раствора бромистого этидия в 0,5×TBE буфере (90V на 14,5 см).

Для статистической оценки достоверного (недостоверного) различия по показателям полевой оценки между сортами-носителями альтернативных аллелей генов Ppd и Vrn использовали непараметрический U-критерий Манна–Уитни. Достоверность различий подтверждается на 5% уровне значимости.

**Результаты и их обсуждение.** Аллели Ppd-H1 выявляли с помощью ПЦР и последующего рестрикционного анализа (Злотина и др., 2013). В результате проведения анализа был получен продукт ожидаемого размера 620 п.н., содержащий функциональный SNP15. После обработки ПЦР-продукта рестриктазой MspI размеры ДНК фрагментов рецессивной аллели Ppd-H1 составили 276 + 339 п.н., для доминантной аллели Ppd-H1 – 276 + 269 + 70 п.н. (рис. 1).



**Рис. 1.** Выявление доминантного (276 + 269 + 70 п.н.) и рецессивного (276 + 339 п.н.) аллелей гена Ppd-H1 с помощью CAPS маркера у сортов озимого ячменя

**Fig. 1.** Identification of dominant (276 + 269 + 70 p.n.) and recessive (276 + 339 p.n.) alleles of Ppd-H1 gene with CAPS marker in winter barley varieties

Удовлетворительные результаты были получены для 91 из 94 сортов. У всех проанализированных образцов (за исключением четырех) был идентифицирован доминантный аллель Ppd-H1.

Для статистической оценки достоверного (недостаточного) различия по показателям полевой оценки

между сортами-носителями альтернативных аллелей генов были использованы параметрические (дисперсионный анализ) или непараметрические критерии. Влияния аллельного полиморфизма гена Ppd-H1 на изменчивость хозяйственно-ценных признаков озимого ячменя не выявлено (табл. 1).

**1. Влияние доминантного (D) и рецессивного аллеля (R) гена фотопериодической чувствительности Ppd-H1 на изменчивость пяти хозяйственно-ценных признаков у озимых сортов ячменя по результатам U-критерия Манна-Уитни**

**1. The effect of dominant (D) and recessive (R) allele of photoperiodic sensitivity gene Ppd-H1 on variability of five economically valuable traits of winter barley varieties based on the results of Mann-Whitney U-test**

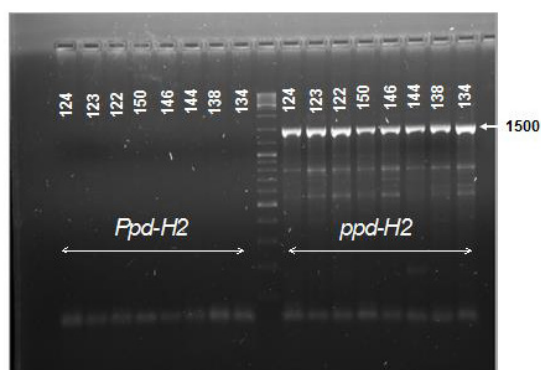
| Аллели гена Ppd-H1             | p-level |
|--------------------------------|---------|
| Урожайность, т/га              | 0,52    |
| Масса 1000 зерен, г            | 0,25    |
| Содержание белка, %            | 0,85    |
| Устойчивость к полеганию, балл | 0,32    |
| Период «всходы-колошение», дни | 0,37    |

В результате молекулярного скрининга сортов озимого ячменя было установлено, что аллели Ppd-H1 при осеннем посеве не оказывают достоверного влияния на хозяйственно-ценные признаки.

Так как среди испытуемых сортов селекции АНЦ «Донской» были представлены как озимые формы, так и сорта-двуручки, вся выборка была проанализирована на предмет аллельного разнообразия гена Ppd-H2. По результатам проведения ПЦР с аллель-специфичными праймерами для рецессивной аллели был получен ПЦР-фрагмент ожидаемого размера (1500 п.н.). Тестирование тех же образцов на доминантный аллель не выявило ПЦР-продукта (рис. 2).

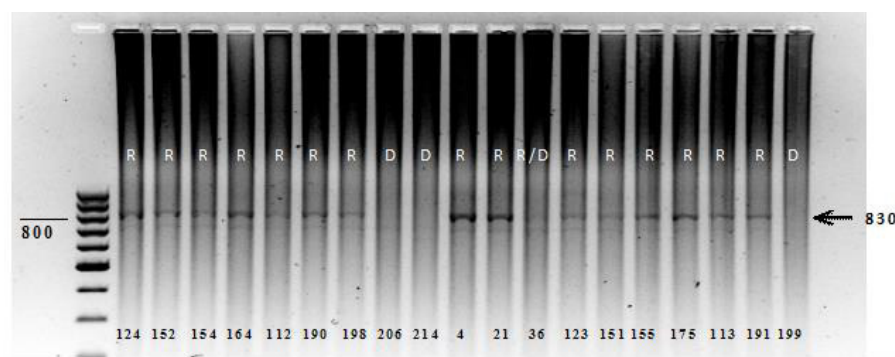
Было установлено, что в пределах изучаемой выборки отсутствует аллельный полиморфизм изучаемого гена Ppd-H2, так как все сорта несут рецессивный аллель. Таким образом, изучить влияние аллелей этого гена на изменчивость хозяйственно-ценных признаков не представляется возможным.

«Озимый» рецессивный аллель Vrn-H1 выявляет амплификация фрагмента последовательности гена с парой праймеров № 1 размером 830 п.н. Отсутствие амплификации свидетельствует о наличии доминантного аллеля Vrn-H1 (рис. 3).



**Рис. 2.** Выявление доминантного (праймеры HvFT3-F и HvFT3-R) и рецессивного (праймеры HvFT3-F4 и HvFT3-R1) аллелей гена Ppd-H2 с помощью аллель-специфичной ПЦР у сортов озимого ячменя

**Fig. 2.** Identification of dominant (primers HvFT3-F and HvFT3-R) and recessive (primers HvFT3-F4 and HvFT3-R1) alleles of Ppd-H2 gene with allele specific PCR in winter barley varieties



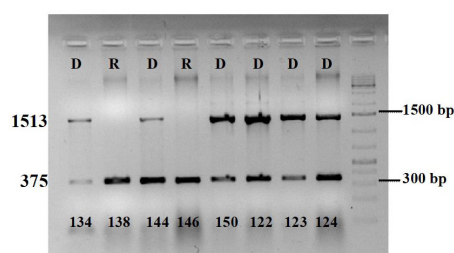
**Рис. 3.** Выявление рецессивного (830 п.н.) и доминантного (отсутствие амплификации) аллелей гена VRN-H1 с помощью аллель-специфичной ПЦР у озимых сортов ячменя и сортов-двуручек

**Fig. 3.** Identification of recessive (830 p.n.) and dominant (no amplification) alleles of VRN-H1 gene with allele specific PCR in winter barley varieties and facultative varieties

Испытание маркера на выборке 94 сортов позволило провести успешную амплификацию для 90 сортов (96%), 68 сортов имели характерный для озимых форм рецессивный аллель, у 12 сортов встречаются генотипы с доминантным аллелем *Vrn-H1*. Статистический анализ ассоциации между полиморфизмом гена *Vrn-H1* и изменчивостью хозяйственно-ценных признаков сортов озимого ячменя показал, что аллели *Vrn-H1*, рассматриваемые вне комбинации с аллелями других генов *Vrn*, достоверно не влияют ни на один из изученных хозяйственно-ценных признаков.

В случае доминантной аллели *Vrn-H2* синтезируется продукт размером 1500 bp. В случае рецессивной аллели ПЦР-продукт отсутствует. Для того чтобы различить рецессивную аллель и неудачную ПЦР, были подобраны условия для мультиплексной ПЦР со второй парой праймеров *HvSnf2.01F* (5'-cctgaagcgagtatccatg) и *HvSnf2.03R* (5'-gctgattgtttgtggccagg-3'), амплифицирующей фрагмент *HvSnf2* размером 400 bp, который располагается в том же локусе *Vrn-H2* (Zitzewitz et al, 2005).

На рисунке 4 представлены результаты молекулярно-генетического скрининга испытуемой выборки сортов ячменя с аллель-специфичными праймерами для рецессивного и доминантного аллеля гена *Vrn-H2*.



**Рис. 4.** Выявление рецессивного (375 п.н.) и доминантного (1513 п.н. + 375 п.н.) аллелей гена *Vrn-H2* с помощью аллель-специфичной ПЦР у озимых сортов ячменя и сортов-двуручек

**Fig. 4.** Identification of recessive (375 p.n.) and dominant (1513 p.n. + 375 p.n.) alleles of VRN-H2 gene with allele specific PCR in winter barley varieties and facultative varieties

Статистический анализ ассоциации между полиморфизмом гена *Vrn-H2* и изменчивостью хозяйственно-ценных признаков сортов ячменя представлен в таблице 2.

## 2. Влияние доминантного (D) и рецессивного аллеля (R) гена *Vrn-H2* на изменчивость пяти хозяйственно-ценных признаков у озимых сортов ячменя по результатам U-критерия Манна-Уитни

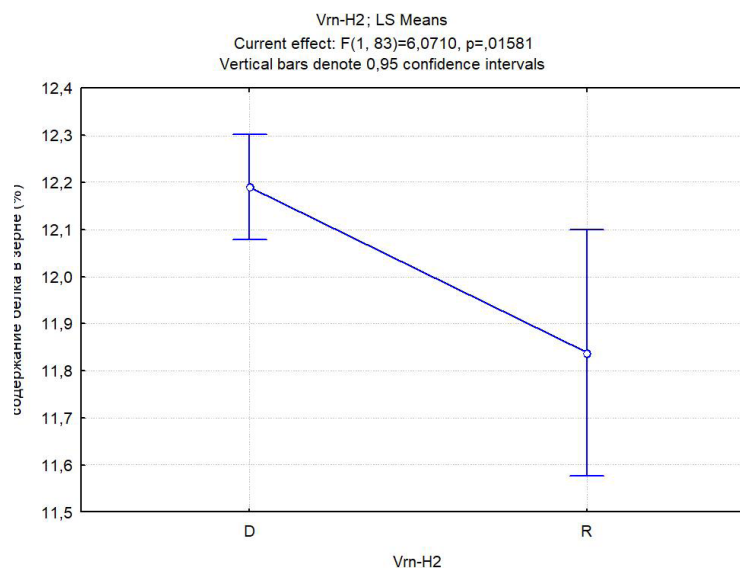
### 2. The effect of dominant (D) and recessive (R) allele of VRN-H2 gene on variability of five economically valuable traits of winter barley varieties based on the results of Mann-Whitney U-test

| Аллели гена VRN-H2             | p-level |
|--------------------------------|---------|
| Урожайность, т/г               | 0,3206  |
| Масса 1000 зерен, г            | 0,3868  |
| Содержание белка, %            | 0,0159  |
| Устойчивость к полеганию, балл | 0,0121  |
| Период «всходы-колошение», дни | 0,8983  |

Установлено, что аллельное состояние гена *Vrn-H2* достоверно ( $p < 0,5$ ) влияет на изменчивость признаков «содержание белка в зерне» и «устойчивость к полеганию». В селекционной практике для создания пивоваренных сортов необходимо использовать в гибридизации носители рецессивной аллели, так как для них характерно меньшее накопление белка в зерне. Для создания фуражных сортов ячменя рекомендуется вовлекать в селекцион-

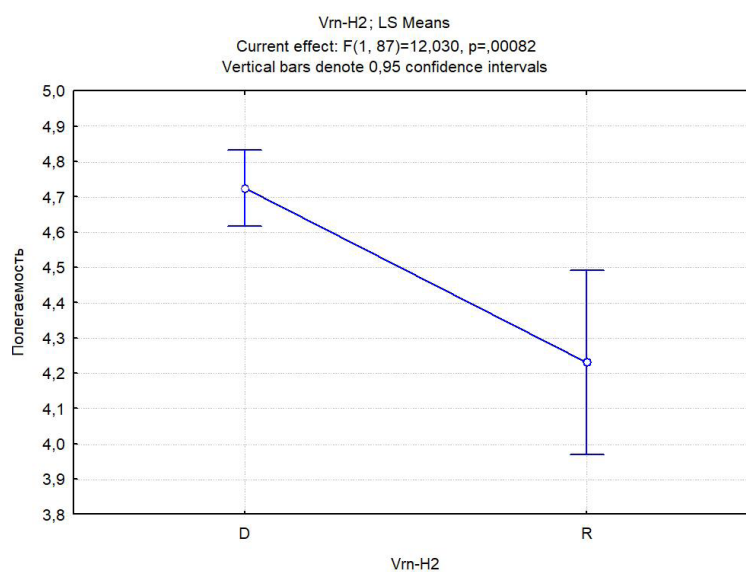
ный процесс сорта-носители доминантной аллели (рис. 5, 6).

В результате ПЦР с праймерами *HvFT1-F* и *HvFT1-R* гена *Vrn-H3* амплифицируется продукт, ожидаемый размер которого составляет 350 п.н. После обработки ПЦР-продукта рестриктазой *Ksp22I* размеры фрагментов для рецессивного аллеля составляют 211 и 138 п.н. Для доминантного аллеля размеры разрезанных фрагментов составляют 138, 142 и 69 п.н. (рис. 7).



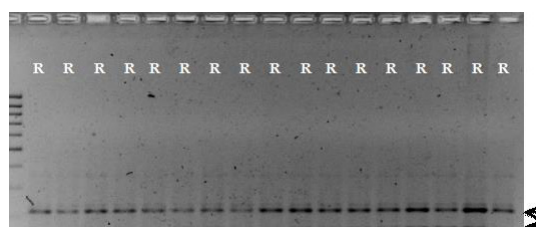
**Рис. 5.** Сравнение средних показателей признака «содержание белка в зерне» (%) у сортов ячменя носителей доминантной (D) и рецессивной (R) аллели гена Vrn-H2

**Fig. 5.** Comparison of average indicators of the trait 'protein content in kernels' (%) in barley varieties with dominant (D) and recessive (R) allele of Vrn-H2 gene



**Рис. 6.** Сравнение средних показателей признака «устойчивость к полеганию» у сортов ячменя носителей доминантной (D) и рецессивной (R) аллели гена Vrn-H2

**Fig. 6.** Comparison of average indicators of the trait 'resistance to lodging' in barley varieties with dominant (D) and recessive (R) allele of Vrn-H2 gene



**Рис. 7.** Выявление рецессивной (211 п.н. + 138 п.н.) аллели гена Vrn-H3 с помощью CAPS-маркера у сортов озимого ячменя

**Fig. 7.** Identification of recessive (211 p.n. + 138 p.n.) alleles of Vrn-H3 gene with CAPS marker in winter barley varieties

Молекулярно-генетический скрининг всей испытуемой выборки сортов показал, что у всех сортов присутствует рецессивный аллель Vrn-H3, носителей доминантной аллели не выявлено.

В результате проведенных исследовательских испытаний тест-систем функциональных молекулярных маркеров генов-кандидатов выявлено, что

полиморфизм гена Vrn-H2 достоверно влияет на содержание белка в зерне и устойчивость сортов к полеганию.

Результаты проведенных исследовательских испытаний тест-систем функциональных молекулярных маркеров генов-кандидатов приведены в итоговой таблице 3.

### 3. Карта исследовательских испытаний тест-систем функциональных молекулярных маркеров генов-кандидатов

#### 3. The research map of test-systems of functional molecular markers of candidate genes

| Маркируемые гены | Технические критерии |                   |               |                      | Критерий ассоциации с агрономическими признаками (p-value) |                     |                     |                                |                                |
|------------------|----------------------|-------------------|---------------|----------------------|------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                  | чувствительность     | воспроизводимость | специфичность | уровень полиморфизма | урожайность, т/га                                          | масса 1000 зерен, г | содержание белка, % | устойчивость к полеганию, балл | период «всходы–колошение», дни |
| Ppd-H1           | 95%                  | 100%              | 100%          | 20%                  | 0,52                                                       | 0,26                | 0,85                | 0,32                           | 0,37                           |
| Ppd-H2           | 100%                 | 100%              | 100%          | 0                    | nd                                                         | nd                  | nd                  | nd                             | nd                             |
| Vrn-H1           | 96%                  | 100%              | 100%          | 15%                  | 0,99                                                       | 0,60                | 0,13                | 0,31                           | 0,19                           |
| Vrn-H2           | 95%                  | 100%              | 100%          | 25%                  | 0,32                                                       | 0,39                | <u>0,02</u>         | <u>0,01</u>                    | 0,90                           |
| Vrn-H3           | 100%                 | 100%              | 100%          | 0                    | nd                                                         | nd                  | nd                  | nd                             | nd                             |

**Выводы.** Установлено, что из пяти тестируемых маркерных систем исследовательские испытания прошли успешно лишь для одной – системы маркеров для гена Vrn-H2, определяющего тип развития яч-

меня (озимый, яровой, двуручка). Полиморфизм гена Vrn-H2 достоверно влияет на содержание белка в зерне и устойчивость сортов к полеганию.

#### Библиографические ссылки

1. Алабушев А.В. Состояние и пути повышения эффективности растениеводства. Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2012. 384 с.
2. Злотина М.М., Ковалева О.Н., Лоскутов И.Г., Потоккина Е.К. Использование аллель-специфичных маркеров генов Ppd и Vrn для прогнозирования продолжительности вегетационного периода сортов ячменя // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. № 17 (1). С. 50–62.
3. Международный классификатор СЭВ рода *Hordeum* L. Ленинград, 1983. 55 с.
4. Румянцев А.В., Глуховцев В.В. Сорта зерновых и кормовых культур как основа инновационных технологий в растениеводстве и экономической устойчивости сельскохозяйственного производства. Новые сорта сельскохозяйственных культур – составная часть инновационных технологий в растениеводстве. Орел: Картуш, 2011. 40 с.
5. Cockram J., Norris C., O'Sullivan D.M. PCR-based markers diagnostic for spring and winter seasonal growth habit in barley // Crop Science. 2007. V. 49. pp. 403–410.
6. Laurie D.A., Pratchett N., Snape J.W. and Bezant J.H. RFLP mapping of five major genes and eight quantitative trait loci controlling flowering time in a winter × spring barley (*Hordeum vulgare* L.) cross. Genome, 1995. V. 38 (3). pp. 575–585.
7. Saghai-Maroo M.A., Soliman K.M., Jorgensen R.A. and Allard R.W. Ribosomal DNA spacer-length polymorphisms in barley: Mendelian inheritance, chromosomal location, and population dynamics. Proc. Natl Acad. Sci. USA. 1984. V. 81. pp. 8014–8018.
8. Zitzewitz J., Szucs P., Dubcovsky J., Yan L., Francia E., Pecchioni N., Casas A., Chen T.H.H., Hayes P.M., Skinner J.S. Molecular and structural characterization of barley vernalization genes. Plant Molecular Biology. 2005. V. 59. pp. 449–467.

#### References

1. Alabushev A.V. Sostoyanie i puti povysheniya effektivnosti rastenievodstva [The state and ways to improve the efficiency of plant production]. Rostov-na-Donu: ZAO «Kniga», 2012. 384 s.
2. Zlotina M.M., Kovaleva O.N., Loskutov I.G., Potokina E.K. Ispol'zovanie al-lel'-specifichnykh markerov genov Ppd i Vrn dlya prognozirovaniya prodolzhitel'nosti vegetacionnogo perioda sortov yachmenya [Use of allele-specific markers of the Ppd and Vrn genes to predict the length of barley growing period] // Vavilovskiy zhurnal genetiki i selekcii. 2013. № 17 (1). S. 50–62.
3. Mezhdunarodnyj klassifikator SEV roda *Hordeum* L. [The international classifier of the COMECON of the genus *Hordeum* L.] Leningrad, 1983. 55 s.

4. Rumyanцев A.V., Gluhovcev V.V. Sorta zemovyh i kormovyh kul'tur kak osnova innovacionnyh tekhnologij v rastenievodstve i ekonomicheskoj ustojchivosti sel'sko-hozyajstvennogo proizvodstva. Novye sorta sel'skohozyajstvennyh kul'tur – sostavnaya chast' innovacionnyh tekhnologij v rastenievodstve [Varieties of grain and forage crops as the basis of innovative technologies in plant production and economic sustainability of agricultural production. New grain crop varieties are an integral part of innovative technologies in plant production]. Orel: Kartush, 2011. 40 s.
5. Cockram J., Norris C., O'Sullivan D.M. PCR-based markers diagnostic for spring and winter seasonal growth habit in barley // Crop Science. 2007. V. 49. pp. 403–410.
6. Laurie D.A., Pratchett N., Snape J.W. and Beazant J.H. RFLP mapping of five major genes and eight quantitative trait loci controlling flowering time in a winter × spring barley (*Hordeum vulgare* L.) cross. *Genome*, 1995. V. 38 (3). pp. 575–585.
7. Saghai-Maroo M.A., Soliman K.M., Jorgensen R.A. and Allard R.W. Ribosomal DNA spacer-length polymorphisms in barley: Mendelian inheritance, chromosomal location, and population dynamics. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*. 1984. V. 81. pp. 8014–8018.
8. Zitzewitz J., Szucs P., Dubcovsky J., Yan L., Francia E., Pecchioni N., Casas A., Chen T.H.H., Hayes P.M., Skinner J.S. Molecular and structural characterization of barley vernalization genes. *Plant Molecular Biology*. 2005. V. 59. pp. 449–467.

**Критерии авторства.** Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЭЛЕМЕНТЫ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ СОРТОВ И ЛИНИЙ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В КОНКУРСНОМ СОРТОИСПЫТАНИИ В УСЛОВИЯХ «АНЦ «ДОНСКОЙ»

**С.Н. Громова**, аспирант, LavrvaSVN@mail.ru, ORCID ID:0000-0002-8627-279X;

**О.В. Скрипка**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, ORCID ID: 0000-0002-4409-4542;

**А.П. Самофалов**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, ORCID ID: 0000-0002-1709-2808;

**С.В. Подгорный**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, ORCID ID: 0000-0002-8438-1327;

**О.А. Некрасова**, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, ORCID ID: 0000-0002-6183-8312;

**В.Л. Чернова**, агроном лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, ORCID ID:0000-0002-0451-2711

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Исследования проводили в 2016–2017 гг. на базе ФГБНУ «АНЦ «Донской» с целью изучения сортов и перспективных линий озимой мягкой пшеницы интенсивного типа по урожайности и хозяйственно-ценным признакам. По урожайности за годы изучения выделились сорта и линии: Донская степь, 1005/14 и 1074/14, прибавки к стандарту Ермек составили от 0,52 до 1,38 т/га ( $HCP_{05}=0,47$  т/га). Анализ результатов показал, что максимальное количество продуктивных стеблей на единицу площади сформировали сорта: Юбилей Дона (582 шт./м<sup>2</sup>) и Этьюд (569 шт./м<sup>2</sup>) (со средним значением стандартного сорт Ермек (488 шт./м<sup>2</sup>). По длине колоса, количеству зерен в колосе и массе зерна с колоса выделялся сорт Кипчак (10,39 см; 43,05 шт. и 1,87 г соответственно). У других сортов масса зерна с колоса изменялась от 1,36 г (Шеф) до 1,87 г (Аксинья). Масса зерна с одного растения колебалась от 2,86 (Шеф) до 3,68 г (1074/14). Количество зерен с одного растения у изучаемых сортов изменялось от 67,2 шт. (Шеф) до 87,2 шт. (1005/14). Самый высокий показатель массы зерна с растения был отмечен у линии 1074/14 (3,68 г). По числу зерен на растении выделялась линия 1005/14 (87,2 шт.).

**Ключевые слова:** озимая пшеница, корреляция, продуктивность, структурный анализ.



## PRODUCTIVITY AND ITS STRUCTURE ELEMENTS OF THE WINTER SOFT WHEAT VARIETIES AND LINES IN THE COMPETITIVE VARIETY-TESTING CONDUCTED BY THE ARC "DONSKOY"

**S.N. Gromova**, post graduate, LavrvaSVN@mail.ru, ORCID ID:0000-0002-8627-279X;

**O.V. Skripka**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of the breeding and seed-growing of winter soft wheat of intensive type, ORCID ID: 0000-0002-4409-4542;

**A.P. Samofalov**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of the breeding and seed-growing of winter soft wheat of intensive type, ORCID ID: 0000-0002-1709-2808;

**S.V. Podgorny**, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory of the breeding and seed-growing of winter soft wheat of intensive type, ORCID ID: 0000-0002-8438-1327;

**O.A. Nekrasova**, Candidate of Agricultural Sciences, junior researcher of the laboratory of the breeding and seed-growing of winter soft wheat of intensive type, ORCID ID: 0000-0002-6183-8312;

**V.L. Chernova**, agronomist of the laboratory of the breeding and seed-growing of winter soft wheat of intensive type, ORCID ID:0000-0002-0451-2711

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The researches were conducted in 2016–2017 by the FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy" to study varieties and promising lines of winter wheat of intensive type according to their productivity and economically valuable traits. According to productivity through the years of study the variety 'Donskaya Step' and the lines '1005/14' and '1074/14' have been identified with a yield increase from 0.52 to 1.38 t/ha ( $HCP_{05}=0.47$  t/ha) compared to the standard variety 'Erma'. The analysis showed that the maximum number of productive stems per unit area was formed by the varieties 'Yubiley Dona' (582 pcs / m<sup>2</sup>) and 'Etyud' (569 pcs / m<sup>2</sup>) in comparison to the average value of the standard variety 'Erma' (488 pcs / m<sup>2</sup>). According to 'length of an ear', 'number of kernels per ear' and 'kernels' weight per ear' there was identified the variety 'Kipchak' (10.39 cm; 43.05 pieces and 1.87 g respectively). 'Kernels' weight per ear' of the other varieties varied from 1.36 g ('Shef') to 1.87 g ('Aksiniya'). 'Grain weight per plant' ranged from 2.86g ('Shef') to 3.68g ('1074/14'). 'Number of kernels per plant' of the studied varieties varied from 67.2 pcs ('Shef') to 87.2 pcs ('1005/14'). The line '1074/14' showed the largest index of 'grain weight per plant' (3.68g). The line '1005/14' was the best in 'number of kernels per ear' (87.2 pcs).

**Keywords:** winter wheat, correlation, productivity, structural analysis.

**Введение.** Озимая пшеница – основная зерновая и фуражная культура почти во всех природно-климатических зонах Российской Федерации и на Дону. Главным резервом повышения урожайности является создание и внедрение в производство новых высокоурожайных

сортов, а также соблюдение технологии их возделывания. Одним из важнейших производителей зерна является Ростовская область, посевные площади которой составляют 2,2–2,5 млн га, тем самым определяя экономическую политику региона (Марченко и др., 2018).

Целью селекции озимой пшеницы является получение новых высокопродуктивных сортов, которые должны совмещать в одном сорте важные хозяйственно-полезные и биологические признаки. Однако многие из них трудносовместимы и связаны отрицательной корреляцией между собой. Поэтому решение проблемы совмещения в одном растении комплекса ценных хозяйственно-биологических свойств является главной задачей селекционеров (Марченко и др., 2013).

Успешное развитие современного зернового хозяйства невозможно без вовлечения в производство новых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, в том числе сортов озимой пшеницы. Их внедрение является наименее затратным и одним из самых эффективных способов увеличения производства продукции растениеводства и улучшения ее качества (Рыбась и др., 2018).

Целью данной работы являлось изучение сортов и перспективных линий озимой мягкой пшеницы интенсивного типа по хозяйственно-ценным признакам и урожайности в условиях «АНЦ «Донской».

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводили на базе ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2016–2017 гг. Материалом для исследований служили перспективные сорта и линии озимой мягкой пше-

ницы интенсивного типа в КС-1. В качестве стандарта использовали сорт Ермак.

Опыты закладывали согласно методике полевого опыта (Доспехов, 2014). Посев проводили навесной сеялкой «Wintersteiger Plotseed». Норма высева – 4,5 млн всхожих зерен на 1 га, глубина заделки – 5–6 см. Площадь делянки – 10 м<sup>2</sup>, повторность – 6-кратная. Уборку урожая проводили малогабаритным комбайном «Wintersteiger Classic». Структурный анализ проводили на закрепленных площадках площадью 0,25 м<sup>2</sup> в 4-кратной повторности в период конца восковой – начала полной спелости зерна.

**Результаты и их обсуждение.** В 2016 г. урожайность сортов и линий озимой мягкой пшеницы находилась в пределах от 6,63 т/га у сорта Эюд до 8,74 т/га у линии 1005/14. По урожайности выделилась линия 1005/14, остальные сорта и линии были на уровне или уступали ( $HCP_{05}=0,35$  т/га) (табл. 1).

В 2017 г. урожайность колебалась от 10,29 т/га у сорта Бонус до 12,50 т/га у линии 1005/14. Достоверно по урожайности превысили стандартный сорт Ермак (10,57 т/га) 8 сортов ( $HCP_{05}=0,31$  т/га), прибавки составили от 0,43 до 1,91 т/га.

Средняя урожайность изучаемых сортов и линий озимой мягкой пшеницы за годы исследований варьировала от 8,67 т/га у сорта Эюд до 10,62 т/га у линии 1005/14.

#### 1. Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы интенсивного типа в КС-1 (2016–2017 гг.)

##### 1. Productivity of the varieties of winter soft wheat of intensive type in KS-1 (2016–2017)

| Сорт/линия               | Годы              |            |                   |            | Среднее | ± к Ермаку |
|--------------------------|-------------------|------------|-------------------|------------|---------|------------|
|                          | 2016              |            | 2017              |            |         |            |
|                          | Урожайность, т/га | ± к Ермаку | Урожайность, т/га | ± к Ермаку |         |            |
| Ермак, стандарт          | 7,94              | –          | 10,57             | –          | 9,24    | –          |
| Аксинья                  | 7,64              | –0,31      | 10,38             | –0,21      | 9,01    | –0,23      |
| Находка                  | 7,14              | –0,81      | 10,63             | 0,04       | 8,89    | –0,35      |
| Кипчак                   | 7,41              | –0,54      | 11,00             | 0,41       | 9,21    | –0,03      |
| Бонус                    | 8,03              | 0,08       | 10,29             | –0,30      | 6,16    | –0,08      |
| Казачка                  | 7,96              | 0,01       | 10,72             | 0,13       | 9,34    | 0,10       |
| Лучезар                  | 7,60              | –0,35      | 11,49             | 0,90       | 9,55    | 0,31       |
| Этюд                     | 6,63              | –1,32      | 10,70             | 0,11       | 8,67    | –0,57      |
| Шеф                      | 7,20              | –0,75      | 10,70             | 0,11       | 8,95    | –0,29      |
| Донская степь            | 8,11              | 0,16       | 11,83             | 1,24       | 9,97    | 0,73       |
| Юбилей Дона              | 7,87              | –0,08      | 11,51             | 0,92       | 9,69    | 0,45       |
| 1237/13                  | 7,64              | –0,31      | 11,04             | 0,45       | 9,34    | 0,10       |
| 1261/13                  | 7,84              | –0,11      | 11,10             | 0,51       | 9,47    | 0,23       |
| 1005/14                  | 8,74              | 0,79       | 12,50             | 1,91       | 10,62   | 1,38       |
| 1074/14                  | 8,10              | 0,15       | 11,41             | 0,82       | 9,76    | 0,52       |
| 1182/14                  | 8,16              | 0,21       | 11,22             | 0,63       | 9,69    | 0,45       |
| Средняя по опыту         | 7,75              | –          | 11,07             | –          | 9,41    | –          |
| НСР <sub>05</sub> , т/га | 0,35              | –          | 0,31              | –          | 0,47    | –          |

По урожайности за 2 года изучения выделились сорт Донская степь и линии 1005/14 и 1074/14, прибавки у которых к стандарту Ермак составили 0,73, 1,38 т/га и 0,52 соответственно ( $HCP_{05}=0,47$  т/га).

Анализируя в целом результаты сравнительного изучения сортов и линий озимой мягкой пшеницы по элементам продуктивности стеблей, в среднем

за годы исследований установлено, что максимальное количество продуктивных стеблей на единицу площади сформировали сорта Юбилей Дона (582 шт./м<sup>2</sup>), Этюд (569 шт./м<sup>2</sup>) и Шеф (538 шт./м<sup>2</sup>) ( $S_{откл.}=40,3$  шт./м<sup>2</sup>). Стандартный сорт Ермак сформировал 488 шт./м<sup>2</sup> продуктивных стеблей (табл. 2).

## 2. Элементы структуры урожая сортов и линий озимой мягкой пшеницы в КСИ (2016–2017 гг.)

### 2. Elements of yield structure of winter soft wheat varieties and lines in KS-1 (2016–2017)

| Сорт / Линия    | Количество продуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup> | Колос     |                |                       |                          | Растение       |                       |
|-----------------|-----------------------------------------------------|-----------|----------------|-----------------------|--------------------------|----------------|-----------------------|
|                 |                                                     | длина, см | масса зерна, г | количество зерен, шт. | количество колосков, шт. | масса зерна, г | количество зерен, шт. |
| Ермак, стандарт | 488                                                 | 8,5       | 1,80           | 37,4                  | 18,7                     | 3,41           | 70,8                  |
| Аксинья         | 441                                                 | 8,7       | 1,87           | 40,0                  | 18,7                     | 3,56           | 76,1                  |
| Находка         | 463                                                 | 7,8       | 1,42           | 32,2                  | 17,8                     | 3,35           | 67,7                  |
| Кипчак          | 482                                                 | 10,4      | 1,87           | 43,1                  | 21,8                     | 3,62           | 83,7                  |
| Бонус           | 442                                                 | 8,2       | 1,54           | 34,7                  | 17,8                     | 3,17           | 71,1                  |
| Казачка         | 470                                                 | 9,6       | 1,70           | 37,1                  | 20,2                     | 3,42           | 72,8                  |
| Лучезар         | 493                                                 | 7,3       | 1,52           | 34,7                  | 18,8                     | 3,17           | 72,5                  |
| Этюд            | 569                                                 | 7,7       | 1,68           | 36,6                  | 16,4                     | 3,49           | 75,7                  |
| Шеф             | 538                                                 | 8,0       | 1,36           | 32,0                  | 19,2                     | 2,86           | 67,2                  |
| Донская степь   | 500                                                 | 7,8       | 1,79           | 38,5                  | 18,7                     | 3,50           | 75,1                  |
| Юбилей Дона     | 582                                                 | 7,7       | 1,52           | 34,6                  | 17,2                     | 3,38           | 79,2                  |
| 1237/13         | 476                                                 | 9,5       | 1,70           | 36,0                  | 19,0                     | 3,32           | 71,6                  |
| 1261/13         | 522                                                 | 8,4       | 1,69           | 35,7                  | 18,7                     | 3,38           | 71,4                  |
| 1005/14         | 526                                                 | 8,5       | 1,71           | 40,8                  | 20,6                     | 3,64           | 87,2                  |
| 1074/14         | 492                                                 | 8,3       | 1,75           | 38,5                  | 19,2                     | 3,68           | 78,8                  |
| 1182/14         | 508                                                 | 8,6       | 1,56           | 34,1                  | 19,8                     | 3,30           | 71,7                  |
| $\bar{x}$       | 500                                                 | 8,4       | 1,66           | 36,6                  | 18,9                     | 3,39           | 74,5                  |
| S откл.         | 40,3                                                | 0,8       | 0,2            | 3,0                   | 1,3                      | 0,2            | 5,5                   |
| V, %            | 8,1                                                 | 9,5       | 9,2            | 8,3                   | 6,9                      | 6,1            | 7,3                   |

Важным элементом продуктивности колоса является его длина. Данный признак сильно изменяется в зависимости от сортовых особенностей. Это подтверждается и результатами конкурсного сортоиспытания в «АНЦ «Донской». По длине колоса выделился сорт Кипчак (10,4 см), а сорт Лучезар имел небольшой колос (7,3 см). По этому признаку стандарт Ермак превысил сорта Кипчак – 10,4 см, Казачка – 9,6 см и линия 1237/13 – 9,5 см ( $S_{откл.} = 0,8$  см).

