

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 Сурека, 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-р 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. Lukiyanenko”;
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 “Nemchinovka”;
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. Lukiyanenko”;
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-0,402. Журнал входит в международную базу данных DOAJ.

Перевод на английский язык – Скуйбеда О.Н.
Периодичность издания – 6 номеров. Подписано в печать 20.08.2019.
Дата выхода 28.08.2019. Формат 60x84/8. Тираж 300. Заказ № 10/16089.
Отпечатано в ООО «Амирит», 410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 88.

ЗЕРНОВОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ

Содержание

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Кибальник О. П., Ефремова И. Г., Семин Д. С., Горбунов В. С., Каменева О. Б., Старчак В. И., Куколева С. С. Оценка качества зерна и биомассы сорго с целью использования в кормопроизводстве **3**

Катюк А. И., Шаболкина Е. Н., Васин А. В., Булатова К. А., Анисимкина Н. В. Пищевые достоинства семян фасоли, сои и гороха сортов селекции Самарского НИИСХ **8**

Филиппов Е. Г., Донцова А. А., Брагин Р. Н. Оценка показателей адаптивности сортов озимого ячменя в условия юга России **14**

Пасынков А. В., Пасынкова Е. Н. Эффективность прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы **19**

Игнатьев С. А., Регидин А. А. Кормовая продуктивность и ценность как предшественника нового сорта эспарцета Шурави **27**

Кравченко Н. С., Ионова Е. В., Газе В. Л. Влияние условий выращивания на урожайность и качество зерна образцов озимой мягкой пшеницы **31**

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В., Романюкин А. Е., Шишова Е. А., Ермолина Г. М. Сопряженность урожайности зеленой массы сорго с происхождением и количественными признаками **36**

Андреев А. А., Драчева М. К. Оценка адаптивной способности сортов ярового ячменя и подбор родительских пар для селекционного процесса **42**

Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С. Новый гибрид кукурузы Зерноградский 299 МВ зернового и силосного направления использования **46**

Романов Б. В., Пимонов К. И. Продукционные характеристики *Triticum petropavlovskiy* и ее спонтанных макромутантов **50**

Копусь М. М., Ионова Е. В., Марченко Д. М. Проламин зерна пшениц – от биохимии к генетике и селекции **54**

Асеева Т. А., Зенкина К. В., Ломакина И. В., Рубан З. С. Новый сорт яровой пшеницы Анфея **61**

АГРОХИМИЯ

Жогалева О. С., Стрельцова Л. Г. Влияние хелатных микроудобрений на элементы структуры урожая гороха **66**

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

Костылев П. И., Краснова Е. В., Радченко Е. Е., Кузнецова Т. Л., Чумаков М. А. Оценка коллекции риса по устойчивости к повреждению обыкновенной злаковой тлей **72**

GRAIN ECONOMY OF RUSSIA

Contents

GENERAL AGRICULTURE AND PLANT-BREEDING

Kibalnik O. P., Efremova I. G., Semin D. S., Gorbunov V. S., Kameneva O. B., Starchak V. I., Kukoleva S. S. The estimation of sorghum grain and biomass quality to use it in feed production **3**

Katyuk A. I., Shabolkina E. N., Vasin A. V., Bulatova K. A., Anisimkina N. V. Food advantages of beans, soybeans and peas varieties developed by the Samara RIA **8**

Filippov E. G., Dontsova A. A., Bragin R. N. The estimation of adaptability of winter barley varieties in the south of Russia **14**

Pasyнков A. V., Pasynkova E. N. Efficiency of raw gluten content prediction in wheat kernels **19**

Ignatiev S. A., Regidin A. A. The new sainfoin variety 'Shuravi', its feed productivity and value as a forecrop **27**

Kravchenko N. S., Ionova E. V., Gaze V. L. The effect of growing conditions on productivity and kernel quality of winter soft wheat samples **31**

PLANT-BREEDING AND SEED PRODUCTION OF AGRICULTURAL CROPS

Kovtunova N. A., Kovtunov V. V., Romanyukin A. E., Shishova E. A., Ermolina G. M. Conjugacy of sorghum green mass productivity with origin and quantitative traits **36**

Andreev A. A., Dracheva M. K. The estimation of adaptability of spring barley varieties and the selection of parental forms for a breeding process **42**

Krivosheev G. Ya., Ignatiev A. S. The new maize hybrid 'Zernogradsky 299 MB' of grain and silage use **46**

Romanov B. V., Pimonov K. I. Product characteristics of *Triticum petropavlovskiy* and its spontaneous macromutants **50**

Kopus M. M., Ionova E. V., Marchenko D. M. Prolamins of wheat grain – from biochemistry to genetics and breeding **54**

Aseeva T. A., Zenkina K. V., Lomakina I. V., Ruban Z. S. The new spring soft wheat variety 'Anfeya' **61**

AGROCHEMISTRY

Zhogaleva O. S., Streltsova L. G. The effect of chelated micronutrients on the elements of peas yield structure **66**

PLANT PROTECTION

Kostylev P. I., Krasnova E. V., Radchenko E. E., Kuznetsova T. L., Chumakov M. A. Estimation of the collection rice according to resistance to cereal aphid **72**

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЗЕРНА И БИОМАССЫ СОРГО С ЦЕЛЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КОРМОПРОИЗВОДСТВЕ

О. П. Кибальник, кандидат биологических наук, главный научный сотрудник отдела сорговых культур, ORCID ID: 0000-0002-1808-8974;

И. Г. Ефремова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела сорговых культур, ORCID ID: 0000-0002-7188-9332;

Д. С. Семин, кандидат сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела сорговых культур, ORCID ID: 0000-0003-0442-6933;

В. С. Горбунов, доктор экономических наук, директор, ORCID ID: 0000-0003-3158-9922;

О. Б. Каменева, кандидат сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела биохимии, ORCID ID: 0000-0003-1583-7711;

В. И. Старчак, младший научный сотрудник отдела сорговых культур, ORCID ID: 0000-0001-7312-4547;

С. С. Куколева, научный сотрудник отдела сорговых культур, ORCID ID: 0000-0002-0582-9024

ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы «Россорго»,

410050, г. Саратов, 1-й Институтский пр-д, 4; e-mail: kibalnik79@yandex.ru

Важной кормовой, зернофуражной и продовольственной культурой для микрорайонов России с недостаточным увлажнением является сорго. В настоящее время возрастает спрос на зерно и зеленую массу сорговых культур, которые благодаря высокой урожайности и уникальной засухоустойчивости способствуют активному развитию отрасли животноводства в этих регионах. В ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» созданы и включены в Государственный реестр селекционных достижений адаптированные к засушливым регионам РФ 53 сорта и гибрида сорговых культур различного направления использования с высокой продуктивностью и качеством зерна и биомассы. В статье приведены результаты сравнительного анализа урожайности, кормовой, энергетической ценности зерна и биомассы 21 сорта зернового сорго, 8 сортов суданской травы, выращенных на опытном поле института в 2014–2016 гг. Выявлены сорта зернового сорго (Волжское 4, Волжское 44, Пищевое 35, Топаз, Сармат, Факел, Гелеофор, Гранат), характеризующиеся наибольшим накоплением валовой энергии (150,58–196,63 ГДж/га) урожая биомассы для производства моно корма и зерносенажа. Сорта Факел, Гранат, Волжское 44 и Аванс предназначены для использования в качестве зернофуража: урожайность зерна – 5,27–5,84 т/га, содержание протеина – 12,10–12,56%, жира – 3,72–4,89% и выход валовой энергии – 90,26–99,48 ГДж/га. Наибольшей урожайностью зеленой и сухой биомассы отличаются сорта суданской травы Аллегория (29,33 и 8,21 т/га) и Амбиция (35,33 и 6,26 т/га), так же как энергосодержанием урожая (150,49 и 148,83 ГДж/га соответственно). Показатели продуктивности и биохимического состава зерна, биомассы сорго и суданской травы свидетельствуют о высокой биоэнергетической ценности растениеводческой продукции для применения в кормопроизводстве.

Ключевые слова: сорговые культуры, зерно, биомасса, урожайность, показатели качества, выход валовой энергии.



THE ESTIMATION OF SORGHUM GRAIN AND BIOMASS QUALITY TO USE IT IN FEED PRODUCTION

O. P. Kibalnik, Candidate of Biological Sciences, main researcher sorghum department, ORCID ID: 0000-0002-1808-8974;

I. G. Efremova, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher sorghum department, ORCID ID: 0000-0002-7188-9332;

D.S. Semin, Candidate of Agricultural Sciences, main researcher sorghum department, ORCID ID: 0000-0003-0442-6933;

V. S. Gorbunov, Doctor of Economic Sciences, head, ORCID ID: 0000-0003-3158-9922;

O. B. Kameneva, Candidate of Agricultural Sciences, researcher department of biochemistry, ORCID ID: 0000-0003-1583-7711;

V. I. Starchak, junior researcher sorghum culture department, ORCID ID: 0000-0001-7312-4547;

S. S. Kukoleva, researcher at the sorghum culture department, ORCID ID: 0000-0002-0582-9024

*FSBSI "Russian Research and Project-technological Institute of Sorghum and Maize "Rossorgo",
410050, Saratov, 1st Institutsky pr-d, 4; e-mail: kibalnik79@yandex.ru*

Sorghum is an important feed, grain forage and food crop for micro zones of Russia with insufficient moisture. Currently, there is an increasing demand for sorghum grains and green mass, which, due to their high yields and unique drought tolerance, contribute to the active development of the livestock industry in these regions. In the FSBSI RosRISC "Rossorgo" 53 varieties and hybrids of sorghum crops of various use with high productivity and quality of grain, biomass, adapted to the arid regions of the Russian Federation, were developed and included in the State List of Breeding Achievements. The paper presents the results of a comparative analysis of the productivity, fodder, energy value of grain and biomass of 21 grain sorghum varieties, 8 Sudan grass varieties grown on the experimental field of the Institute in 2014–2016. There were identified grain sorghum varieties 'Volzhskoye 4', 'Volzhskoye 44', 'Pishchevoye 35', 'Topaz', 'Sarmat', 'Fakel', 'Geleofor', 'Granat', characterized by the highest accumulation of gross energy (150.58–196.63 GJ/ha) of the biomass crop to produce mono feed and grain silage. The varieties 'Fakel', 'Granat', 'Volzhskoye 44' and 'Avans' are intended for use as grain fodder with 5.27–5.84 t/ha grain pro-

ductivity, 12.10–12.56% of protein, 3.72–4, 89% of oil and 90.26–99.48 GJ/ha of output of gross energy. The largest yields of green and dry biomass have been produced by the Sudan grass varieties "Allegoriya" (29.33 and 8.21 t/ha) and 'Ambitsiya' (35.33 and 6.26 t/ha), as well as the energy content of the yield (150.49 and 148, 83 GJ/ha respectively). The productivity and biochemical composition of grain, biomass of sorghum and Sudan grass indicate the high bioenergetic value of the products to use them in feed production.

Keywords: sorghum cultures, grain, biomass, productivity, quality indicators, gross energy output.

Введение. Успешное распространение и возделывание для кормопроизводства юго-востока европейской части РФ сорговых культур определили их достоинства: высокая урожайность, засухоустойчивость, солевыносливость, нетребовательность к почвам, универсальность использования. Зерновое сорго ценится как фуражная культура в кормлении сельскохозяйственных животных (крупного рогатого скота, свиней, лошадей, кроликов, птицы) с содержанием сырого протеина 10–12%, которая способствует их росту и развитию, получению более высокого качества продукции животноводства (Алабушев и др., 2004; Метлина и др., 2016). Суданская трава относится к числу наиболее распространенных злаковых культур, возделываемых на зеленый корм, сено и сенаж, отличающихся высоким качеством биомассы (Сизова и Борисова, 2016). Селекция новых сортов и гибридов сорговых культур в ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» сопровождается биохимическим исследованием зерна и биомассы на содержание важнейших компонентов (сырого протеина, сырого жира и золы, крахмала и БЭВ) для целенаправленного применения в кормопроизводстве.

Материалы и методы исследований. Сорговые культуры выращивали на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в 2014–2016 гг. Для сравнительного изучения питательной ценности зерна и биомассы выбраны следующие сорта сорго (всего 21): Старт (стандарт), Огонек, Сармат, Топаз, Зенит, Камелик, Аванс, Факел, Азарт, Гранат, Перспективный 1, Меркурий, Кремовое, Волжское 4, Волжское 44, Волжское 615, Пищевое 35, Пищевое 614, Восторг, Студенец, Гелеофор; суданской травы (всего 8): Зональская 6, Юбилейная 20, Аллегория, Амбиция, Элегия, Фаина, Лаура, Мечта Поволжья (стандарт). Площадь делянок составила 25 м², повторность – трехкратная. Густота стояния растений установлена вручную: зерновое сорго – 80–100, суданская трава – 100–150 тыс. раст./га. Оценка урожайности проведена в фазы: восковая спелость у биомассы (2014–2015 гг.), полная спелость у зерна (2014–2016 гг.); выметывание у укосов суданской травы (2014–2016 гг.); анализ биохимического состава зерна и биомассы – согласно общепринятым методикам (Ермаков и др., 1987; Лукашин и Тащилин, 1965; Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 1985). Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена дисперсионным однофакторным анализом (Доспехов, 2011).

Климатические условия в годы исследований различались по сумме активных температур и количеству осадков в период вегетации сорго: в 2014 г. – 2795 °С и 125 мм соответственно; в 2015 г. – 2613,1 °С и 106,2 мм; в 2016 г. – 2805 °С и 178,3 мм. Гидротермический коэффициент составил 0,41–0,64.

Результаты и их обсуждение. Сорта зернового сорго характеризовались различной урожайностью зерна, т/га: у раннеспелых форм – от 3,24 (Перспективный 1) до 4,05 (Старт); у среднеранних – от 3,96 (Кремовое) до 4,97 (Азарт); у среднеспелых – от 5,39 (Волжское 44) до 5,84 (Аванс).

Оценка биохимического состава зерна сортов показала варьирование содержания питательных компонентов (табл. 1). Сырой протеин является основным показателем, характеризующим питательные

достоинства кормов. Наиболее высокобелковым оказалось зерно сортов Перспективный 1, Старт, Меркурий и Кремовое – 13,13–14,30%. Не менее важен сырой жир (энергетический и строительный резерв семени), который необходим для нормального протекания процессов обмена веществ, роста и развития животных; с ним же поступают в организм жирорастворимые витамины. Оптимальное содержание жира в сорте должно быть не менее 4,0% (Косолапов, Трофимов, 2009). К таким сортам относятся Меркурий, Старт, Огонек, Гранат, Кремовое, Волжское 44, Пищевое 35, Восторг, Факел, Студенец, Перспективный 1 (4,01–5,35%). Уровень минеральных веществ в зерне составил 1,35% (Волжское 4) – 1,82% (Перспективный 1); содержание сырой клетчатки – в пределах 1,85% (Камелик) – 2,83% (Пищевое 614). Выявлены существенные различия по содержанию безазотистых экстрактивных веществ: диапазон различий составил от 77,17% (Перспективный 1) до 82,06% (Камелик). На основании данных биохимического состава зерна рассчитано содержание валовой энергии в 1 кг сухого вещества – 18,73–19,28 МДж. Выход валовой энергии с гектара посевов сорго варьирует в пределах 56,22–99,48 ГДж/га.

У сортов зернового сорго в фазу восковой спелости зерна также определены биохимические компоненты биомассы, урожайность, сбор сухого вещества и выход валовой энергии посевов (табл. 2). Установлены значимые различия по урожайности зеленой (12,25–26,00 т/га) и сухой биомассы (5,31–10,85 т/га), содержанию сухого вещества в биомассе (32,07–52,38%) и концентрации сырого протеина (6,39–10,34%). По содержанию золы (5,45–7,55%), сырой клетчатки (15,75–26,73%) и БЭВ (56,38–66,29%) сорта зернового сорго значительно не различались.

Валовая энергия в 1 кг сухого вещества биомассы сорго различалась незначительно: диапазон изменчивости составил от 17,77 МДж (Камелик) до 18,29 МДж (Сармат). Сбор валовой энергии с 1 га посевов варьировал от 95,63 ГДж/га (Зенит) до 196,93 ГДж/га (Волжское 4).

Урожайность зеленой и сухой биомассы сортов суданской травы 1-го укоса значительно варьировала, т/га: от 7,73 (Лаура) до 35,33 (Амбиция) и от 1,41 (Лаура) до 8,21 (Аллегория) соответственно. Существенные различия биохимических компонентов качества биомассы 1-го укоса выявлены по содержанию сырого протеина (9,78–14,54%), золы (6,49–9,85%) и клетчатки (31,41–39,19%), а в биомассе 2-го укоса отмечено незначительное варьирование питательных веществ (табл. 3). Валовая энергия в 1 кг сухого вещества биомассы суданской травы составила как у сортов, так и по укосам 17,95–18,40 МДж. Между сортами суданской травы выявлены различия по накоплению валовой энергии, обусловленные урожайностью сухой биомассы, ГДж/га: в первом укосе – 25,32–150,49; во втором – 27,78–58,85; в сумме за два укоса – 63,30–148,83 ГДж/га. Наибольшей урожайностью зеленой и сухой биомассы 1-го укоса отличались сорта Аллегория (29,33 и 8,21 т/га) и Амбиция (35,33 и 6,26 т/га), что определило энергосодержание урожая 148,83 и 150,49 ГДж/га. Эти среднеспелые сорта в силу своих биологических особенностей 2-й укос формируют не каждый год.

1. Урожайность и биохимический состав зерна, выход валовой энергии сортов зернового сорго (2014–2016 гг.)

1. Productivity and biochemical composition of grain, gross energy output of grain sorghum varieties (2014–2016)

Сорт	Содержание питательных компонентов в сухом веществе зерна, %					Урожайность зерна, т/га	Валовая энергия, МДж/1 кг сухого зерна	Сбор валовой энергии, ГДж/га
	протеин	жир	зола	клетчатка	БЭВ			
Старт (st)	13,54	4,57	1,77	2,17	78,88	4,05	19,04	69,41
Перспективный 1	13,71	5,35	1,82	1,98	77,17	3,24	19,28	56,22
Меркурий	13,13	4,01	1,79	2,11	78,97	3,71	18,94	63,24
Огонек	12,65	4,05	1,82	2,29	79,20	3,70	18,93	63,04
Камелик	10,98	3,53	1,58	1,85	82,06	4,89	18,73	82,43
Кремовое	14,30	4,20	1,54	1,91	79,23	3,96	19,02	67,80
Волжское 4	11,24	3,64	1,35	1,91	81,87	4,76	18,81	80,58
Волжское 44	12,15	4,89	1,44	2,01	79,51	5,39	19,13	92,80
Волжское 615	12,10	3,95	1,45	2,55	79,95	4,32	18,94	73,64
Пищевое 35	12,00	4,03	1,46	2,52	79,99	3,70	18,94	63,07
Пищевое 614	12,27	3,14	1,64	2,83	79,84	3,64	18,76	61,46
Зенит	12,33	3,80	1,65	1,90	80,32	4,06	18,86	68,91
Топаз	12,14	3,92	1,53	2,57	79,51	3,90	18,86	66,20
Сармат	11,43	3,63	1,70	2,68	80,56	4,56	18,78	77,07
Восторг	12,65	4,75	1,71	2,50	78,39	4,90	19,11	84,27
Азарт	12,16	3,89	1,72	2,72	79,52	4,97	18,88	84,45
Аванс	12,56	3,72	1,40	2,56	79,76	5,84	18,93	99,48
Факел	12,48	4,28	1,39	2,10	79,75	5,27	19,03	90,26
Студенец	11,54	4,53	1,55	1,89	80,49	4,52	18,99	77,25
Гелеофор	11,04	3,77	1,48	2,42	81,30	4,71	18,81	79,73
Гранат	12,10	4,05	1,52	1,89	80,44	5,31	18,93	90,47
F факт.	1,23	2,38*	1,40	1,50	2,24*	2,42*	–	–
НСР ₀₅	ns	0,94	ns	ns	2,13	1,31	–	–

* p ≤ 0,05

2. Урожайность и биохимический состав биомассы, выход валовой энергии посевов сортов зернового сорго в фазу восковой спелости зерна (2014–2015 гг.)

2. Productivity and biochemical composition of biomass, gross energy output of grain sorghum varieties in the phase of wax ripeness (2014–2015)

Сорт	Сухое вещество, %	Содержание питательных компонентов в сухом веществе, %					Урожайность биомассы, т/га		Валовая энергия, МДж/1 кг сухого вещества	Сбор валовой энергии, ГДж/га
		протеин	жир	зола	клетчатка	БЭВ	зеленой	сухой		
Старт (st)	52,38	9,15	2,44	5,45	20,52	62,44	12,25	6,40	18,17	116,29
Перспективный 1	49,51	8,26	3,19	6,20	23,59	58,76	12,80	6,34	18,24	115,64
Меркурий	43,86	8,79	3,14	6,10	19,07	62,89	16,85	7,32	18,15	132,86
Огонек	37,17	9,17	2,37	6,54	22,79	59,12	14,60	5,43	18,03	98,44
Камелик	46,01	6,39	1,52	5,51	20,31	66,29	14,25	6,56	17,77	116,57
Кремовое	37,83	8,02	2,85	6,98	22,48	59,67	19,25	7,28	17,98	148,87
Волжское 4	44,43	9,30	2,80	5,87	18,65	63,38	24,80	10,85	18,15	196,93
Волжское 44	39,75	7,71	2,37	6,15	19,76	64,01	21,20	8,40	17,93	150,58
Волжское 615	32,07	6,83	2,62	7,43	26,73	56,38	19,15	6,18	17,88	110,52
Пищевое 35	38,60	8,99	2,80	6,47	21,97	59,75	22,60	8,78	18,09	158,85
Пищевое 614	40,91	10,08	3,02	5,77	15,75	65,38	16,75	6,80	18,18	123,66
Зенит	35,82	10,34	2,85	7,55	21,53	57,73	14,85	5,31	18,01	95,63
Топаз	42,53	9,70	2,57	6,30	17,49	63,93	21,05	9,00	18,01	162,11
Сармат	37,19	9,47	3,41	5,82	18,28	63,02	26,00	9,59	18,29	175,43
Восторг	50,58	7,61	2,42	6,27	20,03	63,67	14,95	7,50	17,92	134,38
Азарт	50,49	9,33	2,63	5,65	17,24	65,15	14,95	7,53	18,11	136,41
Аванс	37,54	9,14	3,15	6,64	20,95	60,12	20,65	7,74	18,14	140,40
Факел	40,10	8,86	2,56	5,76	19,44	63,38	23,15	9,33	18,20	169,77
Студенец	36,90	7,97	2,64	6,09	23,06	60,24	24,50	8,95	18,10	161,98
Гелеофор	37,23	9,09	2,42	6,45	21,42	60,62	23,90	9,05	18,01	162,99
Гранат	36,43	9,38	2,49	6,34	22,76	59,04	24,35	9,05	18,11	163,88
F факт.	2,49*	2,13*	0,911	0,99	1,26	1,54	5,33*	2,23*		
НСР ₀₅	12,34	2,05	ns	ns	ns	ns	5,66	2,92		

* p ≤ 0,05

3. Биоэнергетическая оценка посевов суданской травы в 1-м и 2-м укосах (2014–2016 гг.)
3. Bioenergy assessment of Sudan grass in the 1st and 2nd cuttings (2014–2016)

Сорт	Содержание питательных компонентов в сухом веществе, %					Урожайность биомассы, т/га		Валовая энергия, МДж/1 кг сухого вещества	Сбор валовой энергии, ГДж/га	Сбор сырого протеина, кг/га
	протеин	жир	зола	клетчатка	БЭВ	зеленой	сухой			
1-й укос										
Зональская 6	12,88	2,30	9,85	33,46	41,51	12,60	2,37	17,95	42,54	305,2
Юбилейная 20	12,16	2,33	8,96	34,89	41,66	8,43	1,66	18,10	30,05	201,9
Аллегория	9,78	1,55	6,49	39,19	42,99	29,33	8,21	18,33	150,49	802,9
Амбиция	10,87	1,98	6,59	36,61	43,95	35,33	6,26	18,40	115,18	680,5
Элегия	13,08	2,17	8,60	31,73	44,42	12,33	2,22	18,11	40,20	290,4
Фаина	9,81	1,89	7,26	34,90	46,14	12,90	2,41	18,15	43,74	236,4
Лаура	10,33	2,58	8,96	31,41	46,72	7,73	1,41	17,96	25,32	145,6
Мечта Поволжья (st)	14,54	2,41	8,68	33,34	41,03	10,57	2,13	18,28	38,94	309,7
F факт.	7,09*	0,61	3,23*	3,58*	1,66	18,34*	17,73*	–	–	–
НСР ₀₅	1,99	ns	2,08	4,12	ns	7,29	1,79	–	–	–
2-й укос										
Зональская 6	8,95	2,73	8,11	31,40	48,81	7,83	1,54	18,04	27,78	137,8
Юбилейная 20	7,85	2,06	6,69	37,16	46,24	12,67	3,23	18,22	58,85	253,6
Амбиция	9,14	2,06	6,33	33,81	48,66	12,83	1,84	18,29	33,65	168,2
Элегия	9,26	2,14	7,57	37,79	43,24	10,00	2,24	18,20	40,77	207,4
Фаина	7,41	1,59	6,26	33,09	51,65	6,60	1,57	18,05	28,34	116,3
Лаура	8,57	2,57	8,26	33,44	47,16	9,60	2,11	18,00	37,98	180,8
Мечта Поволжья (st)	8,17	2,27	7,57	34,15	47,84	9,83	1,89	18,06	34,13	154,4
F факт.	0,39	1,49	1,36	0,93	1,22	0,84	0,98	–	–	
НСР ₀₅	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–	–	

* p ≤ 0,05

Выводы. Новые сорта сорговых культур селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», характеризующиеся достаточно высокими показателями урожайности, качества продукции и накопления валовой энергии посевов, целесообразно использовать в кормопроизводстве в качестве зернофуража, моноорма и сенажа, а также в зеленом конвейере.

Для производства зернофуража выделены сорта Факел, Гранат, Волжское 44 и Аванс, отличающиеся урожайностью зерна 5,27–5,84 т/га, содержанием протеина 12,10–12,56%, жира 3,72–4,89% и выходом валовой энергии 90,26–99,48 ГДж/га. В целях исполь-

зования сорго в качестве моноорма или сенажа лучшими являются сорта с энергосодержанием урожая биомассы 150,58–196,63 ГДж/га: Волжское 4, Волжское 44, Пищевое 35, Топаз, Сармат, Факел, Гелеофор, Гранат.

Сорта суданской травы сформировали 17,33–48,16 т/га зеленой и 3,52–8,10 т/га сухой массы в сумме за два укоса; сбор валовой энергии составил 63,30–148,83 ГДж/га. Они рекомендованы для включения в зеленый конвейер. Наибольший выход валовой энергии (148,83–150,49 ГДж/га) и сырого протеина (802,9–848,7 кг/га) у сортов Амбиция и Аллегория.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А. В., Алабушева О. И., Анипенко Л. Н. Рекомендации по приготовлению кормов из сорго и использование в рационах сельскохозяйственных животных и птицы. Зерноград, 2004. 32 с.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 2011. 352 с.
3. Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н.П. и др. Методы биохимических исследований растений. Л., 1987. 430 с.
4. Косолапов В. М., Трофимов И. А. Проблемы и перспективы производства и использования зернофуража в России // Аграрный вестник Юго-Востока. 2009. № 3. С. 50–54.
5. Лукашин Н. А., Тащилин В. А. Зоотехнический анализ кормов. М., 1965. 224 с.
6. Метлина Г. В., Ковтунов В. В., Лушпина О. А., Васильченко С. А. Продуктивность и энергетическая эффективность возделывания сортов сорго зернового // Зерновое хозяйство России. 2016. № 3. С. 54–57.
7. Сизова Ю.В., Борисова Е.Е. Использование суданской травы в кормлении молочных коров // Новая наука: современное состояние и пути развития. 2016. № 5. С. 19–22.

References

1. Alabushev A. V., Alabusheva O. I., Anipenko L. N. Rekomendacii po prigotovleniyu kormov iz sorgo i ispol'zovanie v racionah sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh i pticy [Recommendations for the preparation of feed from sorghum and its application in nutritions of farm animals and poultry]. Zernograd, 2004. 32 s.
2. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of research results)]. M., 2011. 352 s.
3. Ermakov A. I., Arasimovich V. V., Yarosh N. P. i dr. Metody biohimicheskikh issledovaniy rastenij [Methods of biochemical study of plants]. L., 1987. 430 s.
4. Kosolapov V. M., Trofimov I. A. Problemy i perspektivy proizvodstva i ispol'zovaniya zernofurazha v Rossii [Problems and prospects of production and use of grain forage in Russia] // Agrarnyj vestnik Yugo-Vostoka. 2009. № 3. S. 50–54.
5. Lukashin N. A., Tashchilin V. A. Zootekhnicheskij analiz kormov [Zootechnical analysis of feed]. M., 1965. 224 s.
6. Metlina G. V., Kovtunov V. V., Lushpina O. A., Vasil'chenko S. A. Produktivnost' i energeticheskaya effektivnost' vozdel'yvaniya sortov sorgo zernovogo [Productivity and energy efficiency of grain sorghum varieties cultivation] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2016. № 3. S. 54–57.
7. Sizova Yu. V., Borisova E. E. Ispol'zovanie sudanskoj travy v kormlenii molochnyh korov [Use of Sudan grass in feeding dairy cows] // Novaya nauka: sovremennoe sostoyanie i puti razvitiya. 2016. № 5. S. 19–22.

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.

ПИЩЕВЫЕ ДОСТОИНСТВА СЕМЯН ФАСОЛИ, СОИ И ГОРОХА СОРТОВ СЕЛЕКЦИИ САМАРСКОГО НИИСХ

А. И. Катюк, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник зернобобовых культур, kai.bez@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2630-8981;

Е. Н. Шаболкина, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник технологического аналитического сервиса, elenashabolkina@yandex.ru, ORCID ID 0000-0003-1090-4399;

А. В. Васин, доктор сельскохозяйственных наук, проректор по научной работе, Vasin_av@ssaa.ru, ORCID ID: 0000-0002-4633-8029;

К. А. Булатова, младший научный сотрудник лаборатории зернобобовых культур, ksenja.bulat@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-3006-6310;

Н. В. Анисимкина, старший научный сотрудник лаборатории технологического аналитического сервиса, anisimkina.natalya@yandex.ru; ORCID ID: 0000-0001-5129-7797

ФГБНУ «Самарский НИИСХ»,

446254, Самарская обл., Безенчукский р-н, п. г. т. Безенчук, ул. К. Маркса, 41

Цель исследования – оценка пищевых, химических и технологических качеств семян современных сортов гороха, сои и фасоли селекции Самарского НИИСХ. Исследования проводили в лаборатории технологического аналитического сервиса ФГБНУ Самарский НИИСХ в 2014–2018 гг. Проанализированы вкусовые, химические, органолептические, технологические качества семян сортов зернобобовых культур. Установлена высокая пищевая ценность сортов фасоли Самарянка, БФ 12, гороха Флагман 9, 10, 12, Самариус, Степняк и Волжанин. Семена данных сортов имеют отличный вкус (4–5 баллов), семена равномерно (коэффициент разваримости – 2,5) и быстро развариваются (не более 160 мин) и отличаются привлекательным товарным видом. Анализ качества семян сои показал пригодность сортов Самер 1 и Самер 4 для производства молока и сыра, а Самер 1 и Самер 2 – масла. Установлено, что все исследуемые сорта сои накопили высокое количество белка в семенах – до 40–42%. Добавка соевого текстурата данных сортов в пищевые продукты обеспечит баланс белка. По содержанию незаменимых аминокислот в белке семян зернобобовых культур преимущество было за соей. Однако доля незаменимых аминокислот в общем аминокислотном составе (незаменимых и заменимых) оказалась выше у фасоли (38%) и гороха (37%). У сои доля составила 34%. Среди сортов гороха наибольшим количеством незаменимых аминокислот отличились сорта Флагман 9 и Флагман 10, у фасоли – линия БФ 12 и сорт Безенчукская белая, у сои – Самер 2.

Изученные сорта зернобобовых культур могут быть использованы как источники в селекции на качество семян.

Ключевые слова: фасоль, соя, горох, качество, белок, жир, разваримость, аминокислотный состав.



FOOD ADVANTAGES OF BEANS, SOYBEANS AND PEAS VARIETIES DEVELOPED BY THE SAMARA RIA

A. I. Katyuk, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of grain legume crops, e-mail: kai.bez@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2630-8981;

E. N. Shabolkina, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the technological and analytical service, e-mail: elenashabolkina@yandex.ru, ORCID ID 0000-0003-1090-4399;

A. V. Vasin, Doctor of Agricultural Sciences, pro-rector on Science проректор по научной работе, e-mail: Vasin_av@ssaa.ru, ORCID ID: 0000-0002-4633-8029;

K. A. Bulatova, junior researcher of the laboratory of grain legume crops, e-mail: ksenja.bulat@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-3006-6310;

N. V. Anisimkina, senior researcher of the technological and analytical service, e-mail: anisimkina.natalya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5129-7797

FSBSI "Samarsky Research Institute of Agriculture named after N. M. Tulaykov",

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

The purpose of the study is to assess the food, chemical and technological qualities of modern beans, soybeans and peas varieties developed by the Samara RIA. The study was carried out in the laboratory of the technological and analytical service of the Federal State Budgetary Scientific Institution 'Samara Research Institute of Agriculture' in 2014–2018. There were analyzed taste, chemical, organoleptic, technological qualities of legumes varieties. There was established high nutritional value of the beans varieties 'Samaryanka', 'BF 12', the peas varieties 'Flagman 9', 'Flagman 10', 'Flagman 12', 'Samarius', 'Stepnyak' and 'Volzhanin'. These beans and peas varieties had excellent taste (4–5 points), the seeds were evenly (coefficient of cooking property is 2.5) and quickly cooked (no more than 160 minutes) and had an attractive marketable state. An analysis of soybean quality showed the suitability of the varieties 'Samer 1' and 'Samer 4' for milk and cheese production, and 'Samer 1' and 'Samer 2' for butter production. It was established that all studied soybean varieties accumulated a high percentage of protein in seeds (up to 40–42%). Soya texture of these varieties added to food products will ensure protein balance. According to the content of essential amino acids in protein of legume seeds, soybean was the best. However, the proportion of essential amino acids in the total amino acid composition (essential and non-replaceable) was high in beans and peas (38 and 37%). The proportion in soybeans was 34%. The peas varieties 'Flagman 9' and 'Flagman 10', the beans line 'BF 12' and the variety 'Bezenchukskaya belaya', the soybean variety 'Samer 2' had the largest amount of essential amino acids among other beans, peas and soybean varieties. The studied legume varieties can be used as the breeding sources for seed quality.

Keywords: beans, soybeans, peas, quality, protein, oil, cooking property, amino acid composition.

Введение. Главное достоинство зернобобовых культур – наличие в семенах высококачественного и быстроусвояемого белка (69–94%). По аминокислотному составу белок зернобобовых сбалансирован и полноценен, так как содержит практически все незаменимые аминокислоты, необходимые для жизнедеятельности человека и животных (Молчанова, 2018).

Зернобобовые культуры – это источник полезных веществ, минералов и витаминов. Благодаря клетчатке и растительным волокнам их семена позволяют нормализовать работу органов пищеварения, активизировать обменные процессы и улучшить общее состояние организма. Регулярное употребление фасоли, сои и гороха повышает работоспособность, укрепляет память и оказывает профилактическое воздействие. Высокое содержание белка в семенах бобовых, по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами, и простота кулинарной обработки делают данный продукт одним из самых популярных у населения.

В настоящее время селекционные программы по созданию новых сортов фасоли, сои и гороха чаще всего направлены на повышение содержания белка в зерне, на устойчивость к механическому воздействию, на адаптивность к неблагоприятным условиям возделывания и в меньшей степени – на качество и пищевые достоинства данных культур (Зотиков и др., 2010; Панкина и др., 2015).

Из сортов зернового гороха, включенных в реестр селекционных достижений РФ, менее половины являются ценными по пищевым качествам семян, а среди 28 сортов, допущенных к использованию по Средневолжскому региону, ценные по качеству – лишь четверть. По биохимическим показателям и физическим свойствам семян из сортов сои, включенных в реестр селекционных достижений РФ, лишь 25% имеют отличные пищевые достоинства и соответствуют требованиям по качеству для использования в пищевой и перерабатывающей промышленности (Ермолина и Антонов, 2010). По фасоли ситуация положительная, практически все сорта являются ценными по качеству.

Селекционное улучшение качества современных сортов зернобобовых культур для обеспечения населения высококачественным растительным белком и для повышения биобезопасности продуктов является актуальной проблемой настоящего времени.

Цель исследования – оценка пищевых, химических и технологических качеств семян современных сортов гороха, сои и фасоли селекции Самарского НИИСХ.

Материалы и методы исследований. Объекты исследования – семена сортов фасоли, гороха и сои селекции Самарского НИИСХ. Фасоль представле-

на сортами Безенчукская белая, Самарянка, а также перспективной линией БФ 12.

Зерновой горох представлен сортами Флагман 9, Флагман 10, Флагман 12, Самариус, Степняк и Волжанин.

Соя представлена сортами Самер 1, Самер 2, Самер 3, Самер 4 совместной селекции Самарского НИИСХ и Ершовской ОСОЗ.

Исследования проводили в соответствии с методиками национальных стандартов Российской Федерации и государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1988): масса 1000 семян оценивалась по ГОСТ 10842-89; содержание белка в зерне – по ГОСТ 10846-91; масличность – по ГОСТ 10857-64; выравненность семян – по ГОСТ 10246-86; кулинарная оценка семян зернобобовых культур проводилась с определением коэффициента разваримости, времени варки и вкуса каши; определение аминокислотного состава семян – на аминокислотном анализаторе NIR4250. Для определения набухаемости семена сои предварительно замачивали в воде в течение 8 часов. Оценивали данный показатель как отношение веса набухших семян к весу сухих, выраженное в процентах. Для определения выхода крупы гороха семена сортов обрабатывали на рушилке АШ 200. Выход крупы рассчитывали как отношение веса крупы к весу семян, выраженное в процентах.

Исследование биохимических показателей и пищевых достоинств проводили в лаборатории технологического-аналитического сервиса ФГБНУ Самарский НИИСХ в 2015–2018 гг. Аминокислотный состав семян определяли в лаборатории Самарского ГАУ.

Результаты и их обсуждение. Одна из главных задач в селекции гороха, сои и фасоли — повышение пищевых качеств семян у создаваемых сортов. За последние 10 лет лабораторией зернобобовых культур Самарского НИИСХ созданы сорта, характеризующиеся не только высокой урожайностью зерна и технологичностью к механизированному возделыванию, но и высокими пищевыми качествами семян.

Для характеристики пищевых достоинств сортов фасоли определяли содержание белка, коэффициент разваримости, время варки семян, их вкус после приготовления (табл. 1).

Высокое содержание белка в семенах отмечено у сорта фасоли ранней селекции Безенчукская белая (28,4%) и перспективной линии БФ 12 (30,0%). Этот признак у сорта Безенчукская белая варьировал по годам от 27,3 до 29,1%, у линии БФ12 – от 28,9 до 31,3%. У нового сорта Самарянка содержание белка в семенах было средним – 24,2% с вариацией по годам от 23,4 до 24,8%.

1. Показатели качества семян фасоли (2015–2018 гг.)
1. Indicators of quality of beans (2015–2018)

Сорт	Содержание белка, %		Коэффициент разваримости		Время варки, мин		Вкус, балл		Масса 1000 семян, г	
	сред.	мин./ макс.	сред.	мин./ макс.	сред.	мин./ макс.	сред.	мин./ макс.	сред.	мин./ макс.
Безенчукская белая	28,4	27,3 29,1	2,5	2,4 2,6	101	90 110	4,5	4 5	225	204 256
Самарянка	24,2	23,4 24,8	2,5	2,4 2,5	97	70 114	4,5	4 5	483	342 562
Линия БФ 12	30,0	28,9 31,3	2,5	2,4 2,6	102	90 115	4,5	4 5	235	211 280

По разваримости семян все сорта имели коэффициент 2,5. За годы испытаний он не снижался менее 2,4 – это очень хороший показатель. Время варки семян сортов фасоли было недлительным – 97–102 мин. Меньше времени до полного разваривания семян требовалось сорту Самарянка (97 мин), несколько больше – сорту Безенчукская белая (101 мин) и линии БФ 12 (102 мин). Вкус вареных семян у сортов за годы исследований не опускался ниже 4 баллов и в среднем за 2015–2018 гг. у всех сортов составил 4,5 балла.

Большим покупательским спросом в торговой сети пользуются сорта фасоли крупносемянные, с красной или белой оболочкой. Окраска семян фасоли сорта Безенчукская белая и линии БФ 12 – белая с отблеском, у сорта Самарянка – светло-розовая с фиолетовым рисунком и отблеском. При длительном хранении семена сорта Самарянка приобретают красный цвет.

Самые крупные семена были у сорта Самарянка – 483 г/1000 шт. У сорта Безенчукская белая и линии БФ12 масса 1000 семян составила 225 и 235 г соответственно.

Таким образом, новый сорт Самарянка и перспективная линия БФ 12 характеризуются отличными пищевыми достоинствами. Семена данных сортов характеризуются прекрасным вкусом после приготовления (4–5 баллов), высоким коэффициентом разваримости (2,5), непродолжительным временем варки (97–102 мин), а также привлекательным товарным видом (окраска, форма, размер).

Обязательным условием в Самарском НИИСХ при передаче сортов гороха на государственное сортоиспытание должны быть высокие показатели пищевых достоинств семян. Всероссийский центр по оценке качества сортов (ВЦОКС) – филиал ФГБУ «Госсорткомиссия» отметил параметры признаков, определяющих высокие пищевые и технологические качества семян сортов гороха: содержание белка – не ниже 24%; время варки – не дольше 160 мин; коэффициент разваримости – не ниже 2,3; вкус гороховой каши на уровне – 4–5 баллов; выход крупы при обрушивании – не ниже 80%.

По перечисленным параметрам признаков сорта гороха селекции Самарского НИИСХ соответствуют категории ценных (табл. 2).

2. Показатели пищевых и технологических качеств семян гороха (2015–2018 гг.) 2. Indicators of food and technological qualities of pea seeds (2015–2018)

Сорт	Содержание белка, %	Коэффициент разваримости	Время варки, мин	Вкус каши, балл	Масса 1000 семян, г	Выход крупы при обрушивании, %	Цвет крупы
Флагман 9	<u>27.2</u> 24,6–30,2	<u>2.6</u> 2,5–2,7	<u>141</u> 133–150	<u>5.0</u> 5	<u>285</u> 224–353	84	желто-розовый
Флагман 10	<u>26.3</u> 24,5–28,9	<u>2.7</u> 2,6–2,7	<u>121</u> 100–145	<u>4.5</u> 4–5	<u>263</u> 226–292	82	желтый
Флагман 12	<u>24.9</u> 22,9–28,4	<u>2.5</u> 2,4–2,6	<u>124</u> 120–137	<u>5.0</u> 5	<u>254</u> 204–272	82	светло-желтый
Самариус	<u>26.1</u> 25,1–29,3	<u>2.5</u> 2,2–2,6	<u>144</u> 127–183	<u>5.0</u> 5	<u>237</u> 216–253	82	желто-розовый
Степняк	<u>26.0</u> 24,5–29,2	<u>2.4</u> 2,2–2,6	<u>134</u> 130–135	<u>4.0</u> 4	<u>234</u> 215–275	87*	желто-розовый
Волжанин	<u>24.2</u> 21,4–28,1	<u>2.6</u> 2,4–2,6	<u>131</u> 117–145	<u>4.0</u> 4	<u>246</u> 231–256	83	темно-желтый

Примечание: в числителе – среднее за годы; в знаменателе – колебания по годам.

* среднее за два года

В среднем за годы наблюдений содержание белка в семенах гороха было на уровне 24,2–27,2%. Максимальное накопление белка у всех сортов было отмечено в 2015 г. и достигало уровня 28–30%. Ниже 23% содержание белка наблюдалось у сортов Флагман 12 (в 2018 г.) и Волжанин (в 2016 г.).

Кулинарные достоинства сортов были высокими. Семена разваривались равномерно (коэффициент разваримости у большинства сортов не ниже 2,5) за короткое время (121–144 мин), а вкус гороховой каши был на уровне 4–5 баллов.

Большое внимание в селекции на качество уделяется органолептическим признакам зернового гороха (форма, размер, выравненность, цвет).