Изучаемые сорта и линии различались по количеству зерен в колосе и на одном растении. У стандарта было сформировано в колосе 37,4 шт., а на растении – 70,8 шт. зерен. По количеству зерен в колосе выделился сорт Кипчак (43,1 шт.), а с растения – линия 1005/14 (87,2 шт.). Минимальное количество зерен с колоса и с растения сформировал сорт Шеф – 32,0 и 67,2 шт. соответственно.

Масса зерна с колоса и растения зависит от генотипа сорта и условий выращивания. Наиболее высокая масса зерна с колоса была отмечена у сортов Ак-

синья и Кипчак (1,87 г), а наименьшая – у сорта Шеф (1,36 г) при среднем значении стандарта Ермак 1,80 г.

Масса зерна с одного растения колебалась от 2,86 (Шеф) до 3,68 г (1074/14). Превысили стандарт Ермак по этому признаку Кипчак – 3,62 г, 1005/14 – 3,64 г и 1074/14 – 3,68 г ( $S_{откл.} = 0,20$  г).

Структурный анализ изучаемых сортов показал, что их урожайность формировалась за счет различных элементов. Так, например, у сорта Кипчак она была обусловлена длиной колоса, массой зерна с колоса и количеством зерен в колосе; у линии 1005/14 – количеством продуктивных стеблей, количеством зерен в колосе, массой зерна с растения и количеством зерен с растения.

В среднем за годы исследований коэффициент вариации по всем признакам элементов структуры урожая обладал наименьшей величиной изменчивости.

В результате проведенного корреляционного анализа установлено, что урожайность имеет положи-

тельные средние связи с количеством зерен с колоса ( $r = 0,30 \pm 0,25$ ) и растения ( $r = 0,43 \pm 0,24$ ), с массой зерна с растения ( $r = 0,41 \pm 0,24$ ), с количеством продуктивных стеблей ( $r = 0,39 \pm 0,25$ ) и количеством колосков в колосе ( $r = 0,39 \pm 0,25$ ) (рис. 1).

**Выводы.** В результате исследований по ряду хозяйственно-ценных признаков были выделены сорта и линии для использования в селекции в качестве генетических источников отдельных признаков:

– по урожайности выделились Донская степь, 1005/14 и 1074/14;  
– по количеству продуктивных стеблей – Юбилей Дона, Этюд и Шеф;  
– по длине колоса – Кипчак, Казачка и 1237/13;  
– по количеству зерен с колоса и с растения – Кипчак и 1005/14;  
– по массе зерна с колоса и с растения – Аксинья, Кипчак, 1005/14 и 1074/14.

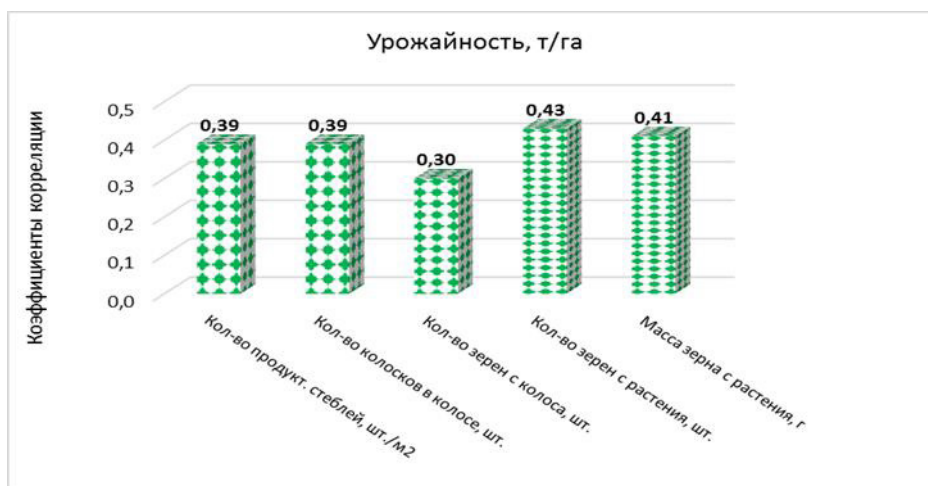


Рис. 1. Коэффициенты корреляции между урожайностью зерна и элементами ее структуры (2016–2017 гг.)

Fig.1. Correlation coefficients between grain productivity and elements of its structure (2016–2017)

#### Библиографические ссылки

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5 изд., перераб. и допол. Стереотип изд. М.: Альянс, 2014. 351 с.
2. Марченко Д.М., Скрипка О.В., Самафалова Н.Е. и др. Сорта озимой мягкой и твердой пшеницы: каталог. Ростов-на-Дону, 2018. 56 с.
3. Марченко Д.М., Костылев П.И., Гричаникова Т.А. Корреляционный анализ в селекции озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2013. № 3 (27). С. 28–32.
4. Рыбась И.А., Марченко Д.М., Некрасов Е.И. и др. Оценка параметров адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2018. №4 (58). С. 51–54. DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-58-4-51-54>.

#### References

1. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basis of statistic processing of the study results)]. 5 izd., pererab. i dopol. Stereotip izd. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
2. Marchenko D.M., Skripka O.V., Samafalova N.E. i dr. Sorta ozimoy myagkoj i tverdoj pshenicy [The varieties of winter soft and durum wheat]: katalog. Rostov-na-Donu, 2018. 56 s.
3. Marchenko D.M., Kostylev P.I., Grichanikova T.A. Korrelyacionnyj analiz v se-lekcii ozimoy pshenicy [Correlation analysis in winter wheat breeding] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2013. № 3(27). S.28–32.
4. Rybas' I.A., Marchenko D.M., Nekrasov E.I. i dr. Ocenka parametrov adaptiv-nosti sortov ozimoy myagkoj pshenicy [Estimation of adaptability parameters of winter soft wheat varieties] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 4 (58). S. 51–54. DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-58-4-51-54>.

**Критерии авторства.** Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ГЕНЕТИКА РЯДА ПРИЗНАКОВ У ГИБРИДА РИСА СВЕТЛЫЙ × МАВР

**П.И. Костылев**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 000-0002-4371-6848;

**Е.В. Краснова**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 0000-0002-3392-4774;

**А.В. Аксенов**, агроном лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 0000-0002-6641-878X;

**Э.С. Балукова**, лаборант-исследователь лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 0000-0001-8976-2703

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Рис может формировать не только белые, но и красные, коричневые и черные зерна. У черного риса перикарп зерн содержит антоциан, обладающий антиоксидантной активностью и полезный для здоровья человека. Статья посвящена созданию новых линий риса с черным околоплодником на основе гибрида Светлый × Мавр. Цель работы – создание новых линий риса с черным околоплодником на генетическом фоне сорта Светлый. Проведен генетический анализ варьирующих количественных признаков, влияющих на зерновую продуктивность риса. Расщепление по окраске перикарпа проходило по дигибридной схеме по типу рецессивного эпистаза в соотношении 9:3:4. Черная окраска перикарпа формировалась при наличии в генотипе двух доминантных генов Pb и Pp, коричневая определялась геном Pb, белая – остальными комбинациями генов. Наследование высоты растений происходило по типу сверхдоминирования больших значений признака. Родительские формы различались по аллельному состоянию двух пар генов. По длине метелки наблюдались частичное отрицательное доминирование и моногенные различия скрещенных сортов. По числу колосков на метелке установлено сверхдоминирование большей величины признака и взаимодействие двух пар генов. По массе 1000 зерен установлены частичное доминирование больших значений признака и моногенные различия исходных родительских форм. Отобраны лучшие рекомбинантные формы, сочетающие в себе компактную прямостоячую метелку и зерновки с перикарпом черного цвета, создан исходный материал для практической селекции. Исследования проводили в 2018 г. на полях Опытной станции «Пролетарская» Ростовской области.

**Ключевые слова:** рис, гибрид, перикарп, антоциан, наследование.



## GENETICS OF THE TRAITS IN THE RICE HYBRID 'SVETLY X MAVR'

**P.I. Kostylev**, Doctor of Agricultural Sciences, professor, main researcher of the laboratory of rice breeding and seed-growing, ORCID ID: 000-0002-4371-6848;

**E.V. Krasnova**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of rice breeding and seed-growing, ORCID ID: 0000-0002-3392-4774;

**A.V. Aksenov**, agronomist of the laboratory of rice breeding and seed-growing, ORCID ID: 0000-0002-6641-878X;

**E.S. Balyukova**, assistant researcher of the laboratory of rice breeding and seed-growing, ORCID ID: 0000-0001-8976-2703

FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Rice can form not only white, but also red, brown and black kernels. In black rice pericarp contains anthocyanin pigment, which has antioxidant activity and is beneficial to human health. The article is devoted to the development of new rice lines with black pericarp on the basis of the hybrid 'Svetly × Mavr'. The purpose of the work is to develop rice new lines with black seed vessel on the genetic background of the variety 'Svetly'. There has been carried out a genetic analysis of varying quantitative traits that affect rice productivity. Cleavage by pericarp color occurred according to the dihybrid scheme according to the type of recessive epistasis in the ratio 9:3:4. The black color of the pericarp was formed with the presence of two dominant Pb and Pp genes in the genotype, the brown one was determined by the Pb gene, and the white one was determined by the other combinations of genes. Inheritance of plant height occurred according to the overdominance of large values of the trait. Parental forms differed in the allelic state of two pairs of genes. Along the panicle length, there has been determined partial negative dominance and monogenic differences of the hybridized varieties. According to 'number of spikelets per panicle', there has been identified an overdominance of a larger value of the trait and the interaction of two pairs of genes. According to '1000-kernel weight', there has been established partial dominance of large values of the trait and monogenic differences of the initial parental forms. There have been selected the best recombinant forms combining a compact erect panicle and grains with a black seed vessel, and there has been developed starting material for practical breeding. The study was carried out on the fields of the Experimental Station "Proletarskaya" of the Rostov Region in 2018.

**Keywords:** rice, hybrid, pericarp, anthocyanin pigment, inheritance.

**Введение.** Рис (*Oryza sativa* L.) – одна из важнейших зерновых культур в мире. Большинство сортов риса формируют зерна с белым околоплодником (перикарпом), но некоторые имеют цветные: красные, коричневые или черные (также известные как фиолетовые). Перикарп цветных рисовых зерен накапливает проантоцианидин (красный рис) или антоциан (черный рис). Эти вещества обладают антиоксидантной активностью, и их польза для здоровья была продемонстрирована не только на рисе, но и на сое, картофеле и других культурах (Jang et al. 2010; Kaspar et al. 2011; Ling et al., 2001).

Чернозерный рис полезен людям с большим сердцем, диабетом, повышенным риском раковых заболеваний, что обусловлено высоким количеством антоцианов (Гончарова и др., 2015). Поскольку рис является основным продуктом питания для многих потребителей во всем мире, ожидается, что введение в рацион питания окрашенного риса может оказать большее глобальное воздействие на здоровье, чем другие продукты, содержащие проантоцианидины и антоцианы.

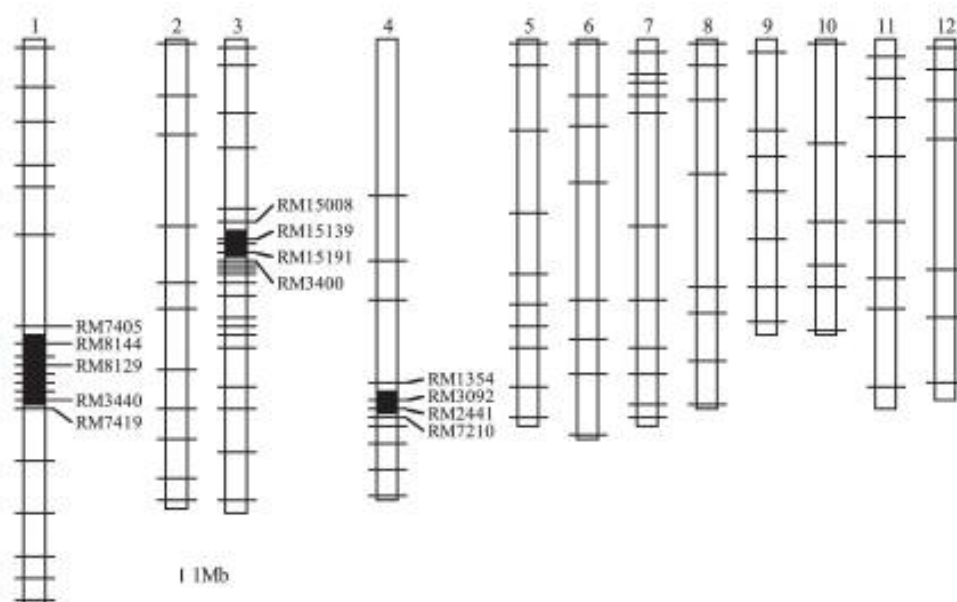
В Японии были выведены раннеспелые сорта черного риса с устойчивостью к полеганию (Saka et al.

2007; Takita et al. 2001). Однако сорта черного риса по качеству крупы уступают белозерным сортам. Один из подходов к созданию новых сортов с улучшенными пищевыми качествами заключается в получении близко изогенных линий с новыми признаками на генетическом фоне лучшего сорта. Эффективным инструментом в создании таких линий является маркерная селекция, использующая ДНК-маркеры для идентификации растений, несущих желаемые признаки.

Классическая генетика показала, что для черной пигментации необходимы два гена: пурпурный перикарп *A* (*Pp*), расположенный на хромосоме 1, и пурпурный перикарп *B* (*Pb*), расположенный на хромосоме 4 (Yoshimura et al., 1997). Сочетание двух доминантных комплементарных генов *Pb\_Pp* дает фиолетовый цвет околоплодника риса, *Pb\_pppp* – коричневый, тогда как *ppppPp* или *pppppppp* – белый

(Hsieh, Chang, 1964). Интенсивность фиолетового цвета недавно была подтверждена в зависимости от количества доминантных аллелей *Pp* на хромосоме 1 (Rahman et al., 2015).

Однако эти гены не были достаточно хорошо картированы, чтобы идентифицировать близлежащие ДНК-маркеры. Японские ученые скрестили черnozерный сорт Hong Xie Nuo и популярным белозерным сортом Koshihikari и после четырех обратных скрещиваний провели полное исследование генома с использованием ДНК-маркеров, покрывающих геном риса. Результаты показали, что область на хромосоме 3, в дополнение к областям на хромосомах 1 и 4, может быть связана с черной пигментацией околоплодника (рис. 1). Это первое сообщение о том, что locus гена на хромосоме 3 связан с черной пигментацией в околоплоднике (Maeda et al., 2014).



**Рис. 1.** Графическое представление хромосом риса. Черные области показывают локусы аллелей черного перикарпа. Горизонтальные полосы указывают позиции 130 SSR-маркеров (Maeda et al., 2014)

**Fig. 1.** Graphic representation of rice chromosomes. Black areas show loci of black pericarp alleles. Horizontal lines show the location of 130 SSR-markers (Maeda et al., 2014)

Авторы провели генетический анализ изогенных линий черного риса и подтвердили, что три локуса на хромосомах 1, 3 и 4 совместно дают черную пигментацию околоплодника риса (рис. 2). Они назвали эти локусы ключевыми генами черной окраски путем накопления антоциана (*Kala1*, *Kala3* и *Kala4*). Эти гены расположены между маркерами RM7405 и RM7419 на хромосоме 1, RM15008 и RM3400 – на хромосоме 3, RM1354 и RM7210 – на хромосоме 4 соответственно.

Как показано на рисунке 2, только растения, несущие доминантные аллели *Kala* во всех трех локусах, производят черные зерна. Коричневые зерна различных оттенков формировались у растений с аллелем *Kala4* и рецессивными аллелями в одном или обоих локусах *Kala1* и *Kala3*. У растений, которые несли рецессивные аллели *Kala4*, зерна были белыми, независимо от генотипов в двух других локусах (Maeda et al., 2014).

| Окраска перикарпа |              | Черная | Коричневая |  |  | Белая |  |  |
|-------------------|--------------|--------|------------|--|--|-------|--|--|
|                   |              |        |            |  |  |       |  |  |
| Генотип           | <i>Kala4</i> |        |            |  |  |       |  |  |
|                   | <i>Kala1</i> |        |            |  |  |       |  |  |
|                   | <i>Kala3</i> |        |            |  |  |       |  |  |

**Рис. 2.** Цвета зерна риса, определенные сочетанием трех локусов

**Fig. 2.** Colors of rice kernels, determined by the combination of three loci

Высота растений риса тесно связана с устойчивостью к полеганию, которая влияет на урожайность и качество зерна. В более ранних исследованиях по наследованию высоты растений у риса в основном рассматривались короткие и длинные типы стебля, указывающие на наличие отдельных генов. В скрещиваниях между короткостебельными и высокорослыми сортами расщепление в  $F_2$  происходило в соотношении 3:1. Высокий стебель доминирует над коротким и контролируется одним основным геном (Wahiduzzaman et al., 1980).

Длина метелки и ее плотность имеют большое значение для формирования зерновой продуктивности растений. Результаты, полученные с использованием мутантов, показали, что длина метелки регулировалась малым числом генов. Установлено, что признак длинной метелки доминирует над короткой; большое количество колосков и первичных веточек на метелке доминирует над альтернативными низкими значениями (Ramiah et al., 1953). Исследования ряда мутантов открыли некоторое количество генов, участвующих в регулировании формирования метелки. Кроме того, есть локус количественных признаков *Ghd7*, который оказывает большой плейотропный эффект на число зерен в метелке, дату выметывания и высоту растения (Хуе et al., 2008).

Поскольку зерно риса развивается внутри цветковых чешуй, размер и форма зерна определяются ими. Размер зерна может быть определен по массе, объему или длине, но длина зерна является наиболее адекватным признаком для анализа наследования размера зерна из-за высокой наследуемости признака. У обычных сортов размер зерна обычно контролируется полигенами. У сортов с необычно большими или мелкими зернами и у мутантов размер зерна контролируется основными генами. Доминантный ген мелкого зерна *Mi* уменьшает массу ядра до 2/3 от нормы. Но полностью доминантный ген крупного зерна *Lk-f* увеличивает массу зерновки в 1,4 раза (Takeda, 2008).

Во ВНИИ риса выведены черnozерные сорта Мавр, Гагат, Южная ночь (Гончарова и др., 2015). В АНЦ «Донской» работа в этом направлении только начинается, поэтому анализ наследования признаков у гибридов от скрещивания белозерных и черnozерных сортов является актуальным.

Цель работы – создание новых линий риса с черным околоплодником на генетическом фоне сорта Светлый. В этой селекционной программе основные задачи – подбор исходного материала с нужными ге-

нами, гибридизация для объединения нужных генов в одном генотипе, генетический анализ варьирующих количественных признаков, влияющих на зерновую продуктивность риса, и отбор лучших рекомбинантных форм, сочетающих в себе компактную прямостоячую метелку и зерно черного цвета, создание исходного материала для практической селекции.

**Материалы и методы исследований.** Материалом исследования послужили гибридные растения второго поколения от скрещивания сортов Светлый и Мавр.

Сорт Светлый – относится к длиннозерным сортам селекции АНЦ «Донской». Подвид *Japonica*, разновидность *Italica Alef.*, средняя высота растений – 80–90 см. Метелка вертикальная, компактная длиной 13–14 см, количество колосков в метелке – 100–120 шт. Отношение длины зерновки к ширине ( $l/b$ ) – 3.0. Масса 1000 зерен – 26–27 г.

Сорт Мавр выведен во ВНИИ риса, подвид *Japonica*. Разновидность *kolakovskiy Yabr.*, растения относятся к типу короткостебельных, высота – 65–70 см. Метелка поникающая, средне развесистая, длиной 17–20 см. Количество колосков в метелке – 100–150 шт. Отношение длины зерновки к ширине ( $l/b$ ) – 2,5. Масса 1000 зерен – 29–30 г. Перикарп зерновки темно-фиолетовый, почти черный. Стекловидность – 75–78%. Крупа без шлифования используется для диетического питания (Каталог сортов риса и овощебахчевых культур кубанской селекции, 2016).

Исследования проводили в 2018 г. на полях Опытной станции «Пролетарская» Ростовской области. При закладке опытов руководствовались методикой полевого опыта (Доспехов, 1985). Математическую обработку данных исследований проводили с использованием программы Statistica 6. Для генетического анализа признаков использовали компьютерную программу поиска моделей расщепления Полиген А (Мержеко, 2005).

**Результаты и их обсуждение.** В наших исследованиях при скрещивании белозерного сорта Светлый с черnozерным сортом Мавр в  $F_1$  формировалось черное зерно. Второе поколение расщепилось на три типа окраски, среди которых появилась коричневая. У 428 проанализированных растений черная окраска перикарпа была выявлена у 235, коричневая – у 83, белая – у 110 (табл. 1). Различия между родительскими сортами заключались в аллельном состоянии генов *Pb* и *Pp*, у Светлого генная формула – *pbpbprrrr*, у Мавра – *PbPbPpPp*, причем доминантные гены определяли окраску зерна.

### 1. Наследование окраски зерна у гибрида $F_2$ Светлый × Мавр (2018 г.) 1. Inheritance of kernel color from the hybrid $F_2$ 'Svetly x Mavr' (2018)

| Окраска зерна | Генная формула                      | Расщепление |               | Доля генотипа |
|---------------|-------------------------------------|-------------|---------------|---------------|
|               |                                     | фактическое | теоретическое |               |
| Черная        | <i>Pb_Pp_</i>                       | 235         | 240,75        | 9             |
| Коричневая    | <i>Pb_pprrr</i>                     | 83          | 80,25         | 3             |
| Белая         | <i>pbpbpPp_</i><br><i>pbpbprrrr</i> | 110         | 107,0         | 4             |
| Сумма:        |                                     | 428         | 428           | 16            |

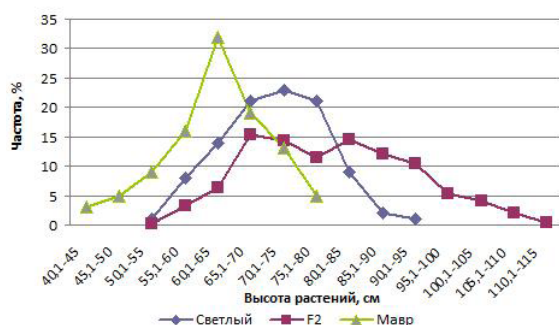
$$\chi^2 = 0,32; 0,80 < P < 0,90$$

Расщепление проходило по дигибридной схеме по типу рецессивного эпистаза в соотношении 9:3:4. Черная окраска перикарпа формировалась при наличии в генотипе двух доминантных генов *Pb* и *Pp*, коричневая определялась геном *Pb*, белая – остальными комбинациями генов. По-видимому, третий ген в хромосоме 3, о котором сообщали Maeda H. et al.

(Maeda et al., 2014), у обоих сортов находился в доминантном состоянии.

По признаку «высота растений» родительские формы незначительно различались, в среднем на 9 см (рис. 3). У сорта Светлый она составила в данном опыте 72,5 см, у сорта Мавр – 63,5 см. Кривая распределения частот (далее КРЧ) гибрида выходила

за пределы изменчивости родительских форм, наблюдалось выщепление значительного количества положительных трансгрессивных форм (12% от общего количества растений  $F_2$ ).



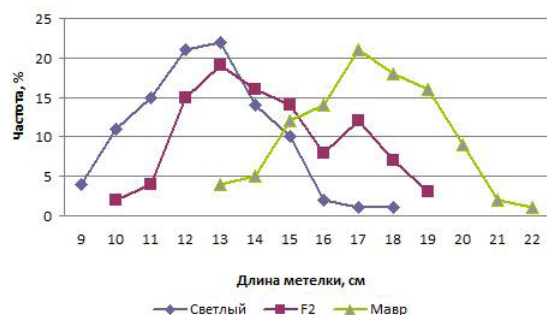
**Рис. 3.** Распределение частот признака «высота растений» у гибрида риса  $F_2$  Светлый × Мавр и его родительских форм (2018 г.)

**Fig. 3.** Distribution of frequency of the trait 'plant height' of the rice hybrid  $F_2$  'Svetly x Mavr' and its parental forms (2018)

КРЧ  $F_2$  имеет две вершины, одна из которых находится между родительскими, а другая смещена вправо, что указывает на сверхдоминирование больших значений признака ( $h_r=3,09$ ). Анализ данных в программе Полиген А позволил установить, что исходные родительские формы различались по аллельному состоянию двух пар генов разной силы ( $AAbb$  и  $aaBB$ ), рекомбинация которых привела к выщеплению доли 9/16 растений с двумя доминантными генами ( $A\_B\_$ ), удлинившими стебель на 15 см. Расщепление происходило в соотношении 7:9.

Средняя длина метелки сорта Светлый составила 12,4 см, Мавр – 17,2 см, гибрид был близок к среднему значению признака между ними, длина его метелки составила в среднем 14,3 см. Степень доминирования составила  $h_r = -0,19$ , т.е. наблюдалось частичное отрицательное доминирование.

КРЧ гибрида имела двухвершинную конфигурацию и находилась в пределах изменчивости исходных родительских форм, при этом большая вершина находилась слева, а меньшая справа, в пределах классов сортов, взятых в скрещивание, что свидетельствует о моногенных различиях и расщеплении 3:1 (рис. 4). Сила гена составила 4,8 см.

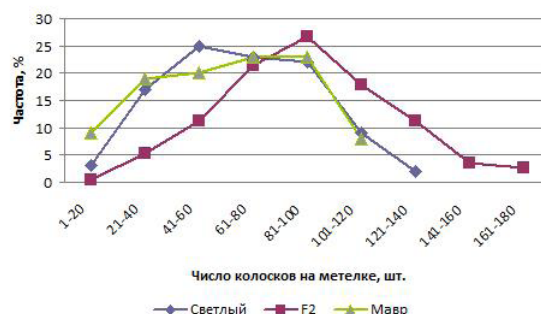


**Рис. 4.** Распределение частот признака «длина метелки» у гибрида риса  $F_2$  Светлый × Мавр и его родительских форм (2018 г.)

**Fig. 4.** Distribution of frequency of the trait 'panicle length' of the rice hybrid  $F_2$  'Svetly x Mavr' and its parental forms (2018)

По признаку «число колосков» исходная родительская форма Мавр (61,9 шт.) уступала сорту Светлый (66,4 шт.) на 4,5 шт., а их КРЧ находились в одних и тех же классах (рис. 5).

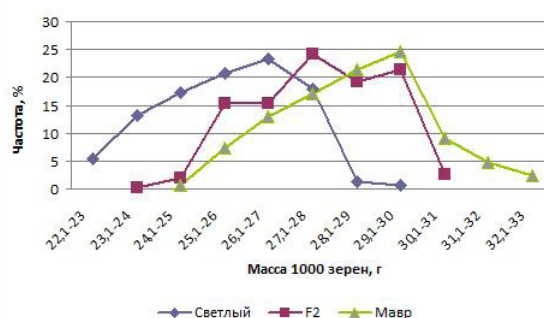
КРЧ гибрида выходила вправо за пределы изменчивости родительских форм, наблюдалось выщепление небольшого числа более озерненных форм, что указывает на трансгрессивное расщепление. Степень доминирования составила 11,55, что свидетельствует о сверхдоминировании большей величины признака. Степень трансгрессии составила 73%, частота – 6,1%. В данном случае наблюдалось взаимодействие двух пар генов, причем у каждой родительской формы были и рецессивные, и доминантные аллели, но в разных локусах. Их перекомбинирование привело к появлению гетерозиса и выщеплению более продуктивных форм, что повышает шансы создания урожайного чернозерного сорта риса.



**Рис. 5.** Распределение частот признака «число колосков» у гибрида риса  $F_2$  Светлый × Мавр и его родительских форм (2018 г.)

**Fig. 5.** Distribution of frequency of the trait 'number of spikelets' of the rice hybrid  $F_2$  'Svetly x Mavr' and its parental forms (2018)

По признаку «масса 1000 зерен» исходные родительские формы различались на 3,4 г (табл. 1). Масса 1000 зерен в  $F_2$  варьировала в пределах от 24 до 31 г (в среднем 28,2 г). КРЧ гибрида была трехвершинной, причем две крайние вершины находились в одних классах с вершинами родительских форм, а центральная – посередине между ними (рис. 6). При этом частоты мелкосемянных классов были несколько ниже, чем крупносемянных, что свидетельствует о частичном доминировании больших значений признака ( $h_r = 0,26$ ).



**Рис. 6.** Распределение частот признака «масса 1000 зерен» у гибрида риса  $F_2$  Светлый × Мавр и его родительских форм (2018 г.)

**Fig. 6.** Distribution of frequency of the trait '1000-kernel weight' of the rice hybrid  $F_2$  'Svetly x Mavr' and its parental forms (2018)

Расщепление происходило в соотношении 1:2:1. В гибридной популяции выщеплялось примерно по 25% особей с размерами зерновок как у родительских форм, следовательно, они различаются аллельным состоянием одной пары генов. Сила гена составила 3,4 г.

**2. Характеристика лучших форм F<sub>2</sub> в комбинации Светлый × Мавр (2018 г.)**  
**2. Characteristics of the best forms F<sub>2</sub> in the hybrid 'Svetly × Mavr' (2018)**

| № растения | Высота растения, см | Длина метелки, см | Общее число колосков, шт. | Масса 1000 зерен, г |
|------------|---------------------|-------------------|---------------------------|---------------------|
| Светлый    | 72,5                | 12,4              | 66,4                      | 26,1                |
| Мавр       | 63,5                | 17,2              | 61,9                      | 29,5                |
| 51         | 80                  | 13,5              | 157                       | 30                  |
| 52         | 78                  | 14                | 116                       | 31                  |
| 101        | 84                  | 15                | 111                       | 30                  |
| 195        | 86                  | 16                | 110                       | 30                  |
| 204        | 95                  | 18                | 133                       | 30                  |
| 214        | 75                  | 15                | 136                       | 30                  |
| 225        | 78                  | 14                | 128                       | 30                  |
| 241        | 75                  | 18                | 113                       | 31                  |
| 277        | 85                  | 14                | 111                       | 30                  |
| 300        | 98                  | 17                | 110                       | 30                  |
| 345        | 85                  | 16                | 104                       | 30                  |
| 353        | 87                  | 13,5              | 103                       | 30                  |
| 426        | 85                  | 14                | 137                       | 30                  |
| σ          | 12,2                | 2,3               | 31,5                      | 1,5                 |

В таблице 2 представлена характеристика выделенных форм F<sub>2</sub>, данные формы сочетают оптимальную высоту растения, имеют повышенную озерненность и оптимальную массу 1000 зерен, а также черную окраску перикарпа. Эти формы были отобраны для посева третьего поколения в гибридном питомнике для дальнейшего изучения.

В третьем поколении будет продолжен отбор лучших в хозяйственно-биологическом отношении форм с последующим созданием раннеспелых сортов с черным перикарпом зерновки.

#### **Выводы**

1. Расщепление по окраске перикарпа проходило по дигибридной схеме по типу рецессивного эпистаза в соотношении 9:3:4. Черная окраска перикарпа формировалась при наличии в генотипе двух доминантных генов *Pb* и *Pp*, коричневая определялась геном *Pb*, белая – остальными комбинациями генов.

2. Наследование признака «высота растения» происходило по типу сверхдоминирования больших значений признака (*h*<sub>p</sub>=3,09). Исходные родительские формы различались по аллельному состоянию двух пар генов, что привело к расщеплению 7:9

и появлению 12% положительных трансгрессивных форм F<sub>2</sub>.

3. По длине метелки наблюдалось частичное отрицательное доминирование. КРЧ гибрида была двухвершинной, причем большая вершина находилась левее меньшей, что свидетельствует об отрицательном доминировании, моногенных различиях скрещенных сортов и расщеплении 3:1. Сила гена составила 4,8 см.

4. По числу колосков на метелке установлено сверхдоминирование большей величины признака (*h*<sub>p</sub> = 11,55). Наблюдалось взаимодействие двух пар генов, причем у каждой родительской формы были и рецессивные, и доминантные аллели, но в разных локусах. Выделены более продуктивные формы, чем родительские сорта.

5. По признаку «масса 1000 зерен» установлены частичное доминирование больших значений признака (*h*<sub>p</sub> = 0,26), расщепление 1:2:1 и моногенные различия исходных родительских форм. Сила гена составила 3,4 г.

6. Выделены формы F<sub>2</sub>, сочетающие оптимальную высоту растения, длину метелки, повышенную озерненность и массу 1000 зерен, а также черную окраску перикарпа.

#### **Библиографические ссылки**

1. Гончарова Ю.К., Бушман Н.Ю., Верещагина С.А. Сорта риса с окрашенным перикарпом // Рисоводство. 2015. № 1–2 (26–27). С. 9–11.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта // 5 изд., М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
3. Каталог сортов риса и овощебахчевых культур кубанской селекции. Краснодар: ЭДВИ, 2016. С. 86–87.
4. Мерезко А.Ф. Использование менделеевских принципов в компьютерном анализе наследования варьирующих признаков // Экологическая генетика культурных растений: Материалы школы молодых ученых РАСХН, ВНИИ риса. Краснодар, 2005. С. 107–117.
5. Hsieh S.C. and Chang T. M. Genic analysis in rice. IV. Genes for purple pericarp and other characters. Japan J. Breed., 1964. No. 14. P. 141–149.
6. Jang H., Ha U.S., Kim S.J., Yoon B.I., Han D.S., Yuk S.M., Kim S.W. Anthocyanin extracted from black soybean reduces prostate weight and promotes apoptosis in the prostatic hyperplasia-induced rat model // J. Agric. Food Chem. 2010. No. 58. P. 12686–12691.
7. Kaspar K.L., Park J.S., Brown C.R., Mathison B.D., Navarre D.A., Chew B.P. Pigmented potato consumption alters oxidative stress and inflammatory damage in men // J. Nutr. 2011. No. 141. P. 108–111.
8. Ling W.H., Cheng Q.X., Ma J., Wang T. Red and black rice decrease atherosclerotic plaque formation and increase antioxidant status in rabbits // J. Nutr. 2001. No 131. P. 1421–1426.

9. Maeda H., Yamaguchi T., Omoteno M., Takarada T., Fujita K., Murata K., Iyama Y., Yoichiro Kojima, Morikawa M., Ozaki H., Mukaino N., Kidani Y., Ebitani T. Genetic dissection of black grain rice by the development of a near isogenic line // *Breed Sci.* 2014. No. 64(2). P. 134–141. DOI: 10.1270/jsbbs.64.134
10. Ramiah K., Rao N. B. In Rice breeding and genetics // *Ind. Counc. Agr. Res. Sci.* 1953. P. 306.
11. Rahman M.M., Lee K.E., Kang S.G. (2015) Studies on the effects of pericarp pigmentation on grain development and yield of black rice // *Indian J. Genet.* No. 75(4). P. 426–433. DOI: 10.5958/0975-6906.2015.00069.3
12. Saka N., Terashima T., Kudo S., Kato T., Sugiura K., Endo I., Shiota M., Inoue M., Otake T. A new purple grain glutinous rice variety "Minenomurasaki" for rice processing // *Res. Bull. Aichi Agric. Res. Ctr.* 2007. No. 39. P. 111–120.
13. Takeda K. Inheritance of grain size and its implications for rice breeding // *Rice Genetics Collection*. In: *Rice Genetics II*. 2008. P. 181–189. [https://doi.org/10.1142/9789812814272\\_0018](https://doi.org/10.1142/9789812814272_0018)
14. Takita T., Higashi T., Yamaguchi M., Yokogami N., Kataoka T., Tamura Y., Kowata H., Oyamada Z., Sunohara Y. Breeding of a new purple grain cultivar "Okuno-murasaki" // *Bull. Tohoku Natl. Agric. Exp. Stn.* 2001. No. 98. P. 1–10.
15. Wahiduzzaman M., Ahmad M.S. Inheritance of plant height in seven crosses of rice // *Cereal Research Communications*. 1980. Vol. 8. No. 3. P. 527–532.
16. Xue W., Xing Y., Weng X., Zhao Y., Tang W. et al. Natural variation in Ghd7 is an important regulator of heading date and yield potential in rice // *Nat. Genet.* 2008. 40. P. 761–767.
17. Yoshimura A., Ideta O., Iwata N. Linkage map of phenotype and RFLP markers in rice // *Plant Mol. Biol.* 1997. No. 35. P. 49–60.

### References

1. Goncharova YU.K., Bushman N.YU., Vereshchagina S.A. Sorta risa s okrashennym pe-rikarpom [Varieties of rice with colored pericarp] // *Risovodstvo*. 2015. № 1-2(26-27). S. 9–11.
2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial] // 5 izd., M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
3. Katalog sortov risa i ovoshchebahchevykh kul'tur kubanskoj selekcii [Catalogue of rice varieties and vegetable and melon crops of Kuban breeding]. Krasnodar: EDVI, 2016. S. 86–87.
4. Merezko A.F. Ispol'zovanie mendelevskikh principov v komp'yuternom ana-lize nasledovaniya var'iruyushchih priznakov [The use of Mendel principles in computer-based analysis of the inheritance of varying traits] // *Ekologicheskaya genetika kul'turnykh raste-nij: Materialy shkoly molodykh uchenykh RASKHN, VNII risa*. Krasnodar, 2005. S. 107–117.
5. Hsieh S.C. and Chang T. M. Genic analysis in rice. IV. Genes for purple pericarp and other characters. *Japan J. Breed.*, 1964. No. 14. P. 141–149.
6. Jang H., Ha U.S., Kim S.J., Yoon B.I., Han D.S., Yuk S.M., Kim S.W. Anthocyanin extracted from black soybean reduces prostate weight and promotes apoptosis in the prostatic hyperplasia-induced rat model // *J. Agric. Food Chem.* 2010. No. 58. P. 12686–12691.
7. Kaspar K.L., Park J.S., Brown C.R., Mathison B.D., Navarre D.A., Chew B.P. Pig-mented potato consumption alters oxidative stress and inflammatory damage in men // *J. Nutr.* 2011. No. 141. P. 108–111.
8. Ling W.H., Cheng Q.X., Ma J., Wang T. Red and black rice decrease atherosclerotic plaque formation and increase antioxidant status in rabbits // *J. Nutr.* 2001. No 131. P. 1421–1426.
9. Maeda H., Yamaguchi T., Omoteno M., Takarada T., Fujita K., Murata K., Iyama Y., Yoichiro Kojima, Morikawa M., Ozaki H., Mukaino N., Kidani Y., Ebitani T. Genetic dissection of black grain rice by the development of a near isogenic line // *Breed Sci.* 2014. No. 64(2). P. 134–141. DOI: 10.1270/jsbbs.64.134
10. Ramiah K., Rao N. B. In Rice breeding and genetics // *Ind. Counc. Agr. Res. Sci.* 1953. P.306.
11. Rahman M.M., Lee K.E., Kang S.G. (2015) Studies on the effects of pericarp pigmentation on grain development and yield of black rice // *Indian J. Genet.* No. 75(4). P. 426–433. DOI: 10.5958/0975-6906.2015.00069.3
12. Saka N., Terashima T., Kudo S., Kato T., Sugiura K., Endo I., Shiota M., Inoue M., Otake T. A new purple grain glutinous rice variety "Minenomurasaki" for rice processing // *Res. Bull. Aichi Agric. Res. Ctr.* 2007. No. 39. P. 111–120.
13. Takeda K. Inheritance of grain size and its implications for rice breeding // *Rice Ge-netics Collection*. In: *Rice Genetics II*. 2008. P. 181–189. [https://doi.org/10.1142/9789812814272\\_0018](https://doi.org/10.1142/9789812814272_0018)
14. Takita T., Higashi T., Yamaguchi M., Yokogami N., Kataoka T., Tamura Y., Kowata H., Oyamada Z., Sunohara Y. Breeding of a new purple grain cultivar "Okuno-murasaki" // *Bull. Tohoku Natl. Agric. Exp. Stn.* 2001. No. 98. P. 1–10.
15. Wahiduzzaman M., Ahmad M.S. Inheritance of plant height in seven crosses of rice // *Cereal Research Communications*. 1980. Vol. 8. No. 3. P. 527–532.
16. Xue W., Xing Y., Weng X., Zhao Y., Tang W. et al. Natural variation in Ghd7 is an important regulator of heading date and yield potential in rice // *Nat. Genet.* 2008. 40. P. 761–767.
17. Yoshimura A., Ideta O., Iwata N. Linkage map of phenotype and RFLP markers in rice // *Plant Mol. Biol.* 1997. No. 35. P. 49–60.

**Критерии авторства.** Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА НОВОГО СОРТА ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ИРИДАС

**Н.А. Морозов**, кандидат сельскохозяйственных наук, врио директора, заведующий отделом селекции зерновых культур, fgupposs@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-9065-6390;

**В.В. Иванов**, заведующий лабораторией селекции пшеницы, ivanov102345@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-9045-8247;

**И.В. Самсонов**, научный сотрудник отдела селекции зерновых культур, тел: +7-962-440-19-33, ivan\_samsonov.84@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6516-3175;

**Т.В. Рябова**, научный сотрудник отдела селекции зерновых культур, tatyana\_ryabjva\_61@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6243-4846

ФГУП «Прикумская опытно-селекционная станция»,

356803, Ставропольский кр., Буденновский р-он, Территория Буденновск-3, ул. Вавилова, 4; e-mail: fgupposs@mail.ru

Озимая пшеница является важнейшей продовольственной культурой, которая имеет значительный удельный вес в структуре зернового клина России. Производство качественного зерна пшеницы ограничивается значительным варьированием и резкими колебаниями почвенно-климатических и других факторов как в пределах отдельных районов, так и по годам. Все это отрицательно сказывается на урожае и особенно на его качестве. Создание новых сортов, обладающих высокой урожайностью и одновременно имеющих высокие показатели качества зерна и муки независимо от условий выращивания, является актуальной и современной задачей для селекции. В селекционной работе ФГУП «Прикумская опытно-селекционная станция» задачи по повышению адаптивных признаков удалось реализовать с созданием новых сортов озимой мягкой пшеницы, сочетающих повышенную продуктивность и качество зерна. В период с 2015–2016 гг. на Государственное сортоиспытание переданы сорта Кадриль, Ирида, Корона. По положительным итогам испытания в Северо-Кавказском регионе с 2019 г. в Государственный реестр селекционных достижений включен новый сорт Ирида. Сорт получен в результате индивидуального отбора из гибридной популяции Прикумская 140 × Крошка. За годы Госсортоиспытания (2017–2018 гг.) на сортоучастках Ставропольского края сорт Ирида показал продуктивные преимущества в крайне засушливой и засушливой зонах по сравнению со стандартными сортами Гром и Айвина с прибавкой соответственно 0,31–0,43 т/га. Максимальная урожайность в годы испытаний получена на Ставропольской ГСИС – 10,79 т/га. Сорт Ирида формирует крупное зерно, с высокими хлебопекарными качествами. По данным ВЦОКС, показатели качества зерна сорта Ирида соответствуют стандартам на ценную пшеницу. Содержание белка в зерне – 13,0%, клейковины – 30,4%, ИДК – 67.

**Ключевые слова:** озимая мягкая пшеница, сорт, селекция, урожайность, качество зерна, клейковина.



## PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY OF THE NEW WINTER SOFT WHEAT VARIETY 'IRIDAS'

**N.A. Morozov**, Candidate of Agricultural Sciences, Acting Director, head of the department of grain crop breeding, fgupposs@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-9065-6390;

**V.V. Ivanov**, head of the department of wheat breeding, e-mail: ivanov102345@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-9045-8247;

**I.V. Samsonov**, researcher of the department of grain crop breeding, tel: +7-962-440-19-33, ivan\_samsonov.84@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6516-3175;

**T.V. Ryabova**, researcher of the department of grain crop breeding, tatyana\_ryabjva\_61@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6243-4846;

FSRI "Prikumskaya Experimental Station",

356803, Stavropol Area, Budennovsk region, Budennovsk-3 Territory, Vavilov Str., 4; e-mail: fgupposs@mail.ru

Winter wheat is the most important food crop, which has a significant share in the structure of the grain area of Russia. The production of high-quality wheat grain is limited by significant variation and sharp fluctuations of the soil-climatic and other factors both within the regions and through the years. All this negatively affects the amount of productivity and its quality. The development of new varieties with high productivity and at the same time high-quality grain and flour, regardless of growing conditions, is an urgent and present task for plant-breeding. The tasks in the selection work of the FSSP "Prikumskaya Experimental Breeding Station" to increase the adaptive traits were fulfilled due to the development of the new winter wheat varieties which combine better productivity and grain quality. In 2015–2016 the varieties 'Kadri', 'Iridas' and 'Korona' were given to the State Variety Testing. Due to the positive results of testing in the North Caucasus region the new variety 'Iridas' was included in the State List of Breeding Achievements in 2019. The variety was obtained as a result of individual selection from the hybrid population 'Prikumskaya 140' × 'Kroshka'. During the years of the State Variety Testing (2017–2018) at the plots of the Stavropol Territory, the variety 'Iridas' showed productive advantages in the extremely dry and arid zones compared to the standard varieties 'Grom' and 'Ayvin' with an increase of 0.31–0.43 t/ha, respectively. The maximum productivity (10.79 t/ha) during the years of testing was obtained at the Stavropol SVTS. The variety 'Iridas' produces large kernels with high baking characteristics. According to ARCVQE, quality indicators of 'Iridas' grain meet the standards for valuable wheat. The protein percentage in the grain is 13.0, gluten percentage is 30.4, IGD is 67.

**Keywords:** winter soft wheat, variety, breeding, selection, productivity, grain quality, gluten.

**Введение.** По продовольственной значимости и масштабам производства ведущее место в мире занимает пшеница. Россия находится на третьем месте в мире по производству пшеницы (8,3% мирового производства) (Фирсова и Раева, 2017).

Озимая пшеница является культурой с высоким биологическим потенциалом продуктивности, реализация которого существенно зависит от условий ее возделывания (Фадеева и др., 2018).

Производство зерна пшеницы высокого качества ограничивается значительным варьированием и резкими колебаниями почвенно-климатических и других факторов как в пределах отдельных районов, так и по годам. Все это отрицательно сказывается на урожае и особенно на его качестве. В решении этой проблемы основная роль принадлежит селекции (Фадеева и Валиуллина, 2016).

Создание новых сортов, обладающих высокой урожайностью и одновременно имеющих высокие показатели качества зерна и муки независимо от условий выращивания, является актуальной и современной задачей для селекции (Громова и др., 2017).

На современном этапе развития зернового хозяйства при внедрении новых берегающих технологий возделывания культур в системе ресурсных факторов, определяющих эффективность производства, решающую роль играет сорт. Без правильно подобранного сорта даже самая современная технология не обеспечит получение высокого урожая (Фирсова и Раева, 2017).

Сложные почвенно-климатические условия Ставропольского края предъявляют повышенные требования к подбору сортов озимой пшеницы, обладающих, наряду с высокой потенциальной урожайностью и качеством зерна, адаптивностью к неблагоприятным абиотическим факторам, и в первую очередь к засухе (Войсковой, 2005).

ФГУП «Прикумская опытно-селекционная станция» в засушливой зоне Ставропольского края за последние годы были созданы и включены в Госреестр селекционных достижений ряд сортов озимой мягкой пшеницы, отличающихся высокими адаптивными свойствами к стрессовым факторам среды: Прикумская 140, Прикумская 141, Петровчанка, Жнея, Идиллия. Созданные сорта способны в засушливых условиях возделывания обеспечивать высокий и качественный урожай зерна с потенциалом продуктивности 9,0–11,0 т/га (Морозов, 2002).

Цель данного исследования – создать новый сорт озимой мягкой пшеницы с высокими адаптационными признаками, конкурентоспособный по продуктивности и качеству зерна.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проведены в 2016–2018 гг. на опытном поле ФГУП «Прикумская опытно-селекционная станция» (ФГУП «Прикумская ОСС»). Почвы опытного участка каштановые с содержанием гумуса 1,7–1,9%. Среднегодовое количество осадков колеблется от 370 до 450 мм. В период формирования зерна часто наблюдаются засухи и суховеи.

Опыт закладывали по типу конкурсного сортоиспытания. Размещение делянок систематическое с четырьмя повторениями. Площадь делянки – 30 м<sup>2</sup>, норма высева – 3,5 млн всхожих семян на 1 га (Доспехов, 1985). Посев проводили сеялкой СН-16 в тринадцатирядковом варианте по предшественнику чистый пар. Технология возделывания – общепринятая для культуры.

Технологические показатели качества зерна оценивали в лабораторных условиях станции по общепринятым методикам и ГОСТам: количество сырой клейковины в зерне определяли ручным методом по ГОСТ 13586.1-68, качество клейковины – по индексу деформации клейковины на ИДК-1, стекловидность – по ГОСТ 10987-76. Хлебопекарную оценку проводили методом лабораторной выпечки по ГОСТ 27669-88.

Математическую обработку данных выполняли по методике полевого опыта Б.А. Доспехова (1985) на персональном компьютере с использованием программ Microsoft Excel.

За годы исследований наиболее благоприятный гидротермический режим для формирования урожая озимой пшеницы сложился в 2016 и 2017 г. По предшественнику чистый пар урожайность сортов достигала 6,2–7,1 т/га. 2018 год характеризовался как острозасушливый. Сумма осадков за вегетационный период составила 201 мм, что на 40% ниже нормы. Урожайность сортов озимой пшеницы в этот год составила 4,1–4,4 т/га.

**Результаты и их обсуждение.** В 2019 г. в Государственный реестр селекционных достижений внесен новый сорт озимой мягкой пшеницы Ирида с рекомендацией к возделыванию в Северо-Кавказском регионе.

Сорт получен в результате индивидуального отбора из гибридной популяции Прикумская 140 (ФГУП «Прикумская ОСС») × Крошка (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Сорт – среднеранний. Вегетационный период составляет 250 дней, созревает на 3–4 дня раньше сорта Айвина. За годы исследований превзошел стандарт по продуктивному стеблестоя с 1 м<sup>2</sup> и коэффициенту хозяйственной полезности (табл.1). Проявил более высокую устойчивость к пилильщику. В меньшей степени поражен септориозом. По данным НЦЗ им. П. П. Лукьяненко, новый сорт Ирида не уступает по морозостойкости стандартному сорту Безостая 1.

Разновидность – лютеценс. Форма куста промежуточная. Растения средней длины. Соломина слабо выполнена. Колос пирамидальный со слабым восковым налетом. Ости и остевидные отростки на конце колоса очень короткие.

### 1. Хозяйственно-биологическая характеристика нового сорта озимой мягкой пшеницы Ирида по данным ФГУП «Прикумская ОСС» (2016–2018 гг.)

#### 1. Economic-biological characteristics of the new winter soft wheat variety 'Iridas' according to the FSSP "Prikumskaya Experimental Breeding Station" (2016–2018)

| Показатель                                                            | Ирида | Айвина, стандарт |
|-----------------------------------------------------------------------|-------|------------------|
| Вегетационный период, дней                                            | 250   | 254              |
| Восковая спелость, июнь                                               | 18    | 21               |
| Высота растений, см                                                   | 99    | 98               |
| Морозостойкость (данные НЦЗ им. П. П. Лукьяненко за 2016–2017 гг.), % | 40,6  | 36,0             |
| Поражение септориозом, %                                              | 17,2  | 18,6             |
| Повреждение пилильщиком, %                                            | 29,0  | 39,3             |
| Продуктивный стеблестой на 1 м <sup>2</sup> , шт.                     | 571   | 459              |
| Продуктивная кустистость, шт.                                         | 2,9   | 3,0              |
| K <sub>хос</sub> , %                                                  | 43,8  | 41,6             |

\*Стандарт Безостая 1

Урожайность сорта Ирида в годы конкурсного сортоиспытания (2016–2018 гг.) по предшественнику чистый пар варьировала от 4,44, в острозасушливом

2018 г. до 7,16 т/га в более влагообеспеченном 2016 г. Средняя прибавка к стандартному сорту Айвина составила 0,21 т/га. (табл.2).

**2. Урожайность сорта озимой мягкой пшеницы Ирида в конкурсном сортоиспытании ФГУП «Прикумская ОСС» за 2016–2018 гг. (предшественник – чистый пар)**  
**2. Productivity of the new winter soft wheat variety 'Iridas' in a competitive variety trial of the FSSP "Prikumskaya Experimental Breeding Station", 2016–2018 ('black' fallow)**

| Сорт              | Урожайность по годам, т/га |      |      |         |
|-------------------|----------------------------|------|------|---------|
|                   | 2016                       | 2017 | 2018 | средняя |
| Айвина, стандарт  | 6,82                       | 6,26 | 4,19 | 5,75    |
| Ирида             | 7,16                       | 6,28 | 4,44 | 5,96    |
| НСР <sub>05</sub> | 0,28                       | 0,32 | 0,26 |         |

За годы Государственного сортоиспытания (2017–2018 гг.) на сортоучастках Ставропольского края средняя урожайность нового сорта Ирида составила 7,58 т/га, превысив стандарт Гром на 0,16 т/га (табл. 3). Максимальные прибавки к урожайности стандарта были получены на сортоучастках в крайне засушли-

вой и засушливой зонах (+0,31, +0,43 т/га), где среднегодовое количество осадков колеблется от 250 до 450 мм (ГТК = 0,5–0,7). Максимальная урожайность сортом получена в 2018 г. в третьей агроклиматической зоне на Ставропольской ГСИС – 10,79 т/га (сумма осадков за год – 450–530, ГТК = 0,7–1,1).

**3. Результаты испытания сорта озимой мягкой пшеницы Ирида на ГСУ в разных агроклиматических зонах Ставропольского края (2017–2018 гг.)**  
**3. The results of the new winter soft wheat variety 'Iridas' in the State Variety Testing conducted in various agro-climatic zones of the Stavropol Territory (2017–2018)**

| Сорт              | Урожайность, т/га         |        |                     |        |                                |        | в среднем по трем зонам |
|-------------------|---------------------------|--------|---------------------|--------|--------------------------------|--------|-------------------------|
|                   | I зона, крайне засушливая |        | II зона, засушливая |        | III зона, умеренно увлажненная |        |                         |
|                   | средняя                   | ± к st | средняя             | ± к st | средняя                        | ± к st |                         |
| Гром, стандарт    | 5,73                      | —      | 6,98                | —      | 9,56                           | —      | 7,42                    |
| Айвина            | 5,73                      | 0      | 7,17                | +0,19  | 9,26                           | −0,30  | 7,39                    |
| Иридас            | 6,04                      | +0,31  | 7,41                | +0,43  | 9,28                           | −0,28  | 7,58                    |
| НСР <sub>05</sub> | 0,14                      |        | 0,27                |        | 0,15                           |        |                         |

При испытании в Республиках Крым и Адыгея в среднем за 2017–2018 гг. при урожайности 5,92–5,89 т/га новый сорт Ирида обеспечил прибавку к стандартам в 0,31–0,46 т/га соответственно.

По данным лабораторных исследований ФГУП «Прикумская ОСС», сорт Ирида характеризуется как

крупнозерный сорт, масса 1000 зерен колеблется от 40 до 45 граммов, с превышением стандарта Айвина по содержанию белка и клейковины (табл. 4).

При оценке качества пшеничной муки методом пробной выпечки сорт Ирида превосходил стандарт по объемному выходу и общей оценке хлеба.

**4. Технологические показатели качества зерна и хлеба сорта Ирида (ФГУП «Прикумская ОСС», 2016–2018 гг.)**  
**4. Technological traits of grain and bread quality of the variety 'Iridas' (FSSP "Prikumskaya Experimental Breeding Station", 2016–2018)**

| Показатель                    | Ирида | Айвина, стандарт | ± к стандарту | Стандартное отклонение, (S) |
|-------------------------------|-------|------------------|---------------|-----------------------------|
| Масса 1000 зерен, г           | 42,5  | 39,9             | +2,6          | 1,8                         |
| Натура зерна, г/л             | 811   | 822              | –10           | 7,8                         |
| Содержание белка, %           | 14,4  | 13,0             | +1,4          | 1,0                         |
| Стекловидность, %             | 45,3  | 54,6             | –9,3          | 6,6                         |
| Содержание клейковины, %      | 21,5  | 20,4             | +1,1          | 0,8                         |
| Качество клейковины, е.д. ИДК | 69    | 74               | +5            | 3,5                         |
| Объемный выход хлеба, мл      | 623   | 576              | +47           | 33,2                        |
| Общая оценка хлеба, балл      | 4,6   | 4,5              | +0,1          | 0,1                         |

По данным ВЦОКС (Всероссийский центр по оценке качества зерна), показатели качества зерна сорта Иридак соответствуют стандартам на ценную пшеницу. Среднее содержание белка в зерне составило 13,0% (табл.5). Содержание клейковины в минималь-

ном и максимальном значении превысило уровень стандартного сорта Айвина (min – 29,0, max – 31,9), а также сортов Юка и Таня, получивших в последнее время широкое распространение в Ставропольском крае.

#### 5. Качественные показатели сорта Иридак (данные ВЦОКС, 2016 г.) 5. Qualitative traits of the variety 'Iridas' (the data of ARCVQE, 2016)

| Сорт             | Содержание белка, % |      |         | Содержание сырой клейковины, % |      |         | Качество клейковины в ед. ИДК-1 |     |         |
|------------------|---------------------|------|---------|--------------------------------|------|---------|---------------------------------|-----|---------|
|                  | min                 | max  | среднее | min                            | max  | среднее | min                             | max | среднее |
| Айвина, стандарт | 13,0                | 13,3 | 13,2    | 28,1                           | 28,2 | 28,2    | 72                              | 82  | 77      |
| Юка              | 11,9                | 12,9 | 12,4    | 27,5                           | 28,2 | 27,8    | 71                              | 79  | 75      |
| Таня             | 12,0                | 12,2 | 12,1    | 27,5                           | 30,1 | 28,8    | 66                              | 82  | 74      |
| Иридак           | 12,6                | 13,4 | 13,0    | 29,0                           | 31,9 | 30,4    | 62                              | 72  | 67      |

**Выводы.** Внесенный в Государственный реестр селекционных достижений новый сорт озимой мягкой пшеницы Иридак отличается высокими адаптационными признаками к контрастным условиям Северо-Кавказского региона. За годы испытаний в различ-

ных зональных условиях от крайне засушливых до умеренно увлажненных, сорт формировал конкурентный уровень продуктивности с качественными показателями зерна ценной пшеницы.

#### Библиографические ссылки

1. Войсковой А.И. Роль сорта в повышении урожайности озимой пшеницы в засушливой зоне Ставропольского края // Проблемы борьбы с засухой: сб. науч. тр. Т.1. Ставрополь: Изд-во СтГАУ «Агрус», 2005. С. 195–200.
2. Громова С.Н., Скрипка О.В., Самофалов А.П., Подгорный С.В. Урожайность и качество сортов и линий озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «ВНИИЗК им. И. Г. Калининко» по различным предшественникам // Зерновое хозяйство России. 2017. № 3(51). С. 46–51.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Морозов Н.А. Создание адаптивных сортов зерновых культур для засушливых условий Восточного Предкавказья // Проблемы борьбы с засухой: сб. науч. тр. Т.1. Ставрополь: Изд-во СтГАУ «Агрус», 2005. С. 254–257.
5. Фадеева И.Д., Валиллулина Г.Н. Надежда – новый сорт озимой мягкой пшеницы, адаптированный к условиям Среднего Поволжья // Зерновое хозяйство России. 2016. № 2(44). С. 41–44.
6. Фадеева И.Д., Тагиров М.Ш., Газизов И.Н. Результаты селекции озимой пшеницы на качество зерна в Татарском НИИСХ // Зерновое хозяйство России. 2018. № 2(56). С. 34–37.
7. Фирсова Т.И., Раева С.А. Использование сортовых ресурсов озимой пшеницы в Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2017. № 6(54). С. 43–47.

#### References

1. Vojskovoj A.I. Rol' sorta v povyshenii urozhajnosti ozimoy pshenicy v za-sushlivoj zone Stavropol'skogo kraja [The role of the variety in increasing the winter wheat productivity in the arid zone of the Stavropol Territory] // Problemy bor'by s zasuhoy: sb. nauch. tr. T.1. Stavropol': Izd-vo StGAU «Agrus», 2005. S. 195–200.
2. Gromova S.N., Skripka O.V., Samofalov A.P., Podgornij S.V. Urozhajnost' i kachestvo sortov i linij ozimoy myagkoj pshenicy selekcii FGBNU «VNIIZK im. I.G. Kalinenko» po razlichnym pedshestvennikam [Productivity and quality of winter soft wheat varieties and lines with various forecrops developed in the FSBI "ARRIGC named after I.G. Kalinenko"] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2017. № 3(51). S. 46–51.
3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basis of statistic processing of study results)]. 5-e izd., pererab. i dop. Moskva: Agropromizdat, 1985. 351 s.
4. Morozov N.A. Sozdanie adaptivnyh sortov zernovyh kul'tur dlya zasushlivyh uslovij Vostochnogo Predkavkaz'ya [Development of adaptive varieties of grain crops for arid conditions of Eastern Pre-Caucasus] // Problemy bor'by s zasuhoy: sb. nauch. tr. T.1. Stav-ropol': Izd-vo StGAU «Agrus», 2005. S. 254–257.
5. Fadeeva I.D., Valillulina G.N. Nadezhda – novyj sort ozimoy myagkoj psheni-cy, adaptirovannyj k usloviyam Srednego Povolzh'ya [‘Nadezhda’ is a new winter soft wheat variety adapted to the conditions of the Middle Volga] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2016. № 2(44). S. 41–44.
6. Fadeeva I.D., Tagirov M.SH., Gazizov I.N. Rezul'taty selekcii ozimoy psheni-cy na kachestvo zerna v Tatarskom NIISKH [The breeding results of winter wheat for grain quality in the Tatar Research Institute of Agriculture] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 2(56). S. 34–37.
7. Firsova T.I., Raeva S.A. Ispol'zovanie sortovyh resursov ozimoy pshenicy v Rostovskoj oblasti [The use of varietal resources of winter wheat in the Rostov region] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2017. № 6(54). S. 43–47.

**Критерии авторства.** Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ЭЛЕМЕНТЫ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ У ЛИСТОЧКОВЫХ И УСАТЫХ ОБРАЗЦОВ ГОРОХА: ИЗМЕНЧИВОСТЬ, ВЗАИМОСВЯЗИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЕКЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ

**А.Р. Ашиев**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур, arkady.ashiev@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2101-2321;

**К.Н. Хабибуллин**, агроном лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур, kira1992k@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-4136-1649;

**М.В. Скулова**, агроном лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур, e-mail: povolotskaya68@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7382-4703

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Для отбора высокопродуктивных генотипов гороха большое значение имеет знание закономерностей формирования продуктивности растений, зависящие от сочетания элементов структуры. Целью данной работы явилось изучение вариабельности элементов структуры урожая, выявление связей между ними, изучение влияния элементов структуры урожая на семенную продуктивность растения у коллекционных образцов гороха, имеющих разный тип листа. Исследования проводили в ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Ростовская область, г. Зерноград) на экспериментальных полях лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур в 2017–2018 гг. Объектами исследований были 58 листочковых и 69 усатых образцов различного эколого-географического происхождения из мировой коллекции ВИГРП им. Н.И. Вавилова и образцы, созданные в других научно-исследовательских учреждениях России и зарубежья.

Исследования по изучению изменчивости и взаимосвязей элементов продуктивности растений образцов коллекции гороха, имеющих листочковый и усатый тип листа, показали, что наиболее вариабельными признаками являются количество и масса семян с растения. Выявлены различия во взаимосвязях между листочковыми и усатыми образцами. Отсутствие влияния высоты растений и расположения нижнего боба на продуктивность растения позволяет вести селекцию гороха на короткостебельность и высокое прикрепление нижнего боба у образцов с разными типами листа без снижения урожайности зерна.

**Ключевые слова:** горох, образец, семенная продуктивность, тип листа, вариация, корреляция.



## YIELD STRUCTURE ELEMENTS OF LEAFY AND LEAFLESS PEA SAMPLES: VARIABILITY, CORRELATION AND PROSPECTS OF THEIR USE IN THE BREEDING PROCESS

**A.R. Ashiev**, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory of legumes breeding and seed-growing, arkady.ashiev@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2101-2321;

**K.N. Khabibullin**, agronomist the laboratory of legumes breeding and seed-growing, kira1992k@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-4136-1649;

**M.V. Skulova**, agronomist the laboratory of legumes breeding and seed-growing, povolotskaya68@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7382-4703

FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

To select highly productive peas genotypes it is essential to know the patterns of plant productivity, depending on the combination of structural elements. The purpose of this work was to study the variability of yield structure elements, to identify the correlation between them, and to study the influence of yield structure elements on seed productivity in collection samples of peas with different types of leaf. The studies were conducted on the experimental fields of the laboratory of legumes breeding and seed-growing of the FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy" (Rostov region, Zernograd) in 2017–2018. The objects of research were 58 leafy and 69 leafless samples of various ecological and geographical origin from the world collection of the All-Russian Research Institute named after N.I. Vavilov and samples identified by other research institutions in Russia and abroad. The studies on the variability and correlation of the yield elements of leafy and leafless pea samples have shown that 'number of kernels per plant' and 'kernel weight per plant' are most variable traits. There has been identified the difference in interconnection among leafy and leafless samples. No-effect of plant height and lower nod location on productivity allows breeding short-stem pea samples and samples with high attachment of a lower nod of both pea types without reducing their productivity.

**Keywords:** peas, sample, seed productivity, leafy type, variation, correlation.

**Введение.** Горох – основная зернобобовая культура в нашей стране. В России за последние годы площади посева под горохом возросли с 941,7 тыс. га в 2015 году до 1 434,7 тыс. га в 2018 г. со средней урожайностью зерна 2,1 т/га (ЕМИСС государственная статистика).

Широкое распространение гороха обусловлено высоким содержанием протеина в зерне (в среднем 20–27%), балансом его аминокислотного состава, хорошим вкусом и усвояемостью, а также достаточным потенциальным урожаем практически во всех зонах возделывания (Давлетов, 2008).

В настоящее время необходимы сорта не только с потенциальной продуктивностью 4–5 т/га, но и технологичные, пригодные для уборки прямым комбайнированием (Васякин, диссертация в виде научного доклада доктора с.-х. наук, 2003).

Возделывание гороха из-за биологических особенностей культуры (полегание стебля, слабая устойчивость к засухе, повреждаемость болезнями и вредителями) связано с технологическими трудностями. Достижения селекции изменили архитектуру новых сортов гороха. Созданы сорта с неосыпающимися се-

менами, усатым типом листа, детерминантным стеблем, которые значительно повысили технологичность сортов (Щетинин, диссертация канд. с.-х. наук, 2008).