По размеру сорта характеризовались средними и крупными семенами. Масса 1000 шт. изменялась по сортам от 234 г (Степняк) до 285 г (Флагман 9), форма семян – от шаровидной (Флагман 9, Самариус) до округлой (Флагман 12, Флагман 10, Волжанин и Степняк), с гладкой поверхностью. Сорта с такой формой

семян хорошо обрушиваются при изготовлении крупы (Катюк и др., 2015). Поэтому ее выход высокий – 82–87%. Цвет крупы желтый с разными оттенками (от светлого до темного).

Таким образом, целенаправленная селекция гороха пищевого назначения в Самарском НИИСХ позволила создать сорта, отвечающие данному назначению. Новые сорта Степняк и Волжанин и хорошо известные в сельхозпроизводстве Флагман 9, 10, 12, Самариус по пищевым качествам семян соответствовали стандарту «ценный».

Соя по содержанию белка и жира в семенах значительно превосходит горох и фасоль. В среднем за годы наблюдений данный показатель составил 37,3–38,9%. Сорта Самер 4, 3 и 2 накапливали в семенах 38,0–38,9% белка, а Самер 1 – 37,3% (табл. 3). Максимальное накопление белка (40,1–42,9%) у всех сортов было отмечено в 2015 г.

Высокое содержание жира в семенах в среднем за годы исследований зафиксировано у сортов Самер 1

и Самер 2 – 19,9 и 19,4% соответственно. У Самер 4 и Самер 3 этот показатель составил 18,8 и 18,2% соответственно. Максимальным накоплением жира в семенах (22,0%) отличился сорт Самер 1 в 2016 г.

Большое значение для переработки сои играют органолептические признаки семян: крупность, окраска оболочки и рубчика, форма, а также набухаемость семян.

3. Показатели качества семян сои (2015–2018 гг.) 3. Indicators of quality of soybean seeds (2015–2018)

Сорт	Содержание белка, %	Содержание жира, %	Масса 1000 семян, г	Набухаемость, %	Натурная масса, г/л	Склонность к пигментации
Самер 1	<u>37,3</u> 33,9–40,1	<u>19,9</u> 17,2–22,0	<u>134</u> 124–142	<u>72</u> 68–75	<u>735</u> 714–747	не склонен
Самер 2	<u>38,9</u> 35,3–42,9	<u>19,4</u> 17,6–20,6	<u>135</u> 126–151	<u>68</u> 68	<u>725</u> 676–745	склонен
Самер 3	<u>38,6</u> 36,5–41,4	<u>18,2</u> 16,3–19,5	<u>119</u> 115–124	<u>50</u> 46–53	<u>742</u> 724–748	склонен
Самер 4	<u>38,0</u> 35,2–40,7	<u>18,8</u> 17,0–20,8	<u>136</u> 124–144	<u>75</u> 66–83	<u>726</u> 710–741	склонен

Примечание: в числителе – среднее за годы; в знаменателе – колебания по годам.

Крупная масса 1000 семян (134–136 г) – у сортов Самер 1, Самер 2 и Самер 4. У Самер 3 масса 1000 шт. средняя – 119 г.

Натурная масса зерна сортов Самер высокая – 725–742 г/л. Данный признак не только характеризует выполненность семян, но и необходим в случае перевозки зерна насыпью транспортом.

Набухаемость семян важна для производства соевого молока и сыра. Лучшие значения этого признака были у сортов Самер 4 (75%) и Самер 1 (72%). У Самер 3 и Самер 2 рассматриваемый признак оказался ниже (50–68% соответственно).

Для переработки сои на пищевые цели большим спросом пользуются сорта, у которых отсутствует пигментация семян, их оболочка имеет светло-желтую окраску, а рубчик бесцветный или слабо окрашенный. За годы наблюдений пигментация семян отсутствовала только у сорта Самер 1. Светло-желтая окраска оболочки семени, бесцветный или слабоокрашенный рубчик были у сортов Самер 1 и Самер 4. У Самер 2 и Самер 3 окраска оболочки желтая и темно-желтая, а рубчик семени окрашен в черный и коричневый цвета соответственно.

Исследования сои на пригодность к использованию на пищевые цели показали, что сорта Самер 1 и Самер 4 могут быть пригодны для производства соевого молока и сыра. Семена этих сортов имеют привлекательный внешний вид и хорошо впитывают влагу, что обеспечивает их быструю набухаемость.

Для масложирового производства рекомендованы сорта Самер 1 и Самер 2 как источники высокого содержания жира в семенах – 19% и выше. Для пополнения белка в пищевых продуктах с его дефицитом могут быть использованы все разновидности сорта Самер.

При характеристике пищевых достоинств зернобобовых главная роль принадлежит аминокислотному составу белка семян (Золотарев и др., 2012).

Анализ аминокислотного состава белка семян сортов гороха, сои и фасоли показал преимущество сои по содержанию практически всех незаменимых аминокислот. По сравнению с горохом и фасолью в семенах сои больше лизина (2,10%), лейцина + изолейцина (4,04%), валина (1,47%), треонина (1,25%) и триптофана (0,343%). В фасоли по сравнению с горохом и соей больше метионина (0,58%). Горох по содержанию незаменимых аминокислот занимал либо второе, либо третье место. Однако доля незаменимых аминокислот в общем составе (заменимых и незаменимых) больше у фасоли (38%), затем у гороха (37%) и сои (34%) (табл. 4).

У гороха по незаменимым аминокислотам выделяется сорт Флагман 9. В его семенах больше лизина (2,8%), лейцина + изолейцина (5,1%), валина (2,5%), треонина (1,8%) и триптофана (0,198%). По фенилаланину (1,92%) и метионину (0,55%) первое место занял сорт Флагман 10.

Среди сортов сои наибольшим содержанием аминокислот характеризуется Самер 2: лизин – 2,4%, фенилаланин – 1,6%, лейцин + изолейцин – 4,6%, метионин – 0,44%, валин – 1,69%, треонин – 1,43%, триптофан – 0,443%.

У фасоли лучше по лизину (2,02%), фенилаланину (1,48 %), лейцину + изолейцину (3,88%), метионину (0,64%), валину (1,42%) и триптофану (0,333%) линия БФ 12, а по содержанию триптофана (0,92%) – сорт Безенчукская белая.

Выводы. Установлена высокая пищевая ценность сортов фасоли Самарянка, БФ 12, сортов гороха Флагман 9, 10, 12, Самариус, Степняк и Волжанин. Данные сорта фасоли и гороха имели отличный вкус (4–5 баллов), семена равномерно (коэффициент разваримости – 2,5) и быстро разваривались (не более 160 мин) и отличались привлекательным товарным видом. Анализ качества семян сои показал пригодность сортов Самер 1 и Самер 4 для производства молока и сыра, а для производства масла – Самер 1 и Самер 2. Установлено, что все исследуемые сорта сои накопили высокое содержание белка в семенах – до 40–42%. Добавка соевого текстурата данных сортов в пищевые продукты обеспечит баланс белка. По концентрации незаменимых аминокислот в белке семян зернобобовых культур преимущество было за соей.

Однако доля незаменимых аминокислот в общем аминокислотном составе (незаменимых и заменимых) выше у фасоли (38%) и гороха (37%). У сои она составила 34%. Среди сортов гороха наибольшим количеством незаменимых аминокислот отличились сорта Флагман 9 и Флагман 10, у фасоли – линия БФ 12 и сорт Безенчукская белая, у сои – Самер 2.

Анализ пищевых и технологических достоинств семян современных сортов зернобобовых культур (фасоль, горох, соя) селекции Самарского НИИСХ показал их высокую пищевую ценность и пригодность по вкусовым, химическим и органолептическим показателям в пищевой промышленности.

Изученные сорта зернобобовых культур могут быть использованы как источники в селекции на качество семян.

4. Состав незаменимых аминокислот белка сортов гороха, сои и фасоли, %
 4. Composition of essential amino acids of protein in the varieties of peas, soybeans and beans, %

Сорт	Лизин	Фенилаланин	Лейцин + изолейцин	Метионин	Валин	Треонин	Триптофан	Общее содержание аминокислот (заменимых, незаменимых), сумма	Доля незаменимых аминокислот в общем содержании, %
Волжанин	1,95	1,19	3,29	0,24	1,37	1,22	0,165	25,4	37
Флагман 9	2,86	1,62	5,14	0,32	2,52	1,83	0,198	34,8	42
Флагман 10	0,32	1,92	2,95	0,55	1,12	1,01	0,163	26,3	30
Флагман 12	1,60	1,02	3,09	0,14	0,84	0,68	0,106	20,5	36
Самариус	1,95	1,23	3,68	0,15	1,21	1,12	0,175	25,9	37
Степняк	1,90	1,19	3,03	0,24	1,26	1,10	0,141	24,1	37
Среднее	1,80	1,40	3,50	0,30	1,40	1,20	0,158	26,2	37
Самер 1	2,04	1,36	3,87	0,40	1,44	1,21	0,116	29,7	35
Самер 2	2,41	1,63	4,63	0,44	1,69	1,43	0,443	40,0	32
Самер 3	2,23	1,47	4,40	0,40	1,58	1,35	0,434	33,8	35
Самер 4	1,73	1,12	3,26	0,34	1,15	1,02	0,380	27,8	32
Среднее	2,10	1,40	4,04	0,40	1,47	1,25	0,343	32,8	34
Безенчукская белая	1,53	1,12	3,10	0,53	1,11	0,92	0,230	21,3	40
Самарянка	1,37	0,98	2,77	0,58	0,98	0,78	0,209	20,4	38
БФ12	2,02	1,48	3,88	0,64	1,42	0,79	0,333	30,0	35
Среднее	1,64	1,19	3,25	0,58	1,17	0,83	0,257	23,9	38

Библиографические ссылки

1. Ермолина О. В., Антонов С. И. Перспективы промышленного использования сортов сои донской селекции // Научный журнал КубГАУ. 2010. № 62(08). С. 1–2.
2. Ермаков А.И. Методы биохимических исследований растений. Л., 1987. 553 с.
3. Зотиков В. И., Бобков С. В., Варлахова Л. Н. Характеристика сортов зернобобовых и крупяных культур селекции ВНИИЗБК по качеству зерна // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 11. С. 17.
4. Катюк А. И., Зубов А. Е., Майстренко О. А. Сорта гороха селекции Самарского НИИСХ для пищевых и кормовых целей // Известия Самарского научного центра РАН. 2015. Т. 17, № 4-3. С. 505–509.
5. Молчанова Е. Н. Актуальные проблемы развития общественного питания и пищевой промышленности // Материалы международной н.-п. и н.-м. конференций. Белгород: БУКЭП, 2018. С. 45–49.
6. Панкина И. А., Борисова Л. М., Белокурова Е. С. Исследование физических и технологических свойств семян зернобобовых культур // Зерновое хозяйство России. 2015. № 2. С. 34–37.
7. Золотарев С. В., Кобозев И. В., Кобозева Т. П. и др. Оценка качества семян разных сортов сои северного экотипа с целью их рационального использования // Вестник Алтайского ГАУ. 2012. № 1(87). С. 4.

References

1. Ermolina O. V., Antonov S. I. Perspektivy promyshlennogo ispol'zovaniya sortov soi donscoj selekcii [Prospects for the industrial use of soybean varieties developed in the Donskoy territory] // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2010. № 62(08). S. 1–2.
2. Ermakov A. I. Metody biohimicheskikh issledovanij rastenij [Methods of biochemical study of plants]. L., 1987. 553 s.

3. Zotikov V. I., Bobkov S. V., Varlahova L. N. Harakteristika sortov zernobobovyh i krupyanyh kul'tur selekcii VNIIZBK po kachestvu zerna [Characteristics of legume and groats varieties developed by the VNIIZBK according to grain quality] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2010. № 11. S. 17.
4. Katyuk A. I., Zubov A. E., Majstrenko O. A. Sorta goroha selekcii Samarskogo NIISKH dlya pishchevyh i kormovyh celej [Pea varieties developed by the Samara RIA for food and feed purposes] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. 2015. T. 17, № 4-3. S. 505–509.
5. Molchanova E. N. Aktual'nye problemy razvitiya obshchestvennogo pitaniya i pishche-voj promyshlennosti [Actual problems of development of public catering system and food industry] // Materialy mezhdunarodnoj n.-p. i n.-m. konferencij. Belgorod: BUKEP, 2018. S. 45–49.
6. Pankina I. A., Borisova L. M., Belokurova E. S. Issledovanie fizicheskikh i tekhnologicheskikh svojstv semyan zernobobovyh kul'tur [The study of physical and technological properties of legume seeds] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2015. № 2. S. 34–37.
7. Zolotarev S. V., Kobozev I. V., Kobozeva T. P. i dr. Ocenka kachestva semyan raznyh sortov soi severnogo ekotipa s cel'yu ih racional'nogo ispol'zovaniya [Assessment of quality of different soybean varieties of the northern ecotype to use them more rationally] // Vestnik Altajskogo GAU. 2012. № 1(87). S. 4.

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 ПОКАЗАТЕЛЕЙ АДАПТИВНОСТИ СОРТОВ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯ ЮГА РОССИИ

Е. Г. Филиппов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926;

А. А. Донцова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;

Р. Н. Брагин, агроном, ORCID ID: 0000-0002-4617-751X

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Повышение показателей стабильности урожайности во многом зависит от отзывчивости на благоприятные условия выращивания и устойчивости к стрессовым факторам. Перспективные сорта в процессе селекции должны обладать стабильной урожайностью, устойчивостью к неблагоприятным условиям среды, таким как зимостойкость и засухоустойчивость. В связи с этим важна целенаправленная селекция на адаптивность, т. е. устойчивость к стрессовым факторам. Целью данных исследований являлось изучение показателей адаптивности и стабильности сортов озимого ячменя. Оценку проводили на опытном поле ФГБНУ АНЦ «Донской», которое расположено в южной зоне Ростовской области. В течение трех лет изучали 28 сортов озимого ячменя отечественной и зарубежной селекции. Расположение делянок систематическое в двукратной повторности, учетная площадь – 10 м². Расчет экологической пластичности проводили по методике S. A. Eberchart, W. A. Rassel (1966) в редакции В. А. Зыкина и др. (2005) с использованием программы статистической обработки данных Statistica 10. Установлено, что наибольшей отзывчивостью ($bi > 1$) на улучшение условий выращивания обладали сорта Ерема ($bi = 1,60$), Фокс 1 ($bi = 1,64$), Скала ($bi = 1,61$), Explorer 8 ($bi = 1,81$) и Capten ($bi = 2,02$). Данные сорта обеспечивают максимальную отдачу при высоком уровне агротехники. На экстенсивном фоне лучше использовать сорта KWS-2-117 ($bi = 0,28$), KWS-2-234 ($bi = 0,48$). Наиболее стабильными из группы изучаемых зарубежных сортов были Wintwalt и Explorer 4 ($\sigma^2d = 0,04$). За годы исследований показал себя сорт Маруся (РФ), который при коэффициенте линейной регрессии $bi = 0,54$ имел наибольшую урожайность, что говорит о большой стабильности данного сорта.

Ключевые слова: *Hordeum vulgare* L., озимый ячмень, сорт, урожайность, адаптивность, пластичность, стабильность.



THE ESTIMATION OF ADAPTABILITY OF WINTER BARLEY VARIETIES IN THE SOUTH OF RUSSIA

E. G. Filippov, Candidate of Agricultural Sciences, docent, leading researcher, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926;

A. A. Dontsova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;

R. N. Bragin, agronomist, ORCID ID: 0000-0002-4617-751X

FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",

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

The improvement of yield stability largely depends on responsiveness to favorable growing conditions and resistance to stress factors. The promising varieties should have stable yields, resistance to unfavorable environmental conditions, such as winter resistance and drought tolerance. In this regard, a purposeful breeding for adaptability, i.e. resistance to stress factors is of great importance. The purpose of the research was to study the adaptability and stability of winter barley varieties. The estimation was carried out on the experimental field of the FSBSI ARC "Donskoy", which is located in the southern zone of the Rostov region. Through three years, 28 winter barley varieties of domestic and foreign breeding were studied. The location of the plots is systematic in double sequence; the area is 10 m². The calculation of ecological plasticity was carried out according to the method of S. A. Eberchart, W. A. Rassel (1966) (ed. by V. A. Zykina (2005)) using the statistical data processing program Statistica 10. It has been established that the most responsive varieties ($bi > 1$) to the improvement of growing conditions were 'Erema' ($bi = 1.60$), 'Foks 1' ($bi = 1.64$), 'Skala' ($bi = 1.61$), 'Explorer 8' ($bi = 1.81$) and 'Capten' ($bi = 2.02$). These varieties due to a high level of agricultural technology provide maximum yields. At an extensive background it is better to use the varieties 'KWS-2-117' ($bi = 0.28$), 'KWS – 2-234' ($bi = 0.48$). The most stable varieties of the studied foreign ones were the varieties 'Wintwalt' and 'Explorer 4' ($\sigma^2d = 0.04$). Through the years of study, the variety 'Marusya' (RF) had the highest yield with a linear regression coefficient $bi = 0.54$, which indicates great stability of this variety.

Keywords: *Hordeum vulgare* L., winter barley, variety, productivity, adaptability, plasticity, stability.

Введение. Ячмень – один из самых распространенных и полезных злаков, известных человечеству, на долю которого приходится более 12% мирового производства. Основное внимание уделяется озимым сортам, поскольку они обладают большим потенциалом продуктивности в сравнении с яровыми. Их преимущество заключается в максимальном использовании почвенной влаги зимнего и весеннего периода (Филиппов и Донцова, 2014).

В современных условиях селекция ячменя, как и других злаковых культур, в первую очередь направлена на повышение урожайности. Однако односторонняя селекция на получение сортов с высо-

кой продуктивностью, обуславливает снижение их адаптивных свойств, что в свою очередь приводит к высокой урожайности. Поэтому в последние годы селекционеры большое внимание уделяют увеличению уровня адаптивности создаваемых сортов. Анализируя этот показатель, можно прогнозировать их реакцию на проявление неблагоприятных условий среды, что позволит производителю рациональнее использовать средства производства (Радченко и др., 2018; Рыбась и др., 2018).

В настоящее время селекция озимого ячменя направлена на получение экологически пластичных сортов со стабильно высокой урожайностью, зимо-

стойкостью, устойчивых к полеганию и болезням (Филиппов, 2018).

В связи с этим цель работы заключалась в проведении оценки сортов озимого ячменя по параметрам адаптивности, экологической пластичности и стабильности урожайности к изменениям условий среды в межстанционном сортоиспытании.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в южной зоне Ростовской области в ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (ФГБНУ «АНЦ «Донской») в 2016–2018 гг. В качестве объекта исследований использовали 28 сортов озимого ячменя из межстанционного сортоиспытания различного эколого-географического происхождения (РФ – 10 сортов, Германия – 18 сортов). Учетная площадь делянок – 10 м², повторность двукратная, норма высева – 450 всхожих зерен на 1 м², стандартный сорт – Тимофей (ФГБНУ «АНЦ «Донской», РФ).

Оценку и учетные наблюдения изучаемых сортов осуществляли по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989).

Математическую обработку результатов исследований проводили согласно методике Б. А. Доспехова (1985).

Оценка экологической пластичности и стабильности осуществлена по методике S. A. Eberchart, W. A. Russel (1966) в редакции В. А. Зыкина (Зыкина и др., 2005).

За годы исследований наблюдались значительные отклонения от средних метеорологических многолетних данных, что позволило более подробно оценить адаптивность и выделить наилучшие сорта озимого ячменя. За 2015/2016 с.-х. год в зимний период наблюдались повышенное количество осадков (217 мм) и благоприятная среднемесячная температура воздуха. Условия 2016/2017 с.-х. год характеризовались недостаточным количеством влаги в осенний период и оптимальным в зимне-весенний период в сравнении со среднемноголетними данными. 2017/2018 с.-х. год выделился влажным зимним периодом (188 мм) и недостаточным количеством влаги в весенний период (65 мм) при повышенных среднемесячных температурах воздуха (рис. 1, 2).

Результаты и их обсуждение. В 2016 г. урожайность варьировала от 4,4 (Explorer 8, Германия) до 9,4 т/га (Маруся, РФ) при 7,0 т/га у стандартного сорта Тимофей (РФ). В 2017 г. в среднем минимальная урожайность была получена у сортов Explorer 6 и Explorer 7 (Германия) – 6,4 т/га, а максимальная – у сорта Фокс 1 (РФ) – 10,2 т/га при 9,2 т/га у стандарта. В 2018 г. минимальная урожайность зафиксирована у сорта KWS-2-117 (Германия) – 7,5 т/га, а максимальная – у сорта Маруся (РФ) – 10,5 т/га при 9,1 т/га у стандарта Тимофей. В таблице 1 представлены результаты оценки по урожайности и стабильности (bi) за 2016–2018 гг. исследований.

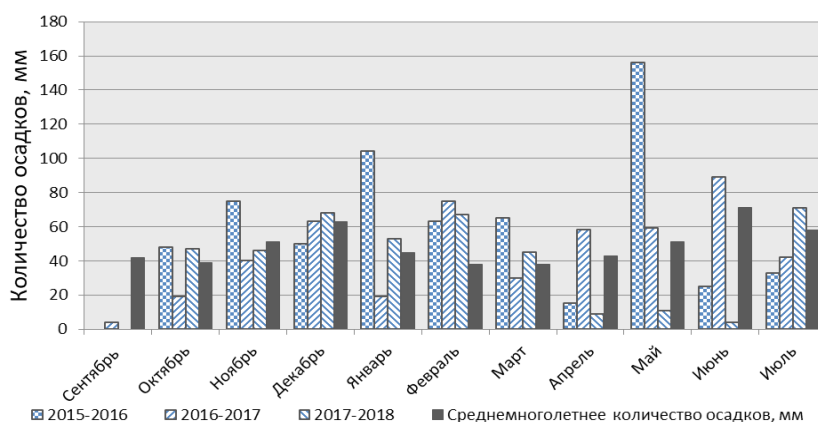


Рис. 1. Среднемесячное количество осадков, мм (метеостанция Зерноград) (за 2016–2018 с.-х. годы)

Fig. 1. Average monthly precipitation, mm (weather station Zernograd) (through 2016–2018)

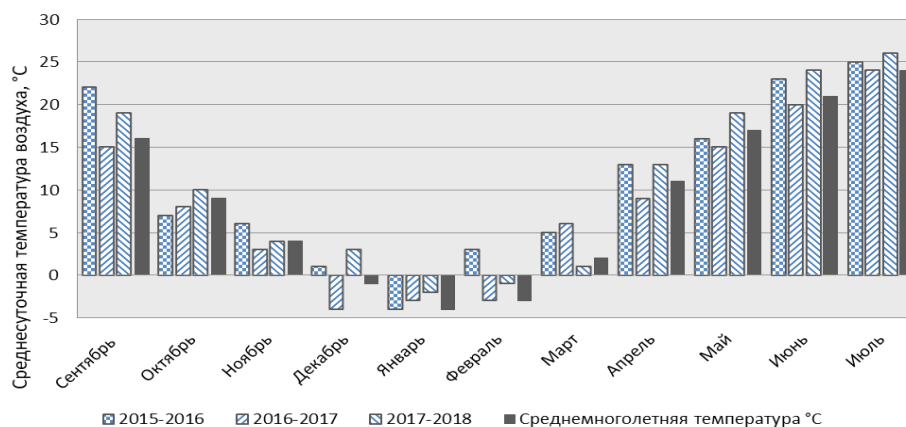


Рис. 2. Среднемесячная температура воздуха, °C (метеостанция Зерноград) (за 2016–2018 с.-х. годы)

Fig. 2. Average monthly air temperature, °C (weather station Zernograd) (through 2016–2018)

1. Урожайность сортов озимого ячменя и их экологическая пластичность (2016–2018 гг.)
1. Productivity of winter barley varieties and their ecological plasticity (2016–2018)

Сорт	Происхождение	Урожайность за годы исследований, т/га					bi
		2016	2017	2018	ΣY_i	Y_i	
Тимофей, ст.	РФ	7,0	9,2	9,1	25,3	8,4	0,91
Тигр	РФ	5,9	9,1	9,5	24,5	8,2	1,48
Фокс 1	РФ	5,6	10,2	9,6	25,3	8,4	1,64
Ерема	РФ	6,3	8,8	10,2	25,3	8,4	1,60
Артель	РФ	6,5	9,4	10,2	26,0	8,7	1,53
Виват	РФ	7,0	10,0	9,3	26,3	8,8	0,99
Маруся	РФ	9,4	10,1	10,5	30,0	10,0	0,54
Гордей	РФ	7,4	9,0	9,2	25,5	8,5	0,79
Достойный	РФ	6,5	8,6	9,7	24,8	8,3	1,33
Броинскайли	Франция	7,2	6,7	9,6	23,5	7,8	1,01
Wintwalt	Германия	6,1	7,6	9,3	23,0	7,7	1,32
Capten	Германия	5,2	8,9	10,2	24,3	8,1	2,02
Scala	Германия	6,3	10,1	10,2	26,6	8,9	1,61
Meredian	Германия	7,5	8,9	9,6	26,0	8,7	0,91
KWS-2-117	Германия	7,0	7,0	7,5	21,5	7,2	0,28
KWS-2-234	Германия	7,5	7,4	8,5	23,3	7,8	0,48
Casino	Германия	8,6	6,7	10,0	25,2	8,4	0,63
Hiscory	Германия	7,2	8,0	10,3	25,5	8,5	1,29
Explorer 1	Германия	7,8	7,8	9,8	25,4	8,5	0,87
Explorer 2	Германия	7,9	6,8	9,2	23,9	8,0	0,59
Explorer 3	Германия	7,4	6,7	9,6	23,7	7,9	0,94
Explorer 4	Германия	7,2	8,1	8,9	24,2	8,1	0,75
Explorer 5	Германия	6,8	7,3	9,1	23,1	7,7	0,97
Explorer 6	Германия	6,6	6,4	9,7	22,6	7,5	1,28
Explorer 7	Германия	6,6	6,4	9,0	21,9	7,3	1,01
Explorer 8	Германия	4,4	7,3	8,9	20,5	6,8	1,81
Explorer 3/2	Германия	6,8	8,2	9,2	24,2	8,1	1,02
Explorer 4/2	Германия	6,3	7,1	9,0	22,4	7,5	1,13
ΣY_j		191,4	227,2	264,3	682,9	–	–
Y_j		6,8	8,1	9,4	–	8,1	–
I_j		-1,29	0,02	+1,31	–	–	–
$HCP_{0,5}$		0,63	0,63	0,48	–	–	–

Проведенный дисперсионный анализ показал, что основное влияние на формирование урожайности в годы проведения исследований (2016–2018 гг.) оказал фактор «год» – 95,9%, указывающий на сильное варьирование под воздействием условий внешней среды. Фактор «сорт» оказал незначительное влияние за данный период времени – 2,4%, а также их взаимодействие – 1,7%.

Индексы условий среды (I_j) показали, что наиболее благоприятные условия сложились в 2018 г. ($I_j = +1,31$), а неблагоприятные – в 2016 г. ($I_j = -1,29$). Коэффициент линейной регрессии (b_i) показывает на изменение урожайности сортов под воздействием условий выращивания. При $b_i > 1$ сорт обладает большей отзывчивостью на улучшение условий выращивания и рекомендуется для возделывания с высоким уровнем агротехники. В данном анализе выделились 11 отзывчивых сортов с коэффициентом линейной регрессии от 1,28 до 2,02. Наибольшей отзывчивостью обладают сорта Capten (Германия) $b_i = 2,02$; Explorer 8 (Германия) $b_i = 1,81$; Фокс 1 (РФ) $b_i = 1,64$; Scala (Германия) $b_i = 1,61$, Ерема (РФ) $b_i = 1,60$. При $b_i < 1$ сорта реагируют слабо на изменения условий выращивания,

что позволяет им формировать стабильную урожайность даже при неблагоприятных условиях возделывания. В процессе исследования были выделены 8 сортов со слабой отзывчивостью, с коэффициентом линейной регрессии от 0,28 до 0,87. Наиболее слабо отзывчивыми сортами стали KWS-2-117 (Германия) $b_i = 0,28$; KWS-2-234 (Германия) $b_i = 0,48$. За годы исследований показал себя сорт Маруся (РФ), который при коэффициенте линейной регрессии $b_i = 0,54$ имел наибольшую урожайность, что говорит о большой стабильности данного сорта. Остальные сорта имели коэффициент линейной регрессии в пределах от 0,91 до 1,13, что указывает на их пластичность. Данные сорта слабо реагировали на изменения условий выращивания. Среди пластичных сортов стоит выделить Виват (РФ), Броинскайли (Франция), Explorer 7 и Explorer 3/2 (Германия), коэффициенты линейной регрессии которых близки к 1.

На основании коэффициентов регрессии рассчитана теоретическая урожайность и отображена связь между условиями выращивания за годы исследований и урожайностью сортов, выраженная в коэффициенте стабильности (табл. 2).

2. Теоретическая урожайность сортов озимого ячменя и коэффициент стабильности

2. Theoretical productivity of winter barley varieties and coefficient of stability

Сорт	Теоретическая урожайность, т/га			Отклонение фактической урожайности от теоретической, т/га			Стабильность, σ²d
	годы						
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	
Тимофей (ст.)	7,2	8,4	9,6	-0,2	0,8	-0,5	0,90
Тигр	6,3	8,2	10,1	-0,4	0,9	-0,6	1,32
Фокс 1	6,3	8,4	10,5	-0,7	1,8	-0,9	4,49
Ерема	6,3	8,4	10,5	0,0	0,4	-0,3	0,22
Артель	6,7	8,7	10,7	-0,2	0,7	-0,5	0,75
Виват	7,5	8,8	10,1	-0,5	1,2	-0,8	2,30
Маруся	9,3	10,0	10,7	0,1	0,1	-0,2	0,06
Гордей	7,5	8,5	9,5	-0,1	0,5	-0,3	0,35
Достойный	6,6	8,3	10,0	-0,1	0,3	-0,3	0,20
Броинскайли	6,5	7,8	9,1	0,7	-1,1	0,5	1,98
Wintwalt	6,0	7,7	9,4	0,1	-0,1	-0,1	0,04
Capten	5,5	8,1	10,7	-0,3	0,8	-0,5	0,96
Scala	6,8	8,9	11,0	-0,5	1,2	-0,8	2,29
Meredian	7,5	8,7	9,9	0,0	0,2	-0,3	0,12
KWS-2-117	6,8	7,2	7,6	0,2	-0,2	-0,1	0,07
KWS-2-234	7,2	7,8	8,4	0,3	-0,4	0,1	0,27
Casino	7,6	8,4	9,2	1,0	-1,7	0,8	4,56
Hiscory	6,8	8,5	10,2	0,4	-0,5	0,1	0,42
Explorer 1	7,4	8,5	9,6	0,4	-0,7	0,2	0,72
Explorer 2	7,2	8,0	8,8	0,7	-1,2	0,4	2,09
Explorer 3	6,7	7,9	9,1	0,7	-1,2	0,5	2,21
Explorer 4	7,1	8,1	9,1	0,1	0,0	-0,2	0,04
Explorer 5	6,4	7,7	9,0	0,4	-0,4	0,1	0,32
Explorer 6	5,8	7,5	9,2	0,8	-1,1	0,5	2,11
Explorer 7	6,0	7,3	8,6	0,6	-0,9	0,4	1,35
Explorer 8	4,5	6,8	9,2	-0,1	0,5	-0,3	0,29
Explorer 3/2	6,8	8,1	9,4	0,0	0,1	-0,2	0,06
Explorer 4/2	6,0	7,5	9,0	0,3	-0,4	0,0	0,25

За 2018 г. с лучшим индексом условий выращивания наиболее высокие показатели теоретической урожайности (более 10 т/га) отмечены у 9 сортов: это Тигр, Фокс 1, Ерема, Артель, Виват, Маруся, Достойный (РФ), Capten, Scala, Hiscory (Германия). При неблагоприятных условиях выращивания теоретическую урожайность снизили более чем на 0,7 т/га по сравнению с фактической сорта Броинскайли, Casino, Explorer 2, Explorer 3, Explorer 6 (Германия).

Коэффициенты стабильности у изучаемых сортов варьировали от 0,04 до 4,56. Наиболее стабильными являлись сорта Explorer 4 ($\sigma^2d = 0,04$), Wintwalt ($\sigma^2d = 0,04$), Маруся ($\sigma^2d = 0,06$), Explorer 3/2 ($\sigma^2d = 0,06$)

и KWS-2-117 ($\sigma^2d = 0,07$). Самыми нестабильными оказались сорта Фокс 1 ($\sigma^2d = 4,49$) и Casino ($\sigma^2d = 4,56$).

Выводы. Проведенная оценка экологической пластичности позволила распределить сорта по уровню адаптивности к изменяющимся условиям внешней среды. Высокая урожайность и отзывчивость на благоприятный агрофон отмечена у сортов Фокс 1, Ерема, Артель и Scala. Менее отзывчивым, но самым урожайным являлся сорт Маруся. Наиболее пластичными высокоурожайными сортами оказались Виват, Тимофей и Meredian. Самыми стабильными за годы исследований стали сорта Маруся, Explorer 4, Explorer 3/2.

Библиографические ссылки

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 351 с.
2. Зыкин В. А., Белан И. А., Юсов В. С. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа: БашГАУ, 2005. 100 с.
3. Радченко Л. А., Ганоцкая Т. Л., Радченко А. Ф. Оценка адаптивных свойств озимой ржи при возделывании в условиях Крыма // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 1 (13). С. 74–79.
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.
5. Филиппов Е. Г., Донцова А. А. Селекция озимого ячменя. Ростов н/Д.: ЗАО «Книга», 2014. 208 с.

6. Филиппов Е. Г., Донцова А. А., Донцов Д. П., Витковская А.С. Экологическое изучение сортов озимого ячменя в ФГБНУ «АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2018. № 4(58). С. 24–32.

References

1. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial]. M.: Kolos, 1985. 351 s.
2. Zykin V. A., Belan I. A., Yusov V. S. Metodika rascheta i ocenki parametrov ekolo-gicheskoy plastichnosti sel'skohozyajstvennyh rastenij [The method of calculation and evaluation of parameters of ecological plasticity of agricultural plants]. Ufa: BashGAU, 2005. 100 s.
3. Radchenko L. A., Ganockaya T. L., Radchenko A. F. Ocenka adaptivnyh svojstv ozimoy rzhi pri vzdelyvanii v usloviyah Kryma [Estimation of the adaptive properties of winter rye when cultivated in the conditions of the Crimea] // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2018. № 1(13). S. 74–79.
4. Rybas' I. A., Marchenko D. M., Nekrasov E. I. i dr. Ocenka parametrov adaptivnosti sortov ozimoy myagkoj pshenicy [Assessment of the parameters of winter wheat adaptability] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 4(58). S. 51–54.
5. Filippov E. G., Dontsova A. A. Selekcija ozimogo yachmenya [Winter barley breeding]. Rostov n/D.: ZAO "Kniga", 2014. 208 s.
6. Filippov E.G., Dontsova A. A., Dontsov D. P., Vitkovskaya A.S. Ekologicheskoe izuche-nie sortov ozimogo yachmenya v FGBNU "ANC "Donskoj" [Ecological study of winter barley varieties at the FSBSI "ARC "Donskoy"] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 4(58). S. 24–32.

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 633.11:631.526.32

DOI 10.31367/2079-8725-2019-64-4-19-26

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОГНОЗА СОДЕРЖАНИЯ СЫРОЙ КЛЕЙКОВИНЫ В ЗЕРНЕ ПШЕНИЦЫ

А. В. Пасынков¹, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, зав. лабораторией экспериментальных исследований и мониторинга агроэкосистем, ORCID ID: 0000-0003-1594-8577;

Е. Н. Пасынкова², доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства зерновых, зернобобовых культур и рапса, ORCID ID: 0000-0002-6588-8368

¹ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»,
195220, Санкт-Петербург, Гражданский пр-т, 14;

²ФГБНУ «Ленинградский НИИСХ «Белогорка»,
188338, Ленинградская обл., Гатчинский р-н, пос. Белогорка, ул. Институтская, 1; e-mail: pasynkova.elena@gmail.com

Проведение регрессионного анализа позволило получить уравнение множественной нелинейной регрессии, отражающее зависимость содержания сырой клейковины в зерне пшеницы (Y , %) от содержания белка ($X_1 = N_{\text{общ}} \cdot 5,7$; %) и массы 1000 зерен (X_2 , г): $Y = -41,928 + 0,081X_1^2 + 2,548X_2 - 0,028X_2^2$. В представленном уравнении все показатели качества приведены на 12%-ную влажность. Если содержание белка и (или) масса 1000 зерен определены на абсолютно сухое вещество (а.с.в.), то при использовании разработанного уравнения для прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы проводится их перерасчет с применением коэффициентов 0,88 и 1,136 соответственно. Цель исследований – выявить эффективность прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы при использовании разработанного уравнения регрессии, отражающего ее зависимость от содержания белка и массы 1000 зерен. Разработан алгоритм и представлены результаты проверки прогностических возможностей уравнения по независимым данным, то есть экспериментальным данным по содержанию белка, клейковины и массе 1000 зерен, полученным другими авторами в опытах с иными сортами пшеницы и в иных, чем у авторов статьи, почвенно-климатических условиях. Обобщение экспериментальных данных 124 литературных источников советских, российских и зарубежных авторов с общим числом наблюдений $n = 2485$ на более чем ста сортах пшеницы, выращенных в период с 1959 по 2019 г. в различных почвенно-климатических зонах СССР, России и за рубежом показало, что число значений, выходящих за пределы, регламентируемые ГОСТ Р 54478-2011 ($\pm 2\%$), составило 462, или 18,6% от общего числа наблюдений. Оправдываемость прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы при этом составила 81,4%. Разработанное уравнение может быть использовано для прогноза содержания сырой клейковины в зерне различных сортов озимой и яровой мягкой и твердой пшеницы.

Ключевые слова: пшеница, белок, масса 1000 зерен, сырая клейковина, множественный регрессионный анализ, прогноз содержания клейковины.



EFFICIENCY OF RAW GLUTEN CONTENT PREDICTION IN WHEAT KERNELS

A. V. Pasynkov¹, Doctor of Biological Sciences, main researcher, head of the laboratory of experimental study and monitoring of agro-eco-systems, ORCID ID: 0000-0003-1594-8577;

E. N. Pasynkova², Doctor of Biological Sciences, main researcher, department of breeding and primary seed production of grain crops, legumes and rapeseed, ORCID ID: 0000-0002-6588-8368

¹FSBSI "Agrophysical Research Institute",
195220, Saint-Petersburg, Grazhdansky Prospekt, 14;

²FSBSI "Leningrad Research Institute of Agriculture "Belogorka",
188338, Leningrad region, Gatchinsky district, v. of Belogorka, Institutskaya Str., 1; e-mail: pasynkova.elena@gmail.com

The conducted regression analysis allowed us to obtain the equation of multiple nonlinear regression, which reflects the dependence of the raw gluten content in wheat kernels (Y , %) on the protein content ($X_1 = N_{\text{total}} \cdot 5.7$, %) and 1000-kernel weight (X_2 , g): $Y = -41.928 + 0.081X_1^2 + 2.548X_2 - 0.028X_2^2$. In the presented equation, all quality indicators are given at 12% humidity. If protein content and/or 1000-kernel weight are determined for absolutely dry matter (a.d.m.), the developed equation to predict raw gluten content in wheat kernels is recalculated with the use of coefficients of 0.88 and 1.136, respectively. The purpose of the research is to identify the effectiveness of raw gluten content prediction in wheat kernels using the developed regression equation, which reflects its dependence on protein content and 1000-kernel weight. There have been developed and presented an algorithm and results of testing the predictive capabilities of the equation based on independent data. That is, using experimental data on protein and gluten content, and 1000-kernel weight obtained by other researchers in the experiments with different wheat varieties and in other soil and climatic conditions. The summarized experimental data of 124 Soviet, Russian and foreign literary references with a total number of observations $n = 2485$ on more than a hundred wheat varieties grown from 1959 to 2019 in various soil and climatic zones of the USSR, Russia and abroad have shown that the number of values beyond the limits regulated by GOST R 54478 - 2011 ($\pm 2\%$) was 462 or 18.6% of the total number of observations. The accuracy of the raw gluten content prediction in wheat kernels was 81.4%. The developed equation can be used to predict raw gluten content in kernels of various winter and spring soft and durum wheat varieties.

Keywords: wheat, protein, 1000-kernel weight, raw gluten, multiple regression analysis, gluten content prediction.

Введение. Проведение статистической обработки с использованием множественного регрессионного анализа позволило получить уравнения второго порядка, отражающие зависимость содержания сырой клейковины (зависимая переменная – Y) от содержания белка и массы 1000 зерен (независимые переменные – X_1 и X_2 соответственно) (Пасынков и Пасынкова, 2011). Дальнейшее проведение исследований позволило прийти к заключению о том, что разработанные уравнения могут быть использованы для прогноза содержания клейковины в зерне пшеницы после определения содержания белка и массы зерновки. Для проверки этого предположения был разработан алгоритм проверки их прогностических возможностей (Пасынков и др., 2017). Проверка прогностических возможностей уравнений показала, что максимально точно зависимость содержания клейковины (Y , %) в зерне пшеницы от содержания сырого белка ($X_1 = N_{\text{общ}} \cdot 5,7$; %) и массы 1000 зерен (X_2 , г) отражает уравнение второго порядка $Y = -41,928 + 0,081X_1^2 + 2,548X_2 - 0,028X_2^2$, в котором все переменные (содержание белка, клейковины и масса 1000 зерен) приведены на 12%-ную влажность. Если содержание белка и (или) масса

1000 зерен определены на абсолютно сухое вещество (а.с.в.), то при использовании разработанного уравнения для прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы проводится их перерасчет с применением коэффициентов 0,88 и 1,136 соответственно (Пасынков и Пасынкова, 2018).

В пределах полученных экспериментальных данных представлено графическое изображение разработанного уравнения регрессии (или поверхность отклика функции). Как видим, зависимость содержания сырой клейковины в зерне пшеницы от содержания сырого белка носит нелинейный характер. Каждое последующее его (белка) возрастание (на единицу) приводит к большему увеличению содержания клейковины по сравнению с предыдущим ($+X_1^2$). Независимо от содержания белка, с возрастанием массы 1000 зерен содержание клейковины повышается. При этом каждое последующее увеличение массы 1000 зерен (на единицу) замедляет темпы роста накопления сырой клейковины в зерне ($+X_2 - X_2^2$). После того как масса 1000 зерен достигает точки экстремума (45,5 г), каждое последующее ее повышение приводит к большему снижению содержания сырой клейковины в зерне пшеницы по сравнению с предыдущим.

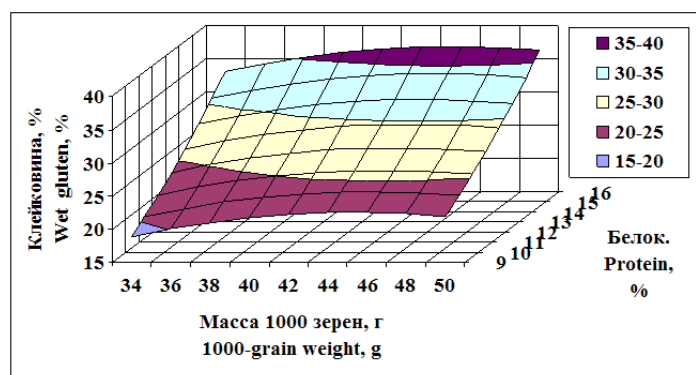


Рис. Зависимость содержания сырой клейковины (Y) в зерне от содержания белка (B) и массы 1000 (M) зерен ($Y = -41,928 + 0,081X_B^2 + 2,548X_M - 0,028X_M^2$)

Fig. Dependence of raw gluten content (Y) in kernels on protein percentage (B) and 1000-kernel (M) weight ($Y = -41,928 + 0,081X_B^2 + 2,548X_M - 0,028X_M^2$)

Заключительным этапом проведения исследований стала проверка эффективности прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы с использованием максимально большого количества литературных источников отечественных и зарубежных авторов, а также в максимально широком временном и биологическом интервале варьирования зависимой и независимых переменных.

Цель настоящего исследования – выявить эффективность прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы при использовании разработанного уравнения множественной нелинейной регрессии, отражающего ее (клейковины) зависимость от содержания белка и массы 1000 зерен.

Материалы и методы исследований. Для проверки эффективности прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы были использованы, а в последующем и обобщены данные более ста литературных источников советских, российских и зарубежных авторов, то есть независимые экспериментальные данные по содержанию белка, сырой клейковины и массе 1000 зерен, полученные другими авторами при проведении полевых опытов с иными сортами пшеницы и в иных, чем у авторов статьи, временных рамках и почвенно-климатических условиях. Подставляя получен-

ные другими авторами экспериментальные данные по содержанию сырого белка и массе 1000 зерен в разработанное уравнение регрессии и используя простые математические действия, авторы статьи рассчитали прогнозируемое содержание сырой клейковины в зерне пшеницы. Критерий оценки точности разработанного уравнения множественной нелинейной регрессии – регламентированное как предыдущим (ГОСТ 13586.1-68), так и новым государственным стандартом (ГОСТ Р 54478-2011. Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице) отклонение: «Оба результата признают приемлемыми, если критическая разность результатов определений по количеству клейковины ... не превышает 2%» в абсолютном выражении».