По экспериментальным данным Hedley C.L., у листовых сортов потеря зерна вследствие полегания растений достигает 50, а иногда 75–80%. Снизить потери урожая от полегания позволяет использование сортов гороха с усатым типом листа. Это дает им большие преимущества перед обычными листовыми формами в реализации генетического потенциала продуктивности в агроценозе и повышает технологичность возделывания (Hedley, 1983).

Сорта гороха с листьями усатого морфотипа интересны, прежде всего, неполегающим стеблем с формированием микроклимата с улучшенным освещением, аэрацией и общим фитосанитарным состоянием (Чекрыгин, 1978; Дебелый и др., 1986; Вербицкий и др., 1998). Однако исследования показывают, что потенциал семенной продуктивности сортов усатого морфотипа ниже, несмотря на высокую урожайность, чем у сортов с обычными листьями (Хангильдин, 1982).

Успешному выведению сортов с планируемыми признаками и свойствами способствуют разработанные принципы подбора родительских пар, вовлекаемых в скрещивания, типы скрещиваний, методы работы с гибридными популяциями (Шевченко, 1980).

Для отбора высокопродуктивных генотипов большое значение имеет знание закономерностей формирования продуктивности растений. Это относится и к гороху, у которого продуктивность растений в большой степени зависит от сочетания элементов структуры. Для гороха основными элементами структуры урожая являются масса семян с растения, масса 1000 семян, количество бобов и семян. Урожайность семян в конечном итоге складывается из количества растений и их продуктивности (Дебелый и др., 1986).

Целью данной работы явилось изучение вариативности элементов структуры урожая, выявление связей между ними, изучение влияния элементов структуры урожая на семенную продуктивность растений у коллекционных образцов гороха, имеющих разный тип листа.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводили в ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Ростовская область, г. Зерноград), на опытных полях лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур в 2017–2018 гг. в соответствии с Методическими указаниями ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова (1975), Методикой полевого опыта Б. А. Доспехова (1985).

Посев коллекции проводили сеялкой ССФК-7 с шириной междурядий 15 см. Делянки семирядковые. Учетная площадь делянки – 5 м<sup>2</sup>. Повторность – двукратная.

Объектами исследований были 58 листовых и 69 усатых образцов различного эколого-географического происхождения из мировой коллекции ВИГРР им. Н. И. Вавилова и образцы, созданные в других научно-исследовательских учреждениях России и зарубежья.

Для статистической обработки полученных экспериментальных данных использовали пакет прикладных программ для Excel (Agstat).

В 2017 г. погодно-климатические условия для гороха оказались благоприятными. Апрель характеризовался избыточным увлажнением – 57,3 мм (превышение среднемесячных на 34,2%) на фоне средних температур 10,1 °С. Май был достаточно влажным (69,7 мм – 135,9% от среднемесячных), средняя температура воздуха 15,9 °С, что на 0,5 °С ниже среднемесячных данных. Температура воздуха в июне незначительно превышала (на 0,3 °С, или на 1,4%) среднемесячный показатель (20,5 °С). Выпавшие осадки 88,6 мм (124,3% от нормы) позволили сформировать гидротермический режим с достаточным увлажнением.

В 2018 г. погодно-климатические условия для вегетации гороха сложились крайне неблагоприятно. Метеоусловия апреля характеризовались дефицитом влаги и повышенными температурами. Количество осадков апреля составило 9 мм, что значительно ниже среднемесячного показателя (42,7 мм). Температура воздуха в мае значительно (на 2,7 °С) превышала среднемесячные данные (16,5 °С). Выпавшие осадки в количестве 12,7 мм (при среднемесячных 51,3 мм) сформировали условия с недостаточным увлажнением. В июне температура воздуха составила 23,9 °С, превысив среднемесячный показатель на 3,4 °С. Количество осадков, выпавших в июне, составило 4,2 мм, что значительно ниже среднемесячного показателя (71,3 мм).

В целом, погодные условия 2017–2018 гг. были контрастными и дали возможность объективно оценить изучаемые образцы.

**Результаты и их обсуждение.** Каждый из показателей, влияющих на семенную продуктивность растений (количество продуктивных узлов, бобов на продуктивном узле, озерненность боба и масса 1000 семян), характеризовался различным варьированием (табл. 1).

# 1. Показатели элементов структуры урожая гороха и их вариация (2017–2018 гг.) 1. Indexes of pea yield structure elements and their variations (2017–2018)

| Показатель                           | Тип листа | 2017 г.              |      | 2018 г.              |      |
|--------------------------------------|-----------|----------------------|------|----------------------|------|
|                                      |           | $x_{cp} \pm Sx_{cp}$ | Vc%  | $x_{cp} \pm Sx_{cp}$ | Vc%  |
| Высота растений, см                  | лист.     | 65,7±0,9             | 17,4 | 43,6±0,8             | 16,7 |
|                                      | усат.     | 63,4±0,8             | 16,8 | 42,8±0,6             | 18,4 |
| Высота прикрепления нижнего боба, см | лист.     | 44,6±0,7             | 16,3 | 43,6±0,8             | 17,2 |
|                                      | усат.     | 45,3±0,7             | 15,9 | 42,8±0,6             | 16,5 |
| Число продуктивных узлов, шт.        | лист.     | 4,2±0,10             | 20,1 | 2,0±0,07             | 28,2 |
|                                      | усат.     | 4,4±0,10             | 18,1 | 1,8±0,06             | 26,4 |
| Число продуктивных бобов, шт.        | лист.     | 7,0±0,23             | 26,7 | 2,6±0,10             | 32,1 |
|                                      | усат.     | 7,5±0,18             | 20,3 | 2,5±0,08             | 27,4 |
| Количество семян в бобе, шт.         | лист.     | 4,2±0,07             | 13,2 | 3,6±0,08             | 18,6 |
|                                      | усат.     | 4,3±0,08             | 16,4 | 3,8±0,09             | 19,4 |
| Количество семян с растения, шт.     | лист.     | 29,3±1,07            | 29,8 | 9,7±0,48             | 40,5 |
|                                      | усат.     | 31,8±0,97            | 25,4 | 9,3±0,31             | 27,6 |
| Масса 1000 семян, г                  | лист.     | 207,9±3,92           | 15,3 | 229,3±4,04           | 14,3 |
|                                      | усат.     | 204,9±4,17           | 16,9 | 226,6±3,36           | 12,3 |
| Масса семян с растения, г            | лист.     | 6,0±0,22             | 29,1 | 2,2±0,10             | 37,3 |
|                                      | усат.     | 6,4±0,18             | 23,0 | 2,1±0,06             | 25,0 |

Изучение изменчивости у сортов с разным типом листа показало высокую степень вариабельности элементов структуры урожая. Большая вариабельность в целом наблюдалась в менее благоприятном 2018 г. Анализируя показатель вариабельности между группами морфотипов отметили, что большей изменчивостью обладали листочковые образцы. Максимальная изменчивость признака (40,5%) наблюдалась 2018 г. по количеству семян с растения у листочковых сортов. Анализ массы семян с растения показал сильное варьирование у коллекционных образцов: 23,0% у усатых форм и 29,1% у листочковых в 2017 г.; 25,0% у усатых и 37,3% у листочковых в 2018 г. Наименьшая

вариабельность наблюдалась по массе 1000 семян и количеству семян в бобе.

В наших исследованиях высокие значения коэффициента вариации имели количество и масса семян с растения и проводить отборы только по данным признакам на высокую урожайность семян сложно. Поэтому в селекционной работе нужно учитывать весь комплекс признаков (количество продуктивных узлов, бобов, семян с растения, крупность семян).

Для эффективного отбора и оценки селекционного материала гороха необходимо знание взаимосвязей между продуктивностью растения и отдельными элементами структуры урожая (табл. 2).

## 2. Корреляции между элементами структуры урожая и другими морфо-биологическими признаками у сортов гороха различных морфотипов

### 2. Correlation between yield structure elements and other morphobiological traits of pea varieties of various morphotypes

| Показатель                       | Тип листа      | Высота растений  | Высота прикрепления нижнего боба | Число узлов      | Число бобов    | Количество семян в бобе | Количество семян на растении | Масса 1000 семян |
|----------------------------------|----------------|------------------|----------------------------------|------------------|----------------|-------------------------|------------------------------|------------------|
| Высота прикрепления нижнего боба | лист.<br>усат. | 0,30*<br>0,33*   |                                  |                  |                |                         |                              |                  |
| Число узлов                      | лист.<br>усат. | 0,12*<br>0,34*   | 0,06**<br>-0,01                  |                  |                |                         |                              |                  |
| Число бобов                      | лист.<br>усат. | 0,17*<br>-0,02   | 0,10*<br>-0,04**                 | 0,37*<br>0,33*   |                |                         |                              |                  |
| Количество семян в бобе          | лист.<br>усат. | 0,04**<br>0,30*  | -0,02<br>0,02                    | 0,16*<br>-0,06** | 0,01<br>-0,32* |                         |                              |                  |
| Количество семян на растении     | лист.<br>усат. | 0,10*<br>0,17*   | 0,05**<br>-0,03                  | 0,41*<br>0,26*   | 0,85*<br>0,64* | 0,45*<br>0,41*          |                              |                  |
| Масса 1000 семян                 | лист.<br>усат. | -0,04**<br>-0,03 | 0,07**<br>0,09*                  | -0,17*<br>-0,09* | -0,34*<br>0,03 | -0,33*<br>-0,35*        | -0,42*<br>-0,18*             |                  |
| Масса семян с растения           | лист.<br>усат. | 0,06**<br>0,17*  | 0,08*<br>0,06                    | 0,37*<br>0,23*   | 0,68*<br>0,64* | 0,42*<br>0,08*          | 0,81*<br>0,71*               | 0,08*<br>0,44*   |

Значимо: \* – при  $p=0,05$ ; \*\* – при  $p=0,01$ .

Для сортов с листочковым типом листа сильная положительная корреляция установлена между признаками: количество семян на растении и число бобов (+0,85), масса семян с растения и количество семян на растении (+0,81). Масса семян с растения в средней степени зависела от числа продуктивных бобов (+0,68), количества семян в бобе (+0,42), числа узлов (+0,37), высоты прикрепления нижнего боба (+0,33).

У сортов усатого морфотипа тесная положительная связь отмечена между количеством семян на растении и массой семян с одного растения (+0,71). На массу семян с растения среднее влияние оказывают число бобов (+0,64), масса 1000 семян (+0,44).

Обратная средняя корреляция установлена у листочковых образцов между массой 1000 семян и количеством семян на растении (-0,42), числом бобов (-0,34) и количеством семян в бобе (-0,33); у образцов с усатым типом листа – между количеством семян в бобе и массой 1000 семян (-0,35) и числом бобов (-0,32).

Так, выявлены взаимосвязи, различающиеся между группами листочковых и усатых морфотипов. Следует выделить корреляционные связи массы семян с растения с количеством семян в бобе и массой 1000 семян у образцов с разными типами листа. Так, количество семян в бобе влияет на семенную продуктивность у листочковых образцов в средней степени (0,42), а у усатых она отсутствует (0,08). В то же время крупность семян у усатых образцов влияет в средней степени на семенную продуктивность (0,44), при отсутствии влияния у листочковых (0,08). Крупность семян

в большей степени зависит от количества семян на растении и числа бобов у листочковых (-0,42 и -0,34), чем у усатых форм (-0,18 и 0,03 соответственно).

Отмечено отсутствие влияния высоты растений и расположения нижнего боба на продуктивность растения, что позволяет вести селекцию гороха на короткостебельность и высокое прикрепление нижнего боба у образцов с разными типами листа без снижения урожайности зерна.

**Выводы.** Исследования по изучению изменчивости и взаимосвязей элементов продуктивности растений образцов коллекции гороха, имеющих листочковый и усатый тип листа, показали, что наиболее изменчивыми признаками являются количество семян с растения и масса семян с растения.

Выявлены различия в корреляционных связях у образцов с разными типами листа.

Для сортов с листочковым типом листа сильная положительная корреляция установлена между признаками: количество семян на растении и число бобов, масса семян с растения и количество семян на растении.

У сортов усатого морфотипа тесная положительная связь отмечена между количеством семян на растении и массой семян с одного растения.

Отсутствие влияния высоты растений и расположения нижнего боба на продуктивность растения позволяет вести селекцию гороха на короткостебельность и высокое прикрепление нижнего боба у образцов с разными типами листа без снижения урожайности зерна.

## Библиографические ссылки

1. Вербицкий Н.М., Ольховатов П.М., Чмых Н.И. О продуктивности обычных и мутантных форм гороха // Вестник РАСХН. 1998. № 1. С. 52–53.
2. Давлетов Ф.А. Селекция неосыпающихся сортов гороха в условиях Южного Урала // Уфа, 2008. 236 с.
3. Дебелый Г.А., Князькова С.Р., Бежанидзе О.И. Селекционное значение форм гороха с различными типами листа и стебля // Селекция зерновых культур на стабильность урожайности, иммунитет и качество зерна в Нечерноземной зоне. М., 1986. С. 56–66.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) // 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Хангильдин В.В. Селекционная ценность форм гороха с новыми типами листа // Науч.-техн. бюл. ВСГИ. Одесса, 1982. № 4 (46). С. 36–39.
6. Чекрыгин П.М. Селекция высокопродуктивных сортов гороха с усатым типом листьев // Селекция и семеноводство. Киев, 1978. Вып. 63. С. 52–54.
7. Шевченко А.М. Наследование признака неосыпаемости семян гороха при гибридизации // Селекция и семеноводство. Киев, 1980. Вып. 44. С. 37–41.
8. Hedley C.L. Designing an improved pea crop plant // Perspectives for peas and lupins as protein crops. 1983. V. 8. P. 52–58.
9. ЕМИСС государственная статистика [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.fedstat.ru/>

## References

1. Verbickij N.M., Ol'hovатов P.M., CHmyh N.I. O produktivnosti obychnyh i mutantnyh form goroha [On the productivity of ordinary and mutant forms of peas] // Vestnik RASKHN. 1998. № 1. S. 52–53.
2. Davletov F.A. Selekcija neosypayushchihsya sortov goroha v usloviyah YUzhnogo Urals [Breeding of nonshattering pea varieties in the South Urals] // Ufa, 2008. 236 s.
3. Debelyj G.A., Knyaz'kova S.R., Bezhanidze O.I. Selekcionnoe znachenie form go-roha s razlichnymi tipami lista i steblya [The breeding value of pea forms with different types of leaf and stem] // Selekcija zernovyh kul'tur na stabil'nost' urozhajnosti, immunitet i kachestvo zerna v Nechernozemnoj zone. M., 1986. S. 56–66.
4. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) [Methodology of a field trial (with the basis of statistic processing of study results)]. 5-e izd., dop. i pererab. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
5. Hangil'din V.V. Selekcionnaya cennost' form goroha s novymi tipami lista [The breeding value of pea forms with new leaf types] // Nauch.-tekhn. byul. VSGI. Odessa, 1982. № 4 (46). S. 36–39.
6. CHekrygin P.M. Selekcija vysokoproduktivnyh sortov goroha s usatym tipom list'ev [Breeding of highly productive leafless pea varieties] // Selekcija i semenovodstvo. Kiev, 1978. Vyp. 63. S. 52–54.
7. Shevchenko A.M. Nasledovanie priznaka neosypaemosti semyan goroha pri gi-bridizacii [Inheritance of the trait 'nonshattering pea type' during hybridization] // Selekcija i semenovodstvo. Kiev, 1980. Vyp. 44. S. 37–41.
8. Hedley C.L. Designing an improved pea crop plant // Perspectives for peas and lupins as protein crops. 1983. V. 8. P. 52–58.
9. EMISS gosudarstvennaya statistika [EMISS State Statistics] [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: URL: <https://www.fedstat.ru/>

**Критерии авторства.** Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ПОДБОР ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СЕЛЕКЦИИ КУКУРУЗЫ НА ОСНОВЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ

**Г.Я. Кривошеев**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, genadiy.krivosheev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5876-7672;

**А.С. Игнатьев**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, ignatjev1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-4600

**А.Г. Горбачева**<sup>2</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела элитного и первичного семеноводства, ORCID ID: 0000-0001-9936-4565;

**И.А. Ветошкина**<sup>2</sup>, старший научный сотрудник отдела элитного и первичного семеноводства, ORCID ID: 0000-0002-8040-7040

<sup>1</sup>ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

<sup>2</sup>ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы,

357528, г. Пятигорск, ул. Ермолова, 14-Б; e-mail: 976067@mail.ru

Цель исследования – применение метода многокритериальной оценки для выделения исходного материала различных направлений селекции кукурузы. Исследования выполнены в 2017–2018 гг. в двух пунктах испытания: засушливом – АНЦ «Донской» (г. Зерноград) и влагообеспеченном – ВНИИ кукурузы (г. Пятигорск). В качестве исходного материала послужили 10 родительских форм гибридов кукурузы Альфа М, Алмаз М, Аврора С, Милена М, Исток С, Мирт М, Мальвина С, Радуга С, Мая М, Престиж М, используемые в качестве тестеров в программах скрещивания. Изучаемые формы характеризовались разнообразием по величине основных хозяйственно-ценных признаков. Значительной изменчивостью отличались признаки: бесплодие растений ( $V = 56,0\%$ ), поражение пузырчатой головней ( $V = 46,4\%$ ) и ломкость стебля ниже початка ( $V = 43,4\%$ ); средней изменчивостью – урожайность зерна ( $V = 14,8 - 18,2\%$ ), индекс засухоустойчивости ( $V = 10,5\%$ ), уборочная влажность зерна ( $V = 18,6\%$ ). Использование для интегральной оценки (SD) комплекса основных хозяйственно-ценных признаков с учетом заданных вкладов ( $R_k$ ) и весовых коэффициентов ( $W_i$ ) позволило ранжировать исходный материал с учетом ценности его для различных направлений селекции. Выделены тестеры Мирт М, Мая М, Исток С с наилучшими интегральными оценками ( $SD = 2,63-5,65$ ) для селекции на засухоустойчивость. Для селекции на низкую уборочную влажность зерна рекомендованы в качестве тестеров в программах скрещивания Исток С, Милена М, Аврора С ( $SD = 2,14-4,07$ ). Выделен универсальный тестер Исток С, пригодный для селекции различных направлений. Таким образом, многокритериальная оценка может использоваться в селекционном процессе для отбора исходного материала, отвечающего требованиям планируемых направлений селекции.

**Ключевые слова:** гибриды кукурузы, тестеры, критерии оценки, коэффициент вариации, интегральная оценка.



## THE SELECTION OF THE INITIAL MATERIAL FOR VARIOUS DIRECTIONS OF MAIZE BREEDING ON THE BASIS OF MULTI-CRITERIA ESTIMATION

**G.Ya. Krivosheev**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of maize breeding and seed-growing, genadiy.krivosheev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5876-7672;

**A.S. Ignatiev**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, main researcher of the laboratory of maize breeding and seed-growing, ignatjev1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-4600;

**A.G. Gorbacheva**<sup>2</sup>, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher of the department of elite and primary seed production;

**I.A. Vetoshkina**<sup>2</sup>, senior researcher of the department of elite and primary seed production

<sup>1</sup>FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

<sup>2</sup>FSBSI All-Russian Research Institute of maize,

357528, Pyatigorsk, Ermolov Str., 14-B; e-mail: 976067@mail.ru

The purpose of the study is the application of the method of multi-criteria estimation to select the initial material of various direction of maize breeding. The studies were performed in the year of 2017–2018 in two different regions of trials, in the arid area of the ARC "Donskoy" (Zernograd) and in the moisture area of the All-Russian Research Institute of Maize (Pyatigorsk). 10 parental forms of maize hybrids 'Alpha M', 'Almaz M', 'Aurora S', 'Milena M', 'Istok S', 'Mirt M', 'Malvina S', 'Raduga S', 'Maya M', 'Prestizh M' used as testers in breeding programs were taken as initial material. The studied forms were characterized by a diversity in the value of their main economically valuable traits. Significant variability was identified in infertility of plants ( $V = 56.0\%$ ), smut infection ( $V = 46.4\%$ ) and fragility of a stem below a cob ( $V = 43.4\%$ ). Average variability was identified in grain productivity ( $V = 14.8-18.2\%$ ), drought resistance index ( $V = 10.5\%$ ), harvesting moisture of grain ( $V = 18.6\%$ ). The use of the complex of main economically valuable traits for the integrated assessment (SD), taking into account the specified contributions ( $R_k$ ) and weight coefficients ( $W_i$ ), made it possible to rank the initial material according to its value for various areas of selection. There have been identified the testers 'Mirt M', 'Maya M', 'Istok S' with the best integral values ( $SD = 2.63-5.65$ ) for breeding on drought tolerance. 'Istok S', 'Milena M', 'Aurora S' ( $SD = 2.14-4.07$ ) have been recommended as the testers in breeding programs to breed the varieties with low harvesting moisture of grain. There has been identified a universal tester 'Istok S' which is suitable for various directions of maize breeding. Thus, the multi-criteria estimation can be used in the breeding process to select initial material that meets the requirements of the planned breeding directions.

**Keywords:** maize hybrid, testers, estimation criteria, coefficient of variability, integral estimation.

**Введение.** Оценка исходного материала считается одним из важнейших звеньев селекционного процесса. Для определения ценности селекционных образцов их необходимо оценивать по большому количеству признаков. Значение изучаемых признаков для различных направлений селекции не одинаково. Ценность образца для какого-либо конкретного направления селекции будет зависеть от величины всех изучаемых признаков, однако некоторые из них имеют первостепенное значение.

Разработан способ отбора селекционных образцов (Мартынов, 1987) по множеству критериев, основанный на использовании суммы нормированных отклонений от заданного селекционером оптимума по совокупности селекционных признаков. Этот метод успешно использован на некоторых сельскохозяйственных культурах: озимая пшеница, соя (Бутовец, 2015) сахарное сорго (Алабушев и др., 2019).

В селекции гибридной кукурузы необходимо всестороннее изучение большого количества самоопыленных линий, тестеров с целью отбора наиболее перспективных для программ скрещивания (Кривошеев и Игнатьев, 2017), в этом плане может помочь метод многокритериальной оценки, используемый на других культурах.

Цель исследований – применение метода многокритериальной оценки для отбора исходного материала различных направлений селекции кукурузы.

**Материалы и методы исследований.** Полевые опыты были заложены в 2017–2018 гг. в двух пунктах испытания: засушливом – АНЦ «Донской» (г. Зерноград) и влагообеспеченном – ВНИИ кукурузы (г. Пятигорск). Опыты проводили согласно Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1989) и методике полевого опыта (2014). Использование двух пунктов испытания, контрастных по влагообеспеченности, позволило определить индекс засухоустойчивости изучаемых образцов (Щербак, 1987).

В качестве исходного материала послужили родительские формы гибридов Альфа М, Алмаз М, Аврора С, Милена М, Исток С, Мирт М, Мальвина С, Радуга М, Мая М, Престиж М, которые планируется использовать в качестве тестеров в программах скрещивания.

Родительские формы оценены по следующим признакам: урожайность зерна (в двух пунктах испытания), уборочная влажность зерна (ВНИИК), бесплодие растений (АНЦ «Донской»), поражение пузырчатой головней на естественном фоне (АНЦ

«Донской»), ломкость стебля ниже початка (ВНИИК), индекс засухоустойчивости рассчитывали по снижению урожайности в засушливом пункте в сравнении с влагообеспеченным.

Необходимым условием многокритериальной оценки по какому-либо направлению селекции является определение значимости (вкладов  $P_k$ ) в интегральную оценку. Исходя из важности признака, селекционер устанавливает значение каждого признака или группы признаков в процентном отношении либо в долях от единицы. При этом, по методике Мартынова, для наиболее важных признаков или группы признаков вклады должны быть установлены более 50%. Учитывая, что при селекции на засухоустойчивость наибольшее значение имеют такие признаки как индекс засухоустойчивости, бесплодие растений и урожайность зерна в засушливом пункте испытания, устанавливаем их вклад ( $P_k$ ), равный 60%, по 20% каждый признак. Вклад остальных признаков в сумме составит 40%.

При селекции на низкую уборочную влажность зерна, наиболее важный признак – влажность зерна при уборке. Его вклад ( $P_k$ ) устанавливаем равным 60%. Вклад остальных признаков составит 40%.

Весовые коэффициенты рассчитывали по формуле:

$$W_i = P_k \times N,$$

где  $W_i$  – весовой коэффициент;

$P_k$  – заданный вклад в интегральную оценку;

$N$  – количество признаков.

Для интегральной оценки использована формула:

$$SD = \sum W_i (X_m - X_i) / S_i,$$

где  $SD$  значение интегральной оценки;

$X_m$  – желательный уровень признака;

$X_i$  – фактические значения признаков у образца;

$S_i$  – стандартное отклонение.

Желательный уровень признака в значительной степени зависит от условий внешней среды, поэтому его часто сложно планировать. В связи с этим для расчета интегральной оценки вместо него взято среднее значение признака в опыте.

**Результаты и их обсуждение.** Изучаемые тестеры характеризовались разнообразием по величине основных хозяйственно-ценных признаков. Наиболее высокую урожайность зерна (6,33 т/га) во ВНИИК сформировал тестер Мая М, наименьшую – Альфа М, эти же тестеры имели наибольшую (4,14 т/га) и наименьшую (2,58 т/га) урожайность в АНЦ «Донской» (табл. 1).

## 1. Основные хозяйственно-ценные показатели тестеров – родительских форм гибридов кукурузы (2017–2018 гг.)

### 1. Main economic-valuable indexes of the testers – parental forms of maize hybrids (2017–2018)

| Название   | Урожайность зерна, т/га |               | Индекс засухоустойчивости, % | Уборочная влажность зерна (ВНИИК), % | Бесплодие растений (АНЦ «Донской»), % | Поражение пузырчатой головней (АНЦ «Донской»), % | Ломкость стебля ниже початка (ВНИИК), % |
|------------|-------------------------|---------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|            | ВНИИК                   | АНЦ «Донской» |                              |                                      |                                       |                                                  |                                         |
| Альфа М    | 3,18                    | 2,58          | 81,1                         | 15,1                                 | 8,5                                   | 3,3                                              | 28,4                                    |
| Алмаз М    | 5,14                    | 2,89          | 56,2                         | 15,6                                 | 7,0                                   | 4,7                                              | 14,7                                    |
| Аврора М   | 3,77                    | 2,67          | 70,8                         | 14,3                                 | 8,9                                   | 2,1                                              | 33,1                                    |
| Милена М   | 5,14                    | 3,14          | 61,1                         | 14,4                                 | 8,1                                   | 2,8                                              | 35,5                                    |
| Исток С    | 4,55                    | 3,27          | 71,9                         | 15,0                                 | 3,5                                   | 1,0                                              | 29,7                                    |
| Мирт М     | 5,25                    | 3,92          | 74,7                         | 20,1                                 | 3,5                                   | 0,8                                              | 7,0                                     |
| Мальвина С | 5,18                    | 3,68          | 71,0                         | 19,2                                 | 3,1                                   | 3,5                                              | 20,4                                    |
| Радуга С   | 5,05                    | 3,63          | 71,9                         | 17,8                                 | 3,2                                   | 4,0                                              | 30,3                                    |
| Мая М      | 6,33                    | 4,14          | 65,1                         | 23,0                                 | 1,7                                   | 4,0                                              | 11,7                                    |
| Престиж М  | 5,77                    | 3,75          | 64,1                         | 22,3                                 | 2,7                                   | 1,8                                              | 17,3                                    |

Самым высоким индексом засухоустойчивости отличался тестер Альфа М (81,1%), самым низким – Алмаз М (56,2%). Низкая уборочная влажность зерна, близкая к стандартной (14,0%), отмечена у родительских форм Аврора С (14,3%) и Милена М (14,4%). Очень высокой уборочной влажностью отличались Мая М (23,0%) и Престиж М (22,3%), однако они имели в посевах минимальное количество бесплодных растений (1,7 и 2,7%). Максимальное бесплодие растений отмечено у тестера Аврора М – 8,9%. Изучаемые образцы

характеризовались невысоким поражением пузырчатой головней на естественном фоне: 0,8–4,7%, наиболее устойчивым оказался Мирт М (0,8%). Кроме этого, он отличался лучшей устойчивостью к ломкости стебля ниже початка (7,0%), у наименее устойчивого образца Милена М значение этого показателя достигало 35,5%.

К сильно варьирующим признакам отнесены: бесплодие растений ( $V=56,0\%$ ), поражение пузырчатой головней (46,4%) и ломкость стебля ниже початка (43,4%) (табл. 2).

## 2. Статистические показатели признаков, используемых для интегральной оценки тестеров (2017–2018 гг.)

### 2. Statistic indexes of the traits used for integral estimation of the testers (2017–2018)

| Показатель                                                                                 | Урожайность зерна, т/га |               | Индекс засухоустойчивости, % | Уборочная влажность зерна (ВНИИК), % | Бесплодие растений (АНЦ «Донской»), % | Поражение пузырчатой головней (АНЦ «Донской»), % | Ломкость стебля ниже початка (ВНИИК), % |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|                                                                                            | ВНИИК                   | АНЦ «Донской» |                              |                                      |                                       |                                                  |                                         |
| Максимальное значение признака (X max)                                                     | 6,33                    | 4,14          | 81,1                         | 23,0                                 | 8,9                                   | 4,7                                              | 35,5                                    |
| Минимальное значение признака (X min)                                                      | 3,18                    | 2,58          | 56,2                         | 14,3                                 | 1,7                                   | 0,8                                              | 7,0                                     |
| Среднее значение (X)                                                                       | 4,94                    | 3,37          | 68,8                         | 17,7                                 | 5,0                                   | 2,8                                              | 22,8                                    |
| Стандартное отклонение (S)                                                                 | 0,9                     | 0,5           | 7,2                          | 3,3                                  | 2,8                                   | 1,3                                              | 9,9                                     |
| Коэффициент вариации (V), %                                                                | 18,2                    | 14,8          | 10,5                         | 18,6                                 | 56,0                                  | 46,4                                             | 43,4                                    |
| Заданный вклад для селекции на засухоустойчивость в интегральную оценку (Рк)               | 0,1                     | 0,2           | 0,2                          | 0,1                                  | 0,2                                   | 0,1                                              | 0,1                                     |
| Весовой коэффициент для селекции на засухоустойчивость (Wi)                                | 0,8                     | 1,6           | 1,6                          | 0,8                                  | 1,6                                   | 0,8                                              | 0,8                                     |
| Заданный вклад для селекции на низкую уборочную влажность зерна в интегральную оценку (Рк) | 0,1                     | 0,1           | 0,05                         | 0,60                                 | 0,05                                  | 0,05                                             | 0,05                                    |
| Весовой коэффициент для селекции на низкую уборочную влажность зерна (Wi)                  | 0,8                     | 0,8           | 0,4                          | 4,8                                  | 0,4                                   | 0,4                                              | 0,4                                     |

Средневарьирующими оказались: урожайность зерна во влагообеспеченном пункте (18,2%), урожайность зерна в засушливом пункте (14,8%), индекс засухоустойчивости (10,5%), уборочная влажность зерна (18,6%). Учитывая значительную и среднюю изменчивость по основным хозяйственно-ценным признакам, возможен отбор образцов исходного материала для различных направлений селекции. Поскольку признаки имеют различное значение для разных направлений селекции, то и заданный вклад в интегральную оценку у них будет различаться. Так, для селекции на засухоустойчивость, наиболее важное значение имеют такие признаки, как индекс засухоустойчивости, бесплодие и урожайность зерна в засушливом пункте испытания. Учитывая, что их вклад в интегральную оценку (Рк) составляет 0,6 (по 0,2 каждый), рассчитанные весовые коэффициенты (Wi), по каждому признаку равны 1,6. Заданный вклад при селекции на засухоустойчивость остальных (менее значимых для этого направления селекции) признаков: урожайность зерна во влагообеспеченном пункте, уборочная влажность зерна, поражение пузырчатой головней, ломкость стебля ниже початка – составляет 0,4 (по 0,1 для каждого признака). Рассчитанные весовые коэффициенты для них равны 0,8.

Для селекции на низкую уборочную влажность зерна первостепенное значение имеет величина этого признака у исходного материала. Учитывая, что вклад (Рк) в этом случае по признаку уборочная влажность зерна составляет 0,6, при расчете получаем весовой коэффициент (Wi), равный 4,8. Заданный вклад в интегральную оценку остальных (менее значимых для селекции на низкую уборочную влажность зерна) признаков составляет 0,4, в их числе: урожайность зерна в различных пунктах по – 0,1; индекс засухоустойчивости, бесплодие растений, поражение пузырчатой головней, ломкость стебля ниже початка – по 0,05.

Используя значения заданного вклада (Рк) в формуле для расчета весовых коэффициентов (Wi), получаем их значения для каждого признака: уборочная влажность зерна (4,8), урожайность зерна в различных пунктах (по 0,8 для каждого пункта), индекс засухоустойчивости, бесплодие растений, поражение пузырчатой головней, ломкость стебля ниже початка (по 0,4 для каждого признака).

Учитывая, что для урожайности зерна и индекса засухоустойчивости желательным является наибольшее, а для остальных признаков наименьшее значение, вычислена интегральная оценка для каждого тестера (табл. 3).

### 3. Интегральная оценка тестеров для различных направлений селекции кукурузы (2017–2018 гг.) 3. Integral estimation of the testers for various direction of maize breeding (2017–2018)

| Тестер     | Селекция на засухоустойчивость |      | Селекция на низкую уборочную влажность зерна |      |
|------------|--------------------------------|------|----------------------------------------------|------|
|            | интегральная оценка (SD)       | ранг | интегральная оценка (SD)                     | ранг |
| Альфа М    | –0,78                          | 7    | +0,38                                        | 5    |
| Алмаз М    | –3,05                          | 8    | +1,22                                        | 4    |
| Аврора М   | –4,98                          | 10   | +2,14                                        | 3    |
| Милена М   | –4,19                          | 9    | +3,28                                        | 2    |
| Исток С    | +2,63                          | 3    | +4,07                                        | 1    |
| Мирт М     | +5,65                          | 1    | –0,54                                        | 7    |
| Мальвина С | +1,63                          | 5    | –1,20                                        | 8    |
| Радуга С   | +1,14                          | 6    | –0,39                                        | 6    |
| Мая М      | +3,63                          | 2    | –4,96                                        | 10   |
| Престиж М  | 2,29                           | 4    | –4,71                                        | 9    |

При селекции на засухоустойчивость наилучшую интегральную оценку (SD) имеют тестеры Мирт М (+5,65), Мая М (+0,63), Исток С (+2,63) и соответственно наиболее высокие ранги (1–3). По совокупности основных признаков, с учетом их значимости для этого направления селекции, они рекомендуются для использования в программах скрещивания для создания засухоустойчивых гибридов кукурузы. Наихудшими для селекции на засухоустойчивость оказались родительские формы Аврора С (SD=–4,98), ранг 10 и Милена М (SD=–4,19), ранг 9.