Результаты и их обсуждение. В таблицах 1–4 представлен алгоритм и результаты проверки прогностических возможностей и точности прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы по независимым данным. Ввиду того что объем публикации ограничен и не позволяет привести все случаи отклонений, в таблицах 1–4 приведены лишь некоторые типичные примеры, обнаруженные при проведении сравнительной оценки прогностических возможностей уравнения. В таблице 1 представлен

алгоритм проверки точности прогноза содержания клейковины в зерне различных сортов мягкой пшеницы для тех случаев, когда все переменные (показатели качества – содержание белка, клейковины и масса 1000 зерен) определены без учета влажности зерна, или на воздушно-сухое вещество (в.с.в.),

а в таблице 2 – когда содержание белка определено на а.с.в., а содержание клейковины и масса 1000 зерен – на в.с.в.

В таблице 3 представлен алгоритм проверки точности прогноза содержания сырой клейковины в зерне различных сортов твердой пшеницы.

1. Проверка точности прогноза содержания сырой клейковины в зерне мягкой пшеницы
(X_1 , X_2 и Y_s – без учета влажности зерна или на в.с.в.)
1. Checking the accuracy of the forecast of the content of wet gluten in the grain of soft wheat
(X_1 , X_2 и Y_s – excluding the moisture of the grain or on a.d.m.)

Данные по X_1 , X_2 и Y_s (Ториков и др., 2017)*. Четыре сорта озимой пшеницы					Данные по X_1 , X_2 и Y_s (Сайдяшева, Захаров, 2017)**. Сорт Симбирцит				
X_1	X_2	Y_T	Y_s	$(Y_s - Y_T)$	X_1	X_2	Y_T	Y_s	$(Y_s - Y_T)$
14,1	47,1	32,1	32,6	0,5	12,8	37,0	27,3	26,8	-0,5
14,8	45,0	33,8	33,9	0,1	12,9	37,7	27,8	27,1	-0,7
14,7	48,9	33,2	33,1	-0,1	13,1	38,0	28,4	27,4	-1,0
13,4	49,7	30,1	30,2	0,1	12,9	38,0	27,9	27,2	-0,7
14,2	47,1	32,3	33,9	1,6	13,0	37,2	27,8	27,3	-0,5
13,7	48,8	30,9	30,9	0,0	13,1	38,0	28,4	27,3	-1,1
13,2	50,3	29,5	30,4	0,9	13,0	37,3	27,8	27,0	-0,8
13,6	47,7	30,9	31,3	0,4	13,1	37,8	28,3	27,5	-0,8
13,9	51,9	30,5	30,6	0,1	13,1	38,5	28,6	27,4	-1,2
14,0	50,2	31,3	33,2	1,9	13,1	37,4	28,1	27,7	-0,4
14,6	48,8	33,0	34,0	1,0	13,2	37,7	28,4	27,7	-0,7
14,4	48,6	32,6	33,8	1,2	13,0	38,2	28,2	27,4	-0,8
$n = 12$	ЧЗ	0	ОП	100	12,9	37,7	27,8	27,3	-0,5
Данные по X_1 , X_2 и Y_s (Захаров, 2007)**. Сорт Батка					13,1	38,0	28,4	27,9	-0,5
					13,0	38,8	28,5	27,3	-1,2
12,4	37,5	26,7	25,1	-1,6	13,1	38,0	28,4	27,6	-0,8
12,7	33,0	24,7	25,8	1,1	13,4	38,2	29,1	28,3	-0,8
13,2	36,6	27,9	27,2	-0,7	13,2	38,3	28,7	27,5	-1,2
13,6	35,8	28,4	27,9	-0,5	$n = 18$	ЧЗ	0	ОП	100
12,3	37,3	26,4	24,8	-1,6	Данные по X_1 , X_2 и Y_s (Окорков, Батяхина, 2018)**. Сорт Ладья				
12,8	32,9	24,9	26,0	1,1					
13,3	36,7	28,2	27,4	-0,8	10,2	34,6	21,1	21,0	-0,1
13,6	35,8	28,4	27,8	-0,6	11,1	34,9	22,9	23,3	0,4
11,7	37,0	25,1	23,9	-1,2	12,3	35,5	25,5	24,4	-1,1
12,2	37,6	26,3	24,8	-1,5	12,9	36,1	27,0	25,1	-1,9
13,0	38,0	28,2	26,2	-2,0	11,3	35,4	23,5	23,3	-0,2
13,1	37,8	28,3	26,6	-1,7	12,7	36,0	26,6	24,7	-1,9
$n = 12$	ЧЗ	0	ОП	100	$n = 6$	ЧЗ	0	ОП	100

Примечание: n – общее число наблюдений; * – генотипические различия; ** – модификационные различия; X_1 – содержание белка в зерне, %; X_2 – масса 1000 зерен, г; Y_T – теоретическое содержание сырой клейковины (расчет по уравнению регрессии), %; Y_s – экспериментальное содержание сырой клейковины, %; $(Y_s - Y_T)$ – отклонения экспериментальных величин от теоретических, ±; 2,8 – выделенные значения выходят за пределы ± 2%; ЧЗ – число значений, выходящих за пределы ± 2%; ОП – оправдываемость прогноза, % (то же в тексте и табл. 2–4).

2. Проверка точности прогноза содержания сырой клейковины в зерне мягкой пшеницы (X_1 , а.с.в.; X_2 и Y_3 – без учета влажности зерна или на в.с.в.)

2. Verification of accuracy of raw gluten content prediction in soft wheat kernels (X_1 , a.d.m.; X_2 and Y_3 without taking into account the moisture content of the grain or on a.d.m.)

Данные по X_1 , X_2 и Y_3 (Алабушев и др., 2018)**. Сорт Аксинья					Данные по X_1 , X_2 и Y_3 (Черно, Рябовол, 2016)**. Сорт Артемисия				
X_1	X_2	Y_T	Y_3	$(Y_3 - Y_T)$	X_1	X_2	Y_T	Y_3	$(Y_3 - Y_T)$
14,5/12,76	43,1	29,1	29,7	0,6	13,1/11,53	42,3	26,5	25,4	-1,1
14,8/13,02	43,3	29,6	30,9	1,3	15,2/13,38	43,9	30,5	28,9	-1,6
14,7/12,94	43,7	29,5	30,6	1,1	16,5/14,52	43,8	33,0	34,8	1,8
15,1/13,29	43,8	30,3	31,3	1,0	16,5/14,52	43,6	33,0	34,7	1,7
14,8/13,02	43,9	29,7	30,3	0,6	15,1/13,29	42,9	30,2	28,6	-1,6
15,1/13,29	44,2	30,3	30,9	0,6	15,9/13,99	43,9	31,8	34,1	2,3
15,0/13,20	44,3	30,1	30,2	0,1	16,3/14,34	43,3	32,6	35,0	2,4
15,1/13,29	44,6	30,3	30,6	0,3	15,0/13,20	43,4	30,0	28,5	-1,5
15,2/13,38	44,9	30,5	31,5	1,0	16,4/14,43	43,8	32,8	34,6	1,8
15,1/13,29	43,7	30,3	32,4	2,1	16,6/14,61	43,6	33,2	34,9	1,7
15,0/13,20	43,4	30,0	30,7	0,7	$n = 10$	ЧЗ	2	ОП	80,0
$n = 11$	ЧЗ	1	ОП	90,9	Данные по X_1 , X_2 и Y_3 (Григорьев и др., 2015)*. 11 сортов				
Данные по X_1 , X_2 и Y_3 (Кузьмич и др., 2018)*. Семь линий и сорт					14,98/13,18	34,5	26,7	28,8	2,1
15,0/13,20	47,8	30,0	28,8	-1,2	14,52/12,78	35,6	26,5	27,9	1,4
13,6/11,97	40,4	26,9	28,0	1,1	15,30/13,46	34,4	27,3	29,0	1,7
14,4/12,67	44,7	29,0	28,1	-0,9	14,55/12,80	37,1	27,3	28,3	1,0
15,5/13,64	45,3	31,1	28,6	-2,5	13,88/12,21	36,1	25,6	26,7	1,1
16,0/14,08	48,0	31,9	30,8	-1,1	13,96/12,28	38,0	26,7	26,9	0,2
15,1/13,29	47,5	30,2	30,3	0,1	14,25/12,54	37,4	26,9	27,8	0,9
15,5/13,64	41,7	30,7	30,7	0,0	14,00/12,32	38,0	26,8	27,5	0,7
13,7/12,06	44,2	27,8	24,9	-2,9	13,72/12,07	40,2	27,1	26,6	-0,5
$n = 8$	ЧЗ	2	ОП	75,0	13,89/12,22	39,3	27,1	26,6	-0,5
					13,24/11,65	39,7	26,1	23,4	-2,7
					$n = 11$	ЧЗ	2	ОП	81,8

Примечание: 14,5/12,76 – а.с.в. / при влажности зерна 12% ($14,5 \cdot 0,88$); то же в таблицах 3–4.

3. Проверка точности прогноза содержания сырой клейковины в зерне различных сортов твердой пшеницы
3. Verification of accuracy of raw gluten content prediction in durum wheat kernels

Данные по X_1 , X_2 и Y_3 (Евдокимов и др., 2008)*. Пять сортов по двум предшественникам					Данные по X_1 , X_2 и Y_3 (Крючков и др., 2008)**. Сорт Оренбургская 10				
X_1	X_2	Y_T	Y_3	$(Y_3 - Y_T)$	X_1	X_2	Y_T	Y_3	$(Y_3 - Y_T)$
16,36/14,40	44,4	32,8	32,4	-0,4	12,37	48,4	28,2	26,0	-2,2
16,83/14,81	45,0	33,8	33,6	-0,2	12,65	47,6	28,9	26,7	-2,2
16,79/14,78	38,8	32,5	33,4	0,9	10,83	44,5	25,5	26,3	0,8
16,48/14,50	43,5	33,0	32,5	-0,5	12,27	47,6	28,1	28,7	0,6
16,57/14,58	41,7	32,9	32,5	-0,4	12,54	47,7	28,6	27,3	-1,3
14,73/12,96	44,3	29,6	29,3	-0,3	12,08	46,1	27,8	28,7	0,9
14,88/13,09	46,5	29,9	29,7	-0,2	12,08	46,9	27,8	26,3	-1,5
14,61/12,86	39,5	28,4	28,4	0,0	12,29	44,1	28,2	28,0	-0,2
14,76/12,99	45,0	29,7	29,0	-0,7	12,16	43,6	27,9	26,7	-1,2
14,46/12,72	42,4	28,9	28,9	0,0	12,66	46,5	29,0	29,0	0,0
$n = 10$	ЧЗ	0	ОП	100	12,84	44,7	29,4	28,3	-1,1
Данные по X_1 , X_2 и Y_3 из работы Виолета Божанова и др., 2014**. Сорт Прогресс					11,32	44,7	26,4	26,7	0,3
					11,19	44,4	26,1	26,0	-0,1
					11,42	44,2	26,6	26,0	-0,6
12,62	56,2	25,7	25,4	-0,3	11,72	45,7	27,2	25,7	-1,5
13,64	57,1	27,3	26,4	-0,9	13,17	44,9	30,1	28,3	-1,8
13,97	57,8	27,6	26,9	-0,7	12,43	43,9	28,5	27,3	-1,2
13,59	56,7	27,5	26,2	-1,3	11,53	45,5	26,8	26,7	-0,1
14,04	57,3	28,1	26,8	-1,3	$n = 18$	ЧЗ	2	ОП	88,9
$n = 5$	ЧЗ	0	ОП	100					

4. Точность прогноза содержания клейковины в зерне спельты, мутантных линий, различных биотипов, разновидностей и синтетической пшеницы

4. Accuracy of raw gluten content prediction in the kernels of dinkel wheat, mutant lines, various biotypes, varieties and synthetic wheat

Данные по X_1 , X_2 и Y_3 из работы Arkadiusz Stępień и др., 2017**. <i>Triticum aestivum ssp. Spelta</i> L.					Данные по X_1 , X_2 и Y_3 из работы Потоцкая и др., 2019*. Синтетическая пшеница				
X_1	X_2	Y_T	Y_3	$(Y_3 - Y_T)$	X_1	X_2	Y_T	Y_3	$(Y_3 - Y_T)$
12,37	39,7	27,5	27,5	0,0	16,5/14,52	42,5	32,9	32,0	-0,9
13,28	39,3	29,2	30,2	1,0	14,9/13,11	43,5	29,9	28,4	-1,5
12,60	40,3	28,1	28,6	0,5	18,5/16,28	43,0	37,3	36,7	-0,6
12,31	39,6	27,3	27,8	0,5	19,2/16,90	51,2	38,3	40,4	2,1
13,00	39,3	28,7	29,4	0,7	18,5/16,28	47,4	37,4	36,3	-1,1
12,88	40,0	28,6	29,1	0,5	19,7/17,34	46,8	40,3	40,9	0,6
$n = 6$	ЧЗ	0	ОП	100	21,1/18,57	40,2	43,2	42,4	-0,8
Данные по X_1 , X_2 и Y_3 из работы Arkadiusz Stępień и др., 2016**					20,7/18,22	41,8	42,5	40,1	-2,4
					20,9/18,39	45,7	43,4	40,8	-2,6
12,45	39,84	27,70	27,48	-0,22	21,0/18,48	52,5	42,3	39,4	-2,9
13,37	39,29	29,44	30,22	0,78	20,2/17,78	51,6	40,6	42,6	2,0
12,70	40,17	28,31	28,03	-0,28	19,2/16,90	39,7	38,2	38,7	0,5
12,81	38,79	28,07	30,07	2,00	19,2/16,90	40,0	38,3	39,0	0,7
12,87	40,75	28,82	27,09	-1,73	19,0/16,72	43,3	38,5	36,9	-1,6
$n = 5$	ЧЗ	0	ОП	100	18,5/16,28	46,9	37,5	36,2	-1,3
Данные по X_1 , X_2 и Y_3 из работы Павлюк и др., 2007А*. Мутантные линии					18,5/16,28	48,8	37,2	37,7	0,5
					17,6/15,49	43,4	35,3	34,8	-0,5
					18,1/15,93	45,3	36,6	36,7	0,1
12,7/11,18	41,3	25,7	25,3	-0,4	17,3/15,22	41,9	34,4	35,6	1,2
14,2/12,50	44,6	28,7	28,6	-0,1	18,0/15,84	46,4	36,3	35,6	-0,7
13,8/12,14	43,1	27,8	26,9	-0,9	18,6/16,37	42,8	37,5	38,1	0,6
12,8/11,26	41,5	25,9	25,7	-0,2	$n = 21$	ЧЗ	4	ОП	81,0
14,1/12,41	40,9	27,9	28,3	0,4	Данные по X_1 , X_2 и Y_3 из работы (Зеленев и др., 2015)*. 12 сортов четырех разновидностей				
13,4/11,79	42,8	27,1	26,7	-0,4					
14,5/12,76	43,6	29,1	28,2	-0,9					
$n = 7$	ЧЗ	0	ОП	100	14,4	36,8	30,7	28,6	-2,1
Данные по X_1 , X_2 и Y_3 из работы (Павлюк и др., 2007В)*.					16,3	33,6	33,6	35,5	1,9
					14,4	31,3	27,2	27,2	0,0
12,7/11,18	41,3	25,7	25,3	-0,4	16,3	31,2	31,8	30,9	-0,9
13,4/11,79	42,2	27,0	26,2	-0,8	14,9	33,3	29,9	29,9	0,0
14,8/13,02	45,1	29,8	29,6	-0,2	15,1	36,4	32,2	29,1	-3,1
14,1/12,41	44,8	28,5	27,4	-1,1	15,4	31,7	29,9	30,1	0,2
14,5/12,76	45,3	29,2	28,7	-0,5	15,4	36,1	32,8	30,5	-2,3
$n = 5$	ЧЗ	0	ОП	100	14,2	30,9	26,4	26,5	0,1
Данные по X_1 , X_2 и Y_3 из работы (Хрунов, 2013)*. Биотипы сорта Саратовская 29					15,2	32,0	29,7	27,7	-2,0
					15,2	34,6	31,4	30,9	-0,5
					15,1	35,0	31,4	31,3	-0,1
16,7/14,70	36,0	31,0	31,0	0,0	$n = 12$	ЧЗ	3	ОП	75,0
15,9/13,99	34,4	28,4	28,9	0,5					
$n = 2$	ЧЗ	0	ОП	100					

Проверка прогностических возможностей разработанного уравнения по независимым экспериментальным данным, полученным другими исследователями при проведении полевых опытов

с различными сортами яровой и озимой мягкой (табл. 1, 2) и твердой пшеницы (табл. 3), показала высокую степень совпадения экспериментальным данным по содержанию сырой клейковины, полу-

ченых авторами публикаций и рассчитанных по разработанному уравнению.

В таблице 4 представлен алгоритм проверки эффективности прогноза содержания сырой клейковины в зерне спелты (Arkadiusz Stępień *et al.*, 2016; Arkadiusz Stępień *et al.*, 2017), мутантных линий (Павлюк и др., 2007а, Павлюк и др., 2007в), двух биотипов пшеницы сорта Саратовская 29 (Хрунов, 2013), синтетической (Потоцкая и др., 2019) и различных разновидностей (альбидум, лютеценс, грекум и эритроспермум) при возделывании 12 сортов яровой пшеницы (Зеленев и др., 2015). В рассматриваемых случаях оправдываемость прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы оказалась сравнительно высокой и находится в пределах 75–100%.

При проверке прогностических возможностей и точности прогноза разработанного уравнения регрессии по независимым данным (табл. 1–4), экспериментальное содержание белка в зерне варьировало в довольно широких пределах – 10,20 (Окорков, Батяхина, 2018) ... 18,57% в.с.в. (Потоцкая и др., 2019), или 11,59...21,10% а.с.в., сырой клейковины – 21,0 (Окорков и Батяхина, 2018) ... 42,6% в.с.в. (Потоцкая и др., 2019), а масса 1000 зерен – 30,9 (Зеленев и др., 2015) ... 57,8 г в.с.в. (Виолета Божанова и др., 2014). Практически именно в этих же пределах в подавляющем количестве научных публикаций изменялись и перечисленные выше показатели технологических качеств зерна пшеницы (Пасынков и др., 2017; Пасынков и Пасынкова, 2018).

Обобщение экспериментальных данных 124 литературных источников советских, российских и зарубежных авторов из Австрии, Белоруссии, Болгарии, Казахстана, Польши, Украины и Хорватии (Пасынков и др., 2017; Пасынков и Пасынкова, 2018) с общим числом наблюдений $n = 2485$ на более чем ста сортах озимой и яровой мягкой и твердой пшеницы, выращенных в период с 1959 по 2019 гг. в различных почвенно-климатических зонах СССР, России и за рубежом показало, что число значений, выходящих за пределы, регламентируемые ГОСТ Р 54478-2011 ($\pm 2\%$), составило 462, или 18,6% от общего числа

наблюдений. При этом оправдываемость прогноза содержания сырой клейковины в зерне различных сортов пшеницы составила 81,4 %.

Опубликованные ранее данные (Пасынков и др., 2017; Пасынков и Пасынкова, 2018) и представленные в таблицах 1–4 по проверке эффективности прогноза содержания сырой клейковины на основе разработанного уравнения множественной нелинейной регрессии позволяют сделать вывод о его сравнительно высоких прогностических возможностях. При этом прогноз содержания сырой клейковины в зерне пшеницы подтверждается при модификационных (удобрения, средства защиты растений, биопрепараты, сроки и нормы посева (Захаров, 2007; Крючков и др., 2008; Черно и Рябовол, 2016; Сайдышева и Захаров, 2017; Окорков и Батяхина, 2018; Виолета Божанова и др., 2014; Arkadiusz Stępień *et al.*, 2016; Arkadiusz Stępień *et al.*, 2017; Алабушев и др., 2018)) и генотипических (сортовых) различиях (Павлюк и др., 2007а; Павлюк и др., 2007в; Евдокимов и др., 2008; Хрунов, автореферат диссертации кандидата биологических наук, 2013; Григорьев и др., 2015; Зеленев и др., 2015; Ториков и др., 2017; Кузьмич и др., 2018; Потоцкая и др., 2019). Отмеченное выше полностью соответствует закону о параллелизме модификационной и генотипической изменчивости признаков качества зерна, открытого А. Н. Павловым (Павлов, 1990а). Значение выявленного параллелизма состоит в том, что физиолого-биохимические механизмы реализации изменчивости признаков качества зерна, обусловленные как генотипом, так и условиями выращивания, одни и те же. По поведению того или иного признака при модификационной изменчивости можно предсказать его поведение в процессе селекции (Павлов, 1990в).

Выводы. Прогностические возможности разработанного уравнения регрессии подтверждаются при модификационных и генотипических различиях. Представленное уравнение со сравнительно высокой степенью вероятности может быть использовано для прогноза содержания сырой клейковины в зерне различных сортов озимой и яровой мягкой и твердой пшеницы.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А. В., Попов А. С., Марченко Д. М. и др. Технология возделывания мягкой озимой пшеницы сорта Аксинья в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России, 2018. № 5(59). С. 14–21. DOI 10.31367/2079-8725-2018-59-5-14-21.
2. Григорьев Ю. П., Белан И. А., Колмаков Ю. В. Конкурсное сортоиспытание яровой мягкой пшеницы в подтаежной зоне Омской области // Вестник Курской ГСХА. 2015. № 7. С. 119–121.
3. Евдокимов М. Г., Юсов В. С., Колмаков Ю. В., Мешкова Л. В. Сравнительная характеристика новых сортов яровой твердой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2008. № 12. С. 10–13.
4. Захаров В. Т. Разработка энерго- и ресурсосберегающих технологий выращивания озимой пшеницы на основе оптимизации норм удобрения, систем защиты растений и основной обработки почвы в центральном районе Краснодарского края // Научный журнал КубГАУ. 2007. № 25(1). С. 8.
5. Зеленев А. В., Маркова И. Н., Питоня В. Н., Смутнев П. А. Сорта яровой пшеницы в сухостепной зоне каштановых почв Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 4(40). С. 39–45.
6. Крючков А. Г., Тейхриб П. П., Попов А. Н. Твердая пшеница. Современные технологии возделывания. Оренбург: ООО «Оренбургское книжное издательство», 2008. С. 704.
7. Кузьмич М. А., Лапочкина И. Ф., Гайнуллин Н. Р. и др. Оценка технологических и хлебопекарных свойств новых линий яровой пшеницы // Инновационные разработки по селекции и технологиям возделывания сельскохозяйственных культур. ФИЦ «Немчиновка», 2018. С. 91–97.
8. Окорков В. В., Батяхина Н. А. К совершенствованию агротехники возделывания яровой пшеницы // Владимирский земледелец. 2018. № 2(84). С. 16–19.
9. Павлов А. Н. О параллелизме модификационной и генотипической изменчивости признаков качества зерна // Сельскохозяйственная биология. 1990. № 1. С. 13–27.
10. Павлов А. Н. Результаты исследований физиологических основ минерального питания растений // Тр. ВИУА. М., 1990. С. 3–16.
11. Павлюк Н. Т., Русанов И. А., Шенцев Г. Д. Селекция озимой пшеницы на зимостойкость и продуктивность // Селекция и семеноводство полевых культур: Юбилейный сборник научных трудов. Ч. 1. История селекции. Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2007а. С. 138–155.

12. Павлюк Н. Т., Русанов И. А., Шенцев Г. Д. Высота растений озимой пшеницы и устойчивость к полеганию // Селекция озимой пшеницы на зимостойкость и продуктивность: Селекция и семеноводство полевых культур: Юбилейный сборник научных трудов. Ч. 1. История селекции. Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2007в. С. 155–169.
13. Пасынков А. В., Пасынкова Е. Н. Статистические зависимости основных показателей качества зерновых культур // Агрохимия. 2011. № 2. С. 24–40.
14. Пасынков А. В., Дубовик Д. В., Пасынкова Е. Н. Прогноз содержания сырой клейковины в зерне пшеницы на основе уравнений множественной регрессии // Вестник Курской ГСХА. 2017. № 4. С. 8–14.
15. Пасынков А. В., Пасынкова Е. Н. Особенности использования уравнений множественной регрессии для прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы // Агрохимический вестник. 2018. № 3. С. 69–74. DOI 10.24411/0235-2516-2018-10016.
16. Потоцкая И. Я., Шаманин В. П., Шепелев С. С. и др. Синтетическая пшеница как источник улучшения качества зерна в селекции пшеницы // Вестник Курской ГСХА. 2019. № 2. С. 55–62.
17. Сайдяшева Г. В., Захаров С. А. Эффективность применения минеральных, биоминеральных удобрений и биопрепарата «Бисолбифит» на посевах яровой пшеницы в условиях Среднего Поволжья // Вестник Ульяновской ГСХА. 2017. № 1(37). С. 56–65. DOI 10.18286/1816-4501-2017-1-56-65.
18. Ториков В. В., Мельникова О. В., Мамеев В. В. Урожайность и качество сортов нового поколения хлебопекарной озимой пшеницы // Вестник Брянской ГСХА. 2017. № 3(61). С. 9–14.
19. Черно О. Д., Рябовол Я. С. Вплив різних систем удобрення на технологічні показники зерна пшениці сорту Артемісія // Збірник наукових праць СГІ-НЦНС. 2016. Вип. 27(67). С. 156–162.
20. Arkadiusz Stępień, Katarzyna Wojtkowiak, Michał Skłodowski, Mirosław Pietrusiewicz. Wpływ dolistnego nawożenia Cu, Zn i Mn na wskaźniki jakościowe ziarna i elementy plonowania pszenicy ozimej orkisz (*Triticum aestivum* SSP. *Spelta* L.) // Fragmenta Agronomica. 2017. No. 34(3). S. 97–108.
21. Arkadiusz Stępień, Katarzyna Wojtkowiak, Krzysztof Orzech, Artur Wiktorski. Nutritional and technological characteristics of common and spelt wheats are affected by mineral fertilizer and organic stimulator nano-gro // Acta Sci. Pol. Agricultura. 2016. No. 15(2). S. 49–63.
22. Виолета Божанова, Величка Котева, Тодорка Савова, Марина Марчева и др. Избор на подходящи сортове зърнено-житни култури и семепроизводство за нуждите на биологичното земеделие в България – проблеми и отговори / Национална конференция с международно участие на тему: «Биологични растениевъдство, животновъдство и храни». София, 2014. С. 68–76.

References

1. Alabushev A. V., Popov A. S., Marchenko D. M. i dr. Tekhnologiya vozdel'yvaniya myag-koj ozimoy pshenicy sorta Aksin'ya v yuzhnoy zone Rostovskoy oblasti [The cultivation technology of soft winter wheat variety 'Aksinya' in the southern zone of the Rostov region] // Zernovoe hozyaj-stvo Rossii, 2018. № 5(59). S. 14–21. DOI 10.31367/2079-8725-2018-59-5-14-21.
2. Grigor'ev Yu. P., Belan I. A., Kolmakov Yu. V. Konkursnoe sortoispytanie yarovoj myagkoj pshenicy v podtaezhnoy zone Omskoj oblasti [Competitive variety testing of spring soft wheat in the subtaiga zone of the Omsk region] // Vestnik Kurskoj GSKHA. 2015. № 7. S. 119–121.
3. Evdokimov M. G., Yusov V. S., Kolmakov Yu. V., Meshkova L. V. Sravnitel'naya harak-teristika novyh sortov yarovoj tverdoj pshenicy [Comparative characteristics of the new spring durum wheat varieties] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2008. № 12. S. 10–13.
4. Zaharov V. T. Razrabotka energo- i resursosberegayushchih tekhnologij vyrashchivaniya ozimoy pshenicy na osnove optimizatsii norm udobreniya, sistem zashchity rastenij i os-novnoj obrabotki pochvy v central'nom rajone Krasnodarskogo kraja [Development of energy- and resource-saving technologies to grow winter wheat based on the optimization of fertilizer rates, plant protection systems and basic tillage in the central region of the Krasnodar Territory] // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2007. № 25(1). S. 8.
5. Zelenev A. V., Markova I. N., Pitonya V. N., Smutnev P. A. Sorta yarovoj pshenicy v suhostepnoj zone kashtanovyh pochv Volgogradskoj oblasti [Spring wheat varieties in the steppe zone of chestnut soils of the Volgograd region] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2015. № 4(40). S. 39–45.
6. Kryuchkov A. G., Tejhrab P. P., Popov A. N. Tverdaya pshenica. Sovremennye tekhnolo-gii vozdel'yvaniya [Durum wheat. Modern cultivation technologies]. Orenburg: OOO "Orenburgskoe knizhnoe izdatel'stvo", 2008. S. 351, 473, 492.
7. Kuz'mich M. A., Lapochkina I. F., Gajnullin N. R. i dr. Ocenka tekhnologicheskikh i hlebopekarnykh svojstv novyh linij yarovoj pshenicy [Evaluation of technological and baking properties of new spring wheat lines] // Innovacionnye razrabotki po se-lekcii i tekhnologiyam vozdel'yvaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur. FIC "Nemchinovka", 2018. S. 91–97.
8. Okorkov V. V., Batyahina N. A. K sovershenstvovaniyu agrotekhniki vozdel'yvaniya yarovoj pshenicy [To the improvement of the agro technologies of spring wheat cultivation] // Vladimirskij zemledec. 2018. № 2(84). С. 16–19.
9. Pavlov A. N. O parallelizme modifikacionnoj i genotipicheskoy izmenchivosti priznakov kachestva zerna [On parallelism of modification and genotypic variability of the grain quality traits] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 1990. № 1. S. 13–27.
10. Pavlov A. N. Rezul'taty issledovanij fiziologicheskikh osnov mineral'nogo pi-taniya rastenij [The results of study of the physiology of mineral nutrition of plants] // Tr. VIUA. M., 1990. S. 3–16.
11. Pavlyuk N. T., Rusanov I. A., Shencev G. D. Selekcija ozimoy pshenicy na zimo-stojkost' i produktivnost' [Winter wheat breeding for winter tolerance and productivity] // Selekcija i semenovodstvo polevykh kul'tur: YUbilejnyj sbornik nauchnyh trudov. Ch. 1. Istoriya selekcii. Voronezh: FGOU VPO VGAU, 2007A. S. 138–155.
12. Pavlyuk N. T., Rusanov I. A., Shencev G. D. Vysota rastenij ozimoy pshenicy i ustojchivost' k poleganiyu [Height of winter wheat plants and its lodging resistance] // Selekcija ozimoy pshenicy na zimostojkost' i produktiv-nost': Selekcija i semenovodstvo polevykh kul'tur: YUbilejnyj sbornik nauchnyh trudov. Ch. 1. Istoriya selekcii. Voronezh: FGOU VPO VGAU, 2007V. S. 155–169.

13. Pasyнков A. V., Pasynkova E. N. Statisticheskie zavisimosti osnovnykh pokazatelej kachestva zernovykh kul'tur [Statistical dependencies of the main indicators of grain crops quality] // *Agrohimiya*. 2011. № 2. S. 24–40.
14. Pasyнков A. V., Dubovik D. V., Pasynkova E. N. Prognoz soderzhaniya syroj klej-koviny v zerne pshenicy na osnove uravnenij mnozhestvennoj regressii [Raw gluten content prediction in wheat kernels based on the equations of multiple regression] // *Vestnik Kurskoj GSKHA*. 2017. № 4. S. 8–14.
15. Pasyнков A. V., Pasynkova E. N. Osobennosti ispol'zovaniya uravnenij mnozhe-stvennoj regressii dlya prognoza soderzhaniya syroj klejkoviny v zerne pshenicy [Features of using multiple regression equations to predict raw gluten content in wheat kernels] // *Agro-himicheskij vestnik*. 2018. № 3. S. 69–74. DOI 10.24411/0235-2516-2018-10016.
16. Potockaya I. Ya., Shamanin V. P., Shepelev S. S. i dr. Sinteticheskaya pshenica kak istochnik uluchsheniya kachestva zerna v selekcii pshenicy [Synthetic wheat as a source of improving the quality of grain in wheat breeding] // *Vestnik Kurskoj GSKHA*. 2019. № 2. S. 55–62.
17. Sajdyasheva G. V., Zaharov S. A. Effektivnost' primeneniya mineral'nykh, biomi-neral'nykh udobrenij i biopreparata Bisolbifit na posevah yarovoj pshenicy v usloviyakh Srednego Povolzh'ya [Efficiency of application of mineral, biomineral fertilizers and bio-preparation 'Bisolbifit' on spring wheat in the conditions of the Middle Povolzhie] // *Vestnik Ul'yanovskoj GSKHA*. 2017. № 1(37). S. 56–65. DOI 10.18286/1816-4501-2017-1-56-65.
18. Torikov V. V., Mel'nikova O. V., Mameev V. V. Urozhajnost' i kachestvo sortov no-vogo pokoleniya hlebopekarnoj ozimoi pshenicy [Productivity and quality of a new generation of baking winter wheat varieties] // *Vestnik Bryanskoj GSKHA*. 2017. № 3(61). S. 9–14.
19. Chernov O. D., Ryabovol Ya. S. Vpliv raznykh sistem udobreniya na tekhnologicheskie pokaz-niki zerna pshenicy sortu Artemisiya // *Zbirnik naukovih prac' SGI-NCNS*. 2016. Vip. 27(67). S. 156–162.
20. Arkadiusz Stępień, Katarzyna Wojtkowiak, Michał Skłodowski, Mirosław Pietrusiewicz. Wpływ dolistnego nawożenia Su, Zn i Mn na wskaźniki jakościowe ziarna i elementy plonowania pszenicy ozimej orkisz (*Triticum aestivum* SSP. *Spelta* L.) // *Fragmenta Agronomica*. 2017. No. 34(3). S. 97–108.
21. Arkadiusz Stępień, Katarzyna Wojtkowiak, Krzysztof Orzech, Artur Wiktorski. Nutri-tional and technological characteristics of common and spelt wheats are affected by mineral fertiliz-er and organic stimulator nano-gro // *Acta Sci. Pol. Agricultura*. 2016. No. 15(2). S. 49–63.
22. Violeta Bozhanova, Velichka Koteva, Todorka Savova, Marina Marcheva i dr. Izbor na podhodyashchi sortove z"rnenno-zhitni kulturi i semeproizvodstvo za nuzhdite na biologich-noto zemedelie v B"lgariya – problemi i otgovori / Nacionalna konferenciya s mezhduna-rodno uchastie na temu: "Biologichni rasteniev"dstvo, zhivotnov"dstvo i hrani". Sofiya, 2014. S. 68–76.

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 633.31:631.52

DOI 10.31367/2079-8725-2019-64-4-27-30

КОРМОВАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЦЕННОСТЬ КАК ПРЕДШЕСТВЕННИКА НОВОГО СОРТА ЭСПАРЦЕТА ШУРАВИ

С. А. Игнатъев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории многолетних трав, mноголетnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0715-2982;

А. А. Регидин, младший научный сотрудник лаборатории многолетних трав, 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

Рассмотрены результаты многолетних исследований в конкурсном сортоиспытании сорта эспарцета Шурави, внесенного в Государственный реестр селекционных достижений и допущенного к использованию с 2019 г. в Северо-Кавказском и Нижневолжском регионах России.

Сорт эспарцета Шурави – сложногобридная популяция, полученная методами индивидуально-семейственного отбора и поликросса с последующим массовым негативным отбором. По большинству морфобиологических признаков отнесен к закавказскому виду. Растения сорта высокорослые (95–105 см). Куст полупрямостоячий (40%), прямостоячий (40%) и полуразвалистый (20%). Корневая система стержневая с хорошо выраженным главным корнем. Стебель ребристый толстый, слабо выполнен или полый внутри. Бобы средней крупности, преимущественно с шипиками. Масса 1000 семян – 18–20 г. Vegetационный период от начала отрастания до полной спелости семян составляет 85–90 дней, а укосная спелость зеленой массы наступала через 45–55 дней. По устойчивости к основным болезням не уступает стандарту Зерноградский 2. Урожайность зеленой массы сорта эспарцета Шурави на период передачи сорта на Государственное сортоиспытание была на 9,6% выше, чем у стандарта, сухого вещества – на 14,7, семян – на 17,6%. В последующие годы изучения в конкурсном сортоиспытании сорт Шурави превышал стандарт по урожайности зеленой массы на 10,3, сухого вещества – на 9,8%. По сбору с 1 га кормовых единиц, сырого и переваримого протеина сорт превышал стандарт соответственно на 17,0, 15,7 и 16,1%. Содержание обменной энергии в 1 кг сухого вещества и обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином у сорта Шурави было на уровне стандарта.

Использование эспарцета Шурави в качестве зеленого удобрения позволяет заделать в почву на 9,8–14,7% больше, чем у стандарта, свежего органического вещества, а с ним и больше на 1,8–2,4 кг азота, фосфора и калия при этом поступает практически такое же количество, как и у стандарта Зерноградский 2. В целом при использовании зеленой массы эспарцета как сидерата, в почву поступит значительно больше основных элементов питания (азота, фосфора и калия), чем при внесении такого же количества навоза хорошего качества.

Ключевые слова: сорт, эспарцет, урожайность, зеленая масса, сухое вещество, кормовая единица, протеин, сидерат.



THE NEW SAINFOIN VARIETY 'SHURAVI', ITS FEED PRODUCTIVITY AND VALUE AS A FORECROP

S. A. Ignatiev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of perennial grasses, 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, ORCID ID: 0000-0002-3246-1501

FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchnyy gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The paper discusses the results of long-term research in the competitive variety testing of the sainfoin variety 'Shuravi', introduced into the State List of breeding achievements and approved for use in 2019 in the North Caucasus and Nizhne-Volga regions of Russia.

The sainfoin variety 'Shuravi' is a complex hybrid species obtained by the methods of individual-family selection and polycross followed by massive negative selection. According to the most morphological and biological characteristics, the variety has been assigned to the Transcaucasian species. The plants are of tall height (95–105 cm). The bush is semi-upright (40%), upright (40%) and semi-sprawling (20%). The root system is vertical with a well-defined main root. The stalk is rough, thick and hollow inside. The kernels are of medium size, mainly with spines. 1000 kernel weight is 18–20 g. The vegetation period 'sprouts – full ripeness' is 85–90 days, and the mowing ripeness of the green mass is 45–55 days. According to resistance to major diseases, the variety is not inferior to the standard variety 'Zernogradsky 2'. The productivity of 'Shuravi' green mass during the State variety testing was on 9.6% higher than that of the standard variety, dry matter was on 14.7% higher and seed productivity was on 17.6% higher. In the following years of study in a competitive variety testing, the variety 'Shuravi' exceeded the standard variety on 10.3% in green mass productivity and on 9.8% in dry matter. According to the yield of fodder units per 1 hectare, raw and digestible protein, the variety exceeded the standard on 17.0, 15.7 and 16.1% respectively. Exchange energy content per 1 kg of dry matter and supply of a fodder unit with digestible protein in the variety 'Shuravi' was at the standard level.

The use of the sainfoin variety 'Shuravi' as a green fertilizer makes it possible to cover fresh standard organic matter on 9.8–14.7% and nitrogen on 1.8–2.4 kg more compared with the standard; the percentage of phosphorus and potassium is the same as with the standard variety 'Zernogradsky 2'. In general, when using sainfoin green mass as green manure, soil is supplied with much more such basic nutrients as nitrogen, phosphorus and potassium than when applying the same amount of good quality manure.

Keywords: variety, sainfoin, productivity, green mass, dry matter, fodder unit, protein, green manure.

Введение. Эспарцет – это многолетнее травянистое бобовое растение, которое по кормовой ценности, содержанию белка и других питательных веществ не уступает люцерне (Макарова и др., 1990).

Эспарцет отличается высокой засухоустойчивостью и зимостойкостью. В сухостепной зоне имеет преимущество перед люцерной по урожайности. Он нетребователен к почвам и лучше других бобовых культур удается на смывых песчаных и каменистых почвах. Отличается высокой и устойчивой по годам семенной продуктивностью. Используется в одно-видовых и смешанных посевах на сенокосах и пастбищах.

Эспарцет – один из лучших предшественников для озимых культур, так как накапливает до 100–120 кг/га биологического азота и 4–5 т/га растительных остатков (Кулинцев и др., 2013; Галиченко, 2015; Кравцова, 2016).

На современном этапе селекции эспарцета наибольшее внимание уделяется его устойчивости к неблагоприятным условиям выращивания, долголетию, устойчивости вытаптыванию животными, отавности и улучшению качества корма.

Целью работы является оценка сорта эспарцета Шурави на кормовую продуктивность, качество корма и ценность как предшественника под озимые культуры.

Материалы и методы исследований. В опыте конкурсного сортоиспытания на протяжении 2010–2019 гг. в «АНЦ «Донской» проводили изучение сорта эспарцета Шурави (селекционный номер 5/93).

Полевые исследования проводили согласно «Методическим рекомендациям по селекции многолетних трав» (1985).

Посев выполняли весной. Норму высева устанавливали из расчета 4 млн всхожих семян на 1 га. Площадь делянки – 25 м², повторность – четырехкратная.

Полный зоотехнический анализ растительных образцов выполнялся по Руководству по анализу кормов (Разумов, 1983).

Статистическую обработку результатов проводили с использованием компьютерных программ Excel и Statistica 10.0.

В период до передачи на ГСИ и в последующие годы изучения сорта эспарцета Шурави погодные условия были очень различны. Весенний период вегетации проходил в условиях, близких к средним многолетним. Вторая половина вегетации в июне и в послеубороч-

ный период (июль, август и сентябрь) проходила при недоборе осадков от 5,4 до 15,9% на фоне высоких (на 0,5–2,4 °С выше среднеемноголетних) среднесуточных температур. Активная осенняя вегетация началась в конце сентября – начале октября, после выпадения первых продуктивных осадков.

Результаты и их обсуждение. Сорт эспарцета Шурави выведен методами индивидуально-семейственного отбора и поликросса в сочетании с массовым негативным отбором.

Исходные формы: из сорта закавказского вида Северокавказский двуукосный отбор № 9261 и отбор № 9775, песчаные виды – Зерноградский 2 и К-44757. По большинству морфологических признаков отнесен к эспарцету Закавказскому (*Onobrychis transcaucasica* Grossh).

Растения сорта высокорослые – 95–105 см (в среднем 100 см). Куст полупрямостоячий (40%), полуразвалистый (20%) и прямостоячий (40%). Корневая система стержневая с хорошо выраженным главным корнем. Стебель ребристый, толстый, слабо выполнен или полый внутри, слабо опушен, мягкий. На стебле 6–13 междоузлий с двумя или четырьмя ветвями первого порядка. Узлы стебля светло-зеленого цвета.

Листочки ланцетной и яйцевидной формы с приплюсненной вершиной, мягкие, слабоопушенные, серовато-зеленого цвета. Облиственность растений 40–45%. Соцветие – цилиндрическая с утончающимся концом, рыхлая кисть. Окраска цветков розовая с фиолетовым оттенком. Встречаются и бледно-розовые. Бобы средней крупности, преимущественно с шипиками. Цвет бобов желто-бурый, масса 1000 семян – 18–20 г.

Вегетационный период от начала весеннего отрастания до полной спелости семян – 85–90 дней, укосная спелость в первом укосе наступает через 45–55 дней.

По устойчивости к основным болезням не уступает стандарту Зерноградский 2.

За годы изучения сорта Шурави в конкурсном сортоиспытании его превышение по урожайности зеленой массы над стандартом Зерноградский 2 составляло 2,4 т/га (9,6%), сена – 1,0 т/га (14,7%), семян – 0,12 т/га (17,6%). Сорт характеризовался хорошим качеством корма. В абсолютно сухом веществе (АСВ) в среднем содержалось 18,56% сырого протеина, 31,2% клетчатки (табл. 1).

1. Характеристика сорта эспарцета Шурави по продуктивности и кормовой ценности в конкурсном сортоиспытании (2011–2015 гг.)

1. Characteristics of the sainfoin variety 'Shuravi' according to its productivity and feed value in a competitive testing (2011–2015)

Сорта	Урожайность, т/га							% к стан- дарту	% на АСВ	
	посев 2011 г.		посев 2012 г.		посев 2013 г.		средняя за 3 цикла		сырой протеин	сырая клетчатка
	2012	2013	2013	2014	2014	2015				
Зеленая масса										
Зерноградский 2, ст.	25,4	24,5	26,3	24,4	23,4	26,8	25,1	100,0	18,31	31,14
Шурави	28,2	26,4	29,5	26,4	25,8	28,9	27,5	109,6	18,56	31,20
НСР ₀₅	1,34	1,24	1,36	1,15	1,39	1,26	—	—	—	—
Сено										
Зерноградский 2, ст.	7,1	6,8	7,4	6,0	5,8	7,6	6,8	100,0	—	—
Шурави	8,0	7,8	8,1	7,5	7,2	8,1	7,8	114,7	—	—
НСР ₀₅	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Семена										
Зерноградский 2, ст.	0,69	0,63	0,69	0,70	0,69	0,71	0,68	100,0	—	—
Шурави	0,87	0,88	0,69	0,82	0,76	0,76	0,80	117,6	—	—
НСР ₀₅	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	—	—	—	—

Сорт эспарцета Шурави на основании таких показателей продуктивности и кормовых достоинств передавали на Государственное сортоиспытание с рекомендацией для возделывания в 6 и 8 регионах России.