Наиболее высокую интегральную оценку для селекции на низкую уборочную влажность зерна имели тестеры Исток С (SD=+4,07), Милена М (SD=+3,28), Аврора С (SD=+2,14) и соответственно 1, 2, 3 ранги. Их целесообразно использовать в топкроссных скрещиваниях по созданию гибридов кукурузы с высокой интенсивностью высухания зерна при созревании.

Проведенные исследования позволяют заключить, что для разных направлений селекции требуются различные тестеры, ранги изучаемых образцов изменяются в зависимости от направления селекции. Например, тестер Милена М, один из лучших для селекции на низкую уборочную влажность зерна (ранг 2), оказался одним из худших при селекции на засухоустойчивость (ранг 9). Однако выделен универсальный тестер Исток С, пригодный в качестве исходного материала для селекции разных направлений.

**Выводы.** Использование метода многокритериальной оценки позволяет дифференцировать исходный материал по ценности для различных направлений селекции. Выделены тестеры Мирт М, Мая М, Исток С с высокими значениями интегральной оценки (SD= 2,63–5,65) для селекции на засухоустойчивость. Для селекции на низкую уборочную влажность зерна рекомендуются тестеры Исток С, Милена М, Аврора С (SD=2,14–4,07). Универсальностью использования отличался тестер Исток С.

#### Библиографические ссылки

1. Алабушев А.В., Романюкин А.Е., Ковтунова Н.А., Шишова Е.А., Ковтунов В.В. Использование многокритериальной оценки в селекции сахарного сорго // Земледелие. 2019. № 2. С. 39–41.
2. Бутовец Е.С. Многокритериальная оценка сортов сои на заключительном этапе селекции // Дальневосточный аграрный вестник. 2015. № 2 (34). С. 13–16.
3. Кривошеев Г.Я., Игнатьев А.С. Селекционная ценность образцов подвита восковидной кукурузы (*Zea mays L. ceratina*) // Достижения науки и техники АПК. 2017. №1. С. 39–43.
4. Мартынов С.П. Метод многокритериального выбора на заключительном этапе селекции растений // Сельскохозяйственная биология. 1987. № 6. С. 122–124.

#### References

1. Alabushev A.V., Romanyukin A.E., Kovtunova N.A., Shishova E.A., Kovtunov V.V. Ispol'zovanie mnogokriterial'noj ocenki v selekcii sahar'nogo sorgo [The method of multi-criteria selection at the final stage of plant breeding] // Zemledelie. 2019. № 2. S. 39–41.
2. Butovets E.S. Mnogokriterial'naya ocenka sortov soi na zaklyuchitel'nom etape selekcii [Multi-criteria estimation of soybean varieties at the final stage] // Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. 2015. № 2 (34). S. 13–16.
3. Krivosheev G.YA., Ignat'ev A.S. Selekcionnaya cennost' obrazcov podvida voskovidnoj kukuruzy (*Zea mays L. ceratina*) [The use of multi-criteria estimation in sweet sorghum breeding] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2017. №1. S. 39–43.
4. Martynov S.P. Metod mnogokriterial'nogo vybora na zaklyuchitel'nom etape selekcii rastenij [Breeding value of the samples of waxy maize subspecies (*Zea mays L. ceratina*)] // Sel'skhozaystvennaya biologiya. 1987. № 6. S. 122–124.

**Критерии авторства.** Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИИ ГОРОХА ПОСЕВНОГО В УСЛОВИЯХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

**С.К. Шукис**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции зернобобовых и кормовых культур, shukis\_sk@mail.ru, тел.: 923-561-59-94, ORCID ID: 0000-0003-4817-7537;  
**Е.Р. Шукис**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории селекции зернобобовых и кормовых культур, ORCID ID: 0000-0002-6042-5268  
ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр»,  
656910, г. Барнаул-51, Научный городок, 35; Тел. 496-230; e-mail: aniish@mail.ru

Подчеркнуто важное значение гороха как источника растительного белка. Указано на недостаточные площади под ним как в России, так и на Алтае. Одной из причин снижения посевных площадей под горохом являются высокие затраты на посев и защиту семенного материала, растений от вредителей, болезней и сорняков, а климатические изменения способствуют быстрому развитию таких вредоносных заболеваний, как аскохитоз, бактериоз, фузариоз, ржавчина, значительному заселению посевов клубеньковым долгоносиком, гороховой тлей, гороховой зерновкой и плодовой жоркой.

Рассматривая основные направления в селекции гороха, следует подчеркнуть, что Алтайскому краю, с его огромной территорией и разнообразными природно-климатическими условиями, необходимы высокоурожайные, хорошо адаптированные сорта разных направлений использования, способные с максимальной эффективностью использовать агроклиматические ресурсы разных зон. Все это требует активной проработки исходного материала, выделения новых, хозяйственно-ценных форм и включения их в селекционный процесс.

Отмечается, что производству необходимы более совершенные сорта, создание которых невозможно без наличия разнообразного исходного материала.

Целью выделения высокоурожайных форм растений была изучена в 2012–2017 гг. коллекция гороха. Материал представлен 113 сортообразцами отечественной и зарубежной селекции. Лучшими по зерновой продуктивности оказались Многоплодный 163, Rheinperle, Флагман 12, 8069, Варяг, Алтайский усатый, Пионер, LittleMarwel, Многоплодный 27, Зеленый цукат, Рядовой, 576/80, по кормовой продуктивности – Новосибирец, Варяг, Pino, Зеленый цукат, Многоплодный 105; к самым скороспелым следует отнести Rheinperle и Pyrama. Высокорослостью отличались Pino, Новосибирец, Варяг, 8067. Крупное зерно имели Pyrama, Флагман 12, Новосибирец, Sihirobana-Kinusaja, Линия 312. Устойчивостью к полеганию выделились Алтайский усатый, Светозар, Камертон, Флагман 12.

**Ключевые слова:** горох, исходный материал, сорт, образец, оценка, урожайность.



## THE ESTIMATION OF PEAS COLLECTION IN THE ALTAI

**S.K. Shchukis**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of legumes and forage crops breeding, shukis\_sk@mail.ru, tel.: 923-561-59-94, ORCID ID: 0000-0003-4817-7537

**E.R. Shchukis**, Doctor of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory of legumes and forage crops breeding, ORCID ID: 0000-0002-6042-5268

FSBSI "Federal Altay Research Center",  
656910, Barnaul-51, Nauchny Gorodok, 35; Tel. 496-230; e-mail: aniish@mail.ru

The article emphasizes the importance of peas as a source of vegetative protein, and indicates on insufficient areas under peas both in Russia and in the Altai. One of the reasons of reducing its acreage is the high costs on peas planting and protecting from pests, diseases and weeds. Climate changing contributes to rapid development of such harmful diseases as ascohitox, bacteriosis, fusarium, rust, significant number of weevil, pea aphid and moth mullet. Considering the main directions in pea breeding, it should be emphasized that the Altai Area, with its vast territory and diverse natural and climatic conditions, requires highly productive, well-adapted varieties of different use which are capable to effectively use agro-climatic resources of different zones. All this requires the active study of the source material, the selection of new, economically valuable forms and their introduction into the breeding process. It has been noted that the production requires more advanced varieties, the development of which is impossible without the presence of diverse source material. The purpose of the study was to identify the best productive plants in the pea collection of 2012-2017. The material has been represented by 113 variety samples of domestic and foreign selection. The varieties with best productivity were 'Mnogoplodny 163', 'Rheinperle', 'Flagman 12', '8069', 'Varyag', 'Altaysky Usaty', 'Pioner', 'LittleMarwel', 'Mnogoplodny 27', 'Zeleny Tsukat', 'Ryadovoy', '576/80'. The best forage productivity was produced by 'Novosibirets', 'Varyag', 'Pino', 'Zeleny Tsukat', 'Mnogoplodny 105'. The most fast-ripening varieties were 'Rheinperle' and 'Pyrama'. The samples 'Novosibirets', 'Varyag', 'Pino' and '8067' were characterized with high plant height. The samples 'Pyrama', 'Flagman 12', 'Novosibirets', 'Sihirobana-Kinusaja', the line '312' produced large-sized kernels. The great lodge resistance has been shown by 'Altaysky Usaty', 'Svetozar', 'Kamerton', 'Flagman 12'.

**Keywords:** peas, initial material, variety, sample, estimation, productivity.

**Введение.** Горох (*Pisum sativum* L.) как ценная зернобобовая культура возделывается во многих странах мира. Основными производителями и поставщиками зерна гороха, а также продуктов его переработки являются такие страны, как Канада, Индия, Китай, Франция (Кондыков, 2010). В России площади под рассматриваемой культурой составляют около 1 млн га, на Алтае в 2018 г. – порядка 100 тыс. га. Этого количества явно недостаточно для решения проблемы пищевого и кормового белка, а также биологического азота в почве.

Одной из причин наблюдаемых тенденций снижения посевных площадей под горохом, является менее рентабельным из-за высоких затрат на посев и защиту семенного материала, растений от вредителей, болезней и сорняков. Климатические изменения способствуют также эпифитотийному развитию таких вредоносных заболеваний, как аскохитоз, бактериоз, фузариоз, ржавчина, значительному заселению посевов клубеньковым долгоносиком, гороховой тлей, гороховой зерновкой и плодовой жоркой. Высокий и качественный урожай гороха практически невозможно

получить без обработки семян протравителями, а посевы – пестицидами (Борзенкова, 2006).

Поэтому создание высокоадаптивных, стрессоустойчивых сортов – задача чрезвычайно важная и актуальная (Васякин, 2002). Ключевая роль в селекции гороха отводится исходному материалу. Наличие богатого генофонда, достаточно полно характеризующего мировое разнообразие культуры, является одним из ключевых условий успешного совершенствования сортового состава (Макашева, 1979; Соболев, автореферат диссертации кандидата биол. наук, 2009; Давлетов, 2008).

В селекционной работе с горохом в ФГБНУ ФАНЦА используются морфотипы разных направлений, различающиеся между собой по длине вегетационного периода, конструкции стебля, типу листа, крупности зерна и другим параметрам. Каждая форма имеет свои положительные и отрицательные стороны, которые необходимо хорошо знать для того, чтобы правильно определять стратегию и тактику совершенствования сортового состава, успешно преодолевать отрицательные корреляции между биолого-хозяйственными признаками и свойствами (Давлетов, 2008; Вишнякова, 2012).

Рассматривая основные направления в селекции гороха, следует подчеркнуть, что Алтайскому краю, с его огромной территорией и разнообразными природно-климатическими условиями, необходимы высокоурожайные, хорошо адаптированные, разноплановые сорта, способные с максимальной эффективностью использовать агроклиматические ресурсы разных зон. Все это требует активной проработки исходного материала, выделения, новых, хозяйственно-ценных форм и включения их в селекционный процесс.

**Материалы и методы исследований.** Исследования по рассматриваемой проблеме проводили на полевом стационаре лаборатории селекции зернобобовых и кормовых культур ФГБНУ ФАНЦА в 2012–2017 гг., расположенном в условиях Приобской лесостепи Алтайского края. Почва – чернозем, выщелоченный среднemosный среднегумусный среднесуглинистый с невысокой емкостью поглощения и нейтральной реакцией среды. Среднее годовое количество осадков – 400 мм, из них в мае–сентябре – 220 мм. Сумма активных температур за вегетацию (выше +10 °C) 1800–2260 °C. По влагообеспеченности вегетационный период 2012 г. отнести можно к острозасушливым, 2015 – к засушливым, 2013, 2014, 2016 и 2017 гг. – к относительно благоприятным по увлажнению. Самым теплообеспеченным был 2012 г. с суммой эффективных температур выше +10 °C, равной 2238 °C. Влажные годы 2013, 2014, 2016 и 2017 г. характеризовались с определенным дефицитом тепла, отрицательно повлиявшим на урожайность исследуемых сортообразцов. Большинство из них в средней и сильной степени поражались ржавчиной, бактериозом и другими заболеваниями. Отмеченное разнообразие лет позволило объективно оценить имеющийся материал и выявить лучшие образцы в каждой группе спелости и у каждого морфотипа.

Всего в проработке находилось 113 образцов. Материал представлен различными эколого-географическими группами из разных стран мира: Россия – 38, Украина – 19, Нидерланды – 6, Грузия – 5, Австралия – 4, Великобритания – 4, Швеция – 3, Чехословакия – 2, Португалия – 2, Дания – 2, Франция – 2, Таджикистан – 2, Германия – 2, Польша – 2, США – 2, Латвия – 2, Югославия – 1, Литва – 1, Румыния – 1, Пакистан – 1, Венгрия – 1, Норвегия – 1, Индия – 1, Турция – 1, Япония – 1, Китай – 1, Эстония – 1, Сербия – 1. В качестве стандартов были взяты районированные сорта мест-

ной селекции: Аванс, Варяг, Новосибирец, Алтайский усатый. Сортообразцы высевали на делянках площадью 2 м. в четырехкратной повторности, стандарты размещали через каждые 15 номеров. Закладку полевых опытов, основные и сопутствующие наблюдения, оценки и учеты проводили в соответствии с «Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (1985). Достоверность различий по вариантам опытов устанавливали статистически – методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1968).

**Результаты и их обсуждение.** Продолжительность периода «посев – всходы» в разные годы бала различной.

Так, в 2012–2013 гг. всходы гороха в питомниках появились на 15–20 день после посева. Посевы характеризовались неравномерными всходами и изреженностью. Анализ агроклиматических условий показал, что причина этого кроется в недостатке осадков и малом запасе почвенной влаги.

В 2014–2015 гг. всходы появились на 13–15 день. В последующем условия для роста и развития растений складывались неоднозначно. Обильные майские дожди способствовали активному нарастанию биомассы, которое не затормозил даже июньский дефицит осадков. Июльские дожди на фоне дефицита тепла способствовали развитию корневых гнилей и ржавчины. Это ускорило отмирание растений, в результате чего продуктивный потенциал их не был реализован.

В 2016 г. всходы гороха в питомниках появились на 12–14 день после посева. Посевы характеризовались дружными всходами. Анализ агроклиматических условий показал, что основной причиной хорошего состояния растений является благоприятный гидротермический режим. В последующем условия для роста и развития растений изменились. Недобор осадков в мае и июне не способствовал активному нарастанию биомассы. Особенно это касалось скороспелых форм. Июльские осадки и жаркая погода спровоцировали у большинства образцов повторное цветение и израстание. Листочковые формы из-за полегания в фазу цветения должным образом не опылились и не смогли реализовать в полной мере свой генетический потенциал.

В 2017 г. продолжительность периода «посев-всходы» составила 10–11 дней. Посевы характеризовались дружными всходами. Анализ агроклиматических условий показал, что они вполне благоприятны для роста и развития растений. Во второй половине вегетации июльские осадки на фоне повышенных температур вызвали у многих образцов повторное цветение и израстание растений.

Исследуемый материал существенно различался между собой по срокам наступления фаз развития, продолжительности цветения, созревания. От всходов до полной спелости зерна у разных форм проходило от 60 до 98 дней. Согласно существующей классификации весь материал был поделен на 3 группы спелости (Васякин, 2002).

Самыми урожайными по зерновой и кормовой продуктивности в исследуемом периоде времени были представители среднеспелой и позднеспелой группы. Так, если максимальные урожаи скороспелой группы сортообразцов наблюдались в 2012 г. среднеспелой – в 2013 и 2014 гг., то позднеспелой – в 2013, 2015, 2016 и 2017 гг. Это объясняется тем, что среднеспелые и позднеспелые сортообразцы в течение рассматриваемого периода меньше реагировали на дневные температуры в фазу бутонизации-цветения, а за счет поздних июльских осадков формировали больший урожай биомассы и зерна.

# 1. Распределение сортообразцов гороха по группам спелости и их общая характеристика (2012–2017 гг.)

## 1. Distribution of peas variety samples due to ripeness and their general characteristics (2012–2017)

| Группа спелости | Вегетационный период, дней | Количество сортообразцов в группе | Высота растений, см | Урожайность зерна, г/м |
|-----------------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------|------------------------|
| Скороспелая     | до 75                      | 60                                | 61,5                | 262                    |
| Среднеспелая    | 76–85                      | 45                                | 71,2                | 290                    |
| Позднеспелая    | более 86                   | 8                                 | 77,4                | 352                    |

Высота растений – важный показатель для гороха, так как увеличение ее, а вместе с ней и листовой фотосинтетической поверхности, позволяет увеличить урожайность не только зерна, но и зеленой массы (Соболев, автореферат диссертации кандидата биологических наук, 2009). Что касается безлисточковых (усатых) форм гороха, то для практического использования наибольший интерес представляют сортообразцы с высотой растений не менее 55 см, поскольку короткостебельные сорта усложняют уборку гороха прямым комбайнированием и значительно проигрывают по конкурентности сорным ценозам. Недостатком высокорослых сортов является склонность к полеганию в период созревания бобов. Тем не менее, такие сортообразцы могут быть востребованы при создании укосных сортов для агрофитоценозов со злаковыми культурами.

Среди длинностебельных форм оказались сорта как с листочковым, так и с усатым типом листа. К первым отнесены Новосибирец, 8067, Pino, LittleMarwel, Многоплодный 27; ко вторым Варяг, Флагман 12 (табл. 2). Большинство из них сочетало высокую урожайность кормовой и зерновой продуктивности и представляли интерес для зерно-укосного использования. Наибольшее количество высокорослых форм содержалось в позднеспелой группе. Из скороспелой группы выделились Флагман 12 (72 см.), Многоцветковый (67 см.), Rheinperle (66 см.). Из среднеспелой группы к числу высокорослых следует отнести Pino (98 см.), Варяг (87 см.), LittleMarwel (72) и Многоплодный 27 (71 см.), из позднеспелой группы все образцы выделялись высокорослостью, т.к. в большей степени использовали заложенный генетический потенциал.

Интегральным показателем, определяющим степень реализации генетического потенциала сорта в конкретных условиях, является урожайность. Лучшие результаты по зерновой продуктивности показали сорта и линии среднеспелой и позднеспелой группы: Зеленый цукат – 420 г/м<sup>2</sup>, 576/80 – 381 г/м<sup>2</sup>, Rheinperle – 365 г/м<sup>2</sup>, 8067 – 359 г/м<sup>2</sup>, Pino – 357 г/м<sup>2</sup>, Многоцветковый – 348 г/м<sup>2</sup>, LittleMarwel – 329 г/м<sup>2</sup>. Все они отличались дружными, полными всходами, высокой сохранностью растений к моменту уборки, способностью формировать биологически полноценные семена, технологичностью в уборке, повышенной урожайностью зерна, большинство из них оказались вполне пригодными для двойного (зерноукосного использования), как на зерно, так и корм животным в чистом виде или в агрофитоценозах со злаковыми культурами.

Крупность зерна, оцениваемая по массе 1000 зерен, – наследуемый признак и один из главных показателей структуры урожая. По крупности зерна горох можно разделить на три группы: сорта с крупными семенами – 280–300 и более граммов, средними – 150–280 г и мелкими – менее 150 г. Ценность всех мелкозерных сортов состоит в повышении коэффициентов размножения, в содействии значительному удешевлению продукции. Оптимальной крупностью, с технологической точки зрения, для сортов зерно-

вого типа является 210–250 г (Шпаар и др., 2000; Зеленский, 1962). С этим следует согласиться. Более мелкое зерно снижает продуктивный потенциал сорта, более крупное – сильнее дробится, что ведет к удорожанию продукции и потере прибыли. В нашей коллекции к крупнозерным сортообразцам можно отнести Ругама, Флагман 12, Новосибирец, Sihrobana-Kinusaja, Варяг, Линия 312.

В условиях нестабильного климата значительное внимание отводится поиску источников устойчивости к основным патогенам гороха. Наиболее экономически вредоносными заболеваниями на Алтае считаются ржавчина и бактериоз, в меньшей степени проявляются аскохитоз и фузариоз. Наблюдения показали, что комплексной устойчивости к таковым заболеваниям не обладает ни один из исследуемых объектов.

Устойчивостью к аскохитозу и фузариозу выделялись практически все представители скороспелой группы, из среднеспелой группы можно отметить Варяг, Алтайский усатый, Аккорд, Светозар, Зеленый цукат и Pino, из позднеспелой группы – Новосибирец, Рядовой, 576/80.

Слабо поражались ржавчиной и бактериозом Многоплодный 163, Флагман 12, 8069, Многоплодный 27, Камертон.

В настоящее время выделившиеся в коллекции формы широко используются в гибридизации. В гибридных популяциях, а также в гетерогенном исходном и селекционном материале проводятся отборы, из которых формируются селекционные питомники. Продолжается работа с перспективными линиями гороха, развешиваются их семеноводство.

**Выводы.** Оценка коллекции гороха свидетельствует о целесообразности использования в Алтайском крае сортов различных морфотипов и групп спелости. Это позволит полнее реализовать биологический потенциал культуры и стабилизировать урожайность по годам, снизить отрицательные последствия засушливых лет.

В процессе оценки исходного материала в каждой группе спелости выделены сортообразцы с полезными биолого-хозяйственными признаками для дальнейшего использования в селекционном процессе.

В качестве исходного материала по гороху предлагается использовать следующие источники: по зерновой продуктивности – Многоплодный 163, Rheinperle, Флагман 12, 8069, Варяг, Алтайский усатый, Пионер, LittleMarwel, Многоплодный 27, Зеленый цукат, Рядовой, 576/80; по урожайности кормовой массы – Новосибирец, Варяг, Pino, Зеленый цукат, Многоплодный 105; по скороспелости – Rheinperle, Ругама; по высоте растений – Pino, Новосибирец, Варяг, 8067; по крупности семян – Ругама, Флагман 12, Новосибирец, Sihrobana-Kinusaja, Линия 312; по устойчивости к полеганию – Алтайский усатый, Светозар, Камертон, Флагман 12; по устойчивости к болезням – Варяг, Алтайский усатый, Аккорд, Светозар, Зеленый цукат, Pino, Новосибирец, Рядовой, 576/80, Многоплодный 163, Флагман 12, 8069, Многоплодный 27, Камертон.

2. Лучшие сортообразцы коллекции гороха (2012–2017 гг.)  
2. The best variety samples in the pea collection of (2012–2017)

| Сорт, линия           | Страна происхождения | Тип листа | Вегетационный период, дней | Высота растений, см | Устойчивость к болезням, балл | Содержание белка в зерне, % | Масса 1000 семян, г | Урожайность г/м |               |                 | Устойчивость к полеганию, балл |
|-----------------------|----------------------|-----------|----------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------|---------------|-----------------|--------------------------------|
|                       |                      |           |                            |                     |                               |                             |                     | семян           | зеленой массы | сухого вещества |                                |
| Скороспелые           |                      |           |                            |                     |                               |                             |                     |                 |               |                 |                                |
| Аванс, ст.            | Россия               | Лист.     | 71                         | 57                  | 3,0                           | 23,5                        | 156                 | 247             | 310           | 127             | 3,4                            |
| Shihibana-Kinusaja    | Япония               | Лист.     | 68                         | 59                  | 3,0                           | 22,7                        | 226                 | 238             | 340           | 160             | 3,6                            |
| Ругапа                | Чехословакия         | Лист.     | 70                         | 49                  | 3,0                           | 22,9                        | 234                 | 246             | 290           | 125             | 3,6                            |
| Многоплодный 163      | Украина              | Лист.     | 72                         | 51                  | 4,0                           | 23,6                        | 200                 | 276             | 243           | 120             | 3,7                            |
| Линия 312             | Россия               | Лист.     | 73                         | 51                  | 3,5                           | 24,1                        | 211                 | 211             | 329           | 158             | 3,4                            |
| Rheinperle            | Германия             | Лист.     | 66                         | 66                  | 3,5                           | 22,2                        | 185                 | 265             | 315           | 136             | 3,5                            |
| Многоцветковый        | Россия               | Лист.     | 74                         | 67                  | 4,0                           | 24,4                        | 176                 | 258             | 344           | 157             | 3,5                            |
| Флагман 12            | Россия               | Усат.     | 73                         | 72                  | 3,5                           | 24,1                        | 236                 | 271             | 328           | 164             | 4,4                            |
| Многоплодный 105      | Украина              | Лист.     | 73                         | 62                  | 4,0                           | 24,7                        | 184                 | 225             | 375           | 172             | 3,6                            |
| 8069                  | Грузия               | Лист.     | 71                         | 61                  | 4,0                           | 21,4                        | 176                 | 280             | 347           | 173             | 3,8                            |
| НСР <sub>05</sub>     |                      |           |                            | 4,56                |                               |                             |                     |                 |               |                 |                                |
| Среднеспелые          |                      |           |                            |                     |                               |                             |                     |                 |               |                 |                                |
| Варяг, ст.            | Россия               | Усат.     | 79                         | 87                  | 3,5                           | 24,1                        | 207                 | 306             | 426           | 157             | 4,3                            |
| Алтайский Усатый, ст. | Россия               | Усат.     | 77                         | 56                  | 3,5                           | 23,7                        | 187                 | 295             | 247           | 121             | 4,9                            |
| Пионер                | Латвия               | Лист.     | 77                         | 65                  | 3,0                           | 23,6                        | 190                 | 299             | 294           | 132             | 3,3                            |
| LittleMargel          | США                  | Лист.     | 76                         | 72                  | 3,0                           | 24,5                        | 176                 | 329             | 374           | 145             | 3,4                            |
| Цзы-хуа-вань-доу      | Китай                | Лист.     | 77                         | 62                  | 2,5                           | 22,4                        | 187                 | 257             | 312           | 153             | 3,5                            |
| Аккорд (Многоплодный) | Украина              | Лист.     | 78                         | 64                  | 4,0                           | 23,7                        | 174                 | 257             | 355           | 168             | 3,2                            |
| Многоплодный 27       | Украина              | Лист.     | 79                         | 71                  | 3,5                           | 24,9                        | 191                 | 312             | 357           | 178             | 3,5                            |
| Светозар              | Россия               | Усат.     | 79                         | 57                  | 3,5                           | 23,1                        | 173                 | 277             | 318           | 121             | 4,9                            |
| Зеленый цукат         | Украина              | Лист.     | 76                         | 62                  | 4,0                           | 23,5                        | 176                 | 420             | 421           | 167             | 3,4                            |
| Pino                  | Португалия           | Лист.     | 77                         | 98                  | 4,0                           | 23,8                        | 169                 | 357             | 442           | 224             | 3,3                            |
| НСР <sub>05</sub>     |                      |           |                            | 7,21                |                               |                             |                     |                 |               |                 |                                |
| Позднеспелые          |                      |           |                            |                     |                               |                             |                     |                 |               |                 |                                |
| Новосибирец, ст.      | Россия               | Лист.     | 88                         | 91                  | 3,5                           | 24,9                        | 220                 | 397             | 467           | 213             | 3,2                            |
| Рядовой               | Украина              | Лист.     | 89                         | 79                  | 3,0                           | 25,1                        | 182                 | 389             | 398           | 164             | 3,2                            |
| 8067                  | Грузия               | Лист.     | 90                         | 85                  | 3,0                           | 23,4                        | 163                 | 359             | 386           | 181             | 3,5                            |
| Камертон              | Украина              | Усат.     | 89                         | 54                  | 4,0                           | 23,8                        | 174                 | 332             | 231           | 132             | 4,7                            |
| 576/80                | Украина              | Лист.     | 88                         | 79                  | 4,0                           | 24,7                        | 188                 | 381             | 412           | 215             | 3,6                            |
| НСР <sub>05</sub>     |                      |           |                            | 8,62                |                               |                             |                     |                 |               |                 |                                |

## Библиографические ссылки

1. Борзенкова Г.А. Чем протравливать горох // Защита и карантин растений. 2006. № 2. С. 26.
2. Васякин Н.И. Зернобобовые культуры в Западной Сибири // РАСХН. Сиб. отделение. АНИИЗиС. Новосибирск, 2002. 184 с.
3. Вишнякова М.А. Роль ВИРа в мобилизации, сохранении и использовании генофонда зернобобовых культур: история и современность // Зернобобовые и крупяные культуры. 2012. № 1. С. 27–37.
4. Давлетов Ф.А. Селекция неосыпающихся сортов гороха в условиях Южного Урала. Уфа: Гилем, 2008. 236 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учеб. для высших сельскохозяйственных учебных заведений. М., Колос, 1968. 336 с.
6. Шпаар Д., Элмер Ф., Постников А. и др. Зернобобовые культуры; под ред. Д. Шпаара. Мн.: ФУАинформ, 2000. 264 с.
7. Зеленский С.С. Горох – важнейшая зернобобовая культура. М.: Сельхозиздат, 1962. 64с.
8. Кондыков И.В., Бобков С.В. и др. Современные европейские сорта гороха – урожайность и содержание белка // Зерновое хозяйство России. 2010. № 5(11). С. 17–20.
9. Макашева Р.Х. Культурная флора СССР; под ред. О. Н. Коровиной. Л.: Колос, 1979. Т. 4. Ч. 1. 324 с.

## References

1. Borzenkova G.A. SChem protravlivat' goroh [How to pretreat peas] // Zashchita i karantin rastenij. 2006. № 2. S. 26.
2. Vasyakin N.I. Zernobobovye kul'tury v Zapadnoj Sibiri [Legumes in Western Siberia] // RASKHN. Sib. otdelenie. ANII ZiS. Novosibirsk, 2002. 184 s.
3. Vishnyakova M.A. Rol' VIRa v mobilizacii, sohranении i ispol'zovanii geno-fonda zernobobovyh kul'tur: istoriya i sovremennost' [The role of VIR in the mobilization, conservation and use of the gene pool of leguminous crops: history and present time] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2012. № 1. S. 27–37.
4. Davletov F.A. Selekcija neosypayushchihsya sortov goroha v usloviyah YUzhnogo Urala [Breeding of nonshattering pea varieties in the conditions of the Southern Urals]. Ufa: Gilem, 2008. 236 s.
5. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of study results)]: ucheb. dlya vysshih sel'skohozyajstvennyh uchebnyh zavedenij. M., Kolos, 1968. 336 s.
6. SHpaar D., Ellmer F., Postnikov A. i dr. Zernobobovye kul'tury [Leguminous crops]; pod red. D. SHpaara. Mn.: FUAinform, 2000. 264 s.
7. Zelenskij S.S. Goroh – vazhnejshaya zernobobovaya kul'tura [Pea is the most important leguminous crop]. M.: Sel'hozizdat, 1962. 64s.
8. Kondykov I.V., Bobkov S.V. i dr. Sovremennye evropejskie sorta goroha – urozhajnost' i sodержание belka [Modern European pea varieties – productivity and protein content] // Zernovoe hoz'yajstvo Rossii. 2010. № 5(11). S. 17–20.
9. Makasheva R.H. Kul'turnaya flora SSSR [Cultural flora of the USSR]; pod red. O. N. Korovinoj. L.: Kolos, 1979. T. 4. CH. 1. 324 s.

**Критерии авторства.** Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

## ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ АДАПТИВНОСТИ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ЭСПАРЦЕТА

**С.А. Игнатьев**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории многолетних трав, [mноголетnie.travy@mail.ru](mailto:mноголетnie.travy@mail.ru), ORCID ID: 0000-0003-0715-2982;

**А.А. Регидин**, младший научный сотрудник лаборатории многолетних трав, [mноголетnie.travy@mail.ru](mailto:mноголетnie.travy@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-3246-1501

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок 3; e-mail: [vniizk30@mail.ru](mailto:vniizk30@mail.ru)

Оценка исходного материала – важнейшая часть селекционного процесса. Потребность в дополнительной объективности его характеристики, выявлении параметров экологической пластичности, стабильности, устойчивости к стрессовым экологическим условиям всегда высока. В рамках коллекционного питомника изучали 16 образцов эспарцета (*Onobrychis arenaria* Kit. DC) песчаного вида по ряду параметров адаптивности. Цель исследований – выявить формы эспарцета с комплексом адаптивных свойств по признакам «урожайность зеленой массы» и «урожайность семян» для использования их в дальнейшей селекционной работе. В исследованиях использовали общепринятые методики. Оценку параметров адаптивности выполняли по Eberhart S.G., Russell W.G. (1966) в изложении В.А. Зыкина и др. (2005) и В.З. Пакудина (1984). Выполненный дисперсионный анализ двухфакторного опыта по продуктивности образцов эспарцета показал наличие взаимодействия генотипа и среды. На изменение урожайности зеленой массы и семян наибольшее влияние оказывал фактор года (среды), 51 и 58% соответственно. Влияние фактора сорта (образца) оказалось при этом ниже (40,7 и 35,5%), взаимодействие этих факторов также было достоверно, дисперсия взаимодействия превышала значение ошибки и составляла 65 и 79%. Оценкой образцов эспарцета на наличие у них адаптивных свойств установлено, что практически все изученные образцы имели хотя бы какой-то один параметр адаптивности. Но более ценны, очевидно, для включения в селекционный процесс образцы эспарцета, имеющие несколько или комплекс рассчитанных адаптивных свойств, а этим выделяются только отдельные образцы. При возделывании на зеленую массу и семена образцы С 5/05 и ГИА 4 имели высокий уровень устойчивости к стрессовым условиям произрастания ( $Y_{\min} - Y_{\max}$ ), высокий уровень экологической пластичности ( $bi$ ) и стабильности ( $Si^2$ ), а образцы ГИА 2 и ГИА 11 обладали этими параметрами только при возделывании их на зеленую массу. Высокой устойчивостью к стрессовым ситуациям произрастания ( $Y_{\min} - Y_{\max}$ ) и генетической гибкостью ( $(Y_{\min} + Y_{\max})/2$ ), высоким уровнем экологической пластичности ( $bi$ ) и гомеостатичности (HOM) при возделывании на семена выделялся Северокавказский двуукосный.