С 2019 г. сорт эспарцета Шурави внесен в Государственный реестр селекционных достижений и допущен к использованию в Северо-Кавказском и Нижневолжском регионах Российской Федерации.

Дальнейшее изучение в конкурсном сортоиспытании показало, что сорт Шурави стабильно и достоверно

по урожайности зеленой массы и сухого вещества превосходит стандарт Зерноградский 2. Средняя урожайность зеленой массы и сухого вещества за последующие четыре года равнялась 33,1 и 8,2 т/га соответственно, что на 10,3 и 9,8% выше стандарта (табл. 2).

По сбору кормовых единиц, сырого и переваримого протеина с 1 га сорт Шурави превосходил стандарт соответственно на 17,0; 15,7 и 16,1 %. Содержание обменной энергии в 1 кг сухого вещества и обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином у нового сорта было на уровне стандарта (табл. 3).

2. Урожайность кормовой массы сортов эспарцета, т/га 2. Productivity of feed mass of sainfoin varieties, t/ha

Год	Зерноградский 2, ст.		Шурави		НСП ₀₅	
	зеленая масса	АСВ	зеленая масса	АСВ	зеленая масса	АСВ
2015	27,1	6,8	32,9	8,2	1,34	0,25
2016	29,7	7,4	33,3	8,3	1,43	0,33
2017	31,1	7,8	35,4	8,8	1,38	0,27
2018	30,8	7,4	30,7	7,3	1,27	0,24
средняя	29,7	7,4	33,1	8,2	—	—
V, %	8,4	9,3	8,7	8,8	—	—

3. Кормовая продуктивность сортов эспарцета (2015–2017 гг.) 3. Feed productivity of sainfoin varieties (2015–2017)

Сорт	Год	Кормовых единиц, тыс/га	Сырого протеина, т/га	Переваримого протеина, т/га	Содержание обменной энергии, МДж в 1 кг сух. в-ва	Переваримый протеин на 1 к.ед., г
Зерноградский 2, ст.	2015	3,60	1,24	0,87	10,0	241
	2016	3,92	1,35	0,93	10,5	238
	2017	4,13	1,42	0,97	10,6	236
	средняя	3,89	1,34	0,93	10,3	238
Шурави	2015	4,42	1,51	1,04	10,0	235
	2016	4,48	1,54	1,07	10,5	239
	2017	4,75	1,62	1,13	10,6	238
	средняя	4,55	1,55	1,08	10,3	237

Культура эспарцета все чаще используется во многих районах России как зеленое удобрение (Беляк и др., 2015). Это позволяет экономить значительные средства на минеральных удобрениях и при отсутствии навоза вносить в почву свежее органическое вещество с достаточно высоким содержанием в нем основных элементов питания – азота, фосфора и калия

в легкодоступной форме. В качестве зеленого удобрения сорт эспарцета Шурави имеет существенные преимущества перед стандартом Зерноградский 2. Так, по урожайности сухого вещества сорт Шурави на 9,8% превосходит стандарт, с 1 тонной его сухого вещества в почву поступает на 1,8–2,4 кг/га больше азота и практически равное количество фосфора и калия (табл. 4).

4. Количество питательных веществ, поступающих в почву с 1 т сухого вещества разных сортов эспарцета, кг/га

4. The amount of nutrients the soil obtains from 1 ton of dry matter of different sainfoin varieties, kg/ha

Сорт	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
В среднем за цикл посева 2013 г.			
Зерноградский 2, ст.	27,8	6,4	16,3
Шурави	29,6	6,4	16,6
В среднем за цикл посева 2014 г.			
Зерноградский 2, ст.	30,4	6,4	17,6
Шурави	32,8	6,8	17,9
Навоз, 1 т/га (Васильев и Филиппова, 1984)	6,9	3,2	9,9

Использование вообще эспарцета как зеленого удобрения сейчас, на наш взгляд, наиболее выгодный и доступный способ пополнения почвы органическим веществом. В сравнении с навозом с сухим веществом эспарцета в почву заделывается существенно большее количество основных элементов питания. В нынешних условиях стагнации животноводства для поддержания, сохранения и повышения плодородия почв необходимо использовать эти свойства эспарцета.

Выводы. Многолетние испытания нового сорта эспарцета Шурави показали, что по урожайности зе-

леной массы (на 9,6–10,3%) и сухого вещества (на 9,8–14,7%) он стабильно превосходит стандарт Зерноградский 2. По сбору с 1 га кормовых единиц, сырого и переваримого протеина сорт Шурави превышает стандарт соответственно на 17,0, 15,7 и 16,1%. Использование вегетативной массы эспарцета Шурави в качестве зеленого удобрения позволяет заделывать в почву на 9,8–14,7% больше, чем у стандарта, свежего органического вещества, а с ним и на 1,8–2,4 кг/га азота.

Библиографические ссылки

1. Беляк В. Б., Тимошкин О. А., Болахнова В. И. Оптимизация структуры кормовых культур в лесостепной и сухостепной зоне Поволжья // Кормопроизводство. № 8. 2015. С. 16–23.
2. Васильев В. А., Филиппова Н. В. Справочник по органическим удобрениям. М.: Россельхозиздат, 1984. 254 с.
3. Галиченко И. И. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественников // Зерновое хозяйство России. 2015. № 2. С. 3–5.
4. Кравцова Е. В. Влияние сидератов на продуктивность зерновых культур в условиях южной зоны Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2016. № 4. С. 57–60.
5. Кулинцев В. В., Годунова Е. И., Желнакова Л. И. и др. Система земледелия нового поколения Ставропольского края: монография. Ставрополь: АГРУС Ставропольского ГАУ, 2013. 520 с.
6. Макарова Л. И., Ермоленко В. В., Продан В. И. и др. Питательность кормов и растений Ростовской области. Ростов н/Д.: Рост. кн. изд-во, 1990. 331 с.

References

1. Belyak V. B., Timoshkin O. A., Bolahnova V. I. Optimizatsiya struktury kormovykh kul'tur v lesostepnoy i suhostepnoy zone Povolzh'ya [Optimization of forage crops structure in the forest-steppe and dry-steppe zone of the Volga region] // Kormoproizvodstvo. № 8. 2015. S. 16–23.
2. Vasil'ev V. A., Filippova N. V. Spravochnik po organicheskim udobreniyam [Recommendations on organic fertilizers]. M.: Rossel'hozizdat, 1984. 254 s.
3. Galichenko I. I. Urozhajnost' ozimoy pshenicy v zavisimosti ot predshestvennikov [Winter wheat productivity, depending on its forecrops] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2015. № 2. S. 3–5.
4. Kravcova E. V. Vliyanie sideratov na produktivnost' zernovykh kul'tur v usloviyakh yuzhnoj zony Rostovskoy oblasti [The influence of green manure on grain crops productivity in the southern zone of the Rostov region] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2016. № 4. S. 57–60.
5. Kulincev V. V., Godunova E. I., Zhelnakova L. I. i dr. Sistema zemledeliya novogo pokoleniya Stavropol'skogo kraja: monografiya [The agricultural system of the new generation of the Stavropol Territory: monograph]. Stavropol': AGRUS Stavropol'skogo GAU, 2013. 520 s.
6. Makarova L. I., Ermolenko V. V., Prodan V. I. i dr. Pitatel'nost' kormov i raste-nij Rostovskoy oblasti [Nutritional value of forage and plants of the Rostov region]. Rostov n/D.: Rost. kn. izd-vo, 1990. 331 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.

УДК 633.11:631.55:581.19

DOI 10.31367/2079-8725-2019-64-4-31-35

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Н. С. Кравченко, кандидат биологических наук, научный сотрудник, зав. лабораторией биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ninakravchenko78@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548;

Е. В. Ионов, доктор сельскохозяйственных наук, зам. директора по науке, ORCID ID: 0000-0002-2840-6219;

В. Л. Газе, младший научный сотрудник лаборатории физиологии растений, ORCID ID: 0000-0002-4618-6125
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Представлены результаты изучения урожайности и качества зерна образцов озимой мягкой пшеницы в условиях провокационного фона «засушник». Целью исследований было изучение влияния условий выращивания на формирование урожайности и качества зерна образцов озимой пшеницы. Максимальную урожайность в условиях модельной засухи «засушник» сформировали образцы Шеф (295,0 г/м²), Жаворонок (282,0 г/м²), Вольный Дон (280,8 г/м²), что свидетельствует о повышенном уровне засухоустойчивости данных генотипов. Увеличение содержания белка в опыте по сравнению с контролем составило от 20,8% (Аскет) до 47,2% (Донская степь). Зафиксировано увеличение количества клейковины в опыте по сравнению с контролем от 28,5% (Вольный Дон) до 54,7% (352/11) и одновременно установлено снижение качества белка и клейковины. В условиях модельной засухи отмечено значительное снижение натурной массы образцов. Выделены генотипы, которые в условиях жесткой засухи сформировали натурную массу зерна на уровне 3-го класса качества (не менее 730 г/л): Аскет (730 г/л), Амбар (732 г/л), Этюд (736 г/л), Лучезар (744 г/л) и 1377/06 (743 г/л). Был проведен корреляционный анализ, в результате которого определено изменение взаимосвязей между урожайностью и признаками качества под влиянием условий выращивания.

Ключевые слова: озимая пшеница, массовая доля белка в зерне, количество клейковины, натурная масса, урожайность, число падения.



THE EFFECT OF GROWING CONDITIONS ON PRODUCTIVITY AND KERNEL QUALITY OF WINTER SOFT WHEAT SAMPLES

N. S. Kravchenko, Candidate of Biological Sciences, researcher, head of the laboratory of bio-chemical assessment of breeding material and grain quality, ninakravchenko78@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548;

E. V. Ionova, Doctor of Agricultural Sciences, deputy director on Science, ORCID ID: 0000-0002-2840-6219;

V. L. Gaze, junior researcher of the laboratory of plant physiology, ORCID ID: 0000-0002-4618-6125

FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",

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

The paper presents the study results of yield and grain quality of winter soft wheat samples in the conditions of the provocative background "zasushnik". The purpose of the research was to study the effect of growing conditions on the formation of productivity and grain quality of winter wheat samples. The maximum productivity in the conditions of the simulative drought "zasushnik" was shown by the samples 'Shef' (295.0 g/m²), 'Zhavoronok' (282.0 g/m²), 'Volny Don' (280.8 g/m²), which indicates an increased level of drought tolerance of these genotypes. The increase of protein percentage in comparison with the control variety ranged from 20.8% ('Asket') to 47.2% ('Donskaya Step'). There was also gluten amount increase in the experiment in comparison with the control variety from 28.5% ('Volny Don') to 54.7% ('352/11') and at the same time there was a decrease in protein and gluten quality. Under conditions of a simulative drought, there was a significant decrease in the natural mass of the samples. There were identified such genotypes that, under severe drought conditions, formed a natural grain mass at the level of 3rd quality class (not less than 730 g/l) as 'Asket' (730 g/l), 'Ambar' (732 g/l), 'Etud' (736 g/l), 'Luchezar' (744 g/l) and '1377/06' (743 g/l). There was carried out a correlation analysis which allowed determining a change in the correlation between productivity and quality traits under the effect of growing conditions.

Keywords: winter wheat, mass fraction of protein in kernels, gluten amount, nature weight, productivity, falling number.

Введение. Центральное место в решении сложных задач современного растениеводства, связанных с устойчивым ростом его производства, занимает создание и широкое использование высокопродуктивных, с хорошим качеством зерна, устойчивых к стрессовым факторам сортов озимой пшеницы – основной зерновой культуры (Глуховцев и др., 2015).

Особенностью погодных условий южной зоны Ростовской области являются резкие колебания температуры и неравномерное распределение осадков в период вегетации озимой пшеницы. Для растений данного вида осадки наиболее важны в период колошения – восковой спелости, когда закладывается будущий урожай и формируется качество зерна. Создание и внедрение в производство сортов, дающих наибольшую отдачу по урожайности и качеству зерна при резко изменяющихся метеоусловиях, является важной задачей сельскохозяйственной науки.

Для оптимизации селекционного процесса наряду с прямой полевой оценкой адаптивности селекцион-

ного материала к неблагоприятным факторам внешней среды целесообразно проводить дополнительные исследования образцов озимой пшеницы в условиях модельной засухи.

В «АНЦ «Донской» создан провокационный фон «засушник», где сорта озимой пшеницы изучают в контрастных условиях по влагообеспеченности и температурному режиму. Целью исследований было изучение влияния условий выращивания на формирование урожайности и качества зерна образцов озимой пшеницы.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2017–2018 гг. в качестве объекта исследований использовали 9 сортов и 4 перспективные линии. В условиях модельной засухи «засушник» растения озимой пшеницы до четвертого этапа органогенеза (закладка и формирование колосковых бугорков) выращивали в одинаковых условиях, как в контроле, так и в опыте. После наступления четвертой фазы доступ осадков к растениям в опыте

прекращали (30% ПВ и ниже), а в контроле развитие растений осуществляли при оптимальном увлажнении (70% ПВ, полив). Максимальная температура воздуха за период вегетации зафиксирована в пределах 33–39 °С (конец мая – июнь).

Учет урожая, фенологические наблюдения проводили в лаборатории физиологии растений ФГБНУ «АНЦ «Донской» по методике В. В. Маймистова (1984).

Качество зерна определяли в лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна ФГБНУ «АНЦ «Донской» согласно общепринятым методикам и ГОСТ.

Результаты и их обсуждение. На урожайность сортов в зонах рискованного земледелия значитель-

ное влияние оказывают условия выращивания. Наибольший ущерб посевам озимой пшеницы наносят почвенные и воздушные засухи, охватывающие почти ежегодно значительную часть площадей. Засуха вызывает резкое снижение урожайности и валовых сборов зерна (Сухоруков, 2014).

Влияние условий выращивания в условиях жесткой засухи (опыт) было значительным. В среднем за годы исследований установлено варьирование урожайности в опыте от 210,9 г/м² (1377/06) до 295,0 г/м² (Шеф). При оптимальном увлажнении (контроль) урожайность изменялась от 318,8 г/м² (1232/13) до 470,2 г/м² (Донская степь). Снижение урожайности в опыте по сравнению с контролем отмечено от 15,7% (1232/13) до 48,6% (352/11) (рис. 1).

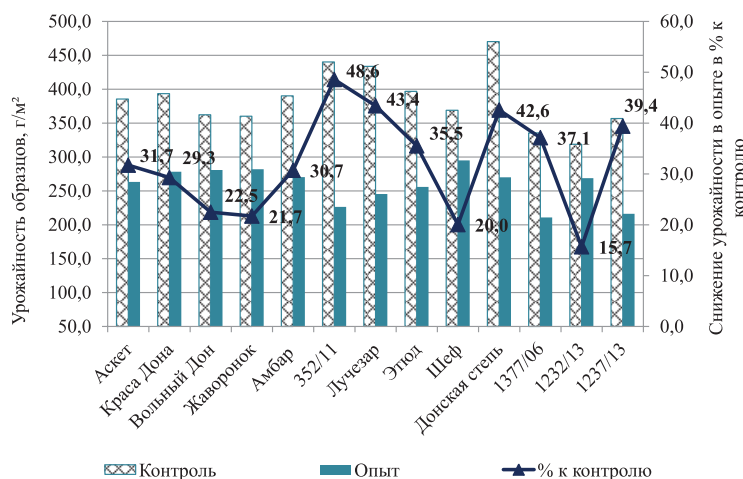


Рис. 1. Урожайность образцов озимой мягкой пшеницы (2017–2018 гг.)

Fig. 1. Productivity of winter soft wheat samples (2017–2018)

Максимальную урожайность в условиях абиотического стресса сформировали образцы Шеф (295,0 г/м²), Жаворонок (282,0 г/м²), Вольный Дон (280,8 г/м²), что свидетельствует о повышенном уровне засухоустойчивости данных генотипов.

Неблагоприятные условия (обезвоживание и перегрев) в период формирования и созревания зерна оказывают негативное влияние на качество урожая.

Важным признаком, от количества и качества которого зависят питательные свойства и хлебопекарные достоинства сортов пшеницы, является массовая доля белка в зерне.

Исследованиями многих ученых установлено, что, когда созревание зерна проходит при дефиците влаги и высокой температуре воздуха, формируется более высокое содержание белка, чем при оптимальных условиях.

Определено, что массовая доля белка в условиях провокационного фона «засушник» при оптимальных условиях выращивания (контроль) варьировала от 13,2% (Краса Дона и Вольный Дон) до 15,1% (Шеф) (рис. 2).

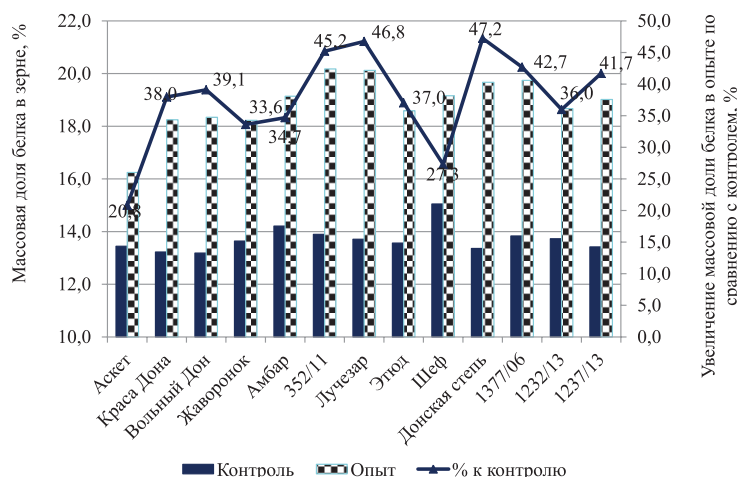


Рис. 2. Массовая доля белка в зерне образцов озимой мягкой пшеницы (2017–2018 гг.)

Fig. 2. Mass fraction of protein in kernels of winter soft wheat samples (2017–2018)

В условиях жесткой засухи (опыт) установлено изменение значений признака «массовая доля белка» от 16,2% (Аскет) до 20,2% (352/11). Увеличение содержания белка в опыте по сравнению с контролем составило от 20,8% (Аскет) до 47,2% (Донская степь). Выделен сорт Шеф, который сформировал в контроле количество белка на уровне 1 класса качества.

Отбор селекционных образцов по признаку «массовая доля белка» эффективно проводить в оптимальных по увлажнению условиях, так как при засухе

слабо проявляются сортовые различия по данному признаку (содержание белка у всех образцов высокое).

Количество клейковины – важный показатель качества зерна, в значительной степени влияющий на качество конечных продуктов муки и хлебобулочных изделий.

Значения признака «количество клейковины» в оптимальных условиях варьировали от 20,9% (Вольный Дон) до 27,8% (Шеф) (рис. 3).

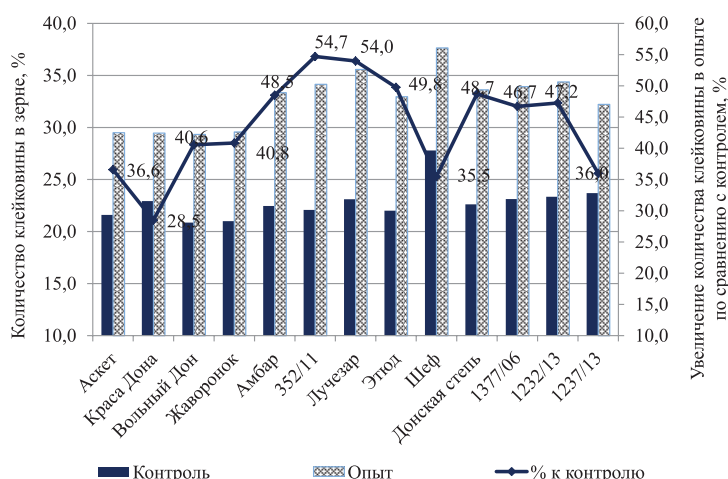


Рис. 3. Количество клейковины в зерне образцов озимой мягкой пшеницы (2017–2018 гг.)

Fig. 3. Gluten amount in in kernels of winter soft wheat samples (2017–2018)

В условиях засухи количество клейковины было более высоким по сравнению с оптимальными условиями (29,3–37,6%). Превышение этого показателя варьировало от 28,5 до 54,7%. Такое существенное увеличение клейковины не является положительным фактом, так как в условиях засухи формируется очень крепкая неэластичная клейковина с низкими реологическими свойствами, что отрицательно влияет на объемный выход хлеба. Высокое содержание клейковины (более 32%) приводит к снижению хлебопекарных свойств, однако такие образцы могут быть использованы в качестве улучшителя для образцов со слабой клейковиной.

Следует отметить, что в оптимальных условиях выращивания (контроль) высокое содержание клейковины (3-й класс качества) отмечено у образ-

цов Шеф (27,8%), Лучезар (23,1%), 1237/13 (23,7%), 1232/13 (23,3%) и 1377/06 (23,1%).

Важным показателем устойчивости сорта к засухе является способность формировать крупное, хорошо выполненное зерно в условиях водного дефицита и температурного стресса.

Натурная масса характеризует крупность и выполненность зерна и является обязательным критерием оценки сорта или партии зерна при определении товарного класса.

Известно, что в условиях засухи формируется щуплое плохо выполненное зерно, что снижает содержание питательных веществ и выход муки.

Установлено снижение натурной массы зерна в условия жесткого водного стресса по сравнению с оптимальными условиями от 8% у сорта Лучезар до 17% у сорта Жаворонок (рис. 4).

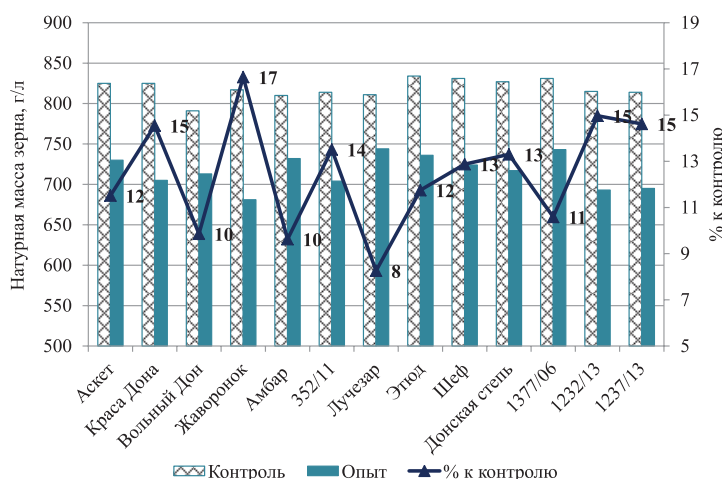


Рис. 4. Натурная масса зерна образцов озимой мягкой пшеницы (2017–2018 гг.)

Fig. 4. Natural weight of in kernels of winter soft wheat samples (2017–2018)

Варьирование значений натурности зерна в оптимальных условиях (контроль) определено от 791 (Вольный Дон) до 834 г/л (Этюд). С такими значениями все образцы относятся к 1-му классу качества по натурной массе (не менее 750 г/л). В условиях засухи значения признака «натурная масса» изменялись от 681 (Жаворонок) до 744 г/л (Лучезар).

Условия модельной засухи значительно повлияли на снижение натурной массы образцов. Выделены генотипы: Аскет (730 г/л), Амбар (732 г/л), Этюд (736 г/л), Лучезар (744 г/л) и 1377/06 (743 г/л), которые сформировали натурную массу зерна в опыте на уровне 3-го класса качества (не менее 730 г/л). Остальные образцы соответствовали требованиям ГОСТ к 4-му и 5-му классам по натурной массе.

Число падения – один из важных и информативных признаков, входящих в ГОСТ 9353-2016, который характеризует состояние крахмала и активность амилолитических ферментов.

Активность амилолитических ферментов зависит от условий, в которых проходит процесс созре-

вания и уборки зерна. Отрицательно на хлебопекарные свойства влияют засуха и переувлажнение. При переувлажнении во время уборки урожая происходит сначала скрытое, а затем явное прорастание зерна в колосе, которое снижает урожайные, семенные и технологические его свойства (Сокол, автореферат диссертации доктора технических наук, 2011).

Высокие значения числа падения, т.е. низкая активность амилолитических ферментов, свидетельствуют о снижении хлебопекарного качества зерна сортов, выращенных в условиях засухи, так как клейковина у таких образцов очень крепкая неэластичная, а хлеб, выпеченный из такой муки, пониженного объема с сухим и крошащимся мякишем.

Выделены образцы, у которых отмечено минимальное повышение числа падения в опыте (в условиях засухи) по сравнению с контролем: 1237/13 (0,5%), 1377/06 (1,0%), Шеф (1,4%), 1232/13 (1,6%), Донская степь (2,0%), Лучезар (3,1%) и Этюд (3,4%) (рис. 5).

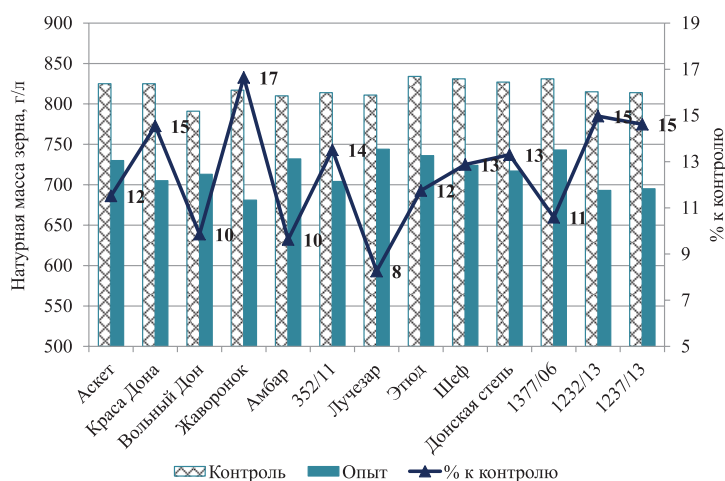


Рис. 5. Число падения образцов озимой мягкой пшеницы (2017–2018 гг.)

Fig. 5. Falling number of winter soft wheat samples (2017–2018)

В селекционной работе для достижения максимального потенциала урожая и качества новых сортов необходимо знать, какие из признаков являются определяющими или лимитирующими в тех или иных условиях. Определение корреляционных связей между признаками качества и урожайностью позволило выявить закономерности формирования количества и качества урожая в зависимости от условий выращи-

вания. Проведенный корреляционный анализ между урожайностью и признаками качества зерна показал, что в оптимальных условиях (контроль) урожайность отрицательно коррелировала с общей стекловидностью ($r = -0,23$), с числом падения ($r = -0,22$), с количеством клейковины ($r = -0,14$), с массовой долей белка ($r = -0,12$) (коэффициенты корреляции слабые и незначимые) (табл. 1).

1. Коэффициенты корреляции при оптимальном увлажнении** 1. Correlation coefficients in the conditions of optimum moisture **

Признак	Натурная масса, г/л	Общая стекловидность, %	Массовая доля белка, %	Количество клейковины, %	Число падения, с	Урожайность, г/м ²
Натурная масса, г/л	1,00	0,27	0,27	0,41	0,10	0,08
Общая стекловидность, %	—	1,00	0,63*	0,47	0,27	-0,23
Массовая доля белка, %	—	—	1,00	0,76*	0,12	-0,12
Количество клейковины, %	—	—	—	1,00	0,17	-0,14
Число падения, с	—	—	—	—	1,00	-0,22
Урожайность, г/м ²	—	—	—	—	—	1,00

* значимо на 5%-ном уровне, ** влажность почвы 70 % ПВ

Установлены значимые положительные взаимосвязи между количеством клейковины и массовой долей белка ($r = 0,76$) и между массовой долей белка и общей стекловидностью ($r = 0,63$).

В условиях абиотического стресса (опыт) определены отрицательные незначимые взаимосвязи урожайности с массовой долей белка ($r = -0,41$), с натурной массой ($r = -0,19$), с количеством клейковины ($r = -0,16$) (табл. 2).

2. Коэффициенты корреляции в условиях недостаточного увлажнения**

2. Correlation coefficients in the conditions of insufficient moisture **

Признак	Натурная масса, г/л	Общая стекловидность, %	Массовая доля белка, %	Количество клейковины, %	Число падения, с
Натурная масса, г/л	1,00	0,07	0,16	0,37	-0,28
Общая стекловидность, %	—	1,00	-0,63*	-0,67*	0,55*
Массовая доля белка, %	—	—	1,00	0,69*	-0,55*
Количество клейковины, %	—	—	—	1,00	-0,60*
Число падения, с	—	—	—	—	1,00
Урожайность, г/м ²	—	—	—	—	—

Значимые отрицательные взаимосвязи установлены между общей стекловидностью и массовой долей белка ($r = -0,63$), общей стекловидностью и количеством клейковины ($r = -0,67$) и между числом падения и массовой долей белка ($r = -0,60$) и количеством клейковины ($r = -0,55$).

Определены значимые положительные взаимосвязи между массовой долей белка и количеством клейковины ($r = 0,69$) и между числом падения и общей стекловидностью ($r = 0,55$).

В результате проведенных исследований установлены следующие тенденции:

- в условиях жесткого водного стресса наблюдается увеличение массовой доли белка и клейковины в зерне, но одновременно отмечается снижение качества этих показателей;

- происходит снижение натурной массы зерна и существенное повышение значений числа падения, что оказывает негативное влияние на технологические и хлебопекарные свойства зерна и муки.

Выводы. В результате проведенных исследований установлено, что на формирование урожайности

и качество зерна сортов и линий озимой мягкой пшеницы значительное влияние на провокационном фоне «засушник» оказывают условия выращивания.

Максимальную урожайность в условиях засухи по сравнению с оптимальными условиями выращивания сформировали образцы Шеф (295,0 г/м²), Жаворонок (282,0 г/м²), Вольный Дон (280,8 г/м²), что свидетельствует о повышенном уровне засухоустойчивости данных генотипов.

В условиях жесткого водного стресса наблюдалось увеличение массовой доли белка и клейковины в зерне, однако при этом качество этих показателей снижается. Снижается также натурная масса зерна, но происходит существенное повышение значений числа падения, что оказывает негативное влияние на технологические и хлебопекарные свойства зерна и муки.

Выделены образцы с сочетанием максимальных значений признаков качества Шеф, Аскет, Жаворонок, Донская степь, Лучезар, Этюд и линия 1232/13, которые рекомендуем использовать как исходный материал в селекции на качество зерна.

Библиографические ссылки

1. Глуховцев В. В., Маслова Г. Я., Китлярова Н. И., Абдюев М. Р. Влияние агроэкологических факторов на продуктивность и качество зерна сортов озимой пшеницы в условиях лесостепи Самарской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 2(52). С. 36–39.

2. Сухоруков А. Ф., Сухоруков А. А. Результаты селекции озимой пшеницы на устойчивость к абиотическим стрессорам // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16, № 5-3. С. 1153–1156.

References

1. Gluhovcev V. V., Maslova G. Ya., Kitlyarova N. I., Abdryaev M. R. Vliyanie agroekologicheskikh faktorov na produktivnost' i kachestvo zerna sortov ozimoy pshenicy v usloviyah lesostepi Samarskoj oblasti [Influence of agroecological factors on the grain productivity and quality of winter wheat varieties in the conditions of the forest-steppe of the Samara region] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 2(52). S. 36–39.

2. Suhorukov A. F., Suhorukov A. A. Rezul'taty selekcii ozimoy pshenicy na ustoj-chivost' k abioticheskim stressoram [Results of winter wheat breeding on resistance to abiotic stressors] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2014. T. 16, № 5-3. S. 1153–1156.

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 633.174:631.559

DOI 10.31367/2079-8725-2019-64-4-36-41

СОПРЯЖЕННОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ СОРГО С ПРОИСХОЖДЕНИЕМ И КОЛИЧЕСТВЕННЫМИ ПРИЗНАКАМИ

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;

А. Е. Романюкин, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго кормового, ORCID ID: 0000-0003-4349-8489;

Е. А. Шишова, аспирант, ORCID ID: 0000-0002-7406-6622;

Г. М. Ермолина, кандидат сельскохозяйственных наук, агроном лаборатории селекции и семеноводства сорго кормового, ORCID ID: 0000-0003-0168-2966

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Выведение нового сорта с максимально возможным уровнем продуктивности является одной из важных задач селекционеров. Известно, что сорта, выведенные в конкретных почвенно-климатических условиях, наиболее адаптированы именно к ним. Изменение зоны выращивания по-разному сказывается на выраженности отдельных признаков, в том числе урожайности, что объясняет необходимость их экологического изучения. Таким образом, продуктивность полностью отражает все биологические особенности образцов и его отношение к условиям возделывания. Поэтому изучение данного показателя у образцов коллекции является важным этапом при создании новых высокопродуктивных сортов и гибридов сорго. Исследования проводили в ФГБНУ «АНЦ «Донской» (г. Зерноград, Ростовская обл.) в 2016–2018 гг. Объект исследований – коллекционный питомник, включающий сорта и линии, созданные в ФГБНУ «АНЦ «Донской» и других научных учреждениях, а также образцы, присланные ФИЦ ВИГРП им. Н.И. Вавилова из различных стран. Общее количество – 335 образцов. Коллекция сорго сахарного представлена образцами различного эколого-географического происхождения. Однако 48,1% (161 образец) представлены формами из России. Образцы коллекции по урожайности зеленой массы варьировали от 980 до 5968 г/м². При этом 24,5% образцов (82 шт.) коллекции имели урожайность в пределах стандарта 3200–5200 г/м², 2,4%, или 8 шт.; значительно превысили стандарт (4200 г/м²): ББ-442, К-533, К-668/1, К-1073, К-1437/2, К-1202/1, К-1802, К-1654/1. Наибольшие значения среднегрупповой (медианы) по урожайности зеленой массы продемонстрировали образцы из Палестины, Болгарии и Бразилии. Образцы из РФ имели среднюю по группе урожайность 2000 г/м² с размахом варьирования от 600 до 4300 г/м². Наибольшее влияние на урожайность зеленой массы оказывают продолжительность вегетационного периода ($r = 0,46 \pm 0,00004$), длина ($r = 0,48 \pm 0,00001$), ширина листа ($r = 0,62 \pm 0,0002$) и количество листьев ($r = 0,42 \pm 0,00001$).

Ключевые слова: сорго сахарное, урожайность, зеленая масса, происхождение, корреляция.



CONJUGACY OF SORGHUM GREEN MASS PRODUCTIVITY WITH ORIGIN AND QUANTITATIVE TRAITS

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;

A. E. Romanyukin, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory of forage sorghum breeding and seed-growing, ORCID ID: 0000-0003-4349-8489;

E. A. Shishova, post graduate, ORCID ID: 0000-0002-7406-6622;

G. M. Ermolina, Candidate of Agricultural Sciences, agronomist of the laboratory of forage sorghum breeding and seed-growing, ORCID ID: 0000-0003-0168-2966

FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",

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

Development of a new variety with the highest level of productivity is one of the important purposes of all farmers. It is known that varieties developed in definite soil and climatic conditions are most adapted specifically to these conditions. The change of the cultivation zone has a different effect on the intensity of individual traits, including productivity, which justifies their ecological study. Thus, productivity reflects all the biological characteristics of the samples and its relation to growing conditions. Therefore, the study of this trait in collection samples is an important stage in the development of new highly productive sorghum varieties and hybrids. The study was carried out at the FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy" (Zernograd, Rostov Region) in 2016–2018. The object of the study was a collection nursery, which includes the varieties and lines developed at the FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy", and other scientific institutions, as well as the samples sent by the FRC ARIGRR named after N. I. Vavilov. The total number is 335 samples. The sweet sorghum collection has been represented by the samples of various ecological and geographical origin. However, 48.1% (161 samples) have been represented by the samples from Russia. Green mass productivity of the collection samples varied from 980 to 5968 g/m². At the same time, 24.5% (82 pcs.) of the collection samples had yields within the standard 3200–5200 g/m². The

collection samples 'BB-442', 'K-533', 'K-668/1', 'K-1073', 'K-1437/2', 'K-1202/1', 'K-1802', 'K-1654/1' (2.4% of all) significantly exceeded the standard (4200 g/m²). The samples from Palestine, Bulgaria and Brazil possessed the highest values of green mass productivity in the middle group (median). The samples from the Russian Federation had a group average of 2000 g/m², with a range of variation from 600 to 4300 g/m². Length of a growing season ($r = 0.46 \pm 0.00004$), leaf length ($r = 0.48 \pm 0.00001$), leaf width ($r = 0.62 \pm 0.0002$), and a number of leaves ($r = 0.42 \pm 0.00001$) have shown the largest effect on green mass productivity.

Keywords: sweet sorghum, productivity, green mass, origin, correlation.

Введение. Выведение нового сорта с максимально возможным уровнем продуктивности является одной из важных задач селекционеров, так как урожайность является главным критерием эффективности селекционной работы любой сельскохозяйственной культуры. Несмотря на достигнутые результаты и высокий уровень продуктивности современных сортов, ее можно повысить за счет совершенствования существующих методов селекции и использования нового исходного материала. В селекции на урожайность важно генетическое разнообразие исходного материала (Зезюкова и др., 2006; Миллер и др., 2018). Большинство селекционеров подбирают родительские формы с учетом их эколого-географической отдаленности (наиболее эффективный метод селекции на урожайность) (Минькач и Селихова, 2010). Известно, что сорта, выведенные в конкретных почвенно-климатических условиях, наиболее адаптированы именно к ним. Изменение зоны выращивания по-разному сказывается на выраженности отдельных признаков, в том числе урожайности, что объясняет необходимость их экологического изучения (Шанина, 2008).

Таким образом, продуктивность полностью отражает все биологические особенности образцов и их отношение к условиям возделывания. Поэтому изучение данного показателя у образцов коллекции является важным этапом при создании новых высокопродуктивных сортов и гибридов сорго.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в коллекционном питомнике ФГБНУ «АНЦ «Донской» (г. Зерноград, Ростовская обл.) в 2016–2018 гг. Почвенный покров опытного участка представлен обыкновенным карбонатным черноземом с содержанием гумуса в пахотном слое 3,6%.

Метеорологические условия в годы исследований значительно различались. В 2016 г. в мае выпало 156,8 мм осадков, что выше среднееголетней нормы на 105,5 мм, или 205,6%, что привело к задержке посева на 10–15 дней (18–20 мая). В связи с этим фаза кущения (критический период по влагопотребле-

нию) совпала с высокими температурами (в отдельные дни до 51 °С) и отсутствием влаги. В результате этого растения не смогли сформировать потенциальную урожайность зеленой массы. В 2017 г. низкая температура воздуха и большое количество осадков в мае-июне привели к задержке роста растений, значительно увеличился период всходов – выметывания. Такие условия способствовали проявлению пыльной, покрытой и мелкопузырчатой головни на растениях сорго, что значительно повлияло на урожайность зеленой массы. Особенностью 2018 г. являлось то, что в период вегетации всходов – выметывания осадки выпали к концу данного периода. В момент начального роста и развития растений влаги не было, что значительно отличается от многолетних данных, когда большая часть осадков выпадает в мае-июне. Осадки в июле (выше нормы на 14 мм) привели к формированию подгонов, ветвистости растений.

Опыты осуществляли в соответствии с методикой Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1989) и Методикой полевого опыта (2014). Посев проводили в I–II декадах мая с нормой высева 200 тысяч зерен на 1 га. Образцы высевали без повторений однорядковыми деланками площадью 7 м², через каждые 10 номеров размещали стандарт сорт Зерноградский янтарь. Уборка зеленой массы проводилась в фазе молочно-восковой спелости (I–II декады сентября) методом сплошного учета. Статистический анализ полученных данных проведен по Б. А. Доспехову (2014) с использованием программ Excel, Statistica 10.0.

Объект исследований – коллекционный питомник, включающий сорта и линии, созданные в ФГБНУ АНЦ «Донской» и других научных учреждениях, а также образцы, присланные ФИЦ ВИГРР им. Н. И. Вавилова из различных стран. Общее количество – 335 образцов.

Результаты и их обсуждение. Коллекция сорго сахарного представлена образцами различного эколого-географического происхождения. Однако 48,1% (161 образец) представлены формами из России (рис. 1).

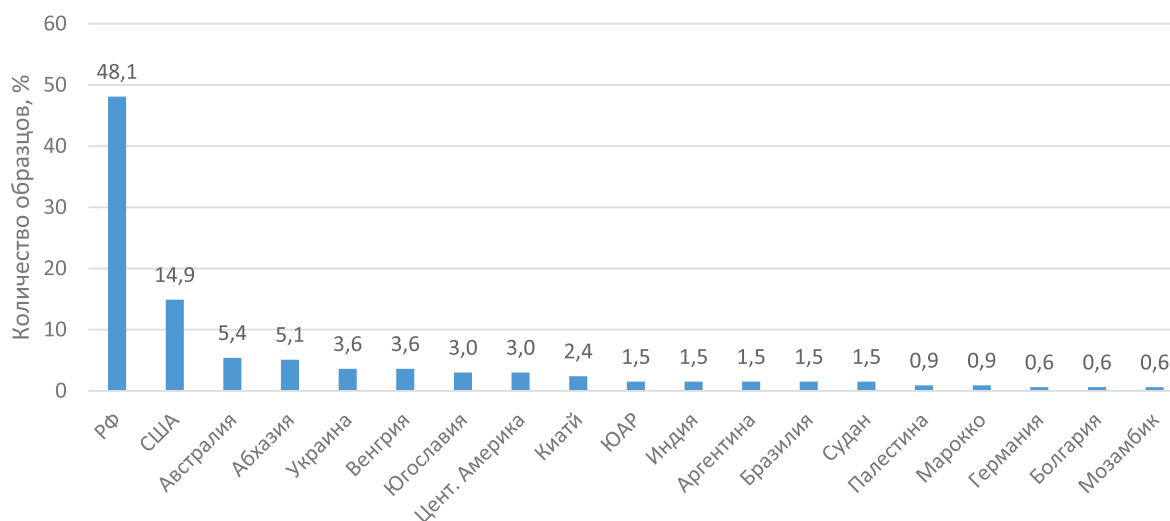


Рис. 1. Происхождение образцов коллекции сорго сахарного

Fig. 1. Origin of the collection samples of sweet sorghum

Урожайность зеленой массы образцов коллекции варьировала от 980 до 5968 г/м². При этом 24,5% образцов (82 шт.) коллекции имели урожайность в пределах стандарта – 3200–5200 г/м², 2,4%, или 8 шт., значительно превысили стандарт (4200 г/м²): ББ-442, К-533, К-668/1, К-1073, К-1437/2, К-1202/1, К-1802, К-1654/1 (рис. 2).

Наибольшие значения среднегрупповой (медианы) по урожайности зеленой массы имели образцы из Палестины, Болгарии и Бразилии (рис. 3). Образцы из РФ имели среднюю по группе 2000 г/м² с размахом варьирования от 600 до 4300 г/м².

В таблице приведена характеристика высокоурожайных образцов коллекции. Эти образцы относятся к ранне- и среднеспелой группам созревания (100–139 дней), высокорослые (222–250 см) с количеством листьев 10–14 шт., диаметром стебля 1,1–1,6 см. Их урожайность зеленой массы, убранной в фазе молочно-восковой спелости, составляет 5201–5968 г/м², что на 951–1718 г/м², выше, чем у стандарта.

Установлено, что достичь повышения урожайности гораздо легче за счет удлинения вегетационного периода, чем за счет других факторов (Некрасова

и др., 2017). Поэтому почти все сорта, внесенные в Госреестр селекционных достижений, превышающие стандарт на 10–15% по урожайности, как правило, оказываются более позднеспелыми, чем стандарт. В наших исследованиях между урожайностью зеленой массы сорго сахарного и продолжительностью вегетационного периода отмечена средняя положительная связь ($r = 0,46 \pm 0,00004$) (рис. 4).

У кормовых культур листовая поверхность играет существенно большую роль, чем у зерновых, так как она непосредственно составляет значительную долю выращиваемой продукции (Мещеряков и др., 2013; Алабушев и др., 2017). На рисунке 5 показаны результаты корреляционно-регрессионного анализ урожайности зеленой массы сорго сахарного с длиной, шириной листа и их количеством. Показатели листьев имеют среднюю прямую связь с урожайностью – $r = 0,48 \pm 0,00001$; $0,62 \pm 0,0002$; $0,42 \pm 0,00001$ соответственно. При увеличении на единицу измерения длины листа урожайность зеленой массы увеличивается на 60,99 г/м², ширины листа (1 см) – 599,93 г/м², количества листьев – на 324,8 г/м².