**Ключевые слова:** эспарцет, образец, продуктивность, параметр, адаптивность, пластичность, стабильность.



## THE ESTIMATION OF ADAPTABILITY PARAMETERS OF THE COLLECTION SAMPLES OF SAINFOIN

**S.A. Ignatiev**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of perennial grasses, [mноголетnie.travy@mail.ru](mailto:mноголетnie.travy@mail.ru), ORCID ID: 0000-0003-0715-2982;

**A.A. Regidin**, junior researcher of the laboratory of perennial grasses, [mноголетnie.travy@mail.ru](mailto:mноголетnie.travy@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-3246-1501

FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: [vniizk30@mail.ru](mailto:vniizk30@mail.ru)

The estimation of the initial material is the most important part of the breeding process. There is a great necessity in additional objectivity of its characteristics, in identification of the parameters of environmental adaptability, stability, resistance to stressful environmental conditions. Within the collection nursery there have been studied adaptability parameters of 16 sainfoin samples (*Onobrychis arenaria* Kit. DC) of a sandy species. The purpose of research was to identify sainfoin forms with a complex of adaptive traits based on such characteristics as "green mass productivity" and "seed productivity" to use them in future breeding work. There have been used conventional techniques in the study. The estimation of the adaptability parameters was carried out according to Eberhart S.G., Russell W.G. (1966) presented by V.A. Zykina et al. (2005) and by V.Z. Pakudin (1984). The conducted dispersion analysis of the two-factor trial on the productivity of sainfoin samples showed the correlation between the genotype and the environment. The change in green mass and seed productivity was greatly influenced by the factor 'year' ('environment') (51% and 58%, respectively). The influence of the factor 'variety' ('sample') was less (40.7% and 35.5%), the correlation of these factors was also reliable, the interaction variance exceeded the error value and was 65% and 79%. The estimation of sainfoin samples for the presence of adaptive properties revealed that almost all the studied samples had at least one adaptive parameter. But, the sainfoin samples that have several or a set of calculated adaptive properties are obviously more valuable for the use in the breeding process. When cultivating for green mass and seeds, the samples 'S 5/05' and 'GIA 4' had a high level of resistance to stressful growing conditions ( $U_{\min} - U_{\max}$ ), a high level of environmental adaptability ( $bi$ ) and stability ( $Si^2$ ), and the samples 'GIA 2' and 'GIA 11' have these parameters only if they are cultivated for green mass. The variety 'Severokavkazsky Dvuukosny' is characterized with high resistance to stressful growing conditions ( $U_{\min} - U_{\max}$ ) and genetic flexibility ( $(U_{\min} + U_{\max}) / 2$ ), with a high level of ecological adaptability ( $bi$ ) and homeostatism (HOM).

**Keywords:** sainfoin, sample, productivity, parameter, adaptability, stability.

**Введение.** Оценка селекционного материала – важнейшая часть селекционного процесса. От оценки исходного материала многолетних трав в большей степени зависит подбор родительских форм, какие образцы будут привлечены в скрещивание. При его изучении важны особенности роста и развития, спо-

собность к отрастанию после скашивания, глазомерная оценка и описание, продуктивность и т.д. Чаще всего этих данных недостаточно для привлечения образцов в гибридизацию, чтобы гибридное потомство имело как можно меньше отрицательных признаков, было адаптировано к изменяющимся экологическим

условиям со стабильной урожайностью зеленой массы, сена, семян.

Потребность в дополнительной объективной оценке применительно к различному селекционному материалу, выявление параметров экологической его пластичности, изменение важных признаков в широком диапазоне экологических условий возделывания проявляется в опубликованных исследованиях.

По многим культурам – озимой мягкой пшенице (Рыбас и Гуреева, 2014; Вожжова и Кравченко, 2014; Кравченко и Ионова, 2015), озимой ржи (Гончаренко и др., 2015), ярового ячменя (Сапега, 2014) изучалось взаимодействие генотипа и среды, чтобы выявить параметры экологической пластичности, стабильности и адаптивности объектов.

Оценка полевой засухоустойчивости образцов люцерны с помощью индекса засухоустойчивости выполнена Казариным и др. (Казариным и др., 2015). Эти исследования позволили дать многостороннюю оценку материалу в конкурсных сортоиспытаниях, выделить среди допущенных к использованию сортов экологически стабильные, пластичные и адаптированные сорта к конкретным условиям зон их возделывания.

Целью исследований была оценка продуктивности растений эспарцета в коллекционном питомнике, выявление более пластичных, стабильных и адаптированных образцов к условиям юга России для различного дальнейшего их использования в селекционной работе.

**Материалы и методы исследований.** Исследования выполняли в рамках коллекционного питомника эспарцета, согласно Методическим рекомендациям по селекции многолетних трав (1985) и Методическим указаниям по изучению коллекции многолетних кормовых трав (1975).

Объектом исследований являлись 16 образцов эспарцета, из которых 12 – гибридные популяции

песчаного вида (*Onobrychis arenaria* Kit. DC) местной селекции. Математическую обработку результатов опыта выполняли по Б.А. Доспехову «Методика полевого опыта» (1985); индексы  $(Y_{\min} - Y_{\max})$ ,  $(Y_{\min} + Y_{\max})/2$ , показатели экологической пластичности  $b_i$ , стабильности  $Si^2$  и гомеостатичности (HOM) – по Eberhart and Russell, 1966 в изложении В.А. Зыкина, И.А. Белан, В.С. Юсова и др. (2005) и В.З. Пакудина, Л.М. Лопатиной (1984).

Погодные условия в годы постановки опыта по условиям увлажнения и температурному режиму были достаточно сложными, что позволило объективно оценить коллекционный материал эспарцета.

В осенний период во все годы выпало 81,5–90,0% осадков от средней многолетней нормы (131,5 мм). В зимне-весенний период два года зимой осадков выпадало на 10,3–50,0%, а весной на 36–160% выше средней многолетней этих периодов.

В летние месяцы недобор осадков составлял 7,5–51,0%. В целом за вегетационный период выпало осадков 81,5–90,3% от средней многолетней (268,2 мм) и один год выпало на 17% выше этой нормы.

Выпадающие осадки летнего периода носили ливневый характер и на фоне высоких (весной – на 0,5–1,9 °C, летом – на 1,7–2,5 °C выше нормы) средне-месячных температур воздуха оказывали на посевы многолетних бобовых трав кратковременное влияние.

**Результаты и их обсуждение.** Выполненный дисперсионный анализ двухфакторного опыта по продуктивности образцов эспарцета показал наличие взаимодействия генотипа и среды. На изменение урожайности зеленой массы и семян наибольшее влияние оказывал фактор «год» (среда), 51%. Влияние фактора «сорт» (образец) оказалось при этом ниже (40,7%), взаимодействие этих факторов при этом также было достоверно (дисперсия взаимодействия превышала значение дисперсии ошибки) и составляло 6,5% (рис. 1).

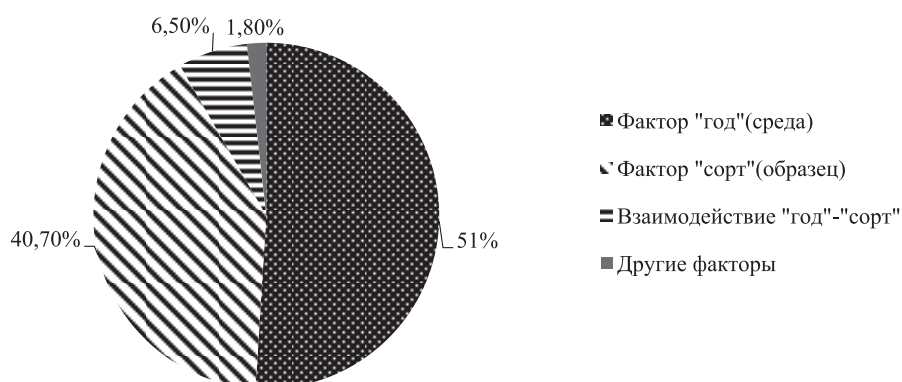


Рис. 1. Влияние факторов на признак «урожайность зеленой массы» образцов эспарцета (2015–2017 гг.)

Fig. 1. The effect of the factors on the trait 'green mass productivity' in the sainfoin samples (2015–2017)

Изменчивость условий среды, в которых выращивали образцы эспарцета, характеризуется совокупностью признаков. На более благоприятные условия произрастания указывают положительные значения индекса среды. При выращивании на семена более благоприятные условия были в 2015 г. – индекс условий среды составлял  $(I_s) +193,2$ , худшие – в 2016 и 2017 г., в которых, соответственно, он составлял  $-98,48$  и  $-94,73$ . В то же время значение индекса среды  $(I_s)$  при возделывании на зеленую массу в 2015 г. составляло 0,00, в 2016 г. –  $+0,27$  и  $-0,27$  в 2017 г., т.е.

2017 г. – худший по сложившимся условиям возделывания эспарцета.

Изменчивость (вариабельность) урожайности зеленой массы в опыте по годам незначительная. Наименьшие ( $<10\%$ ) коэффициенты вариации отмечались у образцов ГИА 2 – 2,6%, ГИА 11 – 3,9%, С5/05 – 5,7%, ГИА 4 – 6,0%, С3/05 – 7,2%, ГИА 1 – 8,3%, у остальных образцов коэффициент вариации был  $>10\%$  (средний) и только у ГИА 7 он был значительным (20,6%) (табл. 1).

**1. Параметры адаптивных свойств образцов эспарцета в коллекционном питомнике по признаку урожайности зеленой массы (2015–2017 гг.)**

**1. Adaptability parameters of the sainfoin collection samples according to the trait 'green mass productivity' (2015–2017)**

| Сорт, образец               | Урожайность зеленой массы, кг/м <sup>2</sup> (min-max) | CV, % | Параметры адаптивности                                 |                                                            |       |                 |       |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------|-----------------|-------|
|                             |                                                        |       | Y <sub>min</sub> -Y <sub>max</sub> , кг/м <sup>2</sup> | (Y <sub>min</sub> +Y <sub>max</sub> )/2, кг/м <sup>2</sup> | bi    | Si <sup>2</sup> | НОМ   |
| Зерноградский 2, St         | 3,8 – 4,3                                              | 6,5   | –0,5                                                   | 4,1                                                        | 0,42  | 0,01            | 127,1 |
| С 2/05                      | 3,7 – 4,7                                              | 12,0  | –1,0                                                   | 4,2                                                        | 1,30  | 0,28            | 32,8  |
| С 3/05                      | 3,9 – 4,5                                              | 7,2   | –0,6                                                   | 4,2                                                        | 1,10  | 0,01            | 91,7  |
| С 4/05                      | 4,0 – 5,3                                              | 14,3  | –1,3                                                   | 4,7                                                        | 2,40  | 0,08            | 19,0  |
| С 5/05                      | 3,9 – 4,3                                              | 5,7   | –0,4                                                   | 4,1                                                        | 0,73  | 0,03            | 182,0 |
| С 6/05                      | 3,9 – 4,7                                              | 9,9   | –0,8                                                   | 4,3                                                        | 1,29  | 0,13            | 48,2  |
| Син 12                      | 3,8 – 4,7                                              | 11,3  | –0,9                                                   | 4,3                                                        | 1,66  | 0,08            | 37,9  |
| ГИА 1                       | 4,4 – 5,1                                              | 8,3   | –0,7                                                   | 4,8                                                        | 1,29  | 0,08            | 59,4  |
| ГИА 2                       | 4,3 – 4,5                                              | 2,6   | –0,2                                                   | 4,4                                                        | 0,37  | 0,01            | 727,9 |
| ГИА 4                       | 3,9 – 4,4                                              | 6,0   | –0,5                                                   | 4,2                                                        | 0,36  | 0,11            | 133,6 |
| ГИА 5                       | 3,2 – 4,5                                              | 17,9  | –1,3                                                   | 3,9                                                        | 0,17  | 1,04            | 17,9  |
| ГИА 11                      | 3,8 – 4,1                                              | 3,9   | –0,3                                                   | 4,0                                                        | 0,18  | 0,04            | 366,8 |
| ГИА 7                       | 2,9 – 4,4                                              | 20,6  | –1,5                                                   | 3,7                                                        | –0,75 | 1,12            | 14,4  |
| Северокавказский двуукосный | 3,2 – 4,1                                              | 13,1  | –0,9                                                   | 3,7                                                        | 1,66  | 0,08            | 37,9  |
| Песчаный улучшенный         | 2,7 – 3,7                                              | 16,5  | –1,0                                                   | 3,2                                                        | 1,84  | 0,10            | 30,5  |
| Песчаный 1251               | 3,1 – 3,9                                              | 12,7  | –0,8                                                   | 3,5                                                        | 1,48  | 0,10            | 45,5  |

Уровень устойчивости изучаемых образцов эспарцета к стрессовым условиям произрастания отражает индекс разницы минимальной и максимальной урожайности ( $Y_{\min} - Y_{\max}$ ). Согласно Гончаренко (Гончаренко и др., 2005), чем меньше разница между минимальной и максимальной урожайностью сорта, тем выше его устойчивость к стрессу. Среди изучаемых образцов эспарцета наименьшая разница ( $Y_{\min} - Y_{\max}$ ) отмечена у ГИА 2 – –0,2 кг/м<sup>2</sup>, ГИА 11 – –0,3 кг/м<sup>2</sup>, С5/05 – –0,4 кг/м<sup>2</sup>, ГИА 4 – –0,5 кг/м<sup>2</sup> и у стандарта Зерноградский 2 – –0,5 кг/м<sup>2</sup>.

Индекс  $(Y_{\min} + Y_{\max})/2$  отражает среднюю урожайность образца в стрессовой и нестрессовой (контрастной) ситуациях возделывания и характеризует генетическую гибкость образца (сорта) или его компенсаторную способность. По Гончаренко и др. (2005), чем выше этот индекс, тем выше степень соответствия между генотипом образца (сорта) и факторами среды. Наибольшую урожайность зеленой массы в контрастных условиях формировали следующие изучаемые образцы эспарцета: ГИА 1 – 4,8 кг/м<sup>2</sup>, С 4/05 – 4,7 кг/м<sup>2</sup>, ГИА 2–4,4 кг/м<sup>2</sup>.

Коэффициент регрессии (bi) является критерием (индексом) оценки уровня экологической пластичности и указывает на реакцию генотипа на изменение условий среды. Те генотипы, у которых bi>1, обладают большей отзывчивостью на изменение условий возделывания, т.е. такие генотипы требовательны, например, к уровню агротехники, минерального питания и т.д., а если bi<1, то такой генотип слабее реагирует на изменение, чем в среднем изучаемый набор генотипов. Поэтому такие генотипы ценны тем, что при минимуме затрат могут дать максимальную продуктивность. В случае если bi=1, то генотип хорошо адаптирован к разнообразным условиям среды возделывания. Исходя из этого, изучаемые образцы эспарцета можно разделить на три группы в зависимости от цели создания нового сорта. В настоящий момент предпочтительны образцы с коэффициентом регрес-

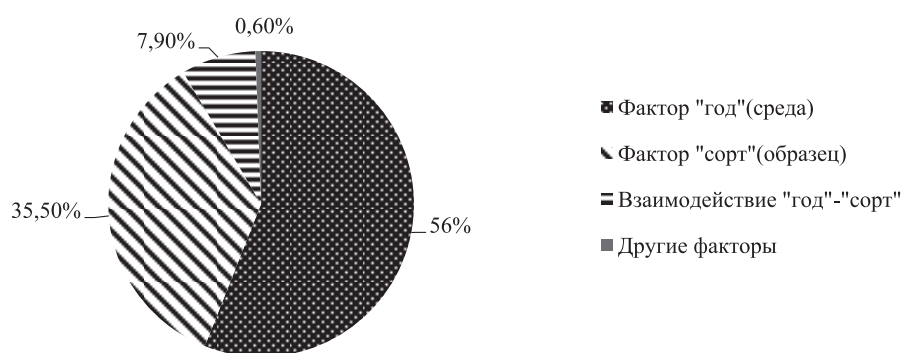
сии bi<1, а это образцы ГИА 7, ГИА 5, ГИА 11, ГИА 4, ГИА 2, С 5/05.

Выполненная оценка коллекционных образцов эспарцета на стабильность их реакции при возделывании на зеленую массу по коэффициенту стабильности Si<sup>2</sup>, рассчитанному по дисперсии отклонений фактических урожаев от теоретически ожидаемых, показала, что меньший коэффициент Si<sup>2</sup>, а значит и большую стабильность реакции, имели сорт Зерноградский 2 и образцы С 3/05, ГИА 2, Si<sup>2</sup> которых равнялся 0,01, а также С 5/05 (Si<sup>2</sup> = 0,03) и ГИА 11 (Si<sup>2</sup> = 0,04).

Принято считать, что гомеостатичность – это способность растений поддерживать внутреннее равновесие и реализовывать генетические возможности сорта при отклонении от нормы условий их возделывания. Свойство гомеостатичности заключается в определенной устойчивости сортов какой-либо культуры против созданных изменений условий среды. Так как связана она с экологической пластичностью, то устойчивость к дефициту влаги, высокой температуре воздуха и вообще к перепадам экологических условий произрастания характерна высокогемостатичным сортам (Хангильдин, 1979; Гончаренко и др., 2015).

В нашем опыте при возделывании изучаемых образцов на зеленую массу высокими значениями гомеостатичности выделялись ГИА 2 – 727,9, ГИА 11 – 366,8, С5/05 – 182,0, Зерноградский 2 – 127,1. Как образцы, устойчивые к отклонениям условий среды возделывания от нормы, они должны привлекаться к селекционной работе.

Наличие взаимодействия генотипа и среды выявил дисперсионный анализ образцов эспарцета по семенной продуктивности. На изменение урожайности семян наибольшее влияние оказывал фактор «год» (среда), 56%, влияние фактора «сорт» (образец) составляло 35,5%, а взаимодействие этих факторов – 7,9% (рис. 2).



**Рис. 2. Влияние факторов на признак «урожайность семян» образцов эспарцета (2015–2017 гг.)**  
**Fig. 2. The effect of the factors on the trait 'seed productivity' in the sainfoin samples (2015–2017)**

Оценка образцов эспарцета по совокупности индексов экологической устойчивости при возделывании их на семена показала, что высока по годам вариабельность их урожайности. У всех образцов она

значительная, 45,0–83,1%. Наименьшая (45,0%) она у сорта Северокавказский двуукосный при урожайности по годам 132–280 г/м<sup>2</sup> (табл. 2).

## 2. Параметры адаптивных свойств образцов эспарцета в коллекционном питомнике по признаку «урожайность семян» (2015–2017 гг.)

### 2. Adaptability parameters of the sainfoin collection samples according to the trait 'seed productivity' (2015–2017)

| Сорт, образец               | Урожайность семян, г/м <sup>2</sup> (min-max) | CV, % | Параметры адаптивности      |                                 |      |                 |     |
|-----------------------------|-----------------------------------------------|-------|-----------------------------|---------------------------------|------|-----------------|-----|
|                             |                                               |       | Ymin-Ymax, г/м <sup>2</sup> | (Ymin+Ymax)/2, г/м <sup>2</sup> | bi   | Si <sup>2</sup> | HOM |
| Зерноградский 2, St         | 113 – 370                                     | 70,6  | –257                        | 241,5                           | 0,86 | 184,7           | 1,4 |
| С 2/05                      | 132 – 450                                     | 77,1  | –318                        | 291,0                           | 1,10 | 8,5             | 0,9 |
| С 3/05                      | 141 – 500                                     | 79,5  | –359                        | 320,5                           | 1,24 | 10,8            | 0,7 |
| С 4/05                      | 126 – 350                                     | 64,0  | –224                        | 238,0                           | 0,77 | 0,4             | 1,8 |
| С 5/05                      | 131 – 410                                     | 70,3  | –279                        | 270,5                           | 0,95 | 5,9             | 1,2 |
| С 6/05                      | 129 – 400                                     | 70,4  | –271                        | 264,5                           | 0,93 | 0,1             | 1,2 |
| Син 12                      | 130 – 470                                     | 79,5  | –340                        | 300,0                           | 1,16 | 0,2             | 0,8 |
| ГИА 1                       | 126 – 390                                     | 61,5  | –264                        | 258,0                           | 0,83 | 919,3           | 1,4 |
| ГИА 2                       | 140 – 550                                     | 78,3  | –410                        | 345,0                           | 1,35 | 549,5           | 0,6 |
| ГИА 4                       | 126 – 400                                     | 68,0  | –274                        | 263,0                           | 0,91 | 297,9           | 1,2 |
| ГИА 5                       | 124 – 480                                     | 83,1  | –356                        | 302,0                           | 1,22 | 66,8            | 0,7 |
| ГИА 11                      | 115 – 430                                     | 79,4  | –315                        | 272,5                           | 1,06 | 40,6            | 0,9 |
| ГИА 7                       | 116 – 430                                     | 82,2  | –314                        | 273,0                           | 1,08 | 8,3             | 0,9 |
| Северокавказский двуукосный | 132 – 280                                     | 45,0  | –148                        | 206,0                           | 0,49 | 58,9            | 4,2 |
| Песчаный улучшенный         | 119 – 430                                     | 75,5  | –311                        | 274,5                           | 1,04 | 164,1           | 1,0 |
| Песчаный 1251               | 96 – 400                                      | 82,3  | –304                        | 248,0                           | 1,01 | 395,8           | 1,0 |

Уровень устойчивости образцов к стрессовым условиям ( $Y_{\min} - Y_{\max}$ ) при возделывании на семена более благоприятен у образцов Северокавказский двуукосный (–148 г/м<sup>2</sup>), С 4/05 (–244 г/м<sup>2</sup>), Зерноградский 2 (–257 г/м<sup>2</sup>), ГИА 1 (–264 г/м<sup>2</sup>), С 6/05 (–271 г/м<sup>2</sup>), ГИА 4 (–274 г/м<sup>2</sup>), С 5/05 (–279 г/м<sup>2</sup>).

Индекс отражения средней урожайности ( $(Y_{\min} + Y_{\max})/2$ ) в стрессовой и нестрессовой ситуациях или генетическая устойчивость к этим условиям наиболее высока у образцов ГИА 2 (345,0 г/м<sup>2</sup>), С 3/05 (320,5 г/м<sup>2</sup>), ГИА 5 (302,0 г/м<sup>2</sup>), Син 12 (300,0 г/м<sup>2</sup>), С 2/05 (291,0 г/м<sup>2</sup>).

Индекс оценки уровня пластичности, рассчитанного по коэффициенту  $bi$ , выявил образцы с  $bi < 1$ : С 4/05 (0,77), Северокавказский двуукосный (0,49), Зерноградский 2 (0,86), ГИА 4 (0,91), С 6/05 (0,93), С 5/05 (0,95). Хорошо адаптирован к разнообразным

условиям среды возделывания эспарцет Песчаный 1251, так как у него  $bi$  очень близок к единице (1,01).

Оценка образцов на стабильность признака «урожайность семян» по коэффициенту  $Si^2$  выявила материал с наименьшей ее изменчивостью: С 6/05 (0,1), Син 12 (0,2), С 4/05 (0,4), С 5/05 (5,9), ГИА 7 (8,3), С 2/05 (8,5).

По параметру гомеостатичность (HOM) при возделывании на семена высоким его значением выделились образцы Северокавказский двуукосный (HOM = 4,2), С 4/05 (HOM = 1,8), Зерноградский 2 и ГИА 1 (HOM = 1,4). Эти образцы являются более устойчивыми к отклонениям условий среды возделывания от нормы.

В результате выполненной оценки образцов эспарцета на наличие у них адаптивных свойств установлено, что все образцы имеют какие-то параметры адаптивности (табл. 3).

### 3. Образцы эспарцета, выделившиеся по комплексу параметров адаптивности (2015–2017 гг.)

### 3. The sainfoin samples identified according to a set of adaptability parameters (2015–2017)

| Сорт, образец               | Параметры адаптивности |               |     |                 |     |
|-----------------------------|------------------------|---------------|-----|-----------------|-----|
|                             | Ymin-Ymax              | (Ymin+Ymax)/2 | bi  | Si <sup>2</sup> | НОМ |
| Зерноградский 2, St         | +/+*                   | -/-**         | -/+ | +/-             | +/+ |
| С 2/05                      | -/-                    | -/+           | -/- | -/+             | -/- |
| С 3/05                      | -/-                    | -/+           | -/- | +/+             | -/- |
| С 4/05                      | -/+                    | +/-           | -/+ | -/+             | -/+ |
| С 5/05                      | +/+                    | -/-           | +/+ | +/+             | +/- |
| С 6/05                      | -/+                    | -/-           | -/+ | -/+             | -/- |
| Син 12                      | -/-                    | -/+           | -/- | -/+             | -/- |
| ГИА 1                       | -/+                    | +/-           | -/+ | -/-             | -/+ |
| ГИА 2                       | +/-                    | +/+           | +/- | +/-             | +/- |
| ГИА 4                       | +/+                    | -/-           | +/+ | -/-             | +/- |
| ГИА 5                       | -/-                    | -/+           | +/- | -/-             | -/- |
| ГИА 11                      | +/-                    | -/-           | +/- | +/-             | +/- |
| ГИА 7                       | -/-                    | -/-           | -/- | -/+             | -/- |
| Северокавказский двуукосный | -/+                    | -/+           | -/+ | -/-             | -/+ |
| Песчаный улучшенный         | -/-                    | -/-           | -/- | -/-             | -/- |
| Песчаный 1251               | -/-                    | -/-           | -/+ | -/-             | -/- |

Примечание: \* – наличие параметра адаптивности: в числителе – по урожайности зеленой массы; в знаменателе – по урожайности семян;

\*\* – отсутствие параметра адаптивности: в числителе – по урожайности зеленой массы; в знаменателе – по урожайности семян;

Но, очевидно, более ценны для включения в селекционный процесс образцы эспарцета, имеющие несколько или комплекс адаптивных свойств, а этим выделяются только отдельные образцы.

**Выводы.** При возделывании на зеленую массу и семена образцы С 5/05 и ГИА 4 имели высокий уровень устойчивости к стрессовым условиям произрастания ( $Y_{\min}-Y_{\max}$ ) и высокий уровень экологической пла-

стичности и стабильности, а образцы ГИА 2 и ГИА 11 обладали этими параметрами адаптивности только при возделывании их на зеленую массу. Достаточно привлекателен по устойчивости к стрессовым ситуациям произрастания ( $Y_{\min}-Y_{\max}$ ), высокой генетической гибкости ( $(Y_{\min}+Y_{\max})/2$ ), высокому уровню экологической пластичности ( $bi$ ) и гомеостатичности (НОМ) Северокавказский двуукосный при возделывании на семена.

#### Библиографические ссылки

1. Вожжова Н.Н., Кравченко Н.С. Экологическая пластичность сортов озимой мягкой пшеницы по показателю «общая хлебопекарная оценка» // Зерновое хозяйство России. 2014. № 1(31). С. 22–26.
2. Гончаренко А.А. О проблеме экологической устойчивости сортов зерновых культур // Безостая 1 – 50 лет триумфа: сборник статей межд. конференции, посвященной 50-летию создания сорта озимой мягкой пшеницы Безостая 1. Краснодар, 2005. С. 44–59.
3. Гончаренко А.А., Макаров А.В., Ермаков С.А. и др. Оценка экологической стабильности и пластичности инбредных линий озимой ржи // Российская сельскохозяйственная наука. 2015. № 1–2. С. 3–9.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Казарин В.Ф., Курьянович А.А., Володина И.А. Использование индекса засухоустойчивости для оценки полевой устойчивости образцов люцерны в Поволжском регионе // Кормопроизводство. 2015. № 12. С. 7–11.
6. Кравченко Н.С., Ионова Е.В. Степень адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы в условиях провокационного фона (засушник) // Зерновое хозяйство России. 2015. № 5(41). С. 7–10.
7. Рыбась И.А., Гуреева А.В. Оценка сортов озимой мягкой пшеницы по урожайности и параметрам адаптивности // Зерновое хозяйство России. 2014. № 1(31). С. 18–22.
8. Сапега В.А. Продуктивность и параметры интенсивности и стабильности сортов ярового ячменя // Зерновое хозяйство России. 2017. № 3(51). С. 36–39.
9. Хангильдин В.В. Гомеостаз компонентов урожая зерна и предпосылки к созданию модели сорта яровой пшеницы // Генетический анализ количественных признаков растений. Уфа: БФ АН СССР, 1979. С. 5–39.

#### References

1. Vozhzhova N.N., Kravchenko N.S. Ekologicheskaya plastichnost' sortov ozimoy myag-koy pshenicy po pokazatelyu «obshchaya hlebopekarnaya ocenka» [Ecological adaptability of winter wheat varieties according to the trait 'general baking estimation'] // Zernovoe hozyajstvo Ros-sii. 2014. № 1(31). S. 22–26.
2. Goncharenko A.A. O probleme ekologicheskoy ustojchivosti sortov zernovykh kul'tur [On the problem of environmental stability of grain crops varieties] // Bezostaya 1 – 50 let triumfa: sbornik statej mezhd. konferencii, posvyashchennoj 50-letiyu sozdaniya sorta ozimoy myagkoj pshenicy Bezostaya 1. Krasnodar, 2005. S. 44–59.

3. Goncharenko A.A., Makarov A.V., Ermakov S.A. i dr. Ocenka ekologicheskoy sta-bil'nosti i plastichnosti inbrednyh linij ozimoy rzhi [Estimation of ecological stability and plasticity of inbred winter rye lines] // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2015. № 1–2. S. 3–9.
4. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of study results)]. 5-e izd., pererab. i dop. Moskva: Agropromizdat, 1985. 351 s.
5. Kazarin V.F., Kur'yanovich A.A., Volodina I.A. Ispol'zovanie indeksa zasuhho-ustojchivosti dlya ocenki polevoj ustojchivosti obrazcov lyucerny v Povolzhskom regi-one [The use of drought resistance index to assess the field resistance of alfalfa samples in the Volga region] // Kormoproizvodstvo. 2015. № 12. S. 7–11.
6. Kravchenko N.S., Ionova E.V. Stepen' adaptivnosti sortov ozimoy myagkoj pshe-nicy v usloviyah provokacionnogo fona (zasushnik) [The adaptability degree of winter soft wheat varieties under provocative aridity (zasushnik)] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2015. № 5(41). S. 7–10.
7. Rybas' I.A., Gureeva A.V. Ocenka sortov ozimoy myagkoj pshe-nicy po urozhaj-nosti i parametram adaptivnosti [Estimation of winter wheat varieties according to productivity and adaptability parameters] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2014. № 1(31). S. 18–22.
8. Sapega V.A. Produktivnost' i parametry intensivnosti i stabil'nosti sortov yarovogo yachmenya [Productivity and parameters of intensity and stability of spring barley varieties] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2017. № 3(51). S. 36–39.
9. Hangil'din V.V. Gomeostaz komponentov urozhaya zerna i predposylki k sozda-niyu modeli sorta yarovoj pshe-nicy [Homeostasis of the grain harvest components and the background to the development of a model of a spring wheat variety] // Geneticheskij analiz kolichestvennyh priznakov rastenij. Ufa: BF AN SSSR, 1979. S. 5–39.

**Критерии авторства.** Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 635.654.3:631.52(479.24)

DOI 10.31367/2079-8725-2019-63-3-59-63

## СЕЛЕКЦИОННАЯ ЦЕННОСТЬ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ВИГНЫ (*VIGNA SAVI*) В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

А.И. Асадова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0002-8850-2368  
Институт Генетических Ресурсов, Национальной Академии Наук Азербайджана,  
г. Баку, e-mail: almas.i.asadova@gmail.com

Роль бобовых в эффективном удовлетворении спроса населения в белках неоспорима. Белки, богатые аминокислотами, витаминами и минералами, делают бобовые качественными продуктами питания. Для того чтобы удовлетворить спрос населения в бобовых посредством местного производства, необходимо создание устойчивых и высокоурожайных сортов. Научные исследования и изучение возможностей новых, а также уже известных сортов могут помочь в достижении этой цели. Отражены основные исторические этапы развития селекции и семеноводства вигны на Апшеронской опытной селекционной станции от момента ее возникновения и до наших дней, подведены итоги работы и перечислены основные достижения на каждом этапе. Изложены приоритетные направления селекции вигны в Азербайджане, основными из которых являются: создание сортов разных групп спелости, многоплодность, многосемянность, детерминантный тип роста стебля, устойчивость к абиотическим стресс-факторам. Представлен сорт, сочетающий в себе детерминацию и фасциацию стебля, актуальный для последующей селекции, направленной на получение высокопродуктивных сортов, устойчивых к полеганию. Приведена их сравнительная характеристика со стандартными сортами по основным хозяйственно-ценным показателям. Глобальные изменения климата в сторону потепления приводят к тому, что все большие территории периодически подвергаются воздействию засухи. В связи с этим в земледелии возникла необходимость расширения зоны возделывания засухоустойчивых культур, к числу которых относится вигна.

Всестороннее изучение потенциальной урожайности образцов вигны позволяет использовать их в селекции как исходный материал, источники и доноры хозяйственно-ценных признаков.

**Ключевые слова:** зернобобовые, вигна, альтернативный источник пищи, селекция, белок, исходный материал.



## THE BREEDING VALUE OF VIGNA (*VIGNA SAVI*) INITIAL MATERIAL IN AZERBAIJAN

A.I. Asadova, Candidate of Biological Sciences, senior researcher, ORCID ID: 0000-0002-8850-2368  
Institute of Genetic Resources, Azerbaijan National Academy of Sciences,  
Baku, e-mail: almas.i.asadova@gmail.com

The legumes are of indisputable importance to meet the public demand in proteins. Proteins are rich in amino acids, vitamins and minerals, and make legumes to be high-quality food. In order to meet the population's demand in legumes through local production, it is necessary to develop sustainable and high-yielding varieties. The research and study of the possibilities of the new and the well-known varieties can help to achieve the purpose. The paper presents historical development of vigna breeding and seed production at the Absheron experimental breeding station from the moment of its origin to nowadays. The article summarizes the results and lists the main achievements at each stage. There have been given the priority directions of vigna breeding in Azerbaijan. The main ones are to create varieties of different ripeness, with multiplicity, with multiple seeds, with determinant stem growth, with good resistance to abiotic stress factors. There has been presented the variety which combines the determination and fasciation of the stem, which is relevant for future breeding, aimed to identify highly productive varieties resistant to lodging. There has been given a comparative characteristics of the identified varieties with the standard ones through the main economically valuable traits. Climate warming results in periodical drought on large agricultural territories. Due to it, it has become necessary to expand the cultivation zone of drought-resistant crops, including vigna. A comprehensive study of the potential vigna productivity allows their use in breeding process as source material, sources and donors of economically valuable traits.

**Keywords:** legumes, vigna (cowpeas), alternative feeding source, plant breeding, protein, initial material.

**Введение.** Современное сельскохозяйственное производство невозможно без возделывания зерновых бобовых культур – дешевого источника растительного белка для пищевых и кормовых целей и одного из важных средообразующих звеньев, от которого зависит баланс органического вещества в почве. Зернобобовые входят в продуктовую корзину, используемую при разработке стратегий содействия в обеспечении населения продовольствием в рамках Всемирной продовольственной программы. Они используются как в питании населения, так и в качестве корма для сельскохозяйственных животных. Также они имеют и немаловажное агротехническое значение, обогащая почву азотом атмосферы и являясь хорошими предшественниками для многих культур севооборота. Зернобобовые культуры являются бережливыми и экономными «хозяевами» на поле. Их положительный эффект сохраняется на 2 года и влияет на плодородность. Многие ученые утверждают, что при повторном посеве бобовых используется

на 15–20% меньше азотных удобрений (Доспехов, 2014). После сбора урожая в почве остаются корневые и пожнивные остатки, которые являются дешевым и экологически чистым источником азота и калия (45–130 кг/га N; 10–20 кг/га P; 20–70 кг/га K). Вигна хорошо фиксирует с помощью клубеньковых бактерий атмосферный азот воздуха; на красноземных и темно-бурых почвах тропиков, на почвах умеренно кислых, плотных и с плохим дренажем клубеньки часто вовсе не образуются.

В последние годы отмечены изменения климата в сторону потепления. Все большие территории периодически подвергаются воздействию засухи. В связи с этим в земледелии возникает необходимость расширения ареала возделывания засухоустойчивых зернобобовых культур. Одним из таких видов, представляющих интерес для выращивания в условиях центральной низменности Азербайджанской Республики, где посевы фасоли сильно угнетаются, является вигна (Павлова, 1937). До настоящего времени

эта культуры мало распространена, недооценен ее биологический и энергетический потенциал. Поэтому изучение морфо-биологических особенностей перспективных сортов вигны в регионе и комплексное изучение генетических ресурсов культуры является актуальным.

Азербайджан не считают родиной вигны, но *convar. azerbaijanica* A.Pavl. редкая форма и встречалась только в Азербайджане. Куст прямостоячий, раскидистый, высокорослый, высота – от 70 до 80 см. Боковые ветви длинные – от 60 до 100 см, направлены вверх, число их – от 6 до 10. Листочки ромбоидальные, средней величины 8–10 см. Окраска зеленая, обильность средняя. Бобы короткие, длина варьирует от 11 до 17 см. Окраска зрелых бобов желтая, незрелых – с антоцианом. Стенки бобов тонкие, бобы растрескивающиеся. Бобы расположены на средних по длине цветоносах (25–30 см), количество бобов на цветоносе – 1–3. Число семян в бобе – 10–15. Семена мелкие длиной 0,6–0,8 см. Окраска семян желтовато-розовая, цилиндрической формы. Полной вегетационный период составляет 90–110 дней (Павлова, 1937).

Цель исследования – изучить коллекцию вигны, выделить формы с хозяйственно-ценными признаками и создать на их основе новый высокопродуктивный, технологичный, ценный по качеству зерна материал вигны для селекции в условиях Азербайджанской Республики.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводили в 2007–2018 гг. на Апшеронской научно-экспериментальной базе (АНЭБ) Института Генетических Ресурсов НАН Азербайджана, которая расположена на Апшеронском полуострове. Климат Апшерона сухой субтропический. Лето сухое жаркое, осень теплая солнечная, зима мягкая, почти бесснежная. Температура воздуха в среднем за год составляет 13,5–14,5 °С. Зимой редко бывают морозы, летом температура воздуха доходит до 38–40 °С, а после 2010 г. температура воздуха летом достигала 40–45 °С. Самыми засушливыми месяцами являются июль и август, осадки большей частью выпадают в зимне-весенний период. Опытный участок находится на высоте 80 м над уровнем моря.

Во время исследования были использованы метод, утвержденный для вигны Международным Институтом Биоразнообразия “Methodology for the definition of a key set of characterization and evaluation descriptors for cow pea (*Vigna Savi*)” (2011). Заkladку опыта, наблюдения и учеты осуществляли согласно методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989) и методике полевого опыта (Доспехов, 2014).

Исследование охватывало более 30 образцов коллекции вигны, полученные из коллекции ВИР и местные формы.

**Результаты и их обсуждение.** Для селекции представляет интерес знание амплитуды изменчивости вегетационного периода в отношении определенных сортов и форм. С продолжительностью вегетационного периода связаны многие хозяйственно-биологические признаки и свойства сорта (устойчивость к засухе, болезням и вредителям, качество продукции и др.) и в конечном итоге – его урожайность (Вавилов, 1965; Кобызева и др., 2013). Вегетационный период у местного стандартного сорта AzeViG-3 составил 90 суток, у коллекционных образцов его продолжительность варьировала в пределах 58–105 суток.

Средняя высота растений у стандарта составила 105 см, у коллекционных образцов – от 61 до 138 см. (VC=23,43%), высота прикрепления 1-го боба – 18–46 см (VC=6,15%), но так как тип куста стелющийся,

раскидистый, при механизированной уборке возникают большие потери урожая.

Число бобов с одного растения у стандарта 28, у коллекционных образцов от 9 до 33 бобов. (VC=42,96%). Наибольшее количество бобов на 1 растение формировали следующие сортообразцы: K-262 (23 шт.), AzeViG-2 (27 шт.), AzeViG-3 (28 шт.), AzeViG-1 (33 шт.); низкое количество бобов отмечено у сортообразцов K-429 (9 шт.), K-269 (10 шт.).

Число семян с одного растения у стандарта составило 136, у коллекционных образцов – от 68 до 228 шт. (Vc=5,67%). Масса семян с одного растения у стандарта достигла 22 г, у коллекционных образцов – от 8 до 110 г (Vc=25,43%). Масса 1000 семян у стандарта составила 163 г, у коллекционных образцов – от 32 г до 287 г (Vc=37,78%). Масса семян с 1 м<sup>2</sup> у стандарта сорта AzeViG-3 составила 231,0 г, этот показатель у коллекционных образцов варьировал от 90,0 г. до 502,0 г (Vc=30,06%).

По массе зерна с 1 м<sup>2</sup> были выделены превосходящие стандарт образцы K-271 (270,0 г), AzeViG-2 (448,0 г), K-262 (488,0 г), AG-340 (502,0 г).

Величина урожая определяется как биологическими особенностями испытываемого образца, так и метеорологическими условиями его возделывания. Зависит в основном от числа бобов с одного растения, числа и массы семян с растения, массы 1000 семян и, наконец, от степени поражения испытываемого образца заболеваниями.

В результате исследований у изученных образцов вигны выявлены наиболее высокоурожайные и высококачественные образцы K-269, K-257, AzeViG-2, K-271, K-262, AG-340 (табл.1).

Из опыта селекции известно, что одним из главных условий является изучение корреляции между элементами продуктивности. Влияние одного показателя прямым или косвенным путем воздействует на изменение другого. В этом случае корреляция элементов измеряется по ее объему и особенностям воздействия, а степень корреляции – от относительной изменчивости и зависимости от изучаемого года (Давлетов, 2008).

Результаты проведенного корреляционного анализа выявили корреляцию генотипов показателей продуктивности вигны:

- прямая высокая положительная связь отмечена между числом бобов на растении и числом семян на растении ( $r = 0,95^{**}$ ), между числом бобов на растении и массой семян с растения ( $r = 0,93^{**}$ ); между массой семян с растения и массой 1000 семян ( $r = 0,92^{**}$ );
- средняя положительная связь отмечена между числом семян с растения и числом семян в бобе ( $r = 0,58^{*}$ );
- прямая средняя положительная связь отмечена между массой семян на растении и числом семян в бобе ( $r = 0,46^{*}$ ); между числом семян в бобе и урожайностью ( $r = 0,46^{*}$ ).

Проведенные исследования показали, что для удовлетворения потребностей в семенах вигны необходимо создание новых сортов, модели которых сочетают в себе наряду с морфологическими особенностями (компактный куст, высокое прикрепление нижнего боба) и комплекс хозяйственно-полезных признаков. Для подробного сравнения по элементам продуктивности и пригодности к механизированной уборке образцы проанализированы с помощью кластерного анализа (Stoilova et al., 2013).

Для построения дендрограммы использовали Евклидовое расстояние и метод не взвешенной попарной группировки с усреднением (UPGMA – unweighted pair group method using arithmetic averages). По наиболее значимым хозяйственно-ценным признакам (вы-

сота растения, высота прикрепления нижнего боба, число бобов и семян на одном растении, масса семян на одном растении и масса 1000 семян, биоло-

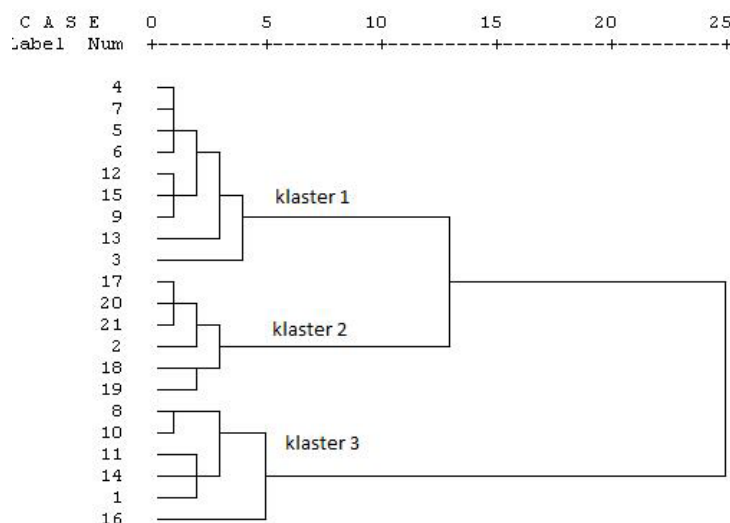
гическая продуктивность) проведён статистический анализ с использованием программного пакета SPSS с дальнейшей их группировкой.

### 1. Характеристика основных хозяйственных признаков, выделившихся образцов вигны 1. Characteristics of the main economically valuable traits of the identified vigna samples

| Наименование образца | Высота растения, см | Высота прикрепления 1-го боба, см | Число бобов на растении, шт. | Число семян на растении, шт. | Масса семян с растения, г | Число семян в бобах, шт. | Масса 1000 семян, г | Продуктивность семян 1 м <sup>2</sup> /г. |
|----------------------|---------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------------------|
| ст.AzeViG-3          | 105±11,08           | 22±5,35                           | 28±1,15                      | 381±9,60                     | 110±5,24                  | 16                       | 287±7,87            | 231±7,49                                  |
| K-269                | 102±10,30           | 19±1,89                           | 10±2,60                      | 77±13,03                     | 7±1,83                    | 11                       | 100±2,68            | 320±12,91                                 |
| K-257                | 82±2,88             | 19±3,86                           | 11±1,94                      | 122±10,45                    | 11±2,28                   | 12                       | 93±7,86             | 248±13,88                                 |
| Aze ViG-2            | 80±2,25             | 21±2,00                           | 27±5,11                      | 257±7,73                     | 62±8,20                   | 12                       | 244±6,57            | 448±16,12                                 |
| K-271                | 84±2,52             | 29±4,43                           | 14±2,12                      | 132±10,55                    | 13±2,38                   | 14                       | 98±5,01             | 270±6,43                                  |
| K-262                | 97±4,08             | 31±1,73                           | 16±1,34                      | 162±11,90                    | 14±1,87                   | 11                       | 93±12,75            | 488±25,49                                 |
| AG-340               | 122±6,45            | 21±2,21                           | 33±6,96                      | 314±10,28                    | 78±10,40                  | 14                       | 248±10,37           | 502±34,61                                 |

Примечания: «\*» корреляция значима на уровне 0,05

«\*\*» корреляция значима на уровне 0,01



**Рис.1.** Дендрограмма кластеризации образцов вигны по элементам продуктивности и пригодности к механизированной уборке. Примечания: Кластер 1-4) K-262, 7) K-265, 5) K-264, 6) K-263, 12) K-271, 15) K-769, 9) K-268, 13) K-273, 3) K-261; Кластер 2-17) K-1138, 20) K-3480, 21) K-5390, 2) K-259, 18) K-1190, 19) K-1292; Кластер 3-8) K-267, 10) K-269, 11) AzeViG-2, 14) AG-340, 1) K-257, 16) AzeViG-3

**Fig.1.** Dendrogram of vigna samples clustering according to the elements of productivity and suitability for mechanized harvesting. Notes: Cluster 1-4) K-262, 7) K-265, 5) K-264, 6) K-263, 12) K-271, 15) K-769, 9) K-268, 13) K-273, 3) K-261; Cluster 2-17) K-1138, 20) K-3480, 21) K-5390, 2) K-259, 18) K-1190, 19) K-1292; Cluster 3-8) K-267, 10) K-269, 11) AzeViG-2, 14) AG-340, 1) K-257, 16) AzeViG-3

На рисунке 1 видно, что все изученные генотипы по совокупности морфологических признаков были классифицированы на 3 основных кластера. Полученная дендрограмма позволила сгруппировать генотипы в зависимости от уровня семенной продуктивности.

I кластер характеризуется среднерослыми и высокоурожайными образцами K-261, K-262, K-264, K-273, K-268, K-271.

II кластер включает в себя 6 образцов. Образцы отличаются пригодностью к механизированной уборке. Форма куста у образцов сжатая, типа роста де-

терминантный, высокое прикрепление нижнего боба. Образцы К-1292, К-3480, К-5390 относятся к данному кластеру.

III кластер включает в себя 6 образцов: К-269, AG-340, AzeVIG-2, характеризующиеся как высокорослые, крупносемянные и высокоурожайные.

В результате изучения сортообразцов вигны были выделены перспективные образцы, которые могут быть с успехом использованы как исходный материал. При селекции новых сортов вигны на урожайность в качестве исходного материала необходимо уделять больше внимания растениям, относящимся к первому и к третьему кластеру. Растения этих образцов имеют комплекс положительных хозяйственно-ценных признаков, отбор которых наиболее желателен для селекции вигны на высокую продуктивность. При создании новых сортов вигны на пригодность к механизированной уборке в качестве исходного материала необходимо уделять больше внимания растениям, относящимся к первому и ко второму кластеру. Растения этих образцов имеют комплекс положительных хозяйственно-ценных признаков, отбор которых наиболее желателен для селекции вигны на высокую продуктивность и пригодность к механизированной уборке.

Размах варьирования дает возможность установить пределы проявления признаков вигны в изучаемых условиях, а найденные корреляционные взаимосвязи между ними показывают, по каким признакам нужно вести отбор.

Одним из приоритетных направлений селекции считаем создание высокопродуктивных сортов в Азер-

байджане с короткими и укороченными междоузлиями стебля. Известно, что сорта с такими признаками обеспечивают более дружное созревание урожая.

В результате проведенных исследований был создан новый сорт вигны Айла, полученный нами методом повторного индивидуального отбора из коллекции ВИР. Сорт Айла раннеспелый, период от полных всходов до начала технической спелости 60–80 суток. Стебель прямой, листья на длинных черешках, тройчатые, с яйцевидными прилистниками, листочки широко яйцевидные. Кисти длинные, направленные вверх, с 2–5 цветками. Флаг округлый, у основания с согнутыми ушками, внутри белый с антоцианом. Бобы цилиндрические 14,5–15,0 см, зрелые желтые. В каждом бобе по 12–14 семян. Смена почковидные, коричневого цвета, с белыми семядолями. Масса 1000 семян составляет 110–118 г. Высота растения – 70–80 см, прикрепление нижних бобов над поверхностью почвы – 35–40 см. Сорт высокоурожайный, устойчивый к заболеваниям и условиям выращивания. Содержание белка в семенах составляет 25,1%. В среднем урожайность сорта составляет 3,8–4,5 т/га.

Сорт Айла включен в Государственный реестр Азербайджанской Республики (2018 г.) с детерминантным ростом стебля, пригодный для комбайновой уборки, поскольку все бобы на растении сосредоточены в верхней части, что позволяет его скашивать без значительных потерь урожая. Он обладает дружным созреванием. Повышения продуктивности детерминантных форм можно добиться за счет использования в селекционных программах образцов с фасцированным стеблем (рис. 2, 3).



Рис. 2. Сорт Айла – формирование боба  
Fig. 2. The variety 'Ayla', bean formation



Рис. 3. Сорт Айла – начало созревания  
Fig. 3. The variety 'Ayla', beginning of ripening

**Выводы.** Результаты проведенного корреляционного анализа выявили корреляцию генотипов показателей продуктивности вигны:

- прямая высокая положительная связь отмечена между числом бобов на растении и числом семян на растении ( $r = 0,95^{**}$ ), между числом бобов на растении и массой семян на растении ( $r = 0,93^{**}$ ); между массой семян на растении и массой 1000 семян ( $r = 0,92^{**}$ ); между числом семян на растении и числом семян в бобе ( $r = 0,58^{**}$ );

- средняя положительная связь отмечена между числом семян на растении и числом семян в бобе ( $r = 0,58^{*}$ );

- прямая положительная связь отмечена между массой семян на растении и числом семян в бобах ( $r = 0,46^{*}$ ); между числом семян в бобе и урожайностью ( $r = 0,46^{*}$ ).

В ходе реализации селекционной программы с использованием полученных результатов нами был выведен новый раннеспелый, засухоустойчивый, жаростойкий, болезнеустойчивый и высокоурожайный сорт Айла методом повторного индивидуального отбора из коллекции ВИР.

**Библиографические ссылки**

1. Вавилов Н.И. Проблемы происхождения, генетики, селекции растений, растениеводства и агрономии // Избр. тр. в 5 тт. М.-Л., Т.5. 1965. С. 272–273.
2. Давлетов Ф.А. Селекция неосыпающихся сортов гороха в условиях Южного Урала. Уфа, 2008. 236 с.
3. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс С, 2014. 308 с.
4. Кобызева Л.Н., Тертышный А.В., Гончарова Е.А. Перспективный исходный материал зернобобовых культур в НЦГРРУ для создания сортов различных групп спелости // Зернобобовые и крупяные культуры. 2013. № 2(6). С. 96–99.
5. Павлова А.М. Вигны // В кн.: Культурная флора СССР: Зерновые бобовые. М.-Л., 1937.Т.IV. С.623–646.
6. Stoilova T., Pereira G., Tavares-de-Sousa M. Morphological characterization of a small common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) collection under different environments // Journal of Central European Agriculture, 2013, V. 14(3), P. 854–864.

**References**

1. Vavilov N.I. Problemy proiskhozhdeniya, genetiki, selekcii rastenij, raste-nievodstva i agronomii [Problems of origin, genetics, plant breeding, plant production and agronomy] // Izbr. tr. v 5 tt. M.-L., T.5. 1965. S. 272–273.
2. Davletov F.A. Selekcija neosypayushchihsya sortov goroha v usloviyah YUzhnogo Urala [Breeding of nonshattering pea varieties in the conditions of the Southern Urals]. Ufa, 2008. 236 s.
3. Dospekhov, B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of study results)]. M.: Al'yanc S, 2014. 308 s.
4. Kobyzeva L.N., Tertyshnyj A.V., Goncharova E.A. Perspektivnyj iskhodnyj material zernobobovyh kul'tur v NCGRRU dlya sozdaniya sortov razlichnyh grupp spelo-sti [Promising source material of leguminous crops at the NCGRRU to develop varieties of various ripeness] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2013. № 2(6). S. 96–99.
5. Pavlova A.M. Vigny [Vignas] // V kn.: Kul'turnaya flora SSSR: Zernovye bobovye. M.-L., 1937.T.IV. S.623–646.
6. Stoilova T., Pereira G., Tavares-de-Sousa M. Morphological characterization of a small common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) collection under different environments // Journal of Cen-tral European Agriculture, 2013, V. 14(3), P. 854–864.

**Критерии авторства.** Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## НОВОЕ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОЕ УДОБРЕНИЕ НА ПОСЕВАХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

**А.И. Иванов**<sup>1,2</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, член-корреспондент РАН, заведующий отделом физико-химической мелиорации и опытного дела АФИ, заведующий лабораторией природоохранного и органического земледелия, ORCID ID: 0000-0002-1502-0798;

**Ж.А. Иванова**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник сектора разработки агрохимикатов, ORCID ID: 0000-0002-3138-8285;

**И.В. Соколов**<sup>2</sup>, младший научный сотрудник лаборатории природоохранного и органического земледелия, ORCID ID: 0000-0002-2695-8036;

**И.А. Фрейдкин**<sup>2</sup>, научный сотрудник отдела инженерной экологии, ORCID ID: 0000-0001-7492-4001

<sup>1</sup>ФГБНУ Агрофизический научно-исследовательский институт,

195220, Санкт-Петербург, Гражданский просп., д. 14

<sup>2</sup>ФГБНУ Северо-Западный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения,

196608, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, шоссе Подбельского, 5, 7, 9

Проблема обеспечения животноводческой отрасли северо-запада России фуражным зерном резко обострилась с 2010 г. Успешное ее решение здесь напрямую связано с уровнем и обоснованностью применения минеральных и органических удобрений. Целью исследования, начатого в Менковском филиале АФИ в 2012 г., был поиск эффективных вариантов применения нового органо-минерального удобрения (ОМУ), обеспечивающих максимальный агрономический эффект и формирование качественного зерна. Методической основой служил микрополевой опыт в полиэтиленовых сосудах без дна размером 1×1×0,4 м с искусственно сформированной верхней частью профиля скрытодеградированной супесчаной агродерново-подзолистой почвы. Она обладала средними показателями  $pH_{KCl}$  – 4,75, Нг – 3,46; ммоль(экв)/100 г, Собм – 3,20 ммоль(экв)/100 г, содержанием гумуса – 1,83%, подвижных соединений фосфора и калия – 217 и 92 мг/кг соответственно. В ходе исследований показана высокая агрономическая эффективность его применения под озимую пшеницу и удовлетворительная – под ячмень. При внесении под озимую пшеницу сорта Московская 56–5 т/га органо-минерального удобрения, содержащего 2,46% N, 4,51%  $P_2O_5$  и 3,36%  $K_2O$ , урожайность зерна увеличивалась в 2,6 раза, а на фоне  $N_{75}P_{50}K_{50}$  – в 3,8 раза при окупаемости 1 кг NPK 7,4 и 5,6 зерновых единиц соответственно. Установлено, что сочетание ОМУ с минеральными удобрениями сопровождается значительным повышением урожайности при уменьшении его относительного вклада со 153 до 59 и со 143 до 105% и оплаты 1 кг NPK с 3,8 до 2,6 и с 6,9 до 4,7 з.ед. у ячменя и пшеницы озимой соответственно. Лучшие показатели агрономической эффективности ОМУ как при внесении в чистом виде, так и на фоне  $N_{75}P_{50}K_{50}$  соответствовали дозе 4 т/га. Обнаружено, что дополнение ОМУ калием из расчета 10 кг  $K_2O$  на 1 т обеспечивало увеличения прироста урожайности на 15%, а окупаемость 1 кг NPK с 6,4 до 8,4 зерновых единиц. Качественные показатели зерна пшеницы и ячменя на фоне ОМУ улучшились за счет повышения содержания сырого протеина на 8–27% и ряда зольных элементов: CaO – с 0,07 до 0,11, MgO – с 0,16 до 0,21, Zn – с 21,5 до 23,6 мг/кг.

**Ключевые слова:** почва, органо-минеральное удобрение, озимая пшеница, ячмень, эффективность, качество зерна.



## THE NEW ORGANIC-MINERAL FERTILIZER FOR GRAIN CROPS

**A.I. Ivanov**<sup>1,2</sup>, Doctor of Agricultural Sciences, professor of RAS, correspondent member of RAS, head of the department of physical and chemical melioration and experiments APhI, head of the department of organic and nature-saving agriculture of NWCPFS

**Zh.A. Ivanova**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the department for agrochemical development;

**I.V. Sokolov**<sup>2</sup>, junior researcher of the laboratory of organic and nature-saving agriculture, ORCID ID: 0000-0002-2695-8036;

**I.A. Freydkin**<sup>2</sup>, junior researcher head of the department of environmental engineering, ORCID ID: 0000-0001-7492-4001

<sup>1</sup>FSBSI Agrophysical Research Institute,

195220, St. Petersburg, Grazhdansky Prosp., 14

<sup>2</sup>FSBSI North-Western Center of Interdisciplinary Study of Food Supply Problems

196608, St. Petersburg, Pushkin, Podbelsky Av., 5, 7, 9

The problem to provide the livestock industry of the North-West of Russia with forage grain has sharply escalated since 2010. Its successful solution is connected with the level and validity of the use of mineral and organic fertilizers. The purpose of the study, started by the Menkovsky Branch of the AFI in 2012, was to find effective options for the use of new organic-mineral fertilizer (OMF) which provides maximum agronomic effect and can produce grain of high quality. The methodological basis was the micro trials in polyethylene vessels without bottoms of 1 × 1 × 0.4 m in size with an artificially formed upper part of the profile of degraded sandy sod-podzolic soil. The soil was of 4.75  $pH_{KCl}$ , 3.46 mmol (eq) of Ng per100g, 3.20 mmol (eq) of  $S_{ch}$  per100g, 1.83% of humus, 217 mg / kg of mobile compounds of phosphorus and 92 mg / kg of potassium. In the course of research, there was high agronomic efficiency of its use for winter wheat and satisfactory agronomic efficiency of its use for barley. When the winter wheat variety 'Moskovskaya 56' was fertilized with 5 t/ha of organic-mineral fertilizer containing 2.46% of Ng, 4.51% of  $P_2O_5$  and 3.36% of  $K_2O$ , grain yield in-

creased in 2.6 times. Fertilized with  $N_{75}P_{50}K_{50}$  the productivity improved in 3.8 times with a payback of 1 kg of NPK 7.4 and 5.6 grain units, respectively. It has been established that the combination of OMF with mineral fertilizers is accompanied by a significant yield increase with a decrease in its relative contribution from 153% to 59% and from 143% to 105% and a payback of 1 kg of NPK from 3.8 to 2.6 and from 6.9 to 4.7 of barley grain units and winter wheat grain units, respectively. The best indicators of the agronomic efficiency of OMF, both when applied in pure form and when fertilized with  $N_{75}P_{50}K_{50}$ , corresponded to a dose of 4 t/ha. It has been found that the addition of 10 kg of potassium ( $K_2O$ ) per 1 ton to OMF provided yield increase on 15% and the payback period of 1 kg NPK increased from 6.4 to 8.4 grain units. Qualitative indicators of wheat and barley grain fertilized with OMF improved due to the rise of raw protein percentage on 8–27% and a number of ash elements, such as CaO (from 0.07 to 0.11 mg/kg), MgO (from 0.16 to 0.21 mg/kg), Zn (from 21.5 to 23.6 mg/kg).

**Keywords:** soil, organic-mineral fertilizer, winter wheat, barley, efficiency, grain quality.

**Введение.** Природно-климатические условия северо-запада РФ диктуют необходимость развития эффективного животноводства, обеспечение которого концентрированными кормами становится одной из важнейших задач регионального земледелия (Архипов и др., 2015, 2016). Результативность же зернового хозяйства здесь напрямую связана с уровнем применения удобрений и других средств интенсификации (Архипов, 2016; Иванов и Семенова, 1998; Конончук, 2016; Романова и др., 2016; Шаповалов и др., 2016). Произшедший за последние два-три десятилетия рост цен на минеральные удобрения при сохранении неоправданно низких цен на зерно резко ограничил условия их рентабельного применения на посевах зерновых культур в условиях Нечерноземья (Архипов и др., 2015, 2016; Иванов и Семенова, 1998; Иванов и др., 2010). Отсюда неизбежно вытекает необходимость усиления внимания к использованию дешевых местных ресурсов удобрений (Иванов, 1998; Иванов и др., 2014). Во многих областях зоны и, в частности Ленинградской, накапливающей за год более 1 млн т отходов птицеводства, одним из основных видов таких удобрений должны стать пометные (Архипов и др., 2016; Иванов и др., 2014). Но современные жесткие санитарно-гигиенические требования к этим удобрениям (Еськов и др., 2001; Иванов и др., 2014) обуславливают необходимость предварительной, по сути заводской, их подготовки.

В 2012–2014 гг. на экспериментальной базе Менковского филиала АФИ нами проводилось изучение состава и свойств одного из видов пометных удобрений, полученного фирмой «Билавис» по разработанной совместно оригинальной технологии. Ее продукт представляет собой весьма концентрированное гранулированное органо-минеральное удобрение (ОМУ) со щелочной реакцией и высокой (до 25%), хотя и недостаточно стабильной, концентрацией макро- и микроэлементов. Одной из целей исследования была оценка агроэкологической эффективности систем удобрения на его основе в посевах ячменя и пшеницы озимой.

**Материалы и методы исследований.** Агрономическую эффективность нового органо-минерального удобрения на посевах зерновых культур изучали на базе стационарного опыта Менковского филиала АФИ, выполняемого в полевом севообороте «пар сидеральный (люпиновый) – озимые зерновые – ячмень + многолетние травы – многолетние травы – многолетние травы – картофель – рапс яровой» (Фесенко и др., 2012). Микрополевой опыт в полиэтиленовых сосудах без дна площадью 1 м<sup>2</sup> формировали в двух закладках, относящихся к двум звеньям указанного севооборота: пар сидеральный (люпиновый) – озимая пшеница – ячмень + многолетние травы и ячмень + многолетние травы – многолетние травы – многолетние травы.

Для набивки сосудов использовали среднеокulturенную супесчаную дерново-подзолистую почву контрольного варианта стационарного опыта, не получавшую удобрений в течение 30 лет (Шаповалов

и др., 2016). Ее агрохимические свойства: гумус – 1,85%, рН<sub>KCl</sub> – 4,74, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> подв. – 217 мг/кг, K<sub>2</sub>O подв. – 92 мг/кг.

Схема опыта включала варианты с широким диапазоном доз ОМУ: от малых (3 т/га под озимую пшеницу и 4 т/га под ячмень с подсевом трав), нацеленных, главным образом, на обеспечение потребностей растений в элементах питания, до средних (5 и 7 т/га) и высоких (7 и 10 т/га соответственно), рассчитанных и на воспроизводство почвенного плодородия. Предусматривали также сочетание ОМУ с минеральными удобрениями ( $N_{75}P_{50}K_{50}$ ) и с добавкой K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (10 кг K<sub>2</sub>O на 1 т). Используемая в опыте партия ОМУ имела влажность 2%, рН – 9,0 и содержала N – 2,46, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 4,51, K<sub>2</sub>O – 3,36, CaO – 7,18, MgO – 2,48%; Cu – 97 и Zn – 484 мг/кг.

Удобрения вносили под предпосевную обработку почвы: во втором звене севооборота однократно (под ячмень), а в первом – дважды после заделки сидерата под озимую пшеницу и через неполных два года – под ячмень. Таким образом, в первом звене севооборота на посевах ячменя, помимо прямого действия, в некоторой мере проявлялось и последствие внесенных под пшеницу удобрений.

Повторность в опыте четырехкратная. Учет урожая сплошной весовой. Статистическая обработка данных выполнена дисперсным методом с использованием пакета программ Stat.

**Результаты и их обсуждение.** Озимая пшеница сорта Московская 56, несмотря на размещение по ценному предшественнику, хорошо отзывалась и на минеральные, и на органо-минеральное удобрение. Об этом свидетельствовали результаты наблюдений еще в период вегетации растений. Так, уже к концу осенней вегетации озимой пшеницы высота растений по фону минеральных удобрений превышала показатели контрольного варианта на 2,4–3,8 см, по фону разных доз ОМУ – на 0,8–3, см, по фону  $N_{75}P_{50}K_{50}$  + ОМУ – на 2,0–6,2 см.

Основные показатели агрономической эффективности удобрений отражены в таблице.

Минеральная система удобрения ( $N_{75}P_{50}K_{50}$ ) обеспечила увеличение урожайности зерна озимой пшеницы в 2,6 раза, соломы – в 2,5 раза. При этом на 1 кг действующего вещества было получено по 20,9 зерновых единиц. Агрономическая эффективность органо-минеральной системы удобрения с дозами ОМУ от 3 до 7 т/га тоже была весьма высокой (увеличение урожайности – в 2,1–2,6 раза), но все же значительно уступала показателям минеральной системы, особенно по оплате единицы действующего вещества (5,1–8,3 з.ед. на 1 кг NPK). Одной из главных причин этого могло стать несоответствие пропорций между азотом, фосфором и калием в выносе урожаем (1 : 0,4 : 0,9) и в составе изучаемого удобрения (1 : 1,8 : 1,4). Тем более, что почва характеризовалась высоким содержанием подвижных фосфатов. По комплексу показателей агрономической эффективности оптимальной дозой ОМУ следует считать 5 т/га.

Сочетание ОМУ со средними дозами туков обеспечивало получение очень высокого урожая пшени-

цы (6,5–9 т в пересчете на 1 га) и при этом повышение окупаемости питательных веществ удобрений в среднем с 6,9 до 9 з.ед./кг NPK. Но агрономическая эффективность самого ОМУ понижалась – относитель-

ные прибавки урожайности уменьшились со 143 до 105%, а оплата 1 кг NPK – с 6,9 до 4,7 з.ед. И на фоне  $N_{75}P_{50}K_{50}$  лучшие показатели агрономической эффективности ОМУ соответствовали дозе 5 т/га.