Характеристика высокоурожайных образцов сорго сахарного
Characteristics of highly productive collection samples of sweet sorghum

Сорта, образцы	Происхождение	Вегетационный период, дн	Урожайность зеленой массы, г/м ²	Высота стебля, см	Площадь листа, см ²	Количество листьев, шт.	Диаметр стебля, см
Зерноградский янтарь, ст.	РФ	105	4250	195	204	9	1,4
ББ-442	Болгария	135	5968	231	154	13	1,6
К-533	Палестина	101	5670	237	432	10	1,6
К-668/1	США	100	5370	230	235	11	1,1
К-1073	Абхазия	139	5201	250	257	14	1,6
К-1437/2	Австралия	102	5590	222	245	10	1,2
Среднее по коллекции	–	103	2514	202	179	9	1,2
s	–	9	1000	20	60	1	0,2

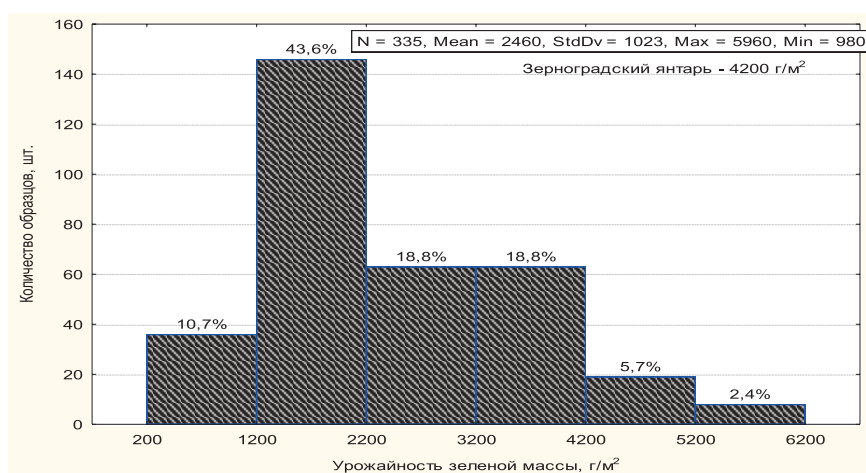


Рис. 2. Урожайность зеленой массы образцов коллекции сорго сахарного (2016–2018 гг.)

Fig. 2. Green mass productivity of the collection samples of sweet sorghum (2016–2018)

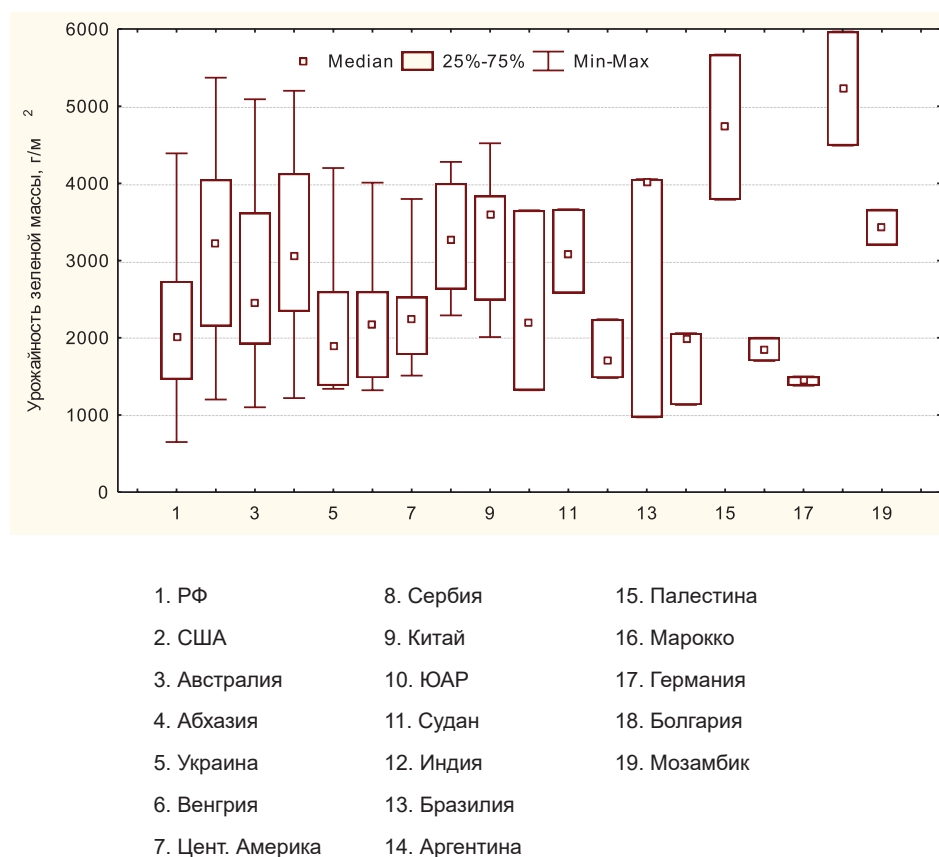


Рис. 3. Варьирование урожайности зеленой массы у образцов коллекции сорго сахарного в зависимости от происхождения

Fig. 3. Variability of green mass productivity of the collection samples of sweet sorghum according to the origin

Выводы. Образцы изученной коллекции по урожайности зеленой массы варьировали от 980 до 5968 г/м². Наибольшие значения среднегрупповой по урожайности зеленой массы имели образцы из Палестины, Болгарии и Бразилии. При этом 24,5% образцов (82 шт.) коллекции имели урожайность в пределах стандарта 3200–5200 г/м², 2,4%, или 8 шт., значительно

но превысили стандарт (4200 г/м²): ББ-442, К-533, К-668/1, К-1073, К-1437/2, К-1202/1, К-1802, К-1654/1. Наибольшее влияние на урожайность зеленой массы оказывают продолжительность вегетационного периода ($r = 0,46 \pm 0,00004$), длина ($r = 0,48 \pm 0,00001$), ширина листа ($r = 0,62 \pm 0,0002$) и количество листьев ($r = 0,42 \pm 0,00001$).

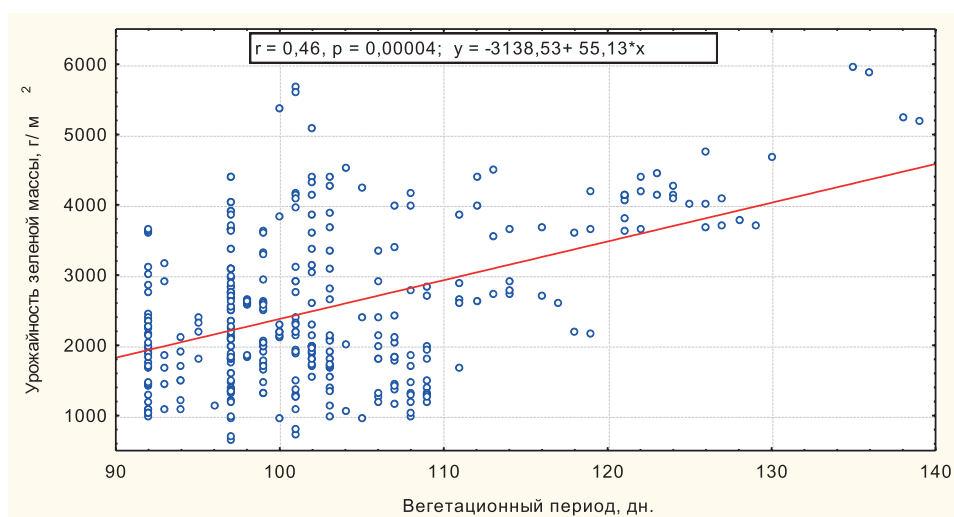


Рис. 4. Зависимость урожайности зеленой массы сорго сахарного от вегетационного периода (2016–2018 гг.)

Fig. 4. Dependence of green mass productivity on a vegetation period (2016–2018)

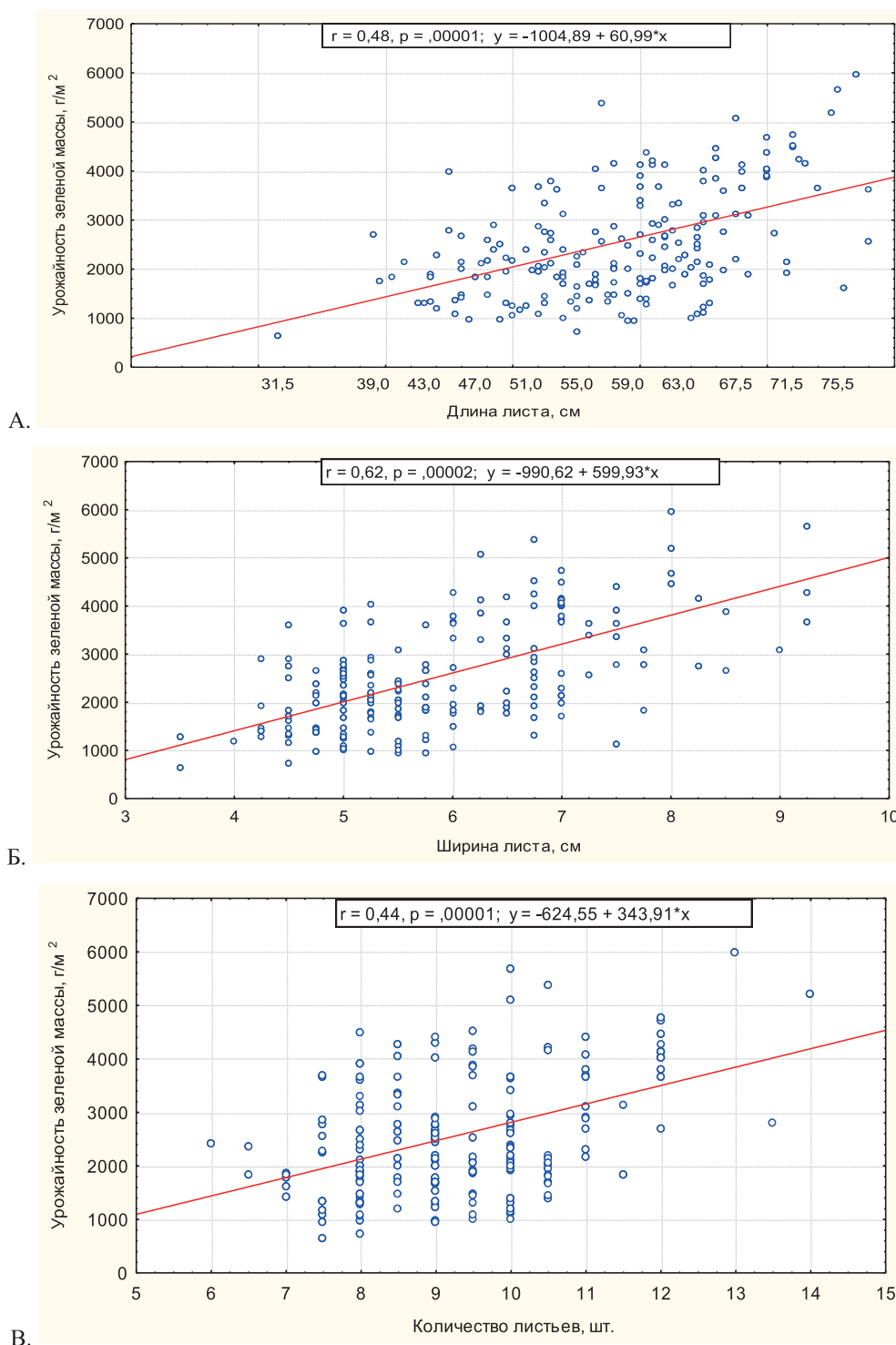


Рис. 5. Зависимость урожайности зеленой массы сорго сахарного от размеров и количества листьев (А. – длины листа, Б. – ширины листа, В. – количества листьев) (2016–2018 гг.)

Fig. 5. Dependence of green mass productivity on foliage size and number (A. is a leaf length; Б. is a leaf width; В. is a number of leaves) (2016–2018)

Библиографические ссылки

1. Алабушев А. В., Ковтунова Н. А., Романюкин А. Е., Горпиниченко С. И., Ермолина Г. М. Основные факторы повышения урожайности и качества зеленой массы сорго // Успехи современного естествознания. 2017. № 6. С. 50–55.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и допол. М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Зезюкова Т. П., Фомина С. Г., Демченко Р. А., Павлюк Н. Т., Русанов И. А. Характеристика сортообразцов озимой мягкой пшеницы по основным хозяйственно-ценным признакам // Биологические основы и методы се-

лекции и семеноводства сельскохозяйственных культур: сб. научных трудов. Воронеж: Воронежский ГАУ, 2006. С. 4–22.

4. Мещеряков А. Г., Баширов В. Д., Жданов Р. Р. Особенности роста, развития и формирования продуктивности сорго сахарного в чистых и смешанных посевах // Известия ОГАУ. 2013. № 4(42). С. 233–237.

5. Миллер С. С., Рзаева В. В., Фисун Н. В. Влияние основной и послепосевной обработок почвы на продуктивность культур зернового севооборота в северной лесостепи Тюменской области. Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2018. 143 с.

6. Минькач Т. В., Селихова О. А. Наследование хозяйственно-ценных признаков у межвидовых гибридов сои F₁ // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 7. С. 11–13.

7. Некрасова О. А., Костылев П. И., Некрасов Е. И. Модель сорта в селекции озимой пшеницы (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2017. № 5(53). С. 29–32.

8. Шанина Е. П. Изучение сортов картофеля Белорусской селекции в условиях Среднего Урала // Картофельное хозяйство. 2008. Т. 14. С. 317–323.

References

1. Alabushev A. V., Kovtunova N. A., Romanyukin A. E., Gorpichenko S. I., Ermolina G. M. Osnovnye faktory povysheniya urozhajnosti i kachestva zelenoj massy sorgo [The main improving factors of sorghum green mass productivity and quality] // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2017. № 6. S. 50–55.

2. 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 research results)]. 5-e izd., pererab. I dopol. M.: Al'yans, 2014. 351 s.

3. Zezyukova T. P., Fomina S. G., Demchenko R. A., Pavlyuk N. T., Rusanov I. A. Harakteristika sortoobrazcov ozimoy myagkoj pshenicy po osnovnym hozyajstvenno-cennym pri-znakam [Characteristics of winter soft wheat varieties according to the main economic valuable characteristics] // Biologicheskie osnovy i metody selekcii i semenovodstva sel'skohozyajstvennyh kul'tur. Sbornik nauchnyh trudov. Voronezh: Voronezhskij GAU, 2006. S. 4–22.

4. Meshcheryakov A. G., Bashirov V. D., Zhdanov R. R. Osobennosti rosta, razvitiya i formirovaniya produktivnosti sorgo sahnogo v chistykh i smeshannykh posevakh [Features of growth, development and formation of sweet sorghum in pure and mixed crops] // Izvestiya OGAU. 2013. № 4(42). S. 233–237.

5. Miller S. S., Rzaeva V. V., Fisunov N. V. Vliyaniye osnovnoy i posleposevnoy obra-botok pochvy na produktivnost' kul'tur zernovogo sevooborota v severnoy lesostepi Tyu-menskoj oblasti [The effect of the primary and after sowing tillage on the productivity of crops in grain crop rotation in the northern forest-steppe of the Tyumen region]. Tyumen': GAU Severnogo Zaural'ya, 2018. 143 s.

6. Min'kach T. V., Selihova O. A. Nasledovanie hozyajstvenno-cennykh priznakov u mezhvidovykh gibridov soi F₁ [Inheritance of economic valuable traits in interspecific soybean hybrids F₁] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2010. № 7. S. 11–13.

7. Nekrasova O. A., Kostylev P. I., Nekrasov E. I. Model' sorta v selekcii ozimoy pshenicy (obzor) [A variety model in winter wheat breeding (review)] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2017. № 5(53). S. 29–32.

8. Shanina E. P. Izuchenie sortov kartofelya Belorusskoj selekcii v usloviyakh Sred-nego Urala [The study of potato varieties of the Belarusian breeding in the conditions of the Middle Urals] // Kartofelevodstvo. 2008. Т. 14. S. 317–323.

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 АДАПТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ И ПОДБОР РОДИТЕЛЬСКИХ ПАР ДЛЯ СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА

А. А. Андреев, заведующий отделом селекции зерновых культур, ORCID ID: 0000-0003-2529-831X;

М. К. Драчева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции зерновых культур, ORCID ID: 0000-0001-7542-5730

Тамбовский НИИСХ – филиал ФГБНУ «ФНЦ им. И. В. Мичурина»,

393502, Тамбовская обл., Ржаксинский р-н, пос. Жемчужный, ул. Зеленая, 10; e-mail: drasheva_m@mail.ru

Цель настоящей работы – определить экологическую пластичность, стабильность, устойчивость к стрессу, приспособленность к различным погодным и хозяйственным условиям, выделить сорта-источники по изучаемому признаку для дальнейшего использования в селекции ярового ячменя. Материалом исследований служили сорта ярового ячменя. Опыты проводили в северо-восточной части ЦЧР в течение пяти лет в различных погодных условиях. Индекс условий среды за годы изучения сортов изменялся от 16,3 до 19,0. Благоприятным для развития растений сложился 2015 г. ($I = +19,0$), а самым неблагоприятным был 2016-й, индекс условий составил -16,3. Урожайность сортов ячменя варьировала в широких пределах – от 3,55 до 6,14 т/га в благоприятные годы и от 0,98 до 1,51 т/га в засушливые. В среднем за пять лет испытаний высокие показатели урожайности отмечены у сортов Медикум 110 (Россия) – 3,64 т/га, Медикум 336 (Россия) – 3,39 т/га, Велес (Россия) – 3,34 т/га, Донецкий 9 (Украина) – 3,22 т/га, Феникс (Украина) – 3,31 т/га. На основе данных урожайности были рассчитаны основные статистические параметры, характеризующие адаптивный потенциал сортов, и распределены на классы по селекционно-ценным признакам. На основе полученных данных были выделены образцы-источники, которые в зависимости от направления селекции представляют практический интерес. Установлено, что экологически пластичными сортами являются Медикум 336, (Россия), Union (Германия); генетически гибкими Медикум 110 (Россия), Велес (Россия); стабильным сортом Clara (Швеция). Особое внимание следует обратить на сорта, которые являются источниками двух и более адаптивных признаков. Это Медикум 110 (Россия), Clara (Швеция). Селекционеры, используя полученные результаты, смогут постоянно улучшать свою продукцию, приближая ее к совершенству, так как в снижении риска и смягчении последствий чрезвычайных погодных ситуаций для экономики сельскохозяйственных товаропроизводителей решающая роль принадлежит адаптивным свойствам культивируемых сортов.

Ключевые слова: яровой ячмень, сорт, пластичность, урожайность, стабильность, генетическая гибкость.



THE ESTIMATION OF ADAPTABILITY OF SPRING BARLEY VARIETIES AND THE SELECTION OF PARENTAL FORMS FOR A BREEDING PROCESS

A. A. ANDREEV, head of the department for grain crop breeding, ORCID ID: 0000-0003-2529-831X;

M. K. Dracheva, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department for grain crop breeding, ORCID ID: 0000-0001-7542-5730

Tambov RIA, branch of the FSBSI "FRC named after I. V. Michurin",

393502, Tambov region, Rzhaksinsky district, v. of Zhemchuzhny, Str. Zelenaya, 10; E-mail: drasheva_m@mail.ru

The purpose of this work is to determine ecological plasticity, stability, stress resistance, adaptability to various weather and economic conditions, to identify source varieties according to the studied characteristic for further use in spring barley breeding. The research material were spring barley varieties. The experiments were carried out in the northeastern part of the Central Blackearth (Chernozem) Region through five years, in various weather conditions. The index of environmental conditions over the years of the study varied from 16.3 to 19.0. The year of 2015 was a favorable year for the development of plants ($I = +19.0$), and the most unfavorable year was 2016, the index of conditions was minus 16.3. The productivity of barley varieties greatly varied from 3.55 to 6.14 t/ha in favorable years and from 0.98 to 1.51 t/ha in dry years. On average, over five years of testing, high yields were harvested from the varieties 'Medikum 110' (Russia) 3.64 t/ha, 'Medikum 336' (Russia) 3.39 t/ha, 'Veles' (Russia) 3.34 t/ha, 'Donetsk 9' (Ukraine) 3.22 t/ha, 'Feniks' (Ukraine) 3.31 t/ha. According to the yield data there were calculated the main statistical parameters that characterize the adaptive potential of the varieties and they were divided into classes according to breeding valuable traits. Based on the obtained data there were identified the samples which are of practical interest due to the breeding purpose. It has been established that the varieties 'Medikum 336' (Russia), 'Union' (Germany) are environmentally adaptable; the varieties 'Medikum 110' (Russia), 'Veles' (Russia) are genetically flexible; the variety 'Clara' (Sweden) is stable. Particular attention should be paid to the varieties 'Medikum 110' (Russia), 'Clara' (Sweden) that are sources of two or more adaptive traits. The farmers using the obtained results, will be able to constantly improve their products, bringing them closer to perfection, since the adaptive properties of the cultivated varieties play a decisive role in reducing the risk and mitigating the consequences of extreme weather situations for the economy of agricultural producers.

Keywords: spring barley, variety, plasticity, productivity, stability, genetic flexibility.

Введение. Подбор родительских форм для гибридизации является одним из важнейших вопросов в селекции. Именно от него во многом зависит успех в дальнейшей работе по созданию новых сортов. Создание новых сортов, соответствующих необходимым параметрам, и эффективность селекционного процесса во многом зависят от разнообразия и изученности исходного материала (Жученко, 2000; Неттевич, 2008). В последнее время селекционеры уделяют особое внимание адаптивной селекции сортов. Под адаптивной селекцией понимается совокупность методов,

обеспечивающих получение сортов и гибридов с максимальной и устойчивой продуктивностью в экологических условиях региона, для которого ведется отбор (Кильчевский и Хотылева, 1997). Сорта ярового ячменя существенно различаются по норме реакции на изменение условий среды. Это свойство рассматривается как взаимодействие «генотип × среда (ВГС)» с помощью коэффициента регрессии признака, индекса среды и дисперсии отклонения от линии регрессии.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили на базе ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Ми-

чурина», расположенного в южной части Тамбовской области. Исходным материалом для анализа в полевых опытах послужили сорта ярового ячменя разного эколого-географического происхождения. Изучение проводили в течение пяти лет, которые различались по погодным условиям.

Почва опытного участка, на котором заложены опыты, характеризовалась следующими показателями: содержание в пахотном слое (0–30 см) подвижного фосфора – 22,0, обменного калия – 10,9 мг на 100 г почвы, реакция почвенного раствора ($pH_{\text{сол}}$) – 5,5 ммоль в 100 г почвы, гидролитическая кислотность – 3,9, сумма поглощенных оснований – 57,2. Учетная площадь делянки – 10 м², повторность – четырехкратная. Посев проводили сеялкой СФК, норма высева – 5 млн всхожих семян на 1 га. Агротехника выращивания культуры обычная, принятая в Тамбовской области.

Индекс условий среды (I), пластичность (b_1) и стабильность (b^2) определяли по математической модели S. A.Eberhart, W. A.Russell (1966); устойчивость сортов к стрессу ($Y_2 - Y_1$) и генетическую гибкость – по уравнениям А. А. Rossielle, J. Hamblin в изложении

А. А. Гончаренко (2005); гомеостаз – по В. В. Хингильдину (1986); распределение сортов на группы и определение сортов-источников – по А. Ф. Мережко (1994), Г. Ф. Лакину (1980), Б. А. Доспехову (1979).

Результаты и их обсуждение. Метеорологические условия в годы изучения сортов ярового ячменя характеризовались различными погодными условиями. Это позволило дать объективную оценку изучаемым сортам, исходя из сложившихся внешних условий среды. Индекс условий среды за годы изучения сортов изменялся от -16,3 до 19,0. Согласно индексу условий среды наиболее благоприятным для развития растений сложился 2015 г. ($I = +19,0$), а самым неблагоприятным был 2016 г., индекс условий составил минус 16,3.

Урожайность сортов ячменя варьировала в широких пределах от 3,55 до 6,14 т/га в благоприятные годы и от 0,98 до 1,51 т/га – в засушливые (табл. 1). В среднем за пять лет испытаний высокие показатели урожайности отмечены у сортов Медикум 110 (Россия) – 3,64 т/га, Медикум 336 (Россия) – 3,39 т/га, Велес (Россия) – 3,34 т/га, Донецкий 9 (Украина) – 3,22 т/га, Феникс (Украина) – 3,31 т/га.

1. Урожайность зерна сортов ярового ячменя различного эколого-географического происхождения (2014–2018 гг.)
1. Productivity of spring barley varieties with various ecological and geographical origin (2014–2018)

Сорт	Происхождение	Урожайность, т/га		
		средняя за 5 лет	Y_2 (min)	Y_1 (max)
Велес	Россия	3,34	1,44	6,07
Медикум 110	Россия	3,64	1,51	6,14
Медикум 336	Россия	3,39	1,27	5,67
Оренбургский 35	Россия	3,16	1,49	5,80
Первоцелинник	Россия	3,02	1,43	5,36
Донецкий 9	Украина	3,22	1,20	5,74
Феникс	Украина	3,31	1,07	5,53
Местный	Эфиопия	2,56	1,30	4,38
Union	Германия	3,07	1,21	5,83
Impala	Нидерланды	3,00	1,05	5,33
Freja C.I. 71130	США	2,69	1,48	4,50
Clara	Швеция	2,34	1,24	3,55
Roosi	Эстония	2,98	0,99	5,93
НСР 0,5			0,31	0,41

На основе данных урожайности были рассчитаны основные статистические параметры, характеризующие адаптивный потенциал сортов. Это устойчивость к стрессу, пластичность, генетическая гибкость, стабильность, гомеостаз, которые представлены в таблице 2. Одним из основных показателей устойчивости сортов к стрессовым условиям является разность урожайности в неблагоприятный и благоприятный год. Разность $Y_2 - Y_1$ имеет отрицательный знак и отражает уровень устойчивости сортов к стрессовым условиям произрастания. Чем меньше разрыв между максимальной и минимальной урожайностями, тем выше стрессоустойчивость сорта и тем шире диапазон его приспособительных возможностей.

В результате исследований выделены три сорта, которые показали высокую стрессоустойчивость: Местный (Эфиопия) – 3,08 т/га, Freja C.I. 71130 (США) – 3,02 т/га, Clara (Швеция) – 2,31 т/га. Также они имели высокую стабильность (b^2) – соответственно 12,8; 9,4;

6,6, но коэффициент регрессии (b_1) был меньше единицы, что позволяет отнести их к сортам с низкой экологической пластичностью. Такие сорта слабо отзываются на изменение факторов среды, и в условиях интенсивного земледелия не могут достигнуть высоких результатов продуктивности. Однако при неблагоприятных факторах среды в меньшей степени снижают показатель урожайности в сравнении с сортами интенсивного типа.

Установить реакцию сорта на условия выращивания можно, рассчитав генетическую гибкость. Этот показатель характеризуется средней урожайностью сорта в контрастных (стрессовых и нестрессовых) условиях. Чем выше степень соответствия между генотипом сорта и различными факторами среды (климатическими, эдафическими, биотическими и др.), тем выше этот показатель. Высокая генетическая гибкость отмечена у сортов, т/га: Медикум 110 (Россия) – 3,82; Велес (Россия) – 3,75; Оренбургский 35 (Россия) – 3,64; Union (Германия) – 3,52 т/га.

2. Характеристика адаптивного потенциала сортов ярового ячменя по признаку урожайности (2014–2018 гг.)

2. Characteristics of spring barley adaptability according to the trait 'productivity' (2014–2018)

Сорт	Происхождение	$Y_2 - Y_1$	$\frac{Y_1 + Y_2}{2}$	b_1	b^2	Hom
Велес	Россия	-4,63	3,75	1,11	37,8	0,85
Медикум 110	Россия	-4,63	3,82	1,12	49,1	0,75
Медикум 336	Россия	-4,40	3,47	1,18	12,5	2,51
Оренбургский 35	Россия	-4,31	3,64	1,10	24,7	1,18
Первоцелинник	Россия	-3,93	3,39	0,88	58,1	0,57
Донецкий 9	Украина	-4,54	3,47	0,94	61,8	0,59
Феникс	Украина	-4,46	3,30	1,09	39,4	0,83
Местный	Эфиопия	-3,08	2,84	0,80	12,8	2,06
Union	Германия	-4,62	3,52	1,25	16,8	1,41
Impala	Нидерланды	-4,28	3,19	1,10	9,8	2,71
Freja C.I.71130	США	-3,02	2,99	0,80	9,4	3,02
Clara	Швеция	-2,31	2,39	0,53	6,6	5,12
Roosi	Эстония	-4,95	3,45	1,04	110,4	0,23

Гомеостаз – это способность генотипа сводить к минимуму последствия неблагоприятных воздействий внешней среды в процессе накопления запасных веществ в семенах и биомассе в целом. Если проанализировать данные сорта по гомеостазу, то гомеостатичными сортами являются: Clara (Швеция) Hom = 5,12; Freja C.I.71130 (США) Hom = 3,02; Impala (Нидерланды) Hom = 2,71; Медикум 336 (Россия) Hom = 2,51; Местный (Эфиопия) Hom = 2,06.

Таким образом, при изучении сортообразцов в течение ряда лет получены характеристики сортов по адаптивным признакам. С помощью метода теоретических распределений изучаемые генотипы были распределены на три класса по селекционно-ценным

признакам (табл. 3). В зависимости от направления селекции наибольший интерес представляют образцы, попавшие в крайние классы распределения (Мережко, 1994). Генотипы, выделенные в первую группу, являются сортами – источниками по изучаемому признаку. При подборе родительских пар для скрещивания особое внимание следует обратить на сорта, которые являются источниками двух и более адаптивных признаков. Эти сорта можно использовать в селекционном процессе в качестве материнской формы в условиях ЦЧР наравне с сортами местной селекции, что позволит сочетать в новых генотипах высокую потенциальную урожайность с устойчивостью к абиотическим стрессам.

3. Распределение адаптивного потенциала сортов ярового ячменя в группы, различающихся по селекционной ценности

3. Distribution of spring barley adaptability among the groups with various breeding value

Адаптивные признаки	Сорта-источники по изучаемому признаку	Средние показатели признака	Низкие показатели признака
Урожайность	Медикум 110 (Россия)	Медикум 336 (Россия), Оренбургский 35 (Россия), Велес (Россия), Первоцелинник (Россия), Донецкий 9 (Украина), Феникс (Украина), Местный (Эфиопия), Union (Германия), Impala (Нидерланды), Freja C.I.71130 (США), Clara (Швеция), Roosi (Эстония)	Местный (Эфиопия), Freja C.I.71130 (США), Clara (Швеция)
Устойчивость к стрессу	Местный (Эфиопия), Freja C.I. 71130 (США), Clara (Швеция)	Медикум 110 (Россия), Медикум 336 (Россия), Оренбургский 35 (Россия), Велес (Россия), Первоцелинник (Россия), Донецкий 9 (Украина), Феникс (Украина), Union (Германия), Impala (Нидерланды),	Roosi (Эстония)
Пластичность	Медикум 336 (Россия), Union (Германия)	Медикум 110 (Россия), Оренбургский 35 (Россия), Велес (Россия), Первоцелинник (Россия), Донецкий 9 (Украина), Феникс (Украина), Impala (Нидерланды), Roosi (Эстония)	Местный (Эфиопия), Freja C.I.71130 (США), Clara (Швеция)
Генетическая гибкость	Медикум 110 (Россия), Велес (Россия)	Медикум 336 (Россия), Оренбургский 35 (Россия), Первоцелинник (Россия), Донецкий 9 (Украина), Феникс (Украина), Union (Германия), Impala (Нидерланды), Freja C.I.71130 (США), Roosi (Эстония)	Местный (Эфиопия), Clara (Швеция)
Стабильность	Clara (Швеция)	Медикум 336 (Россия), Оренбургский 35 (Россия), Велес (Россия), Феникс (Украина), Местный (Эфиопия), Union (Германия), Impala (Нидерланды), Freja C.I.71130 (США)	Медикум 110 (Россия), Первоцелинник (Россия), Донецкий 9 (Украина), Roosi (Эстония)
Гомеостаз	Clara (Швеция)	Медикум 110 (Россия), Медикум 336 (Россия), Оренбургский 35 (Россия), Велес (Россия), Первоцелинник (Россия), Донецкий 9 (Украина), Феникс (Украина), Местный (Эфиопия), Union (Германия), Impala (Нидерланды), Freja C.I. 71130 (США)	Roosi (Эстония)

Выводы. Данная работа позволила провести оценку сортов ярового ячменя по уровню устойчивости к экстремальным погодным условиям и выделить высокоурожайные сорта в условиях северо-восточной части ЦЧР. На основе полевых исследований и математических расчетов установлено, что экологически пластичными сортами являются Медикум 336, (Рос-

сия), Union (Германия); генетически гибкими Медикум 110 (Россия), Велес (Россия); стабильным сортом Clara (Швеция). По комплексу параметров адаптивности выделились сорта, которые являются источниками двух и более адаптивных признаков, это Медикум 110 (Россия), Clara (Швеция), которые в зависимости от направления селекции представляют практический интерес.

Библиографические ссылки

1. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49–53.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 415 с.
3. Жученко А. А. Эколого-генетические основы адаптивной системы селекционных растений // Сельскохозяйственная биология. 2000. № 3. С. 3–29.
4. Кильчевский А. В., Хотылева А. В. Экологическая селекция растений. Минск: Тэхналогія, 1997. 372 с.
5. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. 291 с.
6. Мережко А. Ф. Проблема доноров в селекции растений. С.-Пб., 1994. 125 с.
7. Неттевич Э. Д. Избранные труды. Селекция и семеноводство яровых культур. М., Немчиновка: НИИСХ ЦРНЗ, 2008. 348 с.
8. Хангельдин В. В. Параметры оценки гомеостатичности сортов и селекционных линий в испытаниях колосовых культур // Научный технический бюллетень ВСГИ. 1986. № 2/60. С. 36–41.
9. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varietes // Crop Sci. 1966. № 6. С. 7–12.

References

1. Goncharenko A. A. Ob adaptivnosti i ekologicheskoy ustojchivosti sortov zernovykh kul'tur [On adaptability and environmental sustainability of grain crop varieties] // Vestnik RASKHN. 2005. № 6. S. 49–53.
2. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial]. M.: Kolos, 1979. 415 s.
3. Zhuchenko A. A. Ekologo-geneticheskie osnovy adaptivnoj sistemy selekcionnykh rastenij [Ecological and genetic basis of the adaptive system of plants] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2000. № 3. S. 3–29.
4. Kil'chevskij A. V., Hotyleva A. V. Ekologicheskaya selekciya rastenij [Ecological plant breeding]. Minsk: Tekhnologiya, 1997. 372 s.
5. Lakin G. F. Biometriya [Biometrics]. M.: Vysshaya shkola, 1980. 291 s.
6. Merezhko A. F. Problema donorov v selekcii rastenij [The problem of donors in plant breeding]. S.-Pb., 1994. 125 s.
7. Nettevich E. D. Izbrannye trudy. Selekcija i semenovodstvo yarovykh kul'tur [Selected Works. Breeding and seed production of spring grain crops]. M., Nemchinovka: NIISKH CRNZ, 2008. 348 s.
8. Hangel'din V. V. Parametry ocenki gomeostatichnosti sortov i selekcionnykh li-nij v ispytaniyah kolosovykh kul'tur [Assessing parameters of the homeostasis in varieties and breeding lines during grain crop testing] // Nauchnyj tekhnicheskij byulleten'. VSGI. 1986. № 2/60. S. 36–41.
9. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varietes // Crop Sci. 1966. № 6. S. 7–12.

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.

НОВЫЙ ГИБРИД КУКУРУЗЫ ЗЕРНОГРАДСКИЙ 299 МВ ЗЕРНОВОГО И СИЛОСНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

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

А. С. Игнатьев, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, ignatev1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-4600

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Изменение климатических условий и утрата иммунитета к болезням и вредителям созданных сортов обуславливает необходимость селекционной работы по созданию новых генотипов, отвечающих современным требованиям. В «Аграрном научном центре «Донской» создан новый среднеранний гибрид кукурузы Зерноградский 299 МВ универсального направления хозяйственного использования (на зерно и зеленый корм). Гибрид трехлинейный, относится к сортотипам с зубовидным желтым зерном, разновидность зубовидная – *Zea mays* L. *indentata*. Отличается высокими значениями основных хозяйственно-ценных признаков. Средняя урожайность зерна за три года конкурсного сортоиспытания (2014–2016 гг.) составила 5,36 т/га, превышение над стандартом Зерноградский 291 АМВ составило 0,41 т/га (8,3%). Средняя урожайность зеленой массы – 27,6 т/га, что выше, чем у стандарта на 2,4 т/га (9,5%). Новый гибрид устойчив к полеганию (2,1% полегших растений), засухоустойчив, устойчив к поражению пузырчатой головней на естественном фоне (0,4% пораженных растений), отличается высоким содержанием крахмала (71,9%). В 2018 г. по результатам Государственного сортоиспытания новый гибрид внесен в Госреестр и допущен к использованию в производстве Центрально-Черноземного и Нижневолжского регионов для возделывания на зерно и зеленый корм. Он отличается высоким потенциалом урожайности зерна. Максимальная урожайность получена в Центрально-Черноземном регионе на Обоянском сортоучастке Курской области – 11,23 т/га, что выше, чем у стандарта Воронежский 279 СВ, на 2,03 т/га (22,1%) при уборочной влажности зерна ниже на 1,6%, чем у стандарта.

Ключевые слова: кукуруза, гибрид, самоопыленные линии, урожайность, зерно, зеленая масса, сухое вещество, уборочная влажность.



THE NEW MAIZE HYBRID 'ZERNOGRADSKY 299 MB' OF GRAIN AND SILAGE USE

G. Ya. Krivosheev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of maize breeding and seed production, genadiy.krivosheev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5876-7672;

A. S. Ignatiev, Candidate of Agricultural Sciences, main researcher of the laboratory of maize breeding and seed production, ignatev1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-4600

FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",

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

Changing climatic conditions and the loss of immunity to diseases and pests of the developed varieties make breeding work to create new genotypes of great necessity. The new middle-early maize hybrid 'Zernogradsky 299 MB' of universal direction of economic use (for grain and green fodder) has been developed in the "Agricultural Research Center "Donskoy". The hybrid is three-linear; it belongs to the varieties with crown yellow grain *Zea mays* L. *indentata*. It possesses high values of the main economically valuable traits. The average grain productivity through 3 years of competitive variety testing (2014–2016) was 5.36 t/ha, the variety yield exceeded the standard variety 'Zernogradsky 291 AMB' on 0.41 t/ha (8.3%). The average productivity of green mass is 27.6 t/ha, which is higher than that of the standard variety on 2.4 t/ha (9.5%). The new hybrid is resistant to lodging (2.1% of lodged plants), drought-resistant, resistant to smut on a natural background (0.4% of affected plants), has a high starch percentage (71.9%). In 2018, according to the results of the State Variety Testing, a new hybrid was introduced into the State List and approved for use in the Central Blackearth and NizheVolzhsky regions to cultivate it for grain and green fodder. It has a high potential for grain productivity. The maximum yield (11.23 t/ha) was obtained in the Central Blackearth region on the Oboyansk plot of the Kursk region, which is higher than the standard variety 'Voronezhsky 279 CB' on 2.03 t/ha (22.1%) with lower grain harvesting moisture (on 1.6%) than the standard variety.

Keywords: maize, hybrid, self-pollinated lines, productivity, grain, green mass, dry matter, harvesting moisture.

Введение. Изменение климатических условий и требований сельхозпроизводителей, предъявляемых к сортам и гибридам, утрата иммунитета к болезням и вредителям у ранее созданных сортов, обуславливает необходимость селекционной работы по созданию новых генотипов, отвечающих современным требованиям.

Анализ статистических данных позволяет заключить об усилении аридности климата (Кривошеев и др., 2014). Это, в свою очередь, обуславливает необходимость корректировать модели создаваемых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур (Костылев и др., 2018; Некрасова и др., 2017).

Параметры модельных гибридов кукурузы для зернового и силосного использования различаются. Однако сельхозпроизводителям иногда требуются

гибриды, сочетающие высокую зерновую продуктивность с высокой продуктивностью зеленой массы.

Одно из важнейших требований, предъявляемых к силосным гибридам – высокая доля початков и сухого вещества в зеленой массе (Сотченко и др., 2018).

Параметры гибридов кукурузы зернового направления хозяйственного использования зависят от почвенно-климатических условий тех зон, для которых их селекционируют (Кривошеев и др., 2018).

Цель исследований – создание нового среднераннего стрессоустойчивого гибрида кукурузы с высокими значениями основных хозяйственно-ценных признаков, предназначенного для возделывания на зерно и зеленый корм.

Материалы и методы исследований. Для селекции новых гибридов кукурузы использовали новые

константные (I_5-I_6) самоопыленные линии кукурузы, созданные в «АНЦ «Донской» и интродуцированные из других селекционных учреждений, а также созданные и интродуцированные тестеры – простые стерильные гибриды. Используя схему полных топ-кроссов, созданы новые трехлинейные гибриды кукурузы и оценена комбинационная способность линий (Вольф и Литун, 1980).

Исходный материал – новые самоопыленные линии, созданные согласно методическим рекомендациям по селекции кукурузы (1982). Закладка полевых опытов, фенологических наблюдений, учеты и измерения выполнены по методическим рекомендациям по проведению полевых опытов с кукурузой (1980).

Математическая обработка экспериментальных данных выполнена по Доспехову Б. А. (2014).

Для перевода гибридов кукурузы на стерильную основу, создание стерильных аналогов и восстанови-

телей фертильности руководствовались методикой Хаджинова (1959).

Исследования проведены в «АНЦ «Донской», расположенном в южной зоне Ростовской области, годы конкурсного испытания – 2014–2016. Изучение нового гибрида Зерноградский 299 выполнено в 2017–2018 гг. на сортоучастках Центрально-Черноземного, Северо-Кавказского и Нижневолжского регионов.

Результаты и их обсуждение. В «АНЦ «Донской» создан новый среднеранний гибрид кукурузы Зерноградский 299 МВ, отличающийся высоким уровнем гетерозиса по урожайности зерна и зеленой массы. По результатам конкурсного сортоиспытания (2014–2016 гг.) он передан на Государственное сортоиспытание. В 2018 г. по результатам сортоиспытания гибрид включен в Госреестр и допущен к использованию в производстве в Центрально-Черноземного и Нижневолжского регионах для возделывания на зерно и силос (табл. 1).

1. Результаты изучения гибрида кукурузы Зерноградский 299 МВ в конкурсном сортоиспытании (2014–2016 гг.)

1. Study results of the maize hybrid 'Zernogradsky 299 MB' in the competitive varietal testing (2014–2016)

Параметры	Единица измерения	Зерноградский 299 МВ	Краснодарский 291 АМВ, ст.	± к стандарту
Урожайность зерна при 14%-ной влажности	т/га	5,36	4,95	+0,41
Влажность зерна	%	13,1	13,3	-0,2
Длина вегетационного периода	дн.	105	105	0
Полегание	%	2,1	1,1	+1,0
Поражение пузырчатой головней	%	1,6	0,4	+1,2
Урожайность зеленой массы	т/га	27,6	25,2	+2,4
Содержание крахмала в зерне	%	71,9	70,5	+1,4
Высота растения	см	216,5	218,0	-1,5
Высота прикрепления початка	см	95,5	95,5	+0,5
Семенная продуктивность материнской формы	т/га	1,5 – 2,0	1,5 – 2,0	0

Гибрид трехлинейный, материнская форма ДС 291 М×ДС 297 ЗМ – простой межлинейный гибрид, отцовская форма – самоопыленная линия КВ 399 МВ. Среднеспелый (ФАО 280), созревает в среднем за 105 дней. Направление использования – универсальное (на зерно и силос).

Разновидность зубовидная (*Zea mais* L. indentata). Растение среднерослое, некустящееся, хорошо облиственное (15–16 листьев) с высоким прикреплением початка (90–100 см). Початок средний (150–160 г) слабоконусовидной формы, длиной 16–18 см, рядов зерен – 16, стержень красный, выход зерна при обмолоте – 80–82%. Зерно зубовидное желтое, масса 1000 зерен 250–270 г. Гибрид засухоустойчив, устойчив к полеганию, поражению пыльной, пузырчатой головней и стеблевыми гнилями.

Средняя урожайность зерна за три года конкурсного испытания (2014–2016 гг.) составила 5,36 т/га, превышение над стандартом равнялось 0,41 т/га (8,3%). Средняя урожайность зеленой массы – 27,6 т/га, что выше, чем у стандарта, на 2,4 т/га (9,5%).

Семеноводство ведется на стерильной цитоплазме молдавского типа ЦМС по схеме полного восстановления фертильности. Семенная продуктивность материнской формы высокая (1,5–2 т/га).

Результаты испытания подтвердили универсальность гибрида: он одинаково хорош для производства

как зерна, так и зеленой массы. Максимальную урожайность зерна (11,23 т/га) новый гибрид сформировал в Центрально-Черноземном районе (Обоянский сортоучасток Курской области), превышение над стандартом Воронежский 279 МВ составило 2,03 т/га, или 22,1% (табл. 2).

Результаты исследований, полученные на госсортоучастках, подтверждают перспективность выращивания гибрида кукурузы Зерноградский 299 МВ для получения зеленой массы и силоса. Максимальную урожайность зеленой массы (25,51 т/га) гибрид сформировал в Центрально-Черноземном регионе на Обоянском сортоучастке Курской обл., – выше, чем у стандарта Воронежский 279 СВ, на 1,49 т/га, содержание сухого вещества в зеленой массе 51,9%. Хорошие результаты получены на Бобровском (Воронежская обл.) и Октябрьском (Белгородская обл.) сортоучастках – превышение по урожайности зерна над соответствующими стандартами составило 1,63–2,24 т/га (13,4–14,4%), превышение по содержанию сухого вещества равнялось 10,0–10,8%. В Нижневолжском регионе новый гибрид наиболее заметно выделялся на Еланском (Волгоградская обл.) и Самойловском (Саратовская обл.) сортоучастках. Прибавки зеленой массы к стандартам – 2,95–4,90 т/га (23,7–38,5%), содержание сухого вещества – 34,8–40,3%, что на уровне или лучше стандарта (табл. 3).

2. Урожайность и уборочная влажность зерна гибрида кукурузы Зерноградский 299 МВ на сортоучастках (2017–2018 гг.)

2. Grain productivity and harvesting moisture of the maize hybrid 'Zernogradsky 299 MB' on variety plots (2017–2018)

Сортоучасток	Урожайность зерна, т/га		Превышение над стандартом		Уборочная влажность зерна, %	
	Зерноградский 299 МВ	стандарт	т/га	%	Зерноградский 299 МВ	стандарт
Октябрьский (Белгородская обл.)	9,14	6,70	2,44	36,4	31,9	22,1
Обоянский (Курская обл.)	11,23	9,20	2,03	22,1	24,9	26,6
Щировский (Курская обл.)	7,81	6,78	1,03	15,2	26,2	23,4
Тамбовская ГСИС (Тамбовская обл.)	7,18	5,26	1,92	36,5	35,1	25,0
Еланский (Волгоградская обл.)	5,30	3,34	1,96	58,7	33,4	22,5
Башантинский (Калмыкия)	4,38	3,46	0,64	26,6	16,9	17,2
Баксанский (КБР)	7,90	6,92	0,98	14,2	29,2	30,6
Лабинский (Краснодарский край)	8,46	7,25	1,21	16,7	23,3	19,1
Александровский (Ставропольский край)	5,77	7,08	1,31	22,7	28,6	28,0

3. Урожайность зеленой массы и содержание сухого вещества гибрида кукурузы Зерноградский 299 МВ на сортоучастках (2017–2018 гг.)

3. Green mass productivity and dry matter content in the maize hybrid 'Zernogradsky 299 MB' on variety plots (2017–2018)

Сортоучасток	Урожайность зеленой массы, т/га		Превышение над стандартом		Содержание сухого вещества, %	
	Зерноградский 299 МВ	стандарт	т/га	%	Зерноградский 299 МВ	стандарт
Бобровский (Воронежская обл.)	19,0	16,76	2,24	13,4	48,6	38,5
Обоянский (Курская обл.)	25,51	24,02	1,49	6,2	51,9	53,1
Октябрьский (Белгородская обл.)	12,94	11,31	1,63	14,4	37,4	26,6
Еланский (Волгоградская обл.)	17,63	12,73	4,90	38,5	34,8	35,1
Самойловский (Саратовская обл.)	15,40	12,45	2,95	23,7	40,3	29,6
Сарпинский (Калмыкия)	7,96	7,24	0,34	5,6	31,3	31,3
Гиалинский (Адыгея)	23,16	15,39	7,77	50,5	40,7	40,0
Зольский (КБР)	20,93	18,24	2,69	14,8	36,6	37,5
Правобережный (Северная Осетия)	21,70	16,30	5,40	33,1	–	–

В Северо-Кавказском регионе впечатляют превышения по урожайности зеленой массы над соответствующими стандартами на Гиалинском (Адыгея), Зольском (Кабардино-Балкария), Правобережном (Северная Осетия) сортоучастках – 2,69–7,77 т/га (14,8–50,5 %). При этом новый гибрид характеризовался более низкой (1,6%) уборочной влажностью зерна.

Самая высокая прибавка в абсолютном значении (2,44 т/га) по сравнению со стандартом (Ресурсный СВ) получена на Октябрьском сортоучастке Белгородской области. Хорошие результаты получены на Щировском сортоучастке Курской области: урожайность

зерна – 7,81 т/га, превышение стандарта Воронежский 279 СВ на 1,03 т/га (15,2%). На Тамбовской ГСИС (Тамбовская обл.) гибрид Зерноградский 299 МВ превысил стандарт Докучаевский 250 МВ на 1,92 т/га (36,5%), сформировав урожайность зерна 7,18 т/га.

Новый гибрид хорошо зарекомендовал себя не только в Центрально-Черноземном регионе, характеризующемся в целом удовлетворительной влагообеспеченностью, но и в Нижневолжском регионе, отличающимся резкой континентальностью климата и засушливостью. На Еланском сортоучастке Волгоградской области в богарных условиях гибрид сформировал урожайность зерна 5,30 т/га, что значитель-

но больше, чем у стандарта Хопер, 200 МВ (3,34 т/га), прибавка составила 1,96 т/га, или 58,7%. В засушливых условиях Республики Калмыкия (Башантинский сортоучасток) сформирована урожайность зерна 4,38 т/га, что выше, чем у стандарта Краснодарский 230 АМВ на 0,64 т/га (26,6%). По уборочной влажности зерна (16,9%) гибрид не отличается от стандарта (17,2%).

Во многих пунктах испытания Северо-Кавказского региона новый гибрид превосходил стандарты по урожайности. Наиболее значительным превышение оказалось на Баксанском (Кабардино-Балкария), Лабинском (Краснодарский край), Александровском (Ставропольский край) сортоучастках: 0,98–1,31 т/га (14,2–28,6%).

По величине уборочной влажности зерна (28,6%) на Александровском сортоучастке изучаемый гибрид не уступал стандарту Краснодарский 291 АМВ (28,0%). На некоторых сортоучастках (Октябрьский, Тамбовская ГСИС, Еланский) гибрид Зерноградский 299 МВ уступал стандартам (на 9,8–10,9%), однако

в целом преимущество его неоспоримо в связи со значительным превышением на этих сортоучастках по урожайности зерна (на 36,4–58,7%).

Выводы. В «АНЦ «Донской» создан новый гибрид универсального направления хозяйственного использования (на зерно и зеленый корм). Гибрид характеризуется высоким уровнем гетерозиса по урожайности зерна и зеленой массы, высокими значениями основных хозяйственно-ценных признаков (устойчивость к полеганию, устойчивость к поражению пузырчатой головней, содержание крахмала, уборочная влажность зерна).

По результатам Государственного сортоиспытания гибрид внесен в Госреестр и допущен к использованию в производстве Центрально-Черноземного и Нижневолжского регионов на зерно и зеленый корм. Гибрид кукурузы Зерноградский 299 МВ имеет высокий потенциал урожайности зерна и зеленой массы. Максимальная урожайность получена на Обоянском сортоучастке Курской области: зерна – 11,23, зеленой массы – 25,51 т/га.

Библиографические ссылки

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и допол. М.: Альянс, 2014. 351 с.
2. Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С. Разработка модельных величин элементов продуктивности гибридов кукурузы, создаваемых для засушливых условий // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 4. С. 66–75.
3. Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С., Буин Н. П. Изменение климатических условий в южной зоне Ростовской области в период вегетации кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2014. № 1(31). С. 44–50.
4. Костылев П. И., Краснова Е. В., Аксенов А. В. и др. Анализ элементов структуры урожайности и других количественных признаков у образцов риса // Зерновое хозяйство России. 2018. № 1(55). С. 12–17.
5. Некрасова О. А., Костылев П. И., Некрасов Е. И. Модель сорта в селекции озимой пшеницы (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2017. № 5(53). С. 29–32.
6. Сотченко В. С., Кузнецов И. Ю., Ахияров Б. Г., Ахиярова Л. М., Сотченко Б. Н. Подбор гибридов кукурузы селекции ФГБНУ ВНИИ кукурузы для условий республики Башкортостан // Кукуруза и сорго. 2018. № 1. С. 3–8.

References

1. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of research results)]. 5-e izd., pererab. i dopol. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
2. Krivosheev G. Ya., Ignat'ev A. S. Razrabotka model'nykh velichin elementov produk-tivnosti gibridov kukuruzy, sozdavaemykh dlya zasushlivykh uslovij [Development of model values of maize hybrids productivity, cultivated for dry conditions] // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2018. № 4. S. 66–75.
3. Krivosheev G. Ya., Ignat'ev A. S., Buin N. P. Izmenenie klimaticheskikh uslovij v yuzhnoj zone Rostovskoj oblasti v period vegetacii kukuruzy [Climate change in the southern zone of the Rostov region during maize vegetation period] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2014. № 1 (31). S. 44–50.
4. Kostylev P. I., Krasnova E. V., Aksenov A. V. i dr. Analiz elementov struktury urozhajnosti i drugih kolichestvennykh priznakov u obrazcov risa [Analysis of yield structure elements and other quantitative characteristics of rice samples] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018 № 1(55). S. 12–17.
5. Nekrasova O. A., Kostylev P. I., Nekrasov E. I. Model' sorta v selekcii ozimoy pshenicy (obzor) [Variety model in winter wheat breeding (review)] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2017. № 5(53). S. 29–32.
6. Sotchenko V. S., Kuznecov I. Yu., Ahiyarov B. G., Ahiyarova L. M., Sotchenko B. N. Podbor gibridov kukuruzy selekcii FGBNU VNII kukuruzy dlya uslovij respubliki Bash-kortostan [Selection of maize hybrids developed by the FSBSI ARRI of maize for the conditions of the Republic of Bashkortostan] // Kukuruza i sorgo. 2018. № 1. S. 3–8.

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.

ПРОДУКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ *TRITICUM PETROPAVLOVSKYI* И ЕЕ СПОНТАННЫХ МАКРОМУТАНТОВ

Б. В. Романов¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и генетики сельскохозяйственных растений, triticumrbw@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0701-1584;

К. И. Пимонов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Растениеводство и садоводство», Konst.pimonov@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-0726-2583

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный российский аграрный научный центр»,

346735, Ростовская обл., Аксайский р-н, пос. Рассвет, ул. Институтская, 1; e-mail: dzni@mail.ru;

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования,

346493, Ростовская обл., Октябрьский р-н, пос. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24; e-mail: dongau@mail.ru

Исследования проводили на опытном поле ФГБНУ ФРАНЦ, почвы которого представлены черноземом обыкновенным. В полную спелость отбирали 25 продуктивных побегов каждого образца и после достижения зерновками стандартной влажности в лаборатории осуществляли структурный анализ. В качестве объектов исследования использовали *T. petropavlovskiy* и выпившиеся из нее в процессе возделывания спонтанные макромутантные формы. В процессе многолетнего культивирования *T. petropavlovskiy* в коллекции, у нее выделены многочисленные спонтанные макромутантные формы видового характера. В работе представлены результаты исследования продукционных характеристик *T. petropavlovskiy*, выделенных из нее спонтанных макромутантных форм, близких фенотипически *T. spelta*, мягкоподобной *T. aestivum* и типичной мягкой пшеницы *T. aestivum*. Установлено, что спельтоидная макромутантная пшеница по продукционным показателям значительно уступает исходной *T. petropavlovskiy* и макромутантной мягкой пшенице *T. aestivum*. Мягкоподобная макромутантная *T. aestivum* ближе по своим продукционным показателям к исходной *T. petropavlovskiy*, но обладает меньшей массой побега и, соответственно, меньшей зерновой продуктивностью. Наиболее перспективной в селекционном процессе является макромутантная типичная мягкая пшеница *T. aestivum*, которая формирует большее количество зерновок и за счет этого имеет преимущество по массе зерна с колоса над всеми образцами, включая исходную форму. Ценность данной макромутантной формы определяется еще и высоким коэффициентом удельной продуктивности (K_{yn}), что говорит о более эффективной работе ее вегетативных органов. Следовательно, макромутантная *T. aestivum*, которая проявляет феноменальное сходство с существующими сортами мягкой пшеницы, предполагает высокую результативность гибридизации с последними. Соответственно, макромутантная форма *T. aestivum*, полученная на базе генотипа *T. petropavlovskiy*, представляет определенную ценность как исходный материал для селекционной практики.

Ключевые слова: виды пшеницы, *T. petropavlovskiy*, макромутантные формы, спельтоид, *T. aestivum*, продуктивность.



PRODUCT CHARACTERISTICS OF *TRITICUM PETROPAVLOVSKYI* AND ITS SPONTANEOUS MACROMUTANTS

B. V. Romanov¹, Candidate of Biological Sciences, senior researcher of the laboratory of breeding and genetics of agricultural crops, triticumrbw@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0701-1584;

K. I. Pimonov², Doctor of Agricultural Sciences, professor of the department "Plant-production and horticulture", Konst.pimonov@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-0726-2583

¹FSBSI "Federal Russian Agricultural Research Center",

346735, Rostov region, Aksay district, v. of Rassvet, Institutskaya Str., 1; e-mail: dzni@mail.ru;

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education,

346493, Rostov region, Oktyabrsky district, v. of Persyanovsky, Krivoshlykova Str., 24; e-mail: dongau@mail.ru

The studies were conducted on the experimental field of the FSBSI "Federal Russian Agricultural Research Center", whose soils are ordinary blackearth (chernozem). 25 productive shoots of each sample were taken in their full ripeness, and when the seeds reached standard humidity, there was performed a structural analysis in the laboratory. *T. petropavlovskiy* and spontaneous macromutant forms emerged from cultivation were used as the objects of study. In the process of a long-term cultivation of *T. petropavlovskiy* in the collection, there were identified numerous spontaneous macromutant forms of a specific nature. The paper presents the study results of the product characteristics of *T. petropavlovskiy* and spontaneous macromutant forms which are phenotypically close to *T. spelta* and soft-like *T. aestivum* and typical soft wheat *T. aestivum*. It has been established that product characteristics of speltoid macromutant wheat are significantly inferior to the original *T. petropavlovskiy* and macromutant soft wheat *T. aestivum*. Product features of soft-like macromutant *T. aestivum* is similar to the original *T. petropavlovskiy*, but has a smaller sprout weight and, correspondingly, lower grain productivity. The most promising variety for breeding process is the macromutant typical soft wheat *T. aestivum*, which forms a larger number of grains and, due to this, has an advantage in 'kernel weight per head' over all samples, including the initial form. The value of this macromutant form can also be determined by the high coefficient of specific productivity (C_{sp}), which indicates a more efficient work of its vegetative organs. Consequently, the macromutant *T. aestivum*, which is phenomenally similar to the existing varieties of soft wheat, promises a high hybridization efficiency with the latter. Thus, the macromutant form of *T. aestivum*, developed on the basis of the *T. petropavlovskiy* genotype, is of some value as an initial material for breeding practice.

Keywords: wheat species, *T. petropavlovskiy*, macromutant forms, speltoid, *T. aestivum*, productivity.

Введение. В XX в. проведены многочисленные исследования по систематике рода *Triticum* L., а также по происхождению культурной пшеницы. В результате этих работ установлено, что все виды рода *Triticum* L. по уровню плоидности делятся на три группы: а) диплоидные ($2n = 14$), б) тетраплоидные ($2n = 28$) и в) гексаплоидные ($2n = 42$). В 1970 г. гексаплоидная пшеница пополнилась видом *T. petropavlovskiy* Udacz. et Migusch, который содержит геном A^uBD (Дружин и Крупнов, 2008). Новый вид доставлен в страну А. М. Горским в 1957 г. из Китая. По мнению З. А. Морозовой и В. В. Мурашева (2017), пшеница Петропав-

саплоидные ($2n = 42$). В 1970 г. гексаплоидная пшеница пополнилась видом *T. petropavlovskiy* Udacz. et Migusch, который содержит геном A^uBD (Дружин и Крупнов, 2008). Новый вид доставлен в страну А. М. Горским в 1957 г. из Китая. По мнению З. А. Морозовой и В. В. Мурашева (2017), пшеница Петропав-

ловского могла возникнуть при мутационном появлении гена Р у пшеницы мягкой. Спонтанные мутации играют важную роль в видообразовании у растений. Оказалось, что *T. petropavlovskyi* обладает высокой мутабельностью. Этот вид, находящийся в коллекции пшеницы ФГБНУ ФРАНЦ (Донской Зональный НИИСХ) с 1992 г., имеет мощные вегетативные побеги и своеобразный колос с относительно крупными зерновками, что делает его достаточно перспективным исходным материалом для селекции (Козлечков и др., 2015; 2016б). В процессе его культивирования в коллекции уже в первые годы были обнаружены спонтанные макромутантные формы, в том числе и рассматриваемые в настоящей работе спельтоидные, мягкоподобные и практически неотличимые от типичной мягкой пшеницы.

Цель работы – оценить продукционные характеристики *T. petropavlovskyi* и выщепившихся из нее макромутантных форм.

Материал и методы исследований. В качестве объектов исследования использовали *T. petropavlovskyi* и выщепившиеся из нее в процессе возделывания спонтанные макромутантные формы. При этом основное внимание уделялось спельтоидам, близким по фенотипу к настоящей *T. spelta* L., и формам, близким к мягкой пшенице *T. aestivum* L. Мутанты с уродливыми колосьями в расчет не принимали. Исследования проводили на опытном поле ФГБНУ ФРАНЦ, почвы которого представлены черноземом обыкновенным. В полную спелость отбирали 25 продуктивных побегов каждого образца и после достижения зерновками стандартной влажности в лаборатории проводили структурный анализ. В работе приводится коэффициент удельной продуктивности ($K_{\text{уд}}$) – показатель эффективности репродуктивной функции побегов пшеницы (Козлечков и др., 2016а). Статистическую обработку данных проводили по Б. А. Доспехову (1985) с использованием стандартных компьютерных программ Statistica 6,0; Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. Пшеница Петропавловского обладает так называемым геном Р, который сближает ее с *Triticum polonicum*, и в то же время у изучаемого вида есть признаки *Triticum persicum* (Дорофеев и др., 1979). Вероятно, поэтому П. А. Гандилян назвал ее «персикоидом» азиатской спельты (Гандилян, 1972). По известным источникам, у пшеницы Петропавловского всего лишь трехцветковые колоски, и она относится к голозерным видаобразцам, у которых облегченный обмолот по сравнению с пленчатыми видами пшеницы (Дорофеев, 1987; Дорофеев и др., 1979). По-видимому, сталкиваясь, как правило, с тремя зерновками в колоске у пшеницы Петропавловского, исследователи автоматически перенесли это на цветки. Отсюда, вероятно, и появилось понятие «трехцветковые колоски». Однако следует подчеркнуть, что более тщательное и длительное исследование, проведенное в процессе культивирования *T. petropavlovskyi* в нашей коллекции видов пшеницы, показало, что у нее развивается, как и у большинства видов пшеницы, 6–8 цветков (Козлечков и др., 2016а). Соответственно, она может формировать более трех зерновок в колоске, что противоречит ранее сделанному утверждению, опубликованному в вышеуказанных источниках. По крайней мере нами установлено, что в срединных колосках колоса пшеницы Петропавловского часто встречаются и четыре зерновки, что теоретически невозможно при «трехцветковой» природе ее колосков. Поскольку она является своего рода персикоидом азиатской спельты, то неудивительно, что из нее спонтанно сразу же, в первые годы выращи-

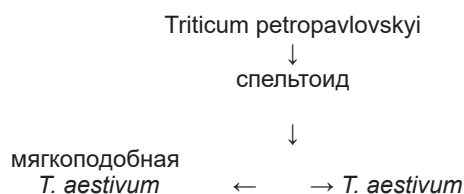
вания, выщепились спельтоидные макромутантные формы (рис. 1), из которых в дальнейшем появились спонтанные макромутантные формы мягкоподобной пшеницы *T. aestivum* и типичные представители «классической» мягкой пшеницы *T. aestivum*.



Рис. 1. Колосья: 1 – исходный вид *T. Petropavlovskyi*; 2 – спельтоидная форма из *T. Petropavlovskyi*; 3 – мягкоподобная пшеница *T. Aestivum*; 4 – типичная мягкая пшеница *T. aestivum*

Fig. 1. Heads: 1 – initial species *T. petropavlovskyi*; 2 – speltoid form from *T. petropavlovskyi*; 3 – soft-like wheat *T. aestivum*; 4 – typical soft wheat *T. aestivum*

Следует отметить, что никакого постепенного и последовательного перехода от пшеницы Петропавловского к спельтоидной форме, а затем к мягкоподобной *T. aestivum* и далее к *T. aestivum*, как это расположено на рисунке 1, не было. Вначале появилась спельтоидная форма. Из нее практически одновременно, т. е. в течение нескольких поколений, выщепились мягкоподобная *T. aestivum* и типичная мягкая пшеница *T. aestivum*. Появление этих макромутантных форм схематично можно представить таким образом:



Поскольку наибольший интерес для нас представляют макромутантные формы мягкоподобной и мягкой пшеницы, рассмотрим их поподробнее. На рисунке 2 отдельно зафиксированы колосья этих макромутантных форм.



Рис. 2. Спонтанные макромутантные формы мягкой пшеницы из спельтоида:

1 – мягкоподобная *T. Aestivum*; 2 – *T. aestivum*

Fig. 2. Spontaneous macromutant forms of soft wheat from speltoid: 1 – soft-like *T. aestivum*; 2 – *T. aestivum*

Различия во внешнем виде у них достаточно очевидны. Первое, что можно отметить, это внешнее сходство колоса и колосков мутантной мягкоподобной *T. aestivum* с таковыми у *T. persicum* Vav. Колосковая чешуя у нее, так же как и у персикоидной пшеницы, имеет выраженную ость.

Таким образом, утверждения П. А. Гандиляна относительно «персикоидности» пшеницы Петропавловского, вполне обоснованны. У мутантной *T. aestivum* остей на колосковой чешуе практически нет. Да и в целом, в колосе у нее в середине колоса по 3–4, иногда и 5 зерновок, тогда как у «персикоидной» мутантной *T. aestivum* максимум три зерновки, а в большинстве по две. Колос мутантной *T. aestivum*

и по цвету, и по форме колоска типичен для мягкой пшеницы. Зерновки у мягкоподобной мутантной *T. aestivum* мельче, чем у *T. petropavlovskiyi*, и даже, чем у мутантной *T. aestivum*. Они более вытянутые. Зерновки заключены в цветковые чешуйки плотнее, чем у *T. aestivum*. Колосковые чешуи у мягкоподобной *T. aestivum* более грубые. Поэтому обмолот у нее несколько труднее, чем у мутантной формы типичной мягкой пшеницы.

Продукционные показатели *T. petropavlovskiyi* и выделенных из нее макромутантных форм значительно различаются (см. табл.). Наименьшие показатели у спельтоидной формы, далее следует мягкоподобная *T. aestivum* и затем типичная *T. aestivum*.

Продукционные показатели *T. petropavlovskiyi* и ее спонтанных макромутантных форм
Product indicators of *T. petropavlovskiyi* and spontaneous macromutant forms

Генотип	Масса, г		Количество, шт.		Масса зерна с колоса, г	K _{yn}
	побега	колоса с зерном	колосков в колосе	зерен		
<i>T. petropavlovskiyi</i>	6,30	3,42	20,4	50,1	2,35	0,59
Спельтоид	3,77	1,90	17,9	33,4	1,35	0,56
Мягкоподобная <i>T. aestivum</i>	4,94	2,67	19,4	36,3	1,91	0,63
<i>T. aestivum</i>	5,48	3,54	20,7	72,0	2,74	1,00
НСП ₀₅	1,27	0,73	1,9	10,3	0,56	—

У спельтоида почти в два раза снизилась масса побега и колоса по сравнению с исходной родительской формой. Соответственно, существенно меньше количество зерен и их масса. Как следствие, у нее самый низкий коэффициент удельной продуктивности (K_{yn}), который отражает эффективность работы вегетативных органов при формировании зерна (Козлечков и Жамсаранова, 1993; Козлечков и др., 2016а). Масса побега исходного *T. petropavlovskiyi* и мутантной типичной *T. aestivum* практически на одном уровне. Однако есть принципиальные отличия, которые хотелось бы подчеркнуть. Так, у мутантной *T. aestivum* значительно больше количество зерен в колосе, что определило несколько выше выход зерна, и, самое главное, у нее существенно увеличился K_{yn}. То есть при практически одинаковой массе побегов с *T. petropavlovskiyi* мутантная *T. aestivum* формирует больший выход зерна.

Следовательно, в преимуществе мягкой пшеницы немаловажную роль наряду с технологическими показателями играет и эффективность работы ее вегетативных органов, которые «выкармливают» большее количество зерновок по сравнению с той же пшеницей Петропавловского. Напомним, что *T. petropavlovskiyi*

также является голозерным гексаплоидным видом пшеницы. Однако, при всей мощности своих побегов, она синтезирует меньшее количество зерновок и K_{yn} у нее 0,59 против 1,00 у макромутантной мягкой пшеницы *T. aestivum*. Большее количество зерновок и более эффективная работа вегетативной массы макромутантной мягкой пшеницы *T. aestivum* дают преимущество последней над *T. petropavlovskiyi*. Очевидно, поэтому последняя менее востребована, чем мягкая пшеница, хотя различия по урожайности между ними недостоверны.

Выводы. В результате спонтанных макромутационных преобразований из пшеницы Петропавловского (*T. petropavlovskiyi*) выделены вначале спельтоидная, а затем из нее мягкоподобные *T. aestivum* и типичные формы мягкой пшеницы *T. aestivum*. Сравнительный анализ продукционных признаков этих форм показал более эффективную работу (в плане зернообразования) мутантной формы типичной мягкой пшеницы *T. aestivum*. Благодаря фенотипическому сходству последняя будет легче скрещиваться с имеющимися сортами *T. aestivum*. Поэтому ее можно считать достаточно перспективным исходным материалом в селекции мягкой пшеницы.

Библиографические ссылки

1. Дорофеев В. Ф., Филатенко А. А., Мигушова Э. Ф. Культурная флора СССР. Т. 1. Пшеница. Л.: Колос, 1979. 347 с.
2. Дорофеев В. Ф., Якубцинер М. М., Руденко М. И. Пшеницы мира: видовой состав, достижения селекции, современные проблемы и исходный материал. 2-е изд. перераб. и доп. Л.: Агропромиздат, 1987. 559 с.
3. Гандилян П. А. О дикорастущих видах *Triticum* Армянской ССР. Ботанический журнал. 1972. Т. 57, № 2. С. 173–181.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для с.-х. вузов; 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Дружин А. Е., Крупнов В. А. Пшеница и пыльная головня. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2008. 164 с.
6. Козлечков Г. А., Жамсаранова О. Н. Генеративное усилие у пшениц и эгилопсов // Ботанический журнал. 1993. № 4. С. 59–66.
7. Козлечков Г. А., Пасько С. В., Романов Б. В. Закон пропорциональной зависимости числа зерновок и их совокупной массы колоса побега пшеницы от величины его вегетативной массы // Известия Оренбургского государственного университета. 2015. № 2(52). С. 25–29.
8. Козлечков Г. А., Пасько С. В., Романов Б. В. Коэффициент удельной продуктивности как показатель эффективности репродуктивной функции побега пшениц коллекции ВИР // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2016а. № 3. С. 34–38.

9. Козлечков Г. А., Пасько С. В., Романов Б. В. Вопросы биологии и продуктивности пшеницы Петropавловского // Известия Оренбургского государственного университета. 2016б. № 3(59). С. 8–10.

10. Морозова З. А., Мурашев В. В. Пшеница, коленница, дазирпирум: особенности морфогенеза, филогенетические взаимосвязи: монография. Мин-во образования и науки РФ, МГУ им. М. В. Ломоносова. Тамбов – Москва: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2017. 104 с. DOI 10.17117/ mon.2017.01.01.

References

1. Dorofeev V. F., Filatenko A. A., Migushova E. F. Kul'turnaya flora SSSR [Cultural flora of the USSR]. T. 1. Pshenica. L.: Kolos. 1979. 347 s.

2. Dorofeev V. F., Yakubciner M. M., Rudenko M. I. Pshenicy mira: vidovoj sostav, dostizhe-niya selekcii, sovremennye problemy i iskhodnyj material [Wheats of the world: species composition, selection achievements, current problems and initial material]. 2-e izd. pererab. i dop. L.: Agropromizdat, 1987. 559 s.

3. Gandilyan P. A. O dikorastushchih vidah Triticum Armyanskoj SSR. Botanicheskij zhurnal [On the wild species of Triticum of the Armenian SSR]. 1972. T. 57, № 2. S. 173–181.

4. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta: (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij): uchebnik dlya s.-h. vuzov [Methodology of a field trial: (with the basics of statistical processing of research results): a text-book for agricultural universities] / B. A. Dospekhov. 5-e izd., dop. i pere-rab. Moskva: Agropromizdat, 1985. 351 s.

5. Druzhin A. E., Krupnov V. A. Pshenica i pyl'naya golovnya [Wheat and loose smut]. Saratov: Izd-vo Sarat. un-ta, 2008. 164 s.

6. Kozlechkov G. A., Zhamsaranova O. N. Generativnoe usilie u pshenic i egilopsov [Generative effort in wheat and goatgrass] // Botanicheskij zhurnal. 1993. № 4. S. 59–66.

7. Kozlechkov G. A., Pas'ko S. V., Romanov B. V. Zakon proporcional'noj zavisimosti chisla zernovok i ih sovokupnoj massy kolosa pobega pshenicy ot velichiny ego vegetativ-noj massy [The law of proportional dependence of the number of grains and their total weight of a wheat spike on its vegetative mass amount] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. № 2(52). S. 25–29.

8. Kozlechkov G. A., Pas'ko S. V., Romanov B. V. Koefficient udel'noj produktivnosti kak pokazatel' effektivnosti reproduktivnoj funkicii pobega pshenic kollekicii VIR [The coefficient of specific productivity as an indicator of the effectiveness of the reproductive function of the wheat sprout of the VIR collection] // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2016a. № 3. S. 34–38.

9. Kozlechkov G. A., Pas'ko S. V., Romanov B. V. Voprosy biologii i produktivnosti pshenicy Petropavlovskogo [Questions of biology and productivity of wheat Petropavlovskiy] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2016b. № 3(59). S. 8–10.

10. Morozova Z. A., Murashev V. V. Pshenica, kolennica, dazirpирум: osobennosti morfogeneza, filogeneticheskie vzaimosvyazi: monografiya [Wheat, goatgrass, dazirpирум: features of morphogenesis, phylogenetic relationships: monograph]. Min-vo obrazovaniya i nauki RF, MGU im. M.V. Lomonosova. Tambov – Moskva: ООО "Konsaltingovaya kompaniya Yukom", 2017. 104 s. DOI: 10.17117/ mon.2017.01.01.

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.

ПРОЛАМИНЫ ЗЕРНА ПШЕНИЦ – ОТ БИОХИМИИ К ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ

М. М. Копусь, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, biokhimiya.vniizk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-8824-1033;

Е. В. Ионова, доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора по науке, ionova-ev@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2840-6219;

Д. М. Марченко, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, зав. отделом селекции и семеноводства озимой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-5251-3903

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Изложены этапы изучения биохимической гетерогенности клейковинных белков зерна пшеницы как важнейшего фактора хлебопекарного качества муки. Показано, что биохимическая гетерогенность белков клейковины вызывается генетическими факторами.

Современные электрофоретические методы на гелевых носителях позволяют изучать компонентный состав белков сортов, биотипов, линий, расщепляющихся гибридов и выделять (идентифицировать) менделирующие единицы спектра (гены, аллели). Применению идеи генетической номенклатуры наследственной единицы глиадинов (блока компонентов) исполнилось более 40 лет, и предложена она была отечественными учеными (Копусь, Попереля, Созинов). Это позволило составить каталоги блоков компонентов (аллели), изучить их связь с качеством, морозостойкостью и другими признаками, разработать шкалу сочетания блоков глиадина в спектре сортов для селекционной оценки образцов, поступающих из питомников отборов. Установлено, что электрофореграммы проламинов служат надежным критерием для идентификации генотипов семян коммерческих сортов лабораторными методами.

Ключевые слова: проламины, клейковина, глиадин, глютен, блоки компонентов, генетическая номенклатура, каталоги.



PROLAMINS OF WHEAT GRAIN – FROM BIOCHEMISTRY TO GENETICS AND BREEDING

M. M. Kopus, Doctor of Biological Sciences, leading researcher, biokhimiya.vniizk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-8824-1033

E. V. Ionova, Doctor of Agricultural Sciences, deputy director on Science, ionova-ev@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2840-6219;

D. M. Marchenko, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, head of the laboratory of winter wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-5251-3903

FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",

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

The paper describes the stages of studying the biochemical heterogeneity of gluten proteins of wheat grain as an important factor in the baking quality of flour. It has been shown that the biochemical heterogeneity of gluten proteins is caused by genetic factors. Modern electrophoretic methods on gel carriers make it possible to study the component protein composition of varieties, biotypes, lines, split hybrids and to identify the Mendelian units of the spectrum (genes, alleles). The application of the idea of the genetic nomenclature of the hereditary unit of gliadins (a block of components) is over 40 years old, and it was proposed by domestic scientists (Kopus, Popereya, Sozinov). This made it possible to compile catalogs of blocks of components (alleles), to study their correlation with quality, frost resistance and other traits, to develop a scale for combining gliadin blocks in the spectrum of varieties for the breeding assessment of samples from agro-nurseries. It has been established that electrophoregrams of prolamins serve as a reliable criterion to identify seed genotypes of commercial varieties by laboratory methods.

Keywords: prolamins, gluten, gliadin, glutenin, blocks of components, genetic nomenclature, catalogs.

Введение. С тех пор как в 1785 г. Пармантье сформулировал значение клейковины для приготовления хлеба: «...глютинозное вещество, жадно поглощая воду, приобретает мягкость, гибкость, растяжимость и эластичность, что позволяет ему играть самую большую роль в приготовлении хлеба», количество и качество ее находятся в поле зрения технологов и селекционеров. В нашей стране уже более 80 лет существуют нормативы по количеству и качеству клейковины в зерне пшеницы. Их используют при заготовках и переработках зерна, в селекции и семеноводстве. Впервые клейковина была описана в 1728 г. итальянским ученым Беккари, а в 1819-м Таддей высказал предположение, что она состоит из двух различных белковых веществ. Одно из них, растворимое в спирте, он назвал «глиадин». Термин «глютеин» ввел Джонсон (учитель Т. Осборна) (Bailey, 1941; Taddei, 1819).

В 1907 г. американский биохимик Осборн предложил первую и самую простую классификацию белков зерна пшеницы. В ее основу положена способность белков растворяться в различных растворителях (Осборн, 1935). И хотя эта классификация является весьма условной, она не утратила своего значения и сегодня. Общая характеристика биохимического состава белков зерна пшеницы приведена в таблице 1 (Ковтун, 2011).

Клейковинные белки (глиадины и глютеины) составляют основную массу белков эндосперма – 80–85% (табл. 1). После работ Осборна эти белки стали предметом изучения учеными всего мира. В нашей стране эти работы наиболее успешно вели Л. Я. Ауэрман, А. Б. Вакар, Н. П. Козьмина, М. И. Княгиничев, В. Л. Кретович, Л. Н. Любарский, А. Я. Пумпянский, В. Г. Конарев, А. А. Созинов и их школы. Было убедительно показано, что клейковинные белки несут основную функциональную нагрузку по их влиянию на

качество муки. Глютенины способны к полимеризации путем образования межмолекулярных S-S-связей и формируют макромолекулярный каркас клейковины, отвечая за такие свойства теста, как его эластич-

ность и упругость. Глиадины – мономорфные белки с внутримолекулярными S-S связями, они существенно влияют на такие физические свойства теста, как его вязкость и особенно растяжимость.

1. Классы белков зерна пшеницы 1. Classes of proteins of wheat grain

Легкорастворимые белки (15–20%)		Клейковинные белки (80–85%)	
Альбумины (~15%)	Глобулины (~5%)	Глиадины (~45–50%)	Глютенины (~35–40%)
Молекулярная масса		Мономерные	Полимерные
5–30 000	20–90 000	Молекулярная масса	
		25–75 000	>100 000
		Локализация S-S-связей	
		Внутримолекулярные	Межмолекулярные
		Вязкость	Эластичность
		Растяжимость	Упругость
		↙	↘
		Глютенины низкомолекулярные (~70–80%)	Глютенины высокомолекулярные (~20–30%)
		Молекулярная масса	
		30–50 000	60–100 000

Клейковина – это вязкий, упруго-эластичный комплекс гидратированного белка, состоящий из глиадинов и глютеинов. После работ Осборна вопрос о химической индивидуальности этих белков становится главным в последующих исследованиях. Однако многочисленные исследования, проведенные в 1930–1960-х гг., позволили установить, что извлекаемые различными растворителями белки (альбумины, глобулины, глиадины и глютеины) действительно не являются химически индивидуальными. Но получить этими методами качественных характеристик различий сортов пшеницы по запасным (клейковинным) белкам не удавалось (Медведева, 1960; Varmone, 1947).

Подлинная революция в изучении биохимической гетерогенности белков зерна произошла в результате совершенствования аналитической техники и новых методов, таких как ионообменная хроматография и особенно электрофорез на гелевых носителях. Электрофорез – это движение мельчайших частиц под действием постоянного электрического тока. Впервые описал это явление русский естествоиспытатель Реус в трудах Московского общества еще в 1809 г. (Ларский, 1971; Духин, 1976). Электрофорез как метод исследования белков зерна пшеницы стал применяться в западных странах в 1930–1950-е гг., а в СССР – в 1960–70-е гг. прошлого столетия.

Большой вклад в разработку и совершенствование метода внесли зарубежные (Тизелиус, Гордон, Орнетей, Девис, Смитис, Раймонд, Джонсон, Бушук и др.) (Маурер, 1971) и отечественные ученые (Конярев, Созинов, Попереля, Рыбалка, Колупь, Нецветаев, Поморцев, Перуанский и др.) (Ковтун, 2011).

Ключевыми моментами в изучении гетерогенности белков зерна явилось использование гелевых носителей: Смитиса (1954) – крахмального, Раймона (1959) – полиакриламидного и алюминиймолочнокислого буфера – pH-3,1 Джонсон (1959) (Джонсон, 1977).

Используя алюминиймолочнокислый буфер для разделения глиадинов в аппарате шведского биохимика Тизелиуса, Джонсон получил всего четыре компонента: 55, 22, 20 и 3% от общего количества и обозначил их как α-, β-, γ- и ω-глиадины. Это была первая

запись биохимической гетерогенности глиадинов (по подвижности и величине заряда). Она существует и сейчас, существенно дополнена школой академика В. Г. Конярева (Конярев, 1977).

Совершенствование техники разделения белков позволило получать значительно большее число компонентов. Так, техника двухмерного электрофореза в комбинации с электрофорезом восстановленных тиоловыми агентами белков с денатурирующим детергентом – додецил сульфатом натрия (SDS) в одном направлении и изоэлектрофокусированием в градиенте – pH в другом – позволила разделить белки зерна пшеницы более чем на 200 отдельных субъединиц и полипептидов (Jackson, 1983).

Приведенные выше сведения по биохимической природе клейковинных белков свидетельствуют о том, что глиадин и глютеин являются химически гетерогенными веществами. Однако разделение гетерогенных белков клейковины на многочисленные компоненты само по себе представляет интерес только с точки зрения выяснения их некоторых биохимических особенностей. Для нужд селекции важно установить сопряженность изменчивости компонентного состава клейковинных белков с технологическими, биохимическими, физиологическими и генетическими особенностями пшениц. Наилучшим пределом разделения клейковинных белков на фракции был бы предел до уровня продукта гена (менделирующая единица). Опыт свидетельствует, что разделение глиадинов на компоненты в крахмальном и полиакриламидном гелях в сочетании с методами генетического анализа лучше всего отвечает этому требованию (Metakovsky, 1984).

Генетический анализ прерывистой или качественной наследственной изменчивости стал возможным благодаря открытию Г. Менделя основных закономерностей наследования признаков и введению понятия о дискретных наследственных факторах, отвечающих за развитие признаков. До сих пор гибридологический анализ представляет собой основной и действенный метод генетического анализа и не потерял своего значения в период развития молекулярной генетики и биотехнологии (Савченко, 1984).

Гибридологический анализ компонентного состава глиаина озимых мягких пшениц в сочетании со знанием генетического контроля этого признака (Shepherd, 1968; Рыбалка, 1975) был применен нами (Созинов, 1975) одними из первых в мире с целью идентификации отдельных генов (аллелей) с использованием электрофоретических методов. В основе этого подхода лежит центральный постулат молекулярной генетики: один ген – одна полипептидная цепь. Однако в данном случае картина обстоит несколько иначе. Один глиаиндирующий ген, вернее locus, контролирует, как правило, не один электрофоретический полипептид, а группу специально наследуемых компонентов. Еще не зная генетического контроля глиаина отечественных сортов, А. А. Созинов с сотрудниками (Созинов, 1974) назвали группу специально наследуемых компонентов блоком. Однако впервые сформулировать генетическое понятие блок компонентов, обозначающее менделирующую и практически не рекомбинирующую в процессе кроссин-

говера группу компонентов, удалось только в 1975 г. (автор идеи – аспирант М. М. Копусь) при проведении гибридологического анализа гибридов F_2 – F_4 от скрещивания сортов Безостая 1 и Днепроовская 521 (Созинов, 1974). В этой работе впервые предложен генетический принцип номенклатуры блока и разработаны основы генетической классификации полиморфизма глиаина. Этот принцип был взят за основу не только по глютеинам и белкам – ферментам у пшениц, но и по другим культурам и белкам. Первые три буквы Gld (Gli) – латинское название глиаина. Большая буква после глиаина A, B, D – название генома. Первая цифра перед буквой – номер хромосомы, а после буквы – номер идентифицированного блока компонентов. При записи генотипической формулы глиаина сорта (биотипа) вначале идут номера типов блоков первой группы хромосом (1A, 1B, 1D), затем – шестой (6A, 6B, 6D). Например: Безостая 1 – Gld 1A4, 1B1, 1D1, 6A1, 6B1, 6D1 (4.1.1.1.1.1) или Днепроовская 521 (Gld 1.2.1.1.1.1).



Рис. 1. Электрофореграммы глиаина сортов Безостая 1 (а), Днепроовская 521 (б) и легкоотличимые типы гибридов от их скрещивания

Fig. 1. Gliadin electrophoregrams of the varieties 'Bezostaya 1' (a), 'Dneprovskaya 521' (b) and distinct types of hybrids from their crossings

На рисунке 1 представлены электрофореграммы глиаина родительских сортов Безостая 1, Днепроовская 521 и четыре легкоотличимых типа этого белка у гибридов от их скрещивания. Первый тип электрофореграмм гибридов неотличим от электрофореграмм глиаина сорта Безостая 1 (Gld 4.1.1.1.1.1), четвертый – от электрофореграмм глиаина сорта Днепроовская 521 (Gld 1.2.1.1.1.1). Второй (Gld 1.1.1.1.1.1) и третий (Gld 4.2.1.1.1.1) типы являются рекомбинантными. На этой комбинации впервые был убедительно доказан монофакториальный тип наследования аллельных белков: Gld 1A4-1A1, Gld 1B1-1B2 (табл. 2)

и объяснена причина появления четырех вариантов гибридов как следствие дигибридного расщепления, независимо от наследуемых пар блоков компонентов.

Рассматриваемое скрещивание не является самым простым. Всего на начальном этапе исследований было изучено пять гибридных комбинаций от моно- до гексагибридного расщепления, что и позволило уже в 1976 г. составить первый каталог, а наиболее полным является каталог, опубликованный десять лет спустя (рис. 2), уже после анализа более 3000 коллекционных образцов пшеницы (Metakovsky, 1984).