### 1. Агрономическая эффективность вариантов системы удобрения зерновых культур в микрополевоом опыте (2012–2014 гг.)

#### 1. Agricultural efficiency of cereals fertilizing in micro trials (2012–2014)

| Варианты опыта                         | Озимая пшеница    |              |                             |                           | Ячмень (1-е звено) |              |                             |                           | Ячмень (2-е звено) |              |                             |                           |
|----------------------------------------|-------------------|--------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------|--------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------|--------------|-----------------------------|---------------------------|
|                                        | Урожайность зерна |              | Окупаемость 1 кг NPK, з.ед. |                           | Урожайность зерна  |              | Окупаемость 1 кг NPK, з.ед. |                           | Урожайность зерна  |              | Окупаемость 1 кг NPK, з.ед. |                           |
|                                        | кг/м <sup>2</sup> | % к контролю | всех удобрений              | ОМУ, ОМУ+K <sub>2</sub> O | кг/м <sup>2</sup>  | % к контролю | всех удобрений              | ОМУ, ОМУ+K <sub>2</sub> O | кг/м <sup>2</sup>  | % к контролю | всех удобрений              | ОМУ, ОМУ+K <sub>2</sub> O |
| Контроль (без удобрений)               | 0,209             | 100          | –                           | –                         | 0,150              | 100          | –                           | –                         | 0,130              | 100          | –                           | –                         |
| ОМУ, малая доза                        | 0,434             | 20           | 8,3                         | 8,3                       | 0,396              | 264          | 6,8                         | 6,8                       | 0,230              | 177          | 3,0                         | 3,0                       |
| ОМУ, малая доза+K <sub>2</sub> O       | 0,490             | 234          | 9,5                         | 9,5                       | 0,411              | 274          | 6,6                         | 6,6                       | 0,270              | 208          | 3,4                         | 3,4                       |
| ОМУ, средняя доза                      | 0,551             | 264          | 7,4                         | 7,4                       | 0,420              | 280          | 4,3                         | 4,3                       | 0,320              | 246          | 2,9                         | 2,9                       |
| ОМУ, средняя доза+K <sub>2</sub> O     | 0,594             | 284          | 7,7                         | 7,7                       | 0,451              | 301          | 4,3                         | 4,3                       | 0,310              | 238          | 2,5                         | 2,5                       |
| ОМУ, высокая доза                      | 0,536             | 256          | 5,1                         | 5,1                       | 0,446              | 297          | 3,3                         | 3,3                       | 0,330              | 254          | 2,2                         | 2,2                       |
| N75P50K50 – фон                        | 0,533             | 255          | 20,9                        | –                         | 0,266              | 177          | 7,4                         | –                         | 0,280              | 215          | 9,4                         | –                         |
| Фон+ОМУ, малая доза                    | 0,648             | 310          | 10,2                        | 4,1                       | 0,462              | 308          | 6,0                         | 5,4                       | 0,320              | 246          | 3,7                         | 1,2                       |
| Фон+ОМУ, малая доза+K <sub>2</sub> O   | 0,796             | 381          | 13,1                        | 9,0                       | 0,529              | 353          | 6,8                         | 6,6                       | 0,420              | 323          | 5,2                         | 3,2                       |
| Фон+ОМУ, средняя доза                  | 0,787             | 377          | 9,0                         | 5,6                       | 0,500              | 333          | 4,4                         | 3,7                       | 0,370              | 285          | 3,0                         | 1,3                       |
| Фон+ОМУ, средняя доза+K <sub>2</sub> O | 0,908             | 434          | 10,7                        | 7,4                       | 0,554              | 369          | 4,7                         | 4,2                       | 0,480              | 369          | 3,9                         | 2,6                       |
| Фон+ОМУ, высокая доза                  | 0,820             | 392          | 7,7                         | 4,4                       | 0,557              | 371          | 3,8                         | 3,2                       | 0,380              | 292          | 2,4                         | 0,9                       |
| HCP <sub>05</sub>                      | 0,052             |              |                             |                           | 0,045              |              |                             |                           | 0,018              |              |                             |                           |

Вследствие относительной обедненности ОМУ (как и других видов пометных удобрений) калием, оправданным было дополнение (легиrowание) его калийным удобрением. Стабильный эффект обеспечивался как в вариантах с внесением ОМУ в чистом виде, так и на фоне минеральных удобрений. Этот прием повысил прибавки урожайности зерна в среднем на 15% и окупаемость 1 кг NPK с 6,4 до 8,4 з.ед.

Анализ продуктивных свойств посевов озимой пшеницы показал, что увеличение урожайности обеспечивалось: по фону  $N_{75}P_{50}K_{50}$  за счет более высокой кустистости и большего числа зерен в колосе, а по фону ОМУ, кроме того, и за счет лучшей выполненности зерна.

Ячмень раннеспелого сорта Ленинградский, вероятно, в силу значительно меньшей продолжительности периода потребления элементов питания, существенно уступал озимой пшенице по окупаемости и минеральным, и органо-минеральным удобрениям. Особенно это касается второго звена севооборота (показатели агрономической эффективности удобрений в первом звене несколько лучше, по-видимому, в результате наложения на прямое действие последующего ранее внесенных под озимую пшеницу удобрений). Правда, относительные прибавки урожайно-

сти зерна были высокими и на этой культуре. Но это в значительной мере определялось крайне низким урожаем в вариантах «без удобрений».

В принципе, все отмеченные на посевах озимой пшеницы закономерности наблюдались и на посевах ячменя, но при меньших показателях эффективности. Так, полное минеральное удобрение повышало урожайность ячменя в 2 раза (пшеницы – в 2,6), ОМУ в средних дозах – в 3,1 раза (пшеницы – в 3,8); окупаемость 1 кг NPK составила: для минеральных удобрений соответственно 8,4 и 20,9 з.ед., для ОМУ (в среднем) – 2,7 и 6,9 з.ед. Сочетание ОМУ с минеральными удобрениями тоже сопровождалось значительным повышением урожайности при уменьшении относительных прибавок урожайности от самого ОМУ со 153 до 59% (у пшеницы – со 143 до 105%) и оплаты 1 кг NPK – с 3,8 до 2,6 з.ед. (у пшеницы – с 6,9 до 4,7 з.ед.). Лучшие показатели агрономической эффективности ОМУ как при внесении в чистом виде, так и на фоне  $N_{75}P_{50}K_{50}$  соответствовали дозе 4 т/га.

Изучение химического состава полученной в опыте продукции позволило выявить отдельные закономерности, определяющиеся не только системой удобрения, но и почвенно-климатическими условиями. Во-первых, это низкое содержание протеина в зерне

обеих культур (10–11%) при очень высокой его крахмалистости. Во-вторых, несмотря на специфичность состава и свойств изучаемого удобрения, его влияние на качество зерна было вполне ожидаемым. В частности, стабильно регистрировалось коррелирующее с дозами ОМУ увеличение содержания в зерне сырого протеина (на 8–27% к показателю контрольного варианта). В отличие от полного минерального удобрения, несколько снижавшего содержание крахмала, ОМУ сглаживало это отрицательное действие. Зольный состав зерна и соломы под влиянием ОМУ, как правило, улучшался. На фоне его средних и высоких доз наиболее существенно увеличивалась концентрация кальция (с 0,07 до 0,11%), магния (с 0,16 до 0,21%) и цинка (с 21,5 до 23,6 мг/кг), меньше – калия, фосфора и меди.

**Выводы.** В полевых севооборотах на дерново-подзолистых почвах новое ОМУ целесообразнее

применять под озимые зерновые. В опыте на среднекультуренной почве лучшие показатели агрономической эффективности ОМУ на посевах пшеницы озимой Московской 56 получены при допосевном его внесении в дозе 5 т/га: повышение урожайности зерна в 2,6 раза в варианте применения в чистом виде и в 3,8 раза – на фоне  $N_{75}P_{50}K_{50}$ . Дополнение этой дозы калием минерального удобрения (10 кг  $K_2O$  на 1 т) обеспечивало увеличение прибавок урожайности на 15%. В расчете на 1 кг NPK в составе ОМУ получено от 5,6 до 7,7 зерновых единиц.

На качественные показатели зерна ОМУ оказывало, по преимуществу, положительное влияние. Это выражалось увеличением содержания сырого протеина в среднем на 1,8% (абсолютных), ограничением отрицательного действия полного минерального удобрения на крахмалистость, повышением концентрации большинства зольных элементов.

#### Библиографические ссылки

1. Архипов М.В., Иванов А.И., Данилова Т.А. и др. Оценка биопотенциала производства продовольствия в Северо-Западном регионе России. С-Пб.-Пушкин, 2016. 136 с.
2. Архипов М.В., Иванов А.И., Синицына С.М. и др. Методологические и информационно-технологические основы развития кормопроизводства в Северо-Западном регионе РФ. С-Пб.: Изд-во ИАЭП, 2015. 182 с.
3. Еськов А.И., Новиков М.Н., Лукин С.М. и др. Справочная книга по производству и применению органических удобрений. Владимир: РАСХН, 2001. 496 с.
4. Иванов А.И. Осадок сточных вод в системах удобрения зерновых // Зерновые культуры. 1998. № 6. С. 10–11.
5. Иванов А.И., Семенова Н.И. Перспективы удешевления систем удобрения кормовых культур // Кормопроизводство. 1998. № 6. С. 24–26.
6. Иванов А.И., Фрейдкин И.А., Иванова Ж.А. Агроэкологическая эффективность применения нового органо-минерального удобрения на основе птичьего помета // Проблемы агрохимии и экологии. 2014. № 3. С. 19–22.
7. Иванов А.И., Цыганова Н.А., Воробьев В.А. Оценка длительного использования хорошо окультуренной дерново-подзолистой почвы при применении разных систем удобрения // Агрохимия. 2010. № 3. С. 17–21.
8. Конончук В.В. Агрохимические аспекты формирования высоких урожаев зерновых культур в Центральном Нечерноземье // Зерновое хозяйство России. 2016. № 3. С. 1–8.
9. Романова И.Н., Князева С.М., Глушаков С.Н. и др. Урожайность зерновых культур и уровень плодородия почвы в зависимости от внесения минеральных удобрений, типа почв в системе севооборота // Зерновое хозяйство России. 2016. № 2. С. 63–65.
10. Фесенко М.А., Иванов А.И., Вертный В.Е., Дубовицкая В.И. О результатах и развитии исследований в многолетнем стационарном опыте в семипольном севообороте // Агрофизика. 2012. № 3(7). С. 50–57.
11. Шаповалов В.Ф., Белоус Н.М., Малякко Г.П., Харкевич Л.П. Действие средств химизации на урожайность и качество овса в условиях радиоактивного загрязнения // Зерновое хозяйство России. 2016. № 2. С. 68–72.

#### References

1. Arhipov M.V., Ivanov A.I., Danilova T.A. i dr. Ocenka biopotencijala proizvodstva prodovol'stviya v Severo-Zapadnom regione Rossii [Assessment of the biopotential of food production in the North-West region of Russia.]. S-Pb.-Pushkin, 2016. 136 s.
2. Arhipov M.V., Ivanov A.I., Sinicyna S.M. i dr. Metodologicheskie i informacionno-tehnologicheskie osnovy razvitiya kormoproizvodstva v Severo-Zapadnom re-gione RF [Methodological and information-technological bases for the development of forage production in the North-West region of the Russian Federation.]. S-Pb.: Izd-vo IAEP, 2015. 182 s.
3. Es'kov A.I., Novikov M.N., Lukin S.M. i dr. Spravochnaya kniga po proizvodstvu i primeneniyu organicheskikh udobrenij [Reference book on the production and use of organic fertilizers]. Vladimir: RASKHN, 2001. 496 s.
4. Ivanov A.I. Osadok stochnykh vod v sistemah udobreniya zernovykh [Sewage sludge in cereal fertilizer systems] // Zernovyye kul'tury. 1998. № 6. S. 10–11.
5. Ivanov A.I., Semyonova N.I. Perspektivy udeshevleniya sistem udobreniya kormovykh kul'tur [Prospects for making feed fertilizer systems cheaper] // Kormoproizvodstvo. 1998. № 6. S. 24–26.
6. Ivanov A.I., Frejtkin I.A., Ivanova ZH.A. Agroekologicheskaya effektivnost' primeneniya novogo organo-mineral'nogo udobreniya na osnove ptich'ego pomyota [Agroecological effectiveness of the new organic fertilizer application based on bird droppings] // Pro-blemiy agrokimii i ekologiy. 2014. № 3. S. 19–22.
7. Ivanov A.I., Cyganova N.A., Vorob'yov V.A. Ocenka dlitel'nogo ispol'zovaniya horosho okul'turennoj dernovo-podzolistoy pochvy pri primenenii raznykh sistem udobreniya [Assessment of long-term use of well-cultivated sod-podzolic soil when using different fertilizer systems] // Agrokimiya. 2010. № 3. S. 17–21.
8. Kononchuk V.V. Agrokhimicheskie aspekty formirovaniya vysokikh urozhayev zernovykh kul'tur v Central'nom Nечернозем'e [Agrochemical aspects of the formation of high cereals yields in the Central Non-Black Earth Region] // Zernovoye hozyajstvo Rossii. 2016. № 3. S. 1–8.
9. Romanova I.N., Knyazeva S.M., Glushakov S.N. i dr. Urozhajnost' zernovykh kul'tur i uroven' plodorodiya pochvy v zavisimosti ot vneseniya mineral'nykh udobrenij, tipa pochv v sisteme sevooborota [The grain crops productivity and

the level of soil fertility, depending on the application of mineral fertilizers, the soil type in the system of crop rotation] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2016. № 2. S.63–65.

10. Fesenko M.A., Ivanov A.I., Vertebnyj V.E., Dubovickaya V.I. O rezul'tatah i razvitii issledovanij v mnogoletnem stacionarnom opyte v semipol'nom sevooborote [About the results and development of research in the long-term stationary trial in seven crop rotation sequences] // *Agrofizika*. 2012. № 3(7). S. 50–57.

11. SHapovalov V.F., Belous N.M., Malyavko G.P., Harkevich L.P. Dejstvie sredstv himizacii na urozhajnost' i kachestvo ovsa v usloviyah radioaktivnogo zagryazneniya [The chemicals' effect on the productivity and quality of oats in conditions of radioactive contamination] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2016. № 2. S. 68–72.

**Критерии авторства.** Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 633.1:631.8

DOI 10.31367/2079-8725-2019-63-3-69-72

## ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ

**Л.И. Петрова**, кандидат сельскохозяйственных наук,

ведущий научный сотрудник отдела мелиоративного земледелия, ORCID ID: 0000-0002-6197-0831;

**Ю.И. Митрофанов**, кандидат сельскохозяйственных наук,

заведующий отделом мелиоративного земледелия, ORCID ID: 0000-0003-0994-6743;

**Н.К. Первушина**, младший научный сотрудник отдела мелиоративного земледелия, ORCID ID: 0000-0003-0618-4405;

**В.Н. Лапушкина**, младший научный сотрудник отдела мелиоративного земледелия, ORCID ID: 0000-0002-9531-1498

*Федеральное Государственное Бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель,*

*170530, Тверская обл., Калининский р-н, п. Эммаус, д. 27, Тел.: (4822) 378-552; e-mail: vniimz@list.ru*

Представлены результаты трехлетних полевых исследований, проведенных на опытном поле ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель (ВНИИМЗ). Целью исследований являлось изучение эффективности применения различных норм удобрений на формирование урожая озимой тритикале. В опыте изучали влияние норм минеральных удобрений на формирование элементов структуры урожая озимой тритикале, содержание протеина в зерне, использование фотосинтетически активной солнечной радиации (КПД ФАР), окупаемость удобрений прибавкой урожая. Возделывание культуры проводили на осушаемой хорошо окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой глееватой почве в плодосменном севообороте по предшественнику клеверу 1 года пользования в 3-х вариантах: 1 – без удобрений, 2 –  $N_{15}P_{15}K_{45} + N_{30}$  (кущение), 3 –  $N_{30}P_{30}K_{90} + N_{60}$  (кущение). На варианте без удобрений в среднем за три года урожай составил 3,37 т/га. По сравнению с ним на втором варианте повысился на 56,4% до 5,27 т/га, на третьем на 78,9% – 6,03 т/га. При применении удобрений и с повышением фона удобренности количество продуктивных стеблей было больше на 95 и 117 шт./м<sup>2</sup>, число зерен в колосе – на 4,0 и 6,0 шт. По содержанию протеина в зерне на удобренных вариантах отмечено повышение на 1,0–1,7 абсолютных процентов. КПД ФАР без применения удобрений был самым низким и составил 1,34, при  $N_{45}P_{15}K_{45}$  – 1,94, при  $N_{90}P_{30}K_{90}$  – 2,26. Окупаемость применения удобрений прибавкой урожая при размещении озимой тритикале на хорошо окультуренной почве после клевера 1 г.п. наиболее высокой была при внесении нормы удобрений  $N_{45}P_{15}K_{45}$  18,1 кг/кг, при  $N_{90}P_{30}K_{90}$  – 12,7.

**Ключевые слова:** озимая тритикале, нормы удобрений, урожайность, качество продукции, окупаемость удобрений.



## THE EFFECT OF FERTILIZER USAGE ON WINTER TRITICALE PRODUCTIVITY

**L.I. Petrova**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department for ameliorative agriculture, ORCID ID: 0000-0002-6197-0831;

**Yu.I. Mitrofanov**, Candidate of Agricultural Sciences, head of the department for ameliorative agriculture, ORCID ID: 0000-0003-0994-6743;

**N.K. Pervushina**, junior researcher of the department for ameliorative agriculture, ORCID ID: 0000-0003-0618-4405;

**V.N. Lapushkina**, junior researcher of the department for ameliorative agriculture, ORCID ID: 0000-0002-9531-1498

*FSBSI All-Russian Research Institute of meliorated lands,*

*170530, Tver region, Kalinin district, v. of Emmaus, 27; Tel.: (4822) 378-552; e-mail: vniimz@list.ru*

The article presents the results of three-year studies conducted on the experimental field of the All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands (VNIIMZ). The purpose of the research was to study the efficiency of various rates of fertilizer usage on winter triticales productivity. There has been studied the effect of rates of mineral fertilizer usage on the elements of the winter triticales yield structure, protein percentage in grain, use of photosynthetically active solar radiation (PAR efficiency), fertilizers' cost recovery by yield increase. The cultivation of winter triticales was carried out on a drained well-cultivated sod-podzolic light loamy gleyed soil. The winter triticales was sown after one-year-old clover in three variants: the first variant was without fertilizer usage, the second variant was with  $N_{15}P_{15}K_{45} + N_{30}$  fertilizer usage (in the period of tillering) and the third variant was with  $N_{30}P_{30}K_{90} + N_{60}$  fertilizer usage. In the variant without fertilizer usage the productivity was 3.37 t/ha on average. In the second variant the productivity increased on 56.4% to 5.27 t/ha, in the third variant the increase was on 78.9% to 6.03 t/ha. Due to the use of fertilizer, the number of productive stems raised on 95 and 117 pcs/m<sup>2</sup>, the number of kernels per head increased on 4.0 and 6.0 pcs. The protein content in grain in the variants with fertilizer usage increased on 1.0–1.7%. The PAR efficiency without fertilizer usage was the lowest (1.34), it was 1.94 with  $N_{45}P_{15}K_{45}$  fertilizer usage and 2.26 with  $N_{90}P_{30}K_{90}$  fertilizer usage. Fertilizers' cost recovery by winter triticales yield increase which was sown after one-year-old clover in a well-cultivated soil, was the highest with 18.1 kg/kg of  $N_{45}P_{15}K_{45}$  fertilizer usage and with 12.7 kg/kg of  $N_{90}P_{30}K_{90}$  fertilizer usage.

**Keywords:** winter triticales, rates of fertilizers, productivity, quality of the product, fertilizers' cost recovery.

**Введение.** Тритикале – первый новый вид зерновых культур, созданный человеком, обладающий рядом выдающихся качеств, являясь одним из крупнейших достижений селекции. Она сразу привлекла к себе особое внимание и очень быстро стала распространяться по странам и континентам, характеризуясь высокой и стабильной урожайностью, питательной

ценностью, устойчивостью к стрессовым ситуациям и наиболее опасным болезням. Превосходя пшеницу, она не уступает ржи. Высокая пищевая ценность делает ее хорошим сырьем для производства различных продуктов питания, в том числе детского и диетического, для различных отраслей промышленности (пивоваренной, спиртовой, бумажной и других).

Увеличиваются объемы ее использования для приготовления кормов в животноводстве: зеленого корма, сенажа, комбикорма (Тритикале – первая зерновая культура, созданная человеком, 1978; Чернышова и др., 2015; Медведев и др., 2017; Цвик и др., 2017).

В стратегии адаптивной интенсификации земледелия предпочтение отдается биологическим факторам перед химическими, но применение техногенных средств не игнорируется. Из технологических приемов наибольшее влияние на повышение продуктивности культур оказывают удобрения. Применение минеральных удобрений является одним из основных путей увеличения производства растениеводческой продукции на дерново-подзолистых почвах (Лыскова, 2017; Лошаков, 2016; Петрова и др., 2008; Султанов и др., 2016).

Однако ограниченные ресурсы минеральных удобрений обуславливают необходимость проведения исследований по установлению наиболее эффективных и целесообразных норм их внесения. Для этого очень важно учитывать особенности их влияния на изменение продуктивности культур.

Поэтому целью нашей работы являлось изучение эффективности применения различных норм удобрений на формирование урожая озимой тритикале. В задачи исследований входило изучение влияния норм минеральных удобрений на формирование элементов структуры урожая озимой тритикале, содержание протеина в зерне, фитосанитарное состояние посевов, использование фотосинтетически активной солнечной радиации (КПД ФАР), окупаемость удобрений прибавкой урожая.

**Материалы и методы исследований.** Экспериментальные исследования проводили в 2016–2018 гг. на базе отдела мелиоративного земледелия и опытного полигона ФГБНУ ВНИИМЗ (Тверская область) на осушаемой закрытом дренажом хорошо окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой глееватой почве в плодосменном севообороте, развернутом в пространстве и во времени. Озимая тритикале возделывалась по предшественнику клеверу первого года пользования на 3-х фонах минеральных удобрений: 1 – без удобрений, 2 –  $N_{15}P_{15}K_{45} + N_{30}$  (кущение), 3 –  $N_{30}P_{30}K_{90} + N_{60}$  (кущение). Почва среднекислая

с высоким и повышенным содержанием подвижного фосфора и обменного калия, гумуса – 2,19%.

Опыт заложен в четырехкратной повторности с размещением вариантов методом расщепленных делянок. Общая площадь делянок второго порядка – 432 м<sup>2</sup>, учетная культур сплошного сева – 44 м<sup>2</sup>. В опыте выращивали сорт озимой тритикале Немчиновский 56. Возделывание культуры осуществляли по рекомендованным в зоне технологиям за исключением изучаемых приемов. Исследования, анализы и наблюдения проводили по общепринятым в растениеводческой науке методикам опытного дела.

Несмотря на то, что по метеорологическим условиям (ГТК по Селянинову) все годы проведения исследований отнесены к влажным, по распределению агроклиматических ресурсов в период вегетации они существенно различались: в 2016 г. температура воздуха все месяцы была выше нормы на 0,8–2,7 °С, осадки в апреле-мае – 50% от нормы, далее в ее пределах; в 2017 г. – все месяцы, кроме августа, были холоднее нормы на 0,9–2,4 °С, количество осадков в апреле-июне больше нормы на 42–91%, в июле-августе меньше – 80 и 50% нормы; 2018 г. теплее нормы на 1,2–2,9 °С, кроме июня (ниже на 0,6°С), количество осадков в июле составило 88% нормы, в остальные месяцы – на 4–17% больше нормы. Таким образом, 2016 г. – самый теплый и менее влажный (ГТК – 1,24), 2017 г. – более прохладный и более влажный (ГТК – 1,88), 2018 г. – теплый и влажный (ГТК – 1,34). Климатические условия оказали влияние на водный режим почвы. Наиболее благоприятные условия по этому показателю в течение вегетации сложились в 2017 г. Влажность пахотного слоя почвы в среднем за вегетацию составила 83% НВ. В 2016 г. и 2018 г. в фазу налива зерна влаги было недостаточно – от 42 до 54% НВ, в среднем за вегетацию соответственно годам она была на уровне 60 и 63% НВ.

**Результаты и их обсуждение.** По результатам трехлетних исследований было установлено, что при применении минеральных удобрений при норме  $N_{45}P_{15}K_{45}$  урожайность озимой тритикале, по сравнению с вариантом без удобрений, была выше на 56%, при  $N_{90}P_{30}K_{90}$  на 79% (табл. 1). Увеличение нормы удобрений обеспечило прибавку урожая на 14%.

**1. Урожайность озимой тритикале в зависимости от вариантов удобрений, т/га**  
**1. Winter triticale productivity depending on the application of different fertilizers, t/ha**

| Вариант удобрений    | Годы        |             |             | В среднем за 2016–2018 гг. |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|
|                      | 2016        | 2017        | 2018        |                            |
| Без удобрений        | 3,54        | 2,78        | 3,78        | 3,37                       |
| $N_{45}P_{15}K_{45}$ | 4,89        | 6,28        | 4,63        | 5,27                       |
| $N_{90}P_{30}K_{90}$ | 5,27        | 6,95        | 5,88        | 6,03                       |
| <b>В среднем</b>     | <b>4,57</b> | <b>5,34</b> | <b>4,74</b> | <b>4,89</b>                |
| НСР <sub>05</sub>    | 0,28        | 0,23        | 0,25        |                            |

Наиболее высокая окупаемость 1 кг д.в. удобрений прибавкой урожая была получена в более влажном 2017 г., при норме  $N_{45}P_{15}K_{45}$  она составила 33,3 кг зерна, при  $N_{90}P_{30}K_{90}$  – 19,9, в 2016 г. и 2018 г. соответственно им и нормам 12,9 и 8,2, 8,1 и 10,0 кг. По трехлетним данным, наибольшая отдача применения удобрений при размещении озимой тритикале после клевера первого года пользования на хорошо окультуренной почве была при внесении  $N_{45}P_{15}K_{45}$  – 18,1, при  $N_{90}P_{30}K_{90}$  – 12,7 кг/кг. При сравнении 3-го варианта со 2-м окупаемость удобрений составила 7,2 кг/кг.

Более высокая урожайность озимой тритикале в 2017 г. по сравнению с другими годами при применении удобрений была получена за счет количества продуктивных стеблей и массы 1000 зерен, их значения составили 400–420 шт./м<sup>2</sup> и 45,4–46,2 г, или больше на 32–95 шт./м<sup>2</sup> и 6,6–9,4 г, чем в другие годы.

Анализ трехлетних данных структуры урожая озимой тритикале показал, что повышение урожайности при внесении удобрений, по сравнению с фоном без них, произошло за счет увеличения количества продуктивных стеблей на 95 и 117 шт./м<sup>2</sup> и числа зерен в колосе на 4,0 и 6,0 шт. (табл. 2). При повышении

фона удобренности достоверно увеличивалось количество продуктивных стеблей на 22 шт/м<sup>2</sup>, по числу и массе 1000 зерен можно отметить только как положительную тенденцию.

Одним из основных показателей оценки качества зерна является содержание в нем переваримого протеина, которое определяется исходя из содержания

общего азота. На удобренных вариантах его содержание в зерне по сравнению с неудобренным было больше на 1,0 и 1,7 абсолютных процента, а выход с урожаем – на 0,27 и 0,40 т/га (табл. 3). При сравнении 3-го варианта со 2-м значения этих показателей выше незначительно.

**2. Основные элементы структуры урожая озимой тритикале  
в зависимости от вариантов удобрений (в среднем за 2016–2018 гг.)**  
**2. Main elements of winter triticale yield depending on the application of different fertilizers  
(during 2016–2018 on average)**

| Вариант удобрений                               | Количество продуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup> | Продуктивная кустистость | Число зерен в колосе, шт. | Масса 1000 зерен, г |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------|
| Без удобрений                                   | 263                                                 | 1,10                     | 35,3                      | 39,1                |
| N <sub>45</sub> P <sub>15</sub> K <sub>45</sub> | 358                                                 | 1,37                     | 39,3                      | 40,0                |
| N <sub>90</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub> | 380                                                 | 1,53                     | 41,3                      | 40,9                |
| НСП <sub>05</sub>                               | 18                                                  | 0,21                     | 3,5                       | незначимы           |

**3. Содержание протеина в зерне и выход с урожаем в зависимости от вариантов удобрений  
(среднее за 2016–2018 гг.)**

**3. Protein percentage in kernels and yield depending on the application of different fertilizers  
(during 2016–2018 on average)**

| Вариант удобрений                               | Содержание протеина в зерне, % | Выход протеина с урожаем, т/га |
|-------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Без удобрений                                   | 11,0                           | 0,37                           |
| N <sub>45</sub> P <sub>15</sub> K <sub>45</sub> | 12,0                           | 0,64                           |
| N <sub>90</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub> | 12,7                           | 0,77                           |
| НСП <sub>05</sub>                               | 0,8                            | 0,15                           |

При наблюдении за фитосанитарным состоянием посевов отмечена тенденция снижения устойчивости растений озимой тритикале к распространению корневых гнилей на вариантах с применением удобрений, в конце вегетации на которых оно составляло 12,3–14,0, на неудобренном – 6,3%.

С применением удобрений и повышением фона удобренности возрастала эффективность использования посевами озимой тритикале фотосинтетически активной солнечной радиации (КПД ФАР), который является важным показателем фотосинтетической деятельности посева. Посевы с КПД ФАР 1,5–3,0% считаются хорошими, с 0,5–1,5% – обычными (Каюмов, 1989). Расчеты показали, что при величине прихода фотосинтетически активной солнечной радиа-

ции 2,3 млрд. ккал/га КПД ФАР в среднем за 3 года на варианте без применения удобрений был самым низким – 1,34, при N<sub>45</sub>P<sub>15</sub>K<sub>45</sub> – 1,94, N<sub>90</sub>P<sub>30</sub>K<sub>90</sub> – 2,26.

**Выводы.** Таким образом, по результатам исследований установлены зависимости урожая озимой тритикале от различных норм удобрений на осушаемых землях. Удобрения оказали положительное влияние на формирование продуктивных элементов структуры урожая и урожая в целом, качество зерна, фотосинтетическую деятельность. Наибольшая окупаемость 1 кг д.в. удобрений прибавкой урожая озимой тритикале, возделываемой на хорошо окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой глееватой почве после клевера первого года пользования, была на фоне внесения нормы удобрений N<sub>45</sub>P<sub>15</sub>K<sub>45</sub>.

**Библиографические ссылки**

1. Тритикале – первая зерновая культура, созданная человеком / Пер. с англ. М.Б. Евгеньева. Под ред. Ю.Л. Гужова. М.: Колос. 1978. С. 285.
2. Чернышова Э.А., Мякинков А.Г., Соловьев А.А. Сравнительная характеристика технологических качеств зерна сортов озимой // Известия ТСХА. 2015. № 3. С. 16–24.
3. Медведев А.М., Осипов В.В., Осипова А.В. и др. Результаты и перспективы селекции озимой тритикале для хлебопекарных целей в центральном Нечерноземье // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 2 (22). С. 99–106.
4. Цвик Г.С., Таран Т.В., Гусев Г.С. Продуктивность озимой тритикале при разных сроках посева // Вестник АПК Верхневолжья. 2017. № 3(39). С. 8–12.
5. Лыскова И.В. Влияние минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы, урожайность и качество зерновых культур // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 6(61). С. 35–40.
6. Лошаков В.Г. Эффективность совместного использования севооборота и удобрений // Плодородие. 2016. № 2. С. 37–41.
7. Петрова Л.И., Корнеева Е.М. Влияние агроландшафтных условий и удобрений на урожай культур на осушаемых землях // Земледелие. 2008. № 1. С. 12–13.
8. Султанов Ф.С., Габдрахимов О.Б. Разработка некоторых элементов технологии возделывания озимой тритикале в условиях Прибайкалья // Успехи современного естествознания. 2016. № 8. С. 134–138.
9. Каюмов М.К. Программирование продуктивности полевых культур: Справочник. М.: Росагропромиздат. 1989. С. 11.

## References

1. Triticale – pervaya zernovaya kul'tura, sozdannaya chelovekom [Triticale is the first grain crop developed by a man] / Per. s angl. M.B. Evgen'eva. Pod red. YU.L. Guzhova. M.: Kolos. 1978. S. 285.
2. ChErnyshova E.A., Myakin'kov A.G., Solov'ev A.A. Sravnitel'naya harakteristika tekhnologicheskikh kachestv zerna sortov ozimoy [Comparative characteristics of the technological qualities of winter triticale varieties] // Izvestiya TSKHA. 2015. № 3. S. 16–24.
3. Medvedev A.M., Osipov V.V., Osipova A.V. i dr. Rezul'taty i perspektivy se-lekcii ozimoy tritikale dlya hlebopekarnykh celej v central'nom Nechernozem'e [Results and prospects of winter triticale breeding for baking purposes in the central Non-Blackearth region] // Zer-nobobovye i krupyanye kul'tury. 2017. № 2 (22). S. 99–106.
4. Cvik G.S., Taran T.V., Gusev G.S. Produktivnost' ozimoy tritikale pri raznykh srokakh poseva [Winter triticale productivity at different sowing time] // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2017. № 3(39). S. 8–12.
5. Lyskova I.V. Vliyanie mineral'nykh udobrenij na plodorodie dernovo-podzolistoj pochvy, urozhajnost' i kachestvo zernovykh kul'tur [The effect of mineral fertilizers on the fertility of sod-podzolic soil, productivity and quality of grain crops] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2017. № 6(61). S. 35–40.
6. Loshakov V.G. Effektivnost' sovmestnogo ispol'zovaniya sevooborota i udob-renij [The effectiveness of the joint use of crop rotation and fertilizers] // Plodorodie. 2016. № 2. S. 37–41.
7. Petrova L.I., Korneeva E.M. Vliyanie agrolandshaftnykh uslovij i udobrenij na urozhaj kul'tur na osushaemykh zemlyakh [Influence of agrolandscape conditions and fertilizers on grain crop productivity on drained lands] // Zemledelie. 2008. № 1. S. 12–13.
8. Sultanov F.S., Gabdrahimov O.B. Razrabotka nekotorykh elementov tekhnologii vozdeleyvaniya ozimoy tritikale v usloviyakh Pribajkal'ya [Development of some elements of winter triticale cultivation technologies in the pre-Baikal regions] // Uspekhi sovremennogo este-stvoznaniya. 2016. № 8. S. 134–138.
9. Kayumov M.K. Programmirovaniye produktivnosti polevykh kul'tur: Spravochnik [Programming of field grain crop productivity: Handbook]. M.: Rosagropromizdat. 1989. S. 11.

**Критерии авторства.** Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.