2. Расщепление по блокам компонентов глиаина в F_2 – F_4 при скрещивании сортов Безостая 1 и Днепроовская 521

2. Splitting the gliadin components in F_2 – F_4 into blocks when crossing the varieties 'Bezostaya 1' and 'Dneprovskaya 521'

Пары блоков	Название блоков	Типы спектров	F_2			F_3			F_4		
			кол-во растений	χ^2 *	P>	кол-во растений	χ^2 *	P>	кол-во растений	χ^2 *	P>
1	1A4	1,3	20	–	–	54	–	–	79	–	–
	–	–	–	0,002	0,90	–	0,69	0,25	–	1,63	0,10
	1A1	2,4	59	–	–	110	–	–	83	–	–
2	1B1	1,2	22	–	–	60	–	–	72	–	–
	–	–	–	0,13	0,50	–	0,03	0,75	–	0,03	0,75
	1B2	3,4	57	–	–	104	–	–	90	–	–

* χ^2 рассчитан при теоретически ожидаемом соотношении фенотипических классов гибридов по блокам компонентов Gld 1A4-1A1. Gld 1B1-1B2 в F_2 -1:3; F_3 -3:5; F_4 -7:9

Для составления каталога аллельных вариантов блоков компонентов глиадинов на КГ и ПААГе (стандартные методики) нами выполнена огромная совместная работа по гибридологическому анализу расщепляющихся потомств от 32 комбинаций скрещиваний (Metakovsky, 1984).

Аналогичная работа была проведена уже в 90-е гг. XX в. зарубежными исследователями с низкомолеку-

лярными (НМГ) (Gupta, 1990) и высокомолекулярными глютеинами (ВМГ) (Shewry, 1992).

Представленные каталоги блоков со временем претерпевают некоторые изменения и дополнения. Однако уже сегодня они описывают огромный полиморфизм по этим белкам и могут служить для практического использования и дальнейших исследований.

Результаты этой работы показаны на рисунках 2 и 3.

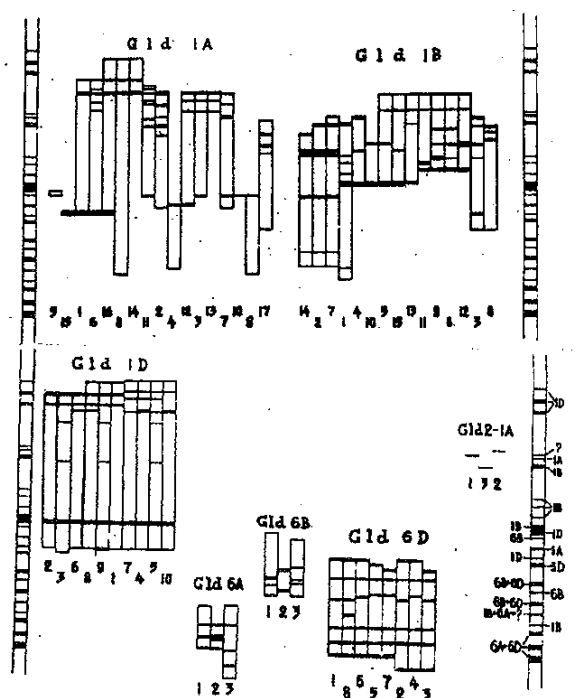


Рис. 2. Каталог идентифицированных блоков компонентов глиадина на КГ у озимых мягких пшениц (стандартная методика)

Fig. 2. The catalog of the identified blocks of the gliadin components on the KG in winter soft wheat (standard method)

Проведение генетического анализа глиадиновых белков клейковины с установлением их дискретной наследственной единицы (блока компонентов), полигенного контроля и множественного аллелизма, открыло возможность изучить сопряженность аллельного состояния отдельных локусов с изменчивостью важнейших хозяйственно ценных свойств пшеницы: качеством, продуктивностью, морозостойкостью.

Проще всего предполагать наличие связи глиадиновых аллелей с качеством зерна. Ведь глиадин – белок клейковины, которая является важнейшим фактором качества пшеницы. Можно полагать о непосредственном влиянии различных аллельных состояний кластеров генов на формирование признака. Не исключено, что блок компонентов может выступать в качестве типичного генетического маркера или «сигнала» участка хромосомы, в котором находятся другие гены, которые и оказывают непосредственное влияние на проявление исследуемого признака. Не исключено, что правомерны обе гипотезы в зависимости от того, какой из признаков рассматривается: качество или устойчивость к болезням, морозостойкость или опушенность колосковых чешуй и т. д. Мы изучили многоплановый материал: гибридные по-

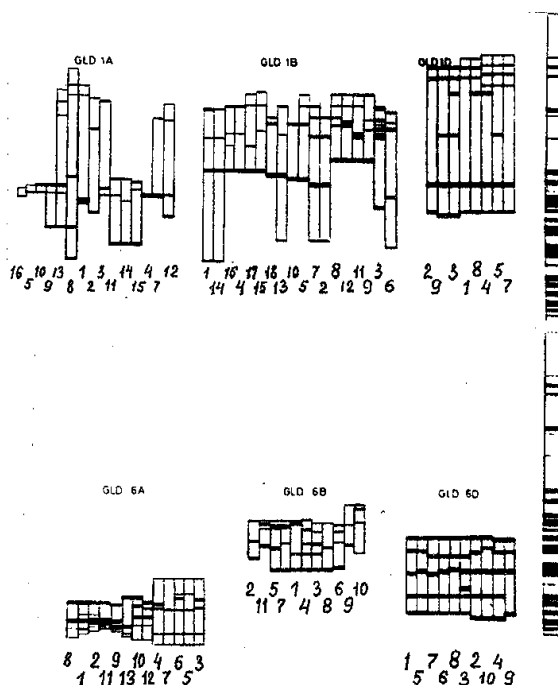


Рис. 3. Каталог блоков компонентов глиадина сортов озимой мягкой пшеницы при электрофорезе на ПААГ (стандартная методика) ((Metakovsky, 1984)

Fig. 3. The catalog of blocks of the gliadin components of winter soft wheat varieties during electrophoresis on PAGE (standard method) ((Metakovsky, 1984)

пуляции, чистые линии, сорта и их биотипы, мутантные формы и, наконец, изогенные линии. Для примера приводим влияние аллельных блоков глиадина на качество у гибридов (табл. 3) и изоглиадиновых линий (табл. 4).

Самые высокие показатели седиментации у гибридов с 1-м типом спектра (Gld 1B1) и самой Безостой 1 (Gld 1B1) (табл. 3), а самые низкие – у гибридов с 3-м типом (Gld 1B3) и у сорта Кавказ (Gld 1B3) – ржаная транслокация (1BL/IRS).

У гетерогенного 2-го типа (Gld 1B1+1B3) этот показатель имеет среднее значение. Указанные различия являются статистически достоверными.

У изоглиадиновых линий по числу седиментации по разным предшественникам (пар, беспарье) также наблюдается четкая картина, даже с учетом погодноклиматических условий (табл. 4). Достоверно хуже были по качеству линии с Gld 1B3, 1A1, 1B2, 1B7. Разница по этому показателю у изоглиадиновых линий очень близка к гибридами расщепляющихся потомств (табл. 5).

В результате проведенных многоплановых и многолетних исследований была выработана система комплексной оценки генотипов озимой мягкой пшеницы на качество и связанных с ним продуктивности и морозостойкости (табл. 6, 7).

3. Показатель седиментации у гибридов от скрещивания сортов Безостая 1 и Кавказ
3. Sedimentation rate in hybrids obtained from crossing 'Bezostaya 1' and 'Kavkaz'

Сравниваемые блоки	F3			F4	
	Количество растений	Седиментация (мл)	Белок в муке, %	Количество растений	Седиментация (мл)
1 1B1	74	55,2	14,71	71	49,5
2 1B1+1B3	46	50,1	14,96	17	45,3
3 1B3	65	41,4	14,37	50	40,5
Безостая 1	15	57,3	14,23	10	54,0
Кавказ	15	39,0	14,97	10	41,7

Достоверность различий

1–2 1B1 – (1B1 + 3)	+5,1xxx	-0,25	+4,2xxx
2–3 (1B1 + 3) – 1B3	+8,7xxx	+0,34	+4,8xxx
1–3 1B1–1B3	+13,8xxx	-0,59	+9,0xxx
Безостая 1 – Кавказ (1B1–1B3)	+18,3xxx	-0,79	+13,3xxx
Безостая 1 – 1-й тип (1B1–1B1)	+2,1	-0,48	+4,5xxx
Кавказ – 3-й тип (1B3–1B3)	-2,4	+0,6	+1,2

4. Показатель седиментации изоглиадиновых линий и различия между ними
4. Sedimentation rate of iso-gliadin lines and the differences between them

№ п/п	Формула глиадины линии	Пар	Седиментация, мл	Беспарье	Седиментация, мл
		среднее за три года	различия	среднее за три года	различия
1	111111	43,8	1A4 _{CTX} ± 1A1 + 8,8x	43,5	1A4 _{CTX} ± 1A1 + 10,3x
2	211111	54,2	1A2 – 1,8	55,4	1A2 – 1,6
3	311111	51,2	1A3 + 1,4	54,8	1A3 – 1,0
4	411111	52,7	1A4 – 0,1	53,3	1A4 + 0,5
5	511111	54,2	1A5 – 1,6	55	1A5 – 1,2
6	711111	54,2	1A7 – 1,6	59,3	1A7 – 5,5x
7	411111	52,5	1B1 _{CTX} ± 1B1 + 0,1	54,4	1B1 _{CTX} ± 1B1 – 0,6
8	421111	45,9	1B2 + 6,7x	48,2	1B2 + 5,6x
9	431111	40,9	1B3 + 11,7x	42,7	1B3 + 11,1x
10	441111	53,3	1B4 – 0,7	53,5	1B4 + 0,3
11	451111	53,1	1B5 – 0,5	54,2	1B5 – 0,4
12	471111	47,8	1B7 + 4,8x	49,3	1B7 + 4,5x
13	481111	51,8	1B8 + 0,8	51,0	1B8 + 2,8
14	491111	51,2	1B9 + 1,4	51,4	1B9 + 2,4
15	412111	50,3	1B12 + 2,3	49,5	1B12+ 4,3x
16	413111	49,9	1B13 + 2,7	49,7	1B13 4,1x
17	411111	52,5	1D1 _{CTX} ± 1D1 + 0,1	53,6	1D1 _{CTX} ± 1D1 + 0,2
18	414111	53,5	1D4 – 0,9	54,8	1D4 – 1,0
19	415111	54,9	1D5–2,3	54,0	1D5 – 0,2
20	416111	49,1	1D6+3,5	50,6	1D6 + 3,2
21	411311	52,9	6A3–0,3	54,6	6A1 _{CT} ± 6A3 – 0,8
22	411121	55,6	6B2 – 3,0	55,0	6B1 _{CT} ± 6B2 – 1,2
23	411112	54,4	6D2 – 1,8	52,2	6D1 _{CT} ± 6D2 + 1,6
24	Безостая 1 ст. X	52,6	–	53,8	–

Примечание: x – достоверные отличия.

5. Различия по седиментации (мл) между гибридами F₃–F₄ и изоглиадиновыми линиями с идентичными блоками компонентов

5. Differences in sedimentation (ml) between hybrids F₃–F₄ and iso-gliadin lines with identical blocks of components

Комбинация	Сравниваемые блоки глиадинов	Гибриды			Изо-глиадиновые линии			Отношение
		F ₃	F ₄	$\bar{x}$	Пар	Б/пар	$\bar{x}$	
Безостая 1 х Кавказ	1B1–1B3	+13,8x	+9,0x	+11,4x	+11,7x	+11,1x	+11,4x	1 : 1
Безостая 1 х Дн. 521	1B1–1B2	+7,3x	+5,0x	+6,2x	+6,7x	+5,6x	+6,2x	1 : 1
	1A4–1A1	+8,5x	+10,2x	+9,4x	+8,8x	+10,3x	+9,6x	1 : 1,02

6. Глиадин пшеницы с максимально выраженными признаками на генофоне сорта Безостая 1
6. Gliadin of wheat with the most expressed signs on the gene pool of the variety 'Bezostaya 1'

Признак	Аллели гли-локусов хромосом					
	1A	1B	1D	6A	6B	6D
Качество муки	7 (4, 5, 3)*	1 (4, 5)	0 (4, 5, 7)	3	2	2
Морозостойкость	1 (6, 2)	5 (13, 4, 2, 7)	5 (7, 6, 4)	3	2	2
Продуктивность	1 (6, 2, 4, 3)	4 (7, 2, 3, 1)	1 (2, 3)	1	1	1
По всем признакам	4, 5, 7	1, 4	5, 7	3, 1	2, 1	2, 1

* аллели в скобках незначительно меняют выражение признаков

7. Шкала для селекционной оценки генотипов озимой пшеницы по Gld-аллелям при типичном глютенине, hard – консистенции и уровне белка не ниже 14% (качество, морозостойкость)

7. Scale for breeding assessment of winter wheat genotypes according to Gld-alleles with typical glutenin, hard – consistency and protein level not lower than 14% (quality, frost resistance)

Оценка генотипа	Аллели Gld-локусов хромосом					
	1A	1B	1D	6A	6B	6D
Отличный	2, 3, 4, 5	1, 4	7, 5, 4	3	1, 2	1, 2
Хороший	2, 3, 4, 5	1, 4	1, 2, 3	1, 3	1, 2	1, 2
Средний	2, 3, 4, 5	2, 7, 3	7, 5, 4	1, 3	1, 2	1, 2
Удовлетворительный	1, 4, 2, 3, 4, 5, 3	2, 7, 3	1, 2, 3, 4, 5, 7	1, 3, 3	1, 3, 2	1, 2, 2
Плохой	1, 6, 4, 5, 3	2, 7, 3	1, 2, 3, 4, 5, 7	1, 3	1, 2	1, 2

Выводы. Исполнилось более 40 лет идее генетического принципа записи электрофореграмм глиадинов (Созинов, 1975), который позволил осуществить принципиально важный для генетики и селекции переход от изучения биохимической гетерогенности к практическому селекционному использованию генетического полиморфизма белков зерна. Этот подход позволил составить каталоги идентифицированных блоков глиадинов как на КГ, так и на ПААГ, а также

шкалу для селекционной оценки генотипов (сортов) пшеницы по глиадинам (качества, морозостойкости). В соответствии с международной номенклатурой, принятой значительно позже Metakovsky (1991) внес изменения в редакцию блока: номер хромосомы обозначают номером локуса, а номер блока заменен на буквенное обозначение. В таких вариантах генетический принцип номенклатуры глиадинов продолжает служить селекции и семеноводству пшеницы сегодня.

Библиографические ссылки

1. Джонсон В. Генетические исследования белков пшеницы / пер. с англ. Н. А. Емельяновой и А. Г. Тихоновой. Белки семян зерновых и масляных культур. М.: Колос, 1977. С. 130-139.
2. Духин С. С., Дерягин Б. В. Электрофорез. М.: Наука, 1976. С. 332 с.
3. Ковтун В. И. Геномика пшеницы и тритикале в создании высококачественных сортов нового поколения: монография. Ставрополь: АГРУС, 2011. 288 с.
4. Конарев В. Г. Полиморфизм глиадина и его использование в идентификации сортов и регистрации генетических ресурсов пшеницы и других злаков. // Вестник с.-х. науки. 1977. Вып. 7. С. 84–93.
5. Ларский Е. Г. Методы зонального электрофореза. М.: Медицина, 1971. 270 с.
6. Маурер Г. Диск-электрофорез. Теория и практика электрофореза в полиакриламидном геле. М.: Мир, 1971. 248 с.
7. Осборн Т. Б. Растительные белки. М.-Л.: Биомедгиз, 1935. 220 с.
8. Савченко В. К. Генетический анализ в сетевых пробных скрещиваниях. Минск: Наука и техника, 1984. 223 с.
9. Созинов А. А. Использование электрофореза глиадина в селекции пшеницы на качество // Вестник сельскохозяйственной науки. 1974. № 4. С. 99–108.
10. Созинов А. А. Генетически обусловленные различия компонентного состава глиадина сортов Безостая 1 и Днепровская 521 и их роль в определении качества муки // Докл. ВАСХНИЛ. 1975. № 11. С. 10–14.
11. Bailey C.H. A translation of Beccari "s lecture" concerning grain (1728). // Cereal Chem. 1941. 18. 5. Pp. 555–561.
12. Barmone M.A. Some characteristics of gliadin and glutenin indicated by dispersion and viscosity // Cereal Chem. 1947. 24. 1. Pp. 49–56.
13. Gupta R. Two-step one-dimensional SDS-PAGE analysis of LMW subunits of glutenin. 1. Variation and genetic control the subunits in hexaploid wheat // Theor. Appl. Genetic. 1990. Vol. 80. Pp. 65–74.
14. Jackson E. Characterisation of high-molecular-weight of gliadin and low-molecular-weight glutenin subunits of wheat endosperm by two-dimensional electrophoresis and the chromosomal location of their controlling genes // Theor. Appl. Genet. 1983. Vol. 66. Pp. 29–37.
15. Metakovsky E. Bloks of gliadin components in winter detected by one-dimensional polyacrylamide gel electrophoresis // Theor. Appl. Genet (TAG). 1984. Vol. 67. Pp. 559–568.
16. Metakovsky E. Gliadin allele identification in common wheat: Catalogue of gliadin alleles in common wheat // J. Genet. Breed. 1991. Vol. 45. Pp. 325–344.
17. Shepherd K. Chromosomal control of endosperm proteins in wheat and rye // Proc. 3rd Jnt. Wheat Genet. Symp., Canberra, 1968. Pp. 86–96.

18. Shewry P. High-molecular-weight subunits of wheat glutenin // J. Cereal Sei. 1992. Vol. 15. Pp. 105–120.
19. Taddei G. Kicerche sul qlutine del frumento. Giornale di ficica chemica, e storia naturall // Bruqnatelli. 1819. 2. Pp. 360–361.

References

1. Dzhonson V. Geneticheskie issledovaniya belkov pshenicy [Genetic studies of wheat proteins] (Per. s angl. N.A. Emel'-yanovoj i A.G. Tihonovoj). Belki semyan zernovyh i maslyanyh kul'tur. M.: Kolos, 1977. S. 130–139.
2. Duhin S. S., Deryagin B. V. Elektroforez [Electrophoresis]. M.: Nauka, 1976. 332 s.
3. Kovtun V. I. Genomika pshenicy i tritikale v sozdanii vysokokachestvennyh sor-tov novogo pokoleniya: monografiya [Genomics of wheat and triticale in the development of high-quality varieties of the new generation: a monograph]. Stavropol': AGRUS, 2011. 288 s.
4. Konarev V.G. Polimorfizm gliadina i ego ispol'zovanie v identifikacii sor-tov i registracii geneticheskikh resursov pshenicy i drugih zlakov [Polymorphism of gliadin and its use in the identification of varieties and registration of the genetic resources of wheat and other cereals]. // Vestnik s.-h. nauki 1977. Vol. 7. S. 84–93.
5. Larskij E. G. Metody zonal'nogo elektroforeza [Zonal electrophoresis methods]. M.: Medicina, 1971. 270 s.
6. Maurer G. Disk-elektroforez. Teoriya i praktika elektroforeza v PAAGe [Disk electrophoresis. Theory and practice of electrophoresis in PAGE]. M.: Mir, 1971. 248 s.
7. Osborn T. B. Rastitel'nye belki [Vegetable proteins]. M.-L.: Biomedgiz, 1935. 220 s.
8. Savchenko V. K. Geneticheskij analiz v setevykh probnykh skreshchivaniyah [Genetic analysis in network test hybrids]. Minsk: Nauka i tekhnika, 1984. 223 s.
9. Sozinov A. A. Ispol'zovanie elektroforeza gliadina v selekcii pshenicy na kachestvo [The use of gliadin electrophoresis in wheat breeding for quality] // Vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 1974. № 4. S. 99–108.
10. Sozinov A. A. Geneticheski obuslovlennye razlichiya komponentnogo sostava gliadina sortov Bezostaya 1 i Dneprovskaya 521 i ih rol' v opredelenii kachestva muki [Genetically determined differences in the component composition of gliadin in the varieties 'Bezostaya 1' and 'Dneprovskaya 521' and their role in determining flour quality]. // Dokl. VASKHNIL. 1975. № 11. S. 10–14.
11. Bailey C.H. A translation of Beccari "s lecture" concernig grain (1728) // Cereal Chem. 1941. 18. 5. Pp. 555–561.
12. Barmone M.A. Some characteristics of gliadin and glutenin indicated by dispersion and viscosity // Cereal Chem. 1947. 24. 1. Pp. 49–56.
13. Gupta R. Two-step one-dimensional SDS-PAGE analysis of LMW subunits of glutenin. 1. Variation and genetic control the subunits in hexaploid wheat // Theor. Appl. Genetic. 1990. Vol. 80. Pp. 65–74.
14. Jackson E. Characterisation of high-molecular-weight of gliadin and low- molecular-weight glutenin subunits of wheat endosperm by two-dimensional electrophoresis and the chromo-somal location of their controlling genes // Theor Appl. Genet. 1983. Vol. 66. Pp. 29–37.
15. Metakovsky E. Bloks of gliadin components in winter detected by one-dimensional pol-yacrylamide gel electrophoresis // Theor. Appl. Genet (TAG). 1984. Vol. 67. Pp. 559–568.
16. Metakovsky E. Gliadin allele identification in common wheat: Catalogu of gliadin alleles in common wheat // J. Genet. Breed. 1991. Vol. 45. Pp. 325–344.
17. Shepherd K. Chromosomal control of endosperm proteins in wheat and rye // Proc. 3rd Jnt. Wheat Genet. Symp., Canberra, 1968. Pp. 86–96.
18. Shewry P. High-molecular-weight subunits of wheat glutenin // J. Cereal Sei. 1992. Vol. 15. Pp. 105–120.
19. Taddei G. Kicerche sul qlutine del frumento. Giornale di ficica chemica, e storia naturall // Bruqnatelli. 1819. 2. Pp. 360–361.

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 633.1:631.52ДВ

DOI 10.31367/2079-8725-2019-64-4-61-65

НОВЫЙ СОРТ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ АНФЕЯ

Т. А. Асеева, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела земледелия и защиты растений, ORCID ID: 0000-0001-8471-0891;

К. В. Зенкина, аспирант лаборатории селекции зерновых колосовых культур, ORCID ID: 0000-0002-5774-3580;

И. В. Ломакина, старший научный сотрудник отдела полевых культур, ORCID ID: 0000-0002-9022-0212;

З. С. Рубан, старший научный сотрудник отдела полевых культур, ORCID ID: 0000-0002-8125-6520

ФГБНУ «Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства», 680521, Хабаровский край, Хабаровский р-н, с. Восточное, ул. Клубная, 13; e-mail: aseeva59@mail.ru

Увеличение производства высококачественного зерна остается важнейшей задачей для всего агропромышленного комплекса России, в том числе и Дальневосточного региона. Повышение продуктивности и качества зерна достигается разнообразными агротехническими и организационными методами и правильным подбором сортов, наиболее адаптированных к условиям окружающей среды. Цель исследований – создать новый сорт яровой мягкой пшеницы с высокими показателями продуктивности и качества зерна, устойчивый к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам окружающей среды и адаптированный к условиям Дальневосточного региона. Представлена информация о методах создания, исходных родительских компонентах, признаках и свойствах нового сорта яровой мягкой пшеницы Анфея, переданного на Государственное сортоиспытание и предназначенного для выращивания в Дальневосточном регионе. Это сорт нового поколения, в котором удачно совмещены такие признаки, как высокая продуктивность, качество зерна, крупнозерность, иммунитет к основным распространенным болезням в данной экологической зоне и устойчивость к абиотическим стрессорам окружающей среды. Средняя урожайность сорта Анфея за годы конкурсного испытания (2016–2018 гг.) – 3,9, максимальная – 5,5 т/га. Прибавка к стандартному сорту Хабаровчанка – 1,0 и 2,1 т/га соответственно. Высокая урожайность нового сорта обеспечивается повышенной крупностью зерна. Генетический потенциал перспективного сорта яровой мягкой пшеницы способствует формированию высокого количества белка в зерне. По продовольственной ценности, реологическим свойствам теста, технологическим и хлебопекарным показателям качества зерна новый сорт Анфея относится к сильным пшеницам.

Ключевые слова: новый сорт, яровая мягкая пшеница, селекция, продуктивность, Дальневосточный регион.



THE NEW SPRING SOFT WHEAT VARIETY 'ANFEYA'

T. A. Aseeva, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher of the department of agriculture and plant protection, ORCID ID: 0000-0001-8471-0891;

K. V. Zenkina, post graduate of the laboratory of grain crop breeding, ORCID ID: 0000-0002-5774-3580;

I. V. Lomakina, senior researcher of the department of field crops, ORCID ID: 0000-0002-9022-0212;

Z. S. Ruban, senior researcher of the department of field crops, ORCID ID: 0000-0002-8125-6520

FSBSI "Far-East Research Institute of Agriculture"

680521, Khabarovsk Area, Khabarovsk district, v. of Vostochnoe, Klubnaya Str., 13; e-mail: aseeva59@mail.ru

The improvement of high-quality grain production remains the most important task for the entire agricultural sector of Russia, including the Far Eastern region. Productivity and grain quality improvement can be achieved by various technical and organizational methods and the correct selection of varieties that are most adapted to environmental conditions. The purpose of the study is to develop a new spring soft wheat variety with high indicators of productivity and grain quality, resistant to unfavorable biotic and abiotic environmental factors and adapted to the conditions of the Far Eastern region. The paper gives the information on the methods of development, the initial parental components, the traits and properties of the new spring wheat variety 'Anfeya', submitted to the State Variety Testing and intended for cultivation in the Far Eastern region. This is a variety of a new generation which successfully combines such traits as high productivity, grain quality, coarse grain, immunity to the main common diseases in this ecological zone and resistance to abiotic environmental stressors. The average productivity of the variety 'Anfeya' was 3.9 t/ha over the years of competitive testing (2016–2018) with its maximum 5.5 t/ha. The increase to the standard variety 'Khabarovchanka' was 1.0 and 2.1 t/ha, respectively. High productivity of the new variety has been provided by an increased grain size. The genetic potential of the promising spring soft wheat variety contributes to the formation of a large protein percentage. According to nutritional value, rheological properties of the dough, technological and baking indicators of grain quality, the new variety 'Anfeya' belongs to strong wheats.

Keywords: new variety, spring soft wheat, breeding process, productivity, Far-East region.

Введение. В современных условиях при возрастании негативного воздействия абиотических и биотических стрессоров на сельскохозяйственные культуры проблема повышения устойчивости и продуктивности агроэкосистем при большом разнообразии почвенно-климатических условий становится приоритетной для агропромышленного комплекса (Поползухина и др., 2017).

Яровая пшеница входит в число стратегических культур, обеспечивающих продовольственную и экономическую независимость государства. Фундаментальным направлением и определяющей мощной биологической основой роста урожайности пшеницы

является развитие генетики и селекции. Употребление хлебных продуктов в количестве 300–350 г удовлетворяет суточную потребность в пище на 33,3% и вместе с тем необходимость в энергии на 50% ввиду высокой пищевой ценности (Федосова и Бороздина, 2017). Качество зерна и урожайность пшеницы в значительной мере зависят от конкретных условий произрастания, в которых реализуется генетический потенциал сортов и формируется реальный уровень признаков продуктивности. Стабилизация производства хлебопекарной пшеницы и закупок ценного по качеству продовольственного зерна товаропроизводителями всех форм собственности во многом зави-

сит от наличия сортов, способных в местных условиях реализовать свой генетический потенциал продуктивности и качества зерна.

Одним из наиболее радикальных и экономически целесообразных путей стабилизации урожая зерна сельскохозяйственных культур является создание экологически пластичных, устойчивых к комплексу абиотических, биотических и антропогенных факторов, высококачественных сортов и гибридов (Сюков и др., 2017). В деле повышения урожайности зерна, кроме правильного ведения технологии выращивания культур, особую роль играют сорта, отличающиеся высоким потенциалом урожайности, устойчивостью к основным болезням, а также с лучшими технологическими качествами. Динамичная замена старых сортов более продуктивными новыми с высокими показателями качества является экономически выгодным и решающим фактором повышения урожайности и валовых сборов зерна (Шершнева и Шершнев, 2018). Таким образом, основная задача современного этапа селекции состоит в создании адаптивных к специфичным экологическим факторам конкурентоспособных сортов с высокой стабильной урожайностью и высоким качеством зерна.

Исходя из этого, цель работы – создать новый сорт яровой мягкой пшеницы с высокими показателями продуктивности и качества зерна, устойчивый к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам окружающей среды и адаптированный к условиям Дальневосточного региона.

Материалы и методы исследований. В основу селекционного улучшения хозяйственных и биологических параметров яровой мягкой пшеницы положена внутривидовая гибридизация с последующим многократным индивидуальным отбором и оценкой потомства выделенных генотипов по комплексу морфо-биологических признаков. Селекционный процесс осуществляли по следующей схеме: гибридизация, размножение F_1 , гибридный питомник, индивидуальный отбор элитных растений по фенотипу и продуктивности, селекционный питомник первого и второго годов, контрольный питомник, размножение, предварительное и конкурсное сортоиспытание, государственное сортоиспытание.

Полевые опыты проведены в Дальневосточном научно-исследовательском институте сельского хозяйства. Почвенный покров представлен лугово-бурыми оподзоленно-глеевыми тяжелосуглинистыми почвами. Предшественником в опыте был черный пар. Перед посевом в почву вносили питательные элементы из расчета $N_{30}P_{30}K_{30}$ кг/га. Агротехника возделывания – общепринятая и включала вспашку поля с осени на зябь, весеннюю культивацию, боронование в два следа. Конкурсное сортоиспытание проводили в 2016–2018 гг. Посев осуществляли сеялкой ССФК-7М в оптимальные сроки (3-я декада апреля) на делянках с учетной площадью 12 м² рендомизировано в трехкратной повторности с нормой высева 5,5 млн всхожих зерен на гектар. Учет урожая проводили методом поделаноchnого обмолота комбайном «Хеге-125» с последующим взвешиванием и приведением к стандартной влажности (14%) и 100%-ной чистоте.

Агроклиматические условия вегетационного периода изменялись от увлажненных (ГТК = 2,3) в 2016 г. до переувлажнения в 2018 г. (ГТК = 2,8) и благоприятных в 2017 г. (ГТК = 1,9). Сумма эффективных температур в период конкурсного сортоиспытания за вегетационный период варьировала от 2260,2 до 2421,2 °С

при среднемноголетних значениях за апрель – август 2301,4 °С. Количество выпавших атмосферных осадков за период апрель–август уменьшалось с 2016 по 2018 г. и превышало среднемноголетние значения на 146,0, 40,8 и 16,0 мм соответственно.

Оценка, учеты и наблюдения выполнены в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989). Мукомольно-хлебопекарные и технологические показатели качества зерна и хлеба определяли согласно общепринятым методикам и ГОСТам: масса 1000 зерен – 10842-89; натура зерна – 10841-64; содержание белка в зерне – 10846-91; содержание лизина в зерне – 13496.21-15; стекловидность – 10987-76; количество сырой клейковины в зерне определяли ручным методом по ГОСТ 13586.1-68, 54478-2011; качество клейковины – по индексу деформации клейковины на ИДК-1; реологические свойства теста на приборе альвеограф по ГОСТ 29138-91. Хлебопекарную оценку проводили по лабораторным выпечкам – ГОСТ 27669-88. Для определения перспективности нового сорта рассчитаны селекционные индексы признаков продуктивности, представляющие собой отношение компонента свойств продуктивного сорта к тому же компоненту стандартного сорта, выраженное в процентах.

Результаты и их обсуждение. Новый сорт яровой мягкой пшеницы Анфея (селекционный номер 102/6-02) создан в отделе полевых культур ДВНИИСХ и передан на государственное сортоиспытание (заявка № 8154098, дата приоритета 26.11.2018). Данный сорт рекомендуется для выращивания в Хабаровском и Приморском краях, Еврейской Автономной и Амурской областях. Авторы сорта: Т. А. Асеева, К. В. Зенкина, Г. С. Карачева, И. В. Ломакина, З. С. Рубан, В. Ф. Черпак.

Новый сорт Анфея получен методом внутривидовой ступенчатой гибридизации с использованием сортов и линий собственной и инорайонной селекции (рис. 1). В питомниках проводили многократный индивидуальный отбор, что позволило создать выровненный стеблестой нового сорта. Увеличение продуктивности яровой мягкой пшеницы при сохранении высоких показателей качества зерна происходило за счет оптимального кущения и крупности зерна.

Разновидность нового сорта Анфея – *erythrosperrum*. Тип куста в период кущения – полупрямостоячий. Стебель полный, прочный (4 мм). Форма колоса пирамидальная, средней длины (8–10 см), плотность рыхлая. Колосковая чешуя удлинненно-овальная (4–10 см), нервация выражена средне. Зубец колосковой чешуи острый. Плечо средней ширины, прямое. Киль выражен сильно.

Новый генотип характеризуется высокой продуктивностью за счет оптимального сочетания структурных элементов урожайности и качества зерна. По продолжительности вегетации новый сорт относится к среднеспелой группе, созревает на уровне стандартного сорта. Средняя урожайность за годы конкурсного сортоиспытания составила 3,9 т/га (см. табл.). Максимальная урожайность сорта Анфея (5,5 т/га) получена в наиболее благоприятных условиях 2017 г., что на 2,1 т/га больше стандартного сорта Хабаровчанка. Потенциальная продуктивность нового генотипа сопровождается высокими технологическими и хлебопекарными качествами зерна. Сорт стабильно формирует крупное, высоконатурное и стекловидное зерно. Накопление белка в зерне и незаменимой аминокислоты лизина в зерне нового сорта значительно больше, чем у стандарта. Величина индексов селектируемых признаков продуктивности

нового сорта яровой мягкой пшеницы Анфея (более 100%) характеризует преимущество данного генотипа относительно стандартного районированного сорта.

Оптимальным и точным методом определения хлебопекарных свойств зерна является пробная выпечка хлеба. В результате лабораторной выпечки цвет мякиша, выпеченный из муки нового сорта Анфея, существенно не отличается от стандарта, однако по объему и пористости отмечены значительные разли-

чия. За годы конкурсного сортоиспытания объемный выход хлеба нового сорта Анфея практически в два раза больше, чем у стандартного сорта Хабаровчанка (рис. 2). При этом общая хлебопекарная оценка нового образца значительно превышает стандартный номер. Таким образом, зерно нового сорта Анфея соответствует классификационным параметрам и требованиям, предъявляемым к сильной пшенице (ГОСТ Р-525554-2006).

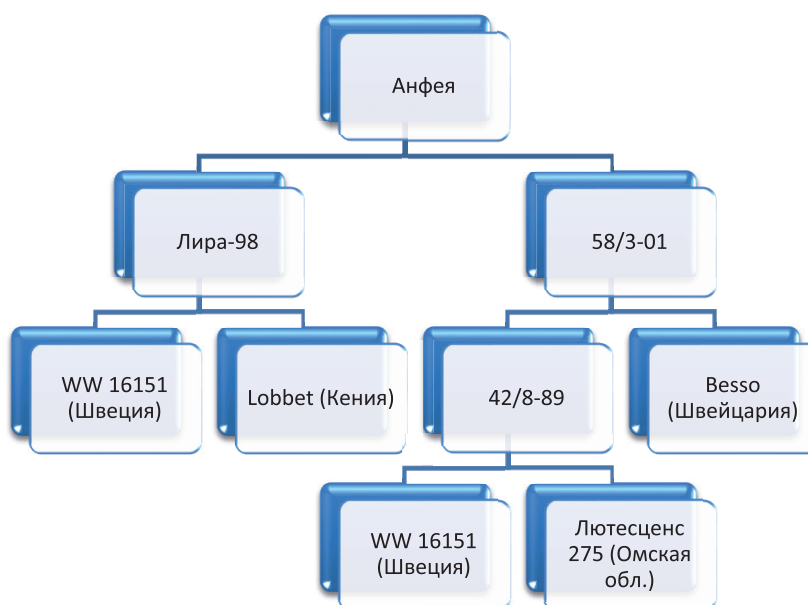


Рис. 1. Генеалогия нового сорта яровой мягкой пшеницы Анфея

Fig. 1. Genealogy of the new spring soft wheat variety 'Anfeya'



Рис. 2. Внешний вид готовых хлебобулочных изделий (2018 г.)

Fig. 2. Appearance of the bakery products (2018)

**Сравнительная оценка нового сорта Анфея со стандартным сортом Хабаровчанка, КСИ
(2016–2018 гг.)**
**Comparative evaluation of the new variety 'Anfeya' with the standard variety 'Khabarovchunka', KSI
(2016–2018)**

Показатели		Единица измерения	Анфея, новый сорт	Хабаровчанка, стандарт сорт	Индекс селективируемого признака, %
Урожайность	средняя	т/га	3,9	2,9	134
	максимальная	т/га	5,5	3,4	162
Количество продуктивных стеблей		шт.	4	2	200
Вегетационный период		дни	76	78	97
Высота растений		см	100	105	95
Масса 1000 зерен		г	35,9	31,3	115
Натура зерна		г/л	751	723	104
Содержание белка в зерне		%	16,4	15,4	106
Содержание лизина в зерне		мг/%	304	262	116
Стекловидность		%	78	55	142
Седиментация		мл	47	41	115
Сила муки		е.а.	298	170	175
Упругость теста		мм	83	55	151
Отношение упругости к растяжимости		ед.	1,02	0,76	134
Количество клейковины в муке		%	35,3	27,8	127
Качество клейковины (ИДК)		ед. пр.	70	97	72
Объемный выход хлеба		мл	1000	566	177
Общая хлебопекарная оценка		балл	4,6	3,9	117
Устойчивость к полеганию		балл	5	3	167
Устойчивость к заболеваниям		балл	5	3	167

Технология выращивания нового сорта яровой мягкой пшеницы общепринятая. Оптимальный срок посева – третья декада апреля. Рекомендуемая норма высева – 5,0-5,5 млн всхожих семян на 1 гектар. При высокой влажности воздуха в период уборки данный сорт не прорастает на корню. Высокая устойчивость к полеганию нового сорта яровой мягкой пшеницы Анфея обеспечивает уборку с минимальными потерями зерна. Сорт устойчив к пыльной головне, болезням листьев (мучнистая роса, гельминтоспориоз, бурая и желтая ржавчина), слабо поражается фузариозом. В годы сильного распространения последнего патогена, когда поражение стандартного сорта Хабаровчанка достигает 80%, процент поражения колоса и зерновки Анфеи на 50% ниже. Новый сорт яровой мягкой пшеницы Анфея отличается высокой

экологической устойчивостью при воздействии абиотических условий Дальневосточного региона.

Выводы. Таким образом, в ходе многолетней целенаправленной селекционной работы создан и передан на государственное сортоиспытание новый сорт яровой мягкой пшеницы Анфея, адаптированный к условиям Дальневосточного региона. Сорт отличается оптимальной потенциальной продуктивностью в сочетании с высокими технологическими и хлебопекарными показателями качества зерна. Данный генотип устойчив к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам окружающей среды, обладает иммунитетом к комплексу возбудителей болезней и высоко устойчив к полеганию в экстремальных гидротермических условиях окружающей среды.

Библиографические ссылки

1. Поползухина Н. А. Поползухин П. В., Мазепа Н. Г. и др. Сорт яровой мягкой пшеницы Омская золотая // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2017. № 4. С. 56–60.
2. Сюков В. В., Вьюшков А. А., Поротькин С. Е. Сорт яровой мягкой пшеницы Тулайковская 108 // Зерновое хозяйство России. 2017. № 4. С. 1–7.
3. Федосова В. В., Бороздина А. В. Хлебопекарные свойства сортов яровой мягкой пшеницы районированных в Саратовской области // Безопасность и качество сельскохозяйственного сырья и продуктов питания: Мат. всероссийской науч.-практ. конф. Лесниково, 2017. С. 279–283.

4. Шершнева Е. И., Шершнев А. В. Сравнительная оценка сортов яровой пшеницы // Аграрная наука – сельскому хозяйству: Мат. междунар. науч.-практ. конф. Барнаул, 2018. С. 462–463.

References

1. Popolzuha N. A. Popolzuha P. V., Mazepa N. G. i dr. Sort yarovoj myagkoj pshenicy Omskaya zolotaya [Spring soft wheat variety 'Omskaya zolotaya'] // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 4. S. 56–60.
2. Syukov V. V., V'yushkov A. A., Porot'kin S. E. Sort yarovoj myagkoj pshenicy Tulaj-kovskaya 108 [Spring soft wheat variety 'Tulaikovskaya 108'] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2017. № 4. S. 1–7.
3. Fedosova V. V., Borozdina A. V. Hlebopekarnye svojstva sortov yarovoj myagkoj pshenicy rajonirovannyh v Saratovskoj oblasti [Baking properties of spring soft wheat varieties zoned in the Saratov region] // Bezopasnost' i kachestvo sel'skohozyaj-stvennogo syr'ya i produktov pitaniya: Mat. vserossijskoj nauch.-prakt. konf. Lesnikovo, 2017. S. 279–283.
4. SHershneva E.I., SHershnev A.V. Sravnitel'naya ocenka sortov yarovoj pshenicy [Comparative assessment of spring wheat varieties] // Agrarnaya nauka – sel'skomu hozyajstvu: Mat.mezhd. nauch.-prakt. konf. Barnaul, 2018. S. 462–463.

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 ХЕЛАТНЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА ЭЛЕМЕНТЫ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ ГОРОХА

О. С. Жогалева, аспирант, ORCID ID: 0000-0003-1477-3285;

Л. Г. Стрельцова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Агрономия и селекция с.-х. культур», ORCID ID: 0000-0001-6419-1502

*Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО «Донской ГАУ»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Ленина, 21*

Представлены результаты исследования влияния хелатных микроудобрений на структуру урожая сортов гороха. Полевой опыт был заложен в 2015–2017 гг. в научном севообороте Агротехнологического центра Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО «ДГАУ» в г. Зернограде. Были проведены обработки семян и внекорневые подкормки гороха препаратами ОРМИСС Cu/B и ОРМИСС Cu/Mo, рекомендуемая дозировка которых составляла соответственно 2 л/т и 2 л/га. Установлено, что отдельные варианты обработки приводили к увеличению числа продуктивных узлов до 3,4 шт., бобов – до 5,8 шт., семян в бобе – до 5,9 шт., массы 1000 – семян до 237,1 г, массы семян с растения до 5,8 г.

Ключевые слова: горох, хелатные микроудобрения, органоминеральные стимулирующие составы, элементы структуры урожая.



THE EFFECT OF CHELATED MICRONUTRIENTS ON THE ELEMENTS OF PEAS YIELD STRUCTURE

O. S. Zhogaleva, post graduate, ORCID ID: 0000-0003-1477-3285;

L. G. Streltsova, candidate of Agricultural Sciences, professor associate of the department "Agronomy and breeding of agricultural plants", ORCID ID: 0000-0001-6419-1502

*Azov-Blacksea Engineering Institute FSBEI HE "Donskoy SAU",
347740, Rostov region, Zernograd, Lenin Str., 21*

The paper has presented the study results of the effect of chelated micronutrients on the yield structure of pea varieties. Field experiments was laid in 2015–2017 in the scientific crop rotation of the Agrotechnological Center of the Azov-Blacksea Engineering Institute of FSBEI HE "Donskoy SAU" in Zernograd. There were performed seed treatment with recommended 2 liters of ORMISS Cu/B per ton and peas sprouts were treated with 2 liters of ORMISS Cu/Mo per hectare. There has been found that some variants of seed treatment resulted in an increase in number of productive nodes to 3.4, number of beans to 5.8, kernels per a bean to 5.9, 1000-kernels weight to 237.1 g, kernels weight per plant to 5.8 g

Keywords: peas, chelated micronutrients, organic mineral stimulating compositions, elements of the yield structure.

Введение. Повышение урожая зерна – главная задача сельскохозяйственного производства. Существенное влияние на урожайность и качественные показатели зерна гороха, кроме минеральных и органических, оказывают также микроудобрения. Под влиянием микроэлементов растения становятся более устойчивыми к неблагоприятным условиям атмосферной и почвенной засухи, пониженным и повышенным температурам. Повысить эффективность микроудобрений можно за счет перевода их в комплексные соединения (хелаты), которые эффективны в любых почвенно-климатических зонах (Вильдфлуш и др., 2017; Голопятав, 2015; Регидин и Стрельцова, 2014; Schaffer et al., 2011).

Особенно значимыми микроэлементами для гороха являются бор и молибден. Бор положительно влияет на фотосинтез, углеводный, белковый и нуклеиновый обмен, на оплодотворение, плодообразование и урожайность семян гороха и других культур. Увеличение урожайности семян обусловлено тем, что бор усиливает рост пыльцевых трубок, прорастание пыльцы, увеличивает количество цветков и плодов. Чаще недостаток бора наблюдается в засушливые годы при избыточном внесении азотных удобрений и известки (Мишура, 2012; Sekhon, 2003).

Молибден является необходимым компонентом всех растительных и животных организмов. При недостатке молибдена тормозится процесс восстановления нитратов в растениях, что ведет к их накоплению,

замедляется биосинтез аминокислот, амидов, белков. Это приводит не только к снижению урожая, но и ухудшению его качества (Михалев, 2014).

Органо-минеральные стимулирующие смеси (ОРМИСС) созданы российскими учеными в 2009 г. и являются их уникальной разработкой на базе крупнейших научных исследовательских аграрных институтов. Составы микроудобрений ОРМИСС доказали свою эффективность на различных культурах по России как на территории научно-исследовательских институтов, так и в хозяйствах. Полифункциональные микроудобрительные составы ОРМИСС, по данным разработчиков, устраняют дефицит микроэлементов; являются функциональными компонентами ферментов; влияют на степень адаптации к стрессовым факторам; обладают выраженным фунгицидным действием; нормализуют обмен веществ в растениях; стимулируют рост и развитие растений в ключевые фазы. Применение ОРМИСС на зернобобовых культурах способствует повышению качества посевного материала, усиленному развитию корневой системы, увеличению продуктивной ветвистости и повышению урожайности на 15–20% (ОРМИСС – официальный поставщик хелатных микроудобрений). Однако работы по действию этих препаратов на культуру гороха немногочисленны, при этом характер реакции сортов гороха на обработки существенно различается.

Целью исследований являлось выявить влияние органоминеральных стимулирующих составов с бо-

ром и молибденом на элементы структуры урожая сортов гороха селекции ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» в условиях южной зоны Ростовской области.

Материалы и методы исследований. Материалом исследований являлись три сорта гороха селекции ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (ранее ФГБНУ Донской зональный НИИСХ): Аксайский усатый 5, Альянс, Атаман.

Исследования проводили в 2015–2017 гг. на кафедре «Агрономии и селекции сельскохозяйственных культур» и в научном севообороте Агротехнологического центра Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО «ДГАУ» в г. Зернограде.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый малогумусный карбонатный на лессовидных суглинках, со следующими агрохимическими показателями пахотного слоя почвы: гумус – 3,3%; pH 7,1; P_2O_5 – 19,6 мг/кг почвы; K_2O – 395 мг/кг почвы. В почвах Ростовской области редко проявляется дефицит таких микроэлементов, как марганец и медь, причем степень обеспеченности марганцем, как правило, высокая (более 20 мг/кг), медью – средняя (0,21–0,50 мг/кг). Степень обеспеченности почв кобальтом и цинком – низкая, соответственно менее 0,15 и 2,0 мг/кг (Авдеенко, 2012).

Климат южной зоны Ростовской области характеризуется как полусухой. Среднегодовое количество осадков составляет 450–600 мм. Сумма активных температур за период вегетации составляет 3400–3600 °С. За летний период отмечается 60–65 суховейных дней.

Метеорологические условия в 2015–2017 гг. незначительно отличались по температурному режиму, но имели существенные различия по водному. Так, за период вегетации гороха в 2015 г. сумма осадков составила 299, в 2016-м – 225,4, а в 2017-м – 247,4 мм при норме 233 мм.

Обработку семян и растений проводили ОРМИСС (органоминеральными стимулирующими смесями). Данные препараты с высоким содержанием микроэлементов в хелатной и органической форме, а также со стимуляторами роста предназначены для инкрустации семян и внекорневых подкормок. Помимо микроэлементов и стимуляторов роста, они содержат наиболее важные макроэлементы – азот и серу (ОРМИСС – официальный поставщик хелатных микроудобрений).

Обработку семян и растений производили двумя препаратами, рекомендованными для зернобобовых культур:

- ОРМИСС Cu/B включает хелат меди и органический бор в легкоусвояемой для растений форме

с содержанием меди – 33–38, бора – 27–30, азота – 70–73, серы – 17–20 г/л;

- ОРМИСС Cu/Mo включает хелаты молибдена и меди, с содержанием меди – 33–38, молибдена – 10–14, азота – 70–73, серы – 17–20 г/л.

Рекомендуемая дозировка препаратов для обработки семян и растений гороха составляла соответственно 2 л/т и 2 л/га.

Схема опыта:

1. Без обработки – контроль (К).
2. Предпосевная обработка семян (ОС).
3. Обработка семян + обработка растений в фазу 3–5 листьев (ОС + ОР₁).
4. Обработка семян + обработка растений в фазу цветения (ОС + ОР₂).
5. Обработка растений в фазу 3–5 листьев (ОР₁).
6. Обработка растений в фазу цветения (ОР₂).
7. Обработка растений в фазу 3–5 листьев + в фазу цветения (ОР₁ + ОР₂).

Закладку опытов проводили согласно методике полевого опыта Б. А. Доспехова (1985). Учетная площадь делянок – 25 м². Делянки размещали стандартным способом, в четырехкратной повторности. Опыт двухфакторный: фактор А – сорт, фактор В – вариант обработки.

Структурный анализ отобранного снопового материала выполняли в соответствии с методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Статистическую обработку данных осуществляли методом дисперсионного анализа по методике Б. А. Доспехова (1985).

Результаты и их обсуждения. Одним из основных признаков, характеризующих хозяйственную ценность сорта, является его урожайность, которая зависит от количества растений на единицу площади и их продуктивности. Н. М. Вербицкий (1992) считал, что продуктивность растения определяется количеством продуктивных узлов, бобов на растение, семян в бобе, числом и массой семян на растение и массой 1000 семян.

Среди элементов, определяющих продуктивность гороха, важное значение придается числу продуктивных узлов. В наших исследованиях в среднем за 2015–2017 гг. число продуктивных узлов на растение в контроле варьировало от 2,3 до 2,7 шт., по вариантам опыта – от 2,6 до 3,4 шт. (табл. 1). Число продуктивных узлов было максимальным (3,0–3,4 шт.) в вариантах обработки как ОРМИСС Cu/B, так и Cu/Mo у сорта Аксайский усатый 5 – при двукратных внекорневых подкормках, у сорта Альянс – в вариантах ОС + ОР₂ и ОР₁ + ОР₂. Сорт Атаман был наиболее отзывчив в вариантах обработки ОРМИСС Cu/Mo – ОС + ОР₂ и ОР₁ + ОР₂.

1. Влияние микроудобрений на число продуктивных узлов у сортов гороха, шт. (2015–2017 гг.)
1. The effect of micronutrients on the number of productive nodes, pcs. (2015–2017)

Вариант обработки	Аксайский усатый 5	Альянс	Атаман	Аксайский усатый 5	Альянс	Атаман
	ОРМИСС Cu/B			ОРМИСС Cu/Mo		
К	2,7	2,5	2,3	2,7	2,5	2,3
ОС	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	2,6
ОС + ОР ₁	3,0	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0
ОС + ОР ₂	3,0	3,3	3,0	3,0	3,4	3,2
ОР ₁	3,0	3,2	3,0	2,8	3,2	2,9
ОР ₂	3,0	3,2	2,8	3,1	3,0	3,0
ОР ₁ + ОР ₂	3,3	3,4	3,0	3,3	3,3	3,3
НСР ₀₅	0,26					
НСР _А	0,20					
НСР _В	0,10					

По мнению И. В. Михалева (Михалев, 2014), формирование бобов у гороха представляет собой процесс постепенного цветения плодоносящих междоузлий. В зависимости от факторов окружающей среды число бобов на растение может изменяться в широких пределах. Так, в среднем за три года число бобов на растение в контроле варьировало от 4,0 до 4,4 шт., при обработках – от 4,3 до 5,8 шт.

(табл. 2). Максимальных значений оно достигало у всех сортов при двукратных внекорневых подкормках ОРМИСС Cu/B и Cu/Mo, соответственно 5,1–5,8 шт. и 5,2–5,6 шт., а у сорта Альянс – также в варианте ОС + ОР₁ при обработке ОРМИСС Cu/Mo – 5,6 шт. Наиболее отзывчивыми были сорта Аксайский усатый 5 и Альянс при двукратной внекорневой подкормке ОРМИСС Cu/B.

2. Влияние микроудобрений на число бобов, сохранившихся к созреванию, шт. (2015–2017 гг.)

2. The effect of micronutrients on the number of beans, preserved to ripen, pcs. (2015–2017)

Вариант обработки	Аксайский усатый 5	Альянс	Атаман	Аксайский усатый 5	Альянс	Атаман
	ОРМИСС Cu/B			ОРМИСС Cu/Mo		
К	4,3	4,4	4,0	4,3	4,4	4,0
ОС	4,6	4,7	4,5	4,5	5,0	4,3
ОС + ОР ₁	5,0	5,5	4,6	4,6	5,6	4,5
ОС + ОР ₂	4,9	5,3	4,6	4,7	5,4	4,7
ОР ₁	4,8	5,4	4,7	4,7	5,3	4,6
ОР ₂	4,9	5,1	4,5	4,9	4,9	4,5
ОР ₁ + ОР ₂	5,3	5,8	5,1	5,2	5,6	5,2
НСП ₀₅	0,30					
НСП _А	0,24					
НСП _В	0,14					

Число семян в бобе является наследственно обусловленным признаком, по мнению Н.М. Вербицкого (1992), одним из наиболее устойчивым элементом структуры урожая. Оно определяется сортовыми особенностями – числом закладывающихся в завязи семязачатков и способностью генотипа реализовать эту потенциальную возможность, так как не все семязачатки развиваются в полноценное семя. Выполненность бобов, или число сформированных семян в бобе, зависит также от погодных и агротехнических условий.

В среднем за годы исследований число семян в бобе в контрольных условиях практически не раз-

личалось и составляло 4,5-4,7 шт. (табл. 3). Применение ОРМИСС Cu/B приводило к увеличению показателя до 4,8–5,9 шт., ОРМИСС Cu/Mo – до 4,7–5,8 шт. У сорта Альянс максимальные значения были получены при двукратных обработках в вариантах ОС + ОР₁ и ОР₁+ОР₂ (5,3–5,5 шт.), у сорта Атаман при двукратной внекорневой подкормке ОРМИСС Cu/B (5,5 шт.). Наибольшее число семян в бобе было получено у сорта Аксайский усатый 5 при двукратной внекорневой подкормке как препаратом ОРМИСС Cu/B, так и ОРМИСС Cu/Mo – 5,9 и 5,8 шт. соответственно.

3. Влияние микроудобрений на число семян в бобе у сортов гороха, шт. (2015–2017 гг.)

3. The effect of micronutrients on the number of seeds per bean, pcs. (2015–2017)

Вариант обработки	Аксайский усатый 5	Альянс	Атаман	Аксайский усатый 5	Альянс	Атаман
	ОРМИСС Cu/B			ОРМИСС Cu/Mo		
К	4,7	4,5	4,7	4,7	4,5	4,7
ОС	5,3	5,2	4,8	5,5	4,7	5,0
ОС + ОР ₁	5,6	5,5	4,8	5,4	5,3	4,9
ОС + ОР ₂	5,3	5,2	5,1	5,6	4,9	4,8
ОР ₁	5,3	5,0	5,0	5,4	5,0	5,1
ОР ₂	5,6	4,9	5,0	5,6	4,9	5,0
ОР ₁ + ОР ₂	5,9	5,4	5,5	5,8	5,3	5,2
НСП ₀₅	0,43					
НСП _А	0,36					
НСП _В	0,17					

Число семян на растение у данных сортов варьировало в среднем за три года в условиях контроля от 19,4 до 21,8 шт., при применении ОРМИСС Cu/B – от 22,1 до 31,4 шт., ОРМИСС Cu/Mo – от 20,3 до 30,8 шт. (табл. 4). Максимальных значений оно достигало по всем трем сортам при двукратной внекорневой подкормке ОРМИСС Cu/B – 28,1–31,4 шт.

На массу 1000 семян применение ОРМИСС как с бором, так и с молибденом также оказало положительное влияние. Так, в среднем за годы исследования масса 1000 семян у изучаемых сортов на контро-

ле составляла 175,0–207,7 г. Обработки препаратом ОРМИСС Cu/B обеспечивали возрастание показателей до 216,8 г, ОРМИСС Cu/Mo – до 217,1 г (табл. 5). При использовании ОРМИСС Cu/B наиболее крупные семена были получены у всех сортов в вариантах ОС+ОР₂ и ОР₁+ОР₂. При обработке ОРМИСС Cu/Mo максимальный эффект отмечен по сорту Аксайский усатый 5 в варианте ОС + ОР₂, по сорту Альянс – в вариантах ОС + ОР₁ и ОР₁ + ОР₂, по сорту Атаман – в вариантах ОС + ОР₂ и ОР₁ + ОР₂.

4. Влияние микроудобрений на число семян на растение у сортов гороха, шт. (2015–2017 гг.)

4. The effect of micronutrients on the number of seeds per plant, pcs. (2015–2017)

Вариант обработки	Аксайский усатый 5	Альянс	Атаман	Аксайский усатый 5	Альянс	Атаман
	ОРМИСС Cu/B			ОРМИСС Cu/Mo		
К	21,8	20,6	19,4	21,8	20,6	19,4
ОС	22,9	24,1	22,1	24,9	24,8	20,3
ОС + ОР ₁	28,6	30,3	22,1	24,9	30,8	21,9
ОС + ОР ₂	26,9	28,3	23,8	26,4	27,5	22,7
ОР ₁	26,0	27,7	22,7	25,6	26,4	23,9
ОР ₂	28,3	26,7	23,5	27,9	25,1	23,0
ОР ₁ + ОР ₂	31,1	31,4	28,1	30,6	30,0	27,1
НСП ₀₅	0,94					
НСП _А	0,77					
НСП _В	0,37					

5. Влияние микроудобрений на массу 1000 семян у сортов гороха, г (2015–2017 гг.)

5. The effect of micronutrients on 1000 kernel weight, g (2015–2017)

Вариант обработки	Аксайский усатый 5	Альянс	Атаман	Аксайский усатый 5	Альянс	Атаман
	ОРМИСС Cu/B			ОРМИСС Cu/Mo		
К	175,0	183,5	207,7	175,0	183,5	207,7
ОС	178,3	187,5	208,7	181,0	188,3	212,9
ОС + ОР ₁	178,1	192,0	209,3	177,0	194,6	211,5
ОС + ОР ₂	180,5	194,8	216,8	184,1	190,5	217,1
ОР ₁	179,8	188,1	213,0	178,8	189,6	212,2
ОР ₂	175,6	188,8	211,5	175,5	193,0	210,0
ОР ₁ + ОР ₂	180,6	194,0	214,6	180,1	195,3	216,7
НСП ₀₅	1,41					
НСП _А	1,17					
НСП _В	0,56					

Семенная продуктивность определяется массой семян с одного растения, поэтому этот показатель является одним из наиболее ценных признаков. При обработке хелатными микроудобрениями ОРМИСС масса семян с растения в среднем за три года на контроле составляла 3,8–4,2 г, при обработках варьировала от 4,4 до 5,8 г (табл. 6). Максимальные значения были получены при обработке ОРМИСС как с бором, так и с молибденом и находились в пределах от 5,2 до 5,8 г, а именно:

у сортов Аксайский усатый 5 и Атаман – при двукратных внекорневых подкормках соответственно 5,6, 5,3 и 5,2 г, у сорта Альянс – в вариантах двукратных обработок ОС + ОР₁ и ОР₁ + ОР₂, соответственно 5,7–5,8 и 5,7 г.

Наиболее отзывчивыми на обработку данными ОРМИСС были сорта гороха Аксайский усатый 5 и Альянс, у которых масса семян с растения увеличивалась в вышеуказанных вариантах на 1,3–2,0 г относительно контроля.

6. Влияние микроудобрений на массу семян с 1 растения, г (2015-2017 гг.)
6. The effect of micronutrients on kernel weight per 1 plant, g (2015–2017)

Вариант обработки	Аксайский усатый 5	Альянс	Атаман	Аксайский усатый 5	Альянс	Атаман
	ОРМИСС Cu/B			ОРМИСС Cu/Mo		
К	4,0	3,8	4,2	4,0	3,8	4,2
ОС	4,4	4,5	4,8	4,6	5,0	4,5
ОС + ОР ₁	4,9	5,8	4,9	4,6	5,7	4,8
ОС + ОР ₂	4,5	4,8	5,0	4,5	5,2	5,0
ОР ₁	4,5	5,0	4,7	4,6	4,8	4,7
ОР ₂	5,2	4,7	4,5	4,8	5,0	5,1
ОР ₁ + ОР ₂	5,6	5,7	5,2	5,3	5,7	5,2
НСП ₀₅	0,31					
НСП _A	0,25					
НСП _B	0,12					

Выводы. Урожайность гороха определяется не отдельно взятыми элементами ее структуры, а их сбалансированной системой. В результате проведенных исследований установлено, что использование хелатных микроудобрений ОРМИСС Cu/B и ОРМИСС Cu/Mo положительно влияло на элементы структуры урожая. Анализ полученных данных показал, что все изучаемые сорта гороха отзывались на обработку ОРМИСС как с бором, так и с молибденом, одна-

ко характер их реакции на препараты был различен. Наиболее эффективными были двукратные обработки. Наилучшие результаты были получены при применении как ОРМИСС Cu/B, так и ОРМИСС Cu/Mo у сортов Аксайский усатый 5 и Атаман при двукратных внекорневых подкормках у сорта Альянс – при сочетании предпосевной обработки семян с внекорневой подкормкой в фазу 3–5 листьев, а также при двукратных внекорневых подкормках.

Библиографические ссылки

1. Авдеенко А. П. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013-2020 годы. Ч. 1 // под ред. В. Н. Василенко. Ростов н/Д., 2013. 248 с.
2. Вербицкий Н. М. Селекция гороха в условиях Северного Кавказа: монография. Ростов н/Д., 1992. 259 с.
3. Вильдфлуш И. Р., Пироговская Г. В., Барбасов Н. В. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность и качество ячменя [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://aw.belal.by/russian/science/soilandagro_pdf/58/58-13.pdf.
4. Голопятков М. Т. Влияние биологически активных веществ и микроудобрений на повышение и стабилизацию урожая зерна гороха [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-biologicheskii-aktivnyh-veschestv-i-mikroudobreniy-na-povyshenie-i-stabilizatsiyu-urozhaya-zerna-goroha>.
5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
6. Мишура О. И. Эффективность макро- и микроудобрений при возделывании гороха на дерновоподзолистой легкосуглинистой почве [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docplayer.ru/51399467-Effektivnost-makro-i-mikroudobreniy-pri-vozdelivanii-goroha-na-derново-podzolistoy.html>.
7. ОРМИСС – официальный поставщик хелатных микроудобрений [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ormiss.rf>.
8. Регидин А. А., Стрельцова Л. Г. Перспективы применения хелатных микроудобрений. // Научные и технологические подходы в развитии аграрной науки: мат. III Междунар. науч.-практ. конференции молодых ученых. Т. 1. М., 2014. С. 117–120.
9. Schaffer B., Crane J. H., Li C., Li Y. C., Evans E. A. Re-Greening of Lychee (Litchi chinensis Sonn.) Leaves with Foliar Applications of Iron Sulfate and Weak Acids // Journal of Plant Nutrition. 2011. № 34(9). Pp. 1341–1359.
10. Sekhon B. S. Chelates for Micronutrient Nutrition among Crops [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.springerlink.com/content/8x4gr6850h346718/>.

References

1. Avdeenko A. P. Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoj oblasti na 2013-2020 gody [Zonal farming systems of the Rostov region in 2013-2020]. Ch.1 // pod red. V. N. Vasilenko. Rostov n/D/, 2013. 248 s.
2. Verbickij N. M. Selekcija goroha v usloviyah Severnogo Kavkaza: monografiya [Peas breeding in the North Caucasus: monograph] // N. M. Verbickij. Rostov n/D., 1992. 259 s.
3. Vil'dflush I. R., Pirogovskaya G. V., Barbasov N. V. Vliyanie makro-, mikroudobrenij i regulatorov rosta na urozhajnost' i kachestvo yachmenya [The effect of macro-, micronutrients and growth regulators on productivity and barley quality] [Elektronnyj resurs]. URL: http://aw.belal.by/russian/science/soilandagro_pdf/58/58-13.pdf.
4. Golopyatov M. T. Vliyanie biologicheskii aktivnyh veshchestv i mikroudobrenij na povyshenie i stabilizatsiyu urozhaya zerna goroha [The effect of biologically active substances and micronutrients on the improvement and stabilization of peas yields] [Elektronnyj resurs]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-biologicheskii-aktivnyh-veschestv-i-mikroudobreniy-na-povyshenie-i-stabilizatsiyu-urozhaya-zerna-goroha>.

5. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of research results)]. 5-e izd., pererab. i dop. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
6. Mishura O. I. Effektivnost' makro- i mikroudobreniy pri vozdeystvii goroha na dernovopodzolistoy legkosuglinistoy pochve [The effectiveness of macro - and micronutrients in the cultivation of peas on turf-podzolic light loamy soil] [Elektronnyj resurs]. URL: <https://docplayer.ru/51399467-Effektivnost-makro-i-mikroudobreniy-pri-vozdelyvanii-goroha-na-dernovo-podzolistoy.html>.
7. ORMISS – oficial'nyj postavshchik helatnyh mikroudobreniy [ORMISS is an official supplier of chelated micronutrients] [Elektronnyj resurs]. URL: <https://ormiss.rf>.
8. Regidin A. A., Strel'cova L. G. Perspektivy primeneniya helatnyh mikroudobre-niy [Prospects for the use of chelated micronutrients]. // Nauchnye i tekhnologicheskie podhody v razvitii agrarnoy nauki: materialy III Mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii molodyh uchyonyh. T. 1. M., 2014. S. 117–120.
9. Schaffer B., Crane J. H., Li C., Li Y. C., Evans E. A. Re-Greening of Lychee (Litchi chinensis Sonn.) Leaves with Foliar Applications of Iron Sulfate and Weak Acids // Journal of Plant Nutrition. 2011. № 34(9). Pp. 1341–1359.
10. Sekhon B. S. Chelates for Micronutrient Nutrition among Crops [Elektronnyj resurs] URL: <http://www.springerlink.com/content/8x4gr6850h346718/>.

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 РИСА ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ПОВРЕЖДЕНИЮ ОБЫКНОВЕННОЙ ЗЛАКОВОЙ ТЛЕЙ

П. И. Костылев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848;

Е. В. Краснова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 0000-0002-5026-3832;

Е. Е. Радченко², доктор биологических наук, главный научный сотрудник, руководитель отдела генетики, ORCID ID: 0000-0002-3019-0306;

Т. Л. Кузнецова², кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела генетики, ORCID ID: 0000-0001-5992-3393;

М. А. Чумаков², кандидат биологических наук, младший научный сотрудник отдела генетики, ORCID ID: 0000-0001-6995-1742

¹ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 30; e-mail: vniizk30@ru;

²ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова», 190121, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42

Большой ущерб растениям риса в Ростовской области и Краснодарском крае приносит обыкновенная злаковая тля. Ограничить ее вредоносность можно с помощью генетической устойчивости растений. Работа по изучению резистентности коллекционного материала риса к тлям начата лишь недавно. Поэтому существует необходимость анализа наследственного полиморфизма образцов риса по устойчивости к обыкновенной злаковой тле. Материалом для исследований служили 494 коллекционных образца из различных стран мира лаборатории селекции и семеноводства риса ФГБНУ «АНЦ «Донской». В лабораторных условиях ВИР молодые растения риса были заселены особями краснодарской популяции обыкновенной злаковой тли, после чего проведена фенотипическая оценка повреждения с использованием шкалы от 0 (нет повреждений) до 10 (гибель растений). В результате исследований установлено, что большинство изученных образцов были неустойчивыми или слабоустойчивыми. Было выявлено 15,1% относительно устойчивых форм, повреждение которых составило 1–4 балла. Большинство образцов показали широкий спектр варьирования повреждения растений от 1 до 10 баллов. Из 494 изученных образцов только 41 были однородными, все растения которых получили одну и ту же оценку (1, 2, 3, 4, 8 или 10), остальные оказались гетерогенными. Два варианта оценок получили 167 образцов, три – 226, четыре – 60.

Образцы Кандидат, Командор, ПФ-4186, Норин 31, Приозерный 61, Дон 7243, Дон 4237 можно рекомендовать в качестве источников устойчивости к обыкновенной злаковой тле для селекции новых сортов риса.

Ключевые слова: рис, коллекция, образец, оценка, обыкновенная злаковая тля, устойчивость.



ESTIMATION OF THE COLLECTION RICE ACCORDING TO RESISTANCE TO CEREAL APHID

P. I. Kostylev¹, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher of the laboratory of rice breeding and seed production, ORCID ID: 000-0002-4371-6848;

E. V. Krasnova¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of rice breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-3392-4774;

E. E. Radchenko², Doctor of Biological Sciences, main researcher, head of the department for genetics, ORCID ID: 0000-0002-3019-0306;

T. L. Kuznetsova², Candidate of Biological Sciences, senior researcher of the department for genetics, ORCID ID: 0000-0001-5992-3393;

M. A. Chumakov², Candidate of Biological Sciences, junior researcher of the department for genetics, ORCID ID: 0000-0001-6995-1742

¹FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy", 347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru;

²FRC All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N. I. Vavilov 190121, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya Str., 42

Ordinary cereal aphid causes great damage to rice plants in the Rostov region and the Krasnodar Territory. Its harmful effects can be limited with the help of plant genetic resistance. The study of resistance of collection rice material to aphids has only recently begun. Therefore, there is a need to analyze the hereditary polymorphism of rice samples according to resistance to ordinary cereal aphid. 494 collection samples of the laboratory for rice breeding and seed production at the FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy" were the material for the research. In laboratory VIR conditions, young rice plants were infected by the Krasnodar ordinary aphid, after which there was performed a phenotypic damage assessment using a scale from 0 (no damage) to 10 (plant death). Due to the study it was found that most of the samples were unstable or weakly stable. There were identified 15.1% of relatively stable forms, their damage was 1–4 points. Most samples showed a wide range of variation in plant damage from 1 to 10 points. Only 41 samples out of the 494 studied ones were homogeneous, all plants of which received the same point (1, 2, 3, 4, 8, or 10); the rest

samples were heterogeneous. 167 samples received two variants of points, 226 samples received three, 60 samples received four. The rice samples 'Kandidat', 'Komandor', 'PF-4186', 'Norin 31', 'Priozerny 61', 'Don 7243', 'Don 4237' can be recommended as sources of resistance to ordinary cereal aphid to develop new rice varieties.

Keywords: rice, collection, sample, estimation, cereal aphid, tolerance (resistance).

Введение. Рис имеет большое значение в рационе питания человека. Необходимо увеличивать объем его производства, однако из-за болезней и насекомых ежегодно происходят существенные потери урожая зерна. В последнее время наиболее существенный ущерб на рисовых полях юга России стали причинять тли. Здесь обитают четыре вида: обыкновенная злаковая (*Schizaphis graminum* Rond.), яблонно-злаковая (*Rhopalosiphum insertum* Walk.), обыкновенная черемуховая (*Rhopalosiphum padi* L.) и розанно-злаковая (*Metopolophium dirhodum* Walk.) тли, из которых наиболее вредоносна первая (Ковалев и Мырзин, 2013).

Из перезимовавших яиц на озимых зерновых и диких злаках в начале мая отрождаются личинки, развивающиеся в бескрылых самок-основательниц. В конце мая появляются крылатые самки, перелетающие на другие растения, в том числе и на рис, где продолжают размножаться. При повышении температуры наблюдается преобладание бескрылых самок. Максимум численности тлей отмечен в конце июня-июле. За сезон рождается 10–15 поколений, а каждая особь тли партеногенетически производит до 80 личинок. После уборки яровых культур насекомые мигрируют на всходы озимых, где осенью появляются крылатые самцы и бескрылые самки, которые после спаривания откладывают зимующие яйца (Радченко, 2008).

Тли образуют большие колонии, которые могут полностью покрывать обе стороны листьев. Самыми уязвимыми растения являются в фазу выхода в трубку. Места проколов на листьях обесцвечиваются или краснеют. Помимо прямого ущерба, связанного с изменениями в биохимических и физиологических процессах, снижением урожайности и качества зерна, насекомое может переносить различные вирусы (Костылев и Артохин, 2011).

Массовое размножение тлей на посевах риса со второй декады июня на Северном Кавказе, в том числе в Ростовской области, стало происходить ежегодно с 2010 года, что требует проведения химических обработок (Вредители и болезни риса).

В качестве природных инсектицидов могут выступать некоторые растительные белки и вторичные метаболиты – терпеноиды, фенолы, флавоноиды, алкалоиды и др. Генетический контроль биосинтеза ряда защитных веществ неплохо изучен. В последние годы интенсивно изучают механизмы устойчивости растений к *S. graminum* (Радченко, 2000).

Возделываемые сорта чаще всего генетически однородны, что ускоряет адаптивную микроэволюцию вредителей. Применение инсектицидов с широким спектром воздействия приводит к биологическому дисбалансу: гибели энтомофагов и массовому размножению вредных насекомых. Ряд ученых отмечали появление у тлей устойчивости к инсектицидам (Teetes et al., 1975). Поэтому селекция устойчивых сортов является радикальным, дешевым и экологически чистым способом борьбы с вредителями.

Исследовано дифференциальное взаимодействие насекомых с растениями-хозяевами. В опытах Е.Е. Радченко с соавторами (2012) выявлен широкий полиморфизм обыкновенной злаковой тли по вирулентности к образцам сорго и ячменя, несущим разные гены резистентности. Для предотвращения вспышек численности насекомых нужно культивировать сорта, имеющие разные гены устойчивости.

Обыкновенная злаковая тля является также важным вредителем пшеницы во всем мире, снижая

урожайность и качество зерна. С.Т. Tan et al. (2017) на дигиплоидных линиях эталонной популяции пшеницы Synthetic W7984 × Opata M85 выявили маркеры гена устойчивости к тле *Gb7* на основе однонуклеотидного полиморфизма (SNP). Фланкирующие маркеры были тесно сцеплены с *Gb7* и расположены на хромосоме 7DL. Сравнительное картирование позволило идентифицировать синтетические области для *Gb7* у риса (*Oryza sativa*) и сорго (*Sorghum bicolor*), которые можно использовать в будущих генетических исследованиях устойчивости к тле и селекционных программах.

При селекции риса на устойчивость к насекомым нужно учитывать сопряженную эволюцию двух генетических систем (паразита и хозяина). Эффективность генов устойчивости растений чаще всего кратковременна и преодолевается насекомыми с помощью мутаций. Поэтому необходимо расширение генетического полиморфизма образцов и сортов риса. Адаптацию вредителей к толерантным сортам можно замедлить при целесообразном территориальном размещении генов устойчивости. Изучение изменчивости *S. graminum* по вирулентности к генам устойчивости риса в России не проводилось.

Работа по расширению генетического разнообразия культивируемых сортов риса по устойчивости к насекомым проводится в мире уже давно (Heinrichs et al., 1985). Ведется маркерная селекция сортов риса, устойчивых к различным видам цикадок. Однако в мире никто не занимается проблемой устойчивости риса к тлям. Поиск новых генов устойчивости из коллекционных ресурсов к опасному вредителю является самым простым способом увеличения их количества. Поэтому селекционно-генетические исследования в этом направлении являются чрезвычайно актуальными для России. Такая работа по рису в нашей стране начата лишь недавно в совместных исследованиях «Аграрного научного центра «Донской» и ВИР (Костылев и др., 2017).

Цель работы – анализ коллекционного разнообразия образцов риса по устойчивости к обыкновенной злаковой тле.

Материалы и методы исследований. Материалом для исследований послужили 494 коллекционных образца из лаборатории селекции и семеноводства риса «АНЦ «Донской». Они получены из IRRI, ВИР, ВНИИ риса или отобраны в своих питомниках как мутантный и рекомбинантный материал.

Выращивание растений и заселение тлей проводили во Всероссийском институте генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР) в световом зале при температуре воздуха 20–25 °С. Для опытов использовали краснодарскую (Кубанская опытная станция ВИР) популяцию насекомого. В местах питания тлей происходит отмирание растительных тканей, что дает возможность проводить простое тестирование устойчивости проростков. Посев семян (по 15 зерен в рядке) производили в пластмассовых кюветах, заполненных почвенным субстратом. В каждой кювете размещали по два ряда неустойчивого контроля (сорт Магнат). В фазу двух листьев каждый проросток был заселен 5–10 особями тлей. Повреждение растений у образцов определяли по шкале: 0 – нет повреждений, 1 – повреждено 1–10% листовой поверхности, 2 – 11–20%, ..., 10 – 91–100%. Растения с баллами 1–5 считали устойчивыми, 5,1–8 – умеренно устойчивыми, 8,1–10 – восприимчивыми (Радченко, 2008).

Среднюю поврежденность оценивали по формуле $СП = (Б1 \times Ч1 + Б2 \times Ч2 + Б3 \times Ч3 + Б4 \times Ч4) / (Ч1 + Ч2 + Ч3 + Ч4)$, где Б – величина балла, Ч – число растений с этим баллом.

Небольшое количество выделившихся по устойчивости к тлям образцов оценивали повторно.

Результаты и их обсуждение. Все образцы повреждались тлями, хотя и в различной степени. Изученный коллекционный материал риса был очень

разнообразным по устойчивости к тлям. Большинство образцов оказались гетерогенными по устойчивости и четко распределялись на 2–4 класса.

Средняя поврежденность растений варьировала от 1 до 10 баллов (рис. 1).

Около трети образцов (29,6 %) были неустойчивы к вредителю (8,1–10 баллов). К ним относились образцы УкрНИС 8707, ВНИИР 6017, ВНИИР 546, ВНИИР 3223, Sr 287 и др.

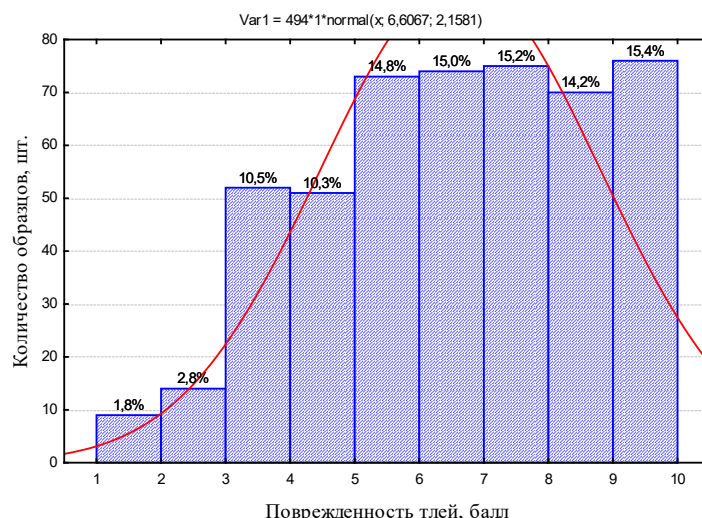


Рис. 1. Распределение коллекционных образцов риса по устойчивости к обыкновенной злаковой тле

Fig. 1. Distribution of rice collection samples according to their resistance to cereal aphid

Умеренно устойчивых (5,1–8 баллов) было в общей сложности 45%, устойчивых (1–4 балла) – 15,1%. Стандартный неустойчивый сорт Магнат повреждался в среднем на 6,5 балла.

Выявлено 23 (4,6%) наиболее устойчивых образцов, повреждение которых составило 1,0–3,0 балла. Это такие образцы, как Кандидат, ПФ-4186, Украина 5, Украина 86, Норин 31, Приозерный 61, М-14, Дон 7243, Дон 4237, КФ 11647, Командор, НФ-12, УкрНИС 6607, Онсон, 948 (Фамилия 181 x КВР 129), 792 (К-7511 x Пролетарский 2), 955 (Хазар x Боярин), 70 (Вертикальный), 778 (Дончак x Кубань 3), 586 (Бахус x Хазар), 175 (AV1 x Лоцман), 504 (КФ, длиннозерный) и др. Среди них были формы с антоцианом в листьях и стеблях (№ 169, 175, 838, 948) и краснозерные формы

с флавоноидами в перикарпе (№ 493, 503, 504, 288). Выделились также три эректоидные безлигульные формы с очень жесткими листьями (№ 135, 136, 142).

После повторной оценки 58 устойчивых образцов лишь 11 из них оказались стабильными, различия между оценками не превышали 1 балла: 61 (Д-411 x Вертикальный), 504 (КФ, очень длинное зерно), 136 (Вертикальный, lg, g), 142 (Вертикальный, lg, gl), 992 (Дон 7361), 288 (ЧЗ, g), 105 (Вертикальный, ЧЛ), 135 (Вертикальный, lg), 169 (Безлигульный, ЧЛ), 82 (Вертикальный, g, gl), 503 (КФ, овальное зерно). У других образцов различия в оценках превышали 1 и достигали 6,2 балла (рис. 2). Например, образец 917 (УкрНИС 186) при первой оценке был поврежден на 3,8 балла, а при второй – на 10,0 балла.

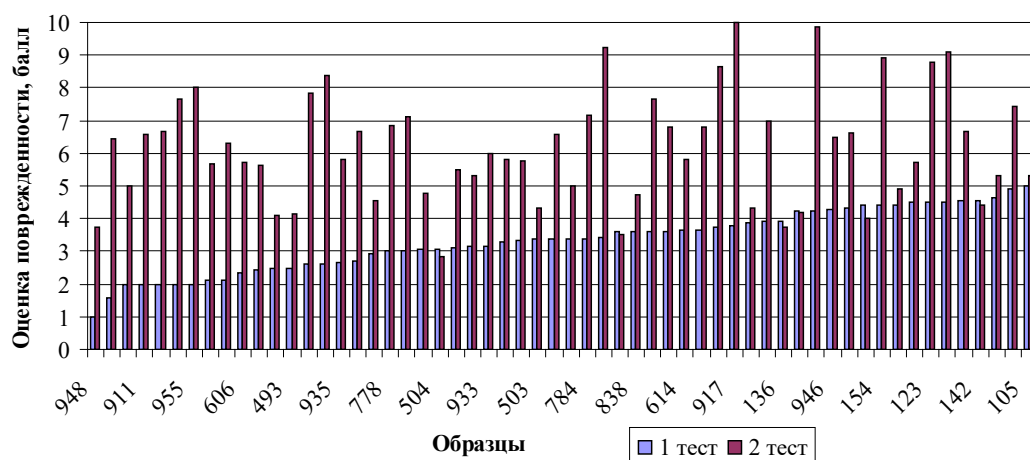


Рис. 2. Повторное тестирование устойчивых к злаковым тлям образцов риса

Fig. 2. Repeated testing of rice samples resistant to cereal aphid

Большинство изученных образцов были гетерогенными по признаку устойчивости. Некоторые образцы характеризовались широким спектром варьирования поврежденности растений от 1 до 10 баллов. Значительная изменчивость признака может обуславливаться проявлением генов с низкой экспрессивностью и/или присутствием в популяции фитофага клонов с различной вирулентностью к изученным формам.

Из 494 изученных образцов только 41 были однородными, все растения которых получили одну и ту же оценку (1, 2, 3, 4, 8 или 10), остальные оказались гетерогенными. Два варианта оценок получили 167 образцов, три – 226, четыре – 60. При этом оценки могли быть и близкими, и значительно различающимися. Например, у образца 458 (Ансеатика 232/61

х Спальчик) из 19 растений два имели оценку 10, 2–9, 4–4 и 11–3. У сорта Новосельский 32 из 14 растений поврежденность двух растений составила 10, 3–9, 6–4, 3–2 балла.

Результат свидетельствует о внутрисортном полиморфизме по устойчивости к тле. С одной стороны, это затрудняет оценку образцов, делает ее не очень точной, варьирующей от опыта к опыту, но с другой – дает возможность отобрать для селекционной работы устойчивые формы, расширяя спектр резистентных генотипов.

В результате проведенного скрининга коллекционных образцов риса по средним данным двух опытов, проведенных в разное время, удалось выделить устойчивые к обыкновенной злаковой тле формы (табл.).

Выделившиеся по устойчивости к обыкновенной злаковой тле коллекционные образцы риса (2018 г.)
Identified collection rice samples resistant to cereal aphid (2018)

Номер образца 2016 г.	Образец	Средний балл		Различия между учетами
		1-й учет	2-й учет	
Стандарт	Магнат	6,5	6,8	0,3
948	Фамилия 181 х КВР 129	1,0	3,8	2,8
875	ПФ-4186	2,0	5,0	3,0
493	КФ 11647, длиннозерный	2,5	4,2	1,7
987	Дон 4237	2,5	4,1	1,6
977	(Д-411 х Вертикальный) х (Пролетарский 2 х Приманычский)	2,9	4,5	1,6
175	AV1 х Лоцман, ЧЛ	3,1	4,8	1,7
504	КФ, очень длинное зерно	3,1	2,8	0,3
503	КФ, овальное зерно	3,4	4,3	1,0
992	Дон 7361	3,6	3,5	0,1
838	Ортикон х Приманычский	3,6	4,7	1,1
135	Вертикальный, lg	3,9	4,3	0,5
136	Вертикальный, lg, g	3,9	3,8	0,2
288	Чернозерный, g	4,2	4,2	0,0
61	Д-411 х Вертикальный	4,4	4,0	0,4
169	Безлигульный, ЧЛ	4,4	4,9	0,5
142	Вертикальный, lg, gl	4,6	4,4	0,1
	Стандартное отклонение	1,0	0,6	

Таким образом, нам удалось выявить отчетливые различия между образцами риса по устойчивости к обыкновенной злаковой тле. Лучшими из них были образцы 948 (Фамилия 181 х КВР 129), 875 (ПФ-4186), 493 (КФ 11647) и Дон 4237, которые не содержат восприимчивых компонентов. Их можно использовать как источники устойчивости к тлям для селекции сортов риса.

Выводы. В лабораторных условиях проведен анализ поврежденности 494 коллекционных образцов риса краснодарской популяцией обыкновенной злаковой тли. Выявлено большое разнообразие изученного материала по устойчивости к насекомым. Большинство образцов были гетерогенными и распределялись на 2–4 класса; 41 образец был однородным. Средняя

поврежденность растений образцов варьировала от 1 до 10 баллов. Третья часть образцов (29,6%) неустойчива к вредителю (8,1–10 баллов). Умеренная устойчивость (5,1–8 баллов) выявлена у 45% образцов, отчетливо выраженная устойчивость (1–4 балла) обнаружена у 15,1% изученных форм. Средняя поврежденность неустойчивого стандартного сорта Магнат равнялась 6,5 балла.

Выявлено 23 (4,6%) наиболее устойчивых образцов, повреждение которых составило 1–3 балла. Они отобраны для селекционной работы в качестве источников устойчивости к тлям.

Работа выполнена в рамках государственного задания ВИР (бюджетный проект № 0662-2019-0006).

Библиографические ссылки

1. Вредители и болезни риса [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rosselhousecenter.com/2012-01-18-20-33-07/292-vrediteli-i-bolezni-risa>.
2. Ковалев В. С., Мырзин А. С. Система защиты риса // Защита и карантин растений. 2013. № 7. С. 48–50.
3. Костылев П. И., Артохин К. С. Сорные растения, болезни и вредители рисовых агроценозов юга России. Москва: ПГ, 2011. 368 с.
4. Костылев П. И., Краснова Е.В., Редькин А. А. Селекция риса на устойчивость к цикадам (обзор) // Международная научно-практическая конференция «Новая наука: от идеи к результату». Сургут, 2017. С. 214–216.

5. Радченко Е. Е. Идентификация генов устойчивости сорго к обыкновенной злаковой тле // Генетика. 2000. Т. 36, № 4. С. 510–519.
6. Радченко Е. Е. Злаковые тли. Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам: метод. пособие. М.: Россельхозакадемия. 2008. С. 214–257.
7. Радченко Е. Е., Кузнецова Т. Л., Алпатьева Н. В. Динамика генетической структуры краснодарской популяции обыкновенной злаковой тли при смене растения-хозяина // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16, № 2. С. 480–487.
8. Heinrichs E. A., Medrano F. G., Rapusas H. R. Genetic evaluation for insect resistance in rice. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute, 1985. Pp. 1–356.
9. Teetes G. L., Schaefer C. A., Gipson J. R., McIntyre R. C., Latham E. E. Greenbug resistance to organophosphorous insecticides on the Texas High Plains // J. Econ. Entomol. 1975. 68(2). Pp. 214–216. DOI: 10.1093/jee/68.2.214.
10. Tan C. T., Yu H., Yang Y., Xu X. Development and validation of KASP markers for the greenbug resistance gene *Gb7* and the Hessian fly resistance gene *H32* in wheat // Theor. Appl. Genet. 2017. 130(9). Pp. 1867–1884. DOI: 10.1007/s00122-017-2930-4.

References

1. Vrediteli i bolezni risa [Rice pests and diseases] [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.rosselhofsecenter.com/2012-01-18-20-33-07/292-vrediteli-i-bolezni-risa>.
2. Kovalev V. S., Myrzin A. S. Sistema zashchity risa [Rice protection system] // Zashchita i karantin rastenij. 2013. № 7. S. 48–50.
3. Kostylev P. I., Artohin K. S. Sornye rasteniya, bolezni i vrediteli risovyh ag-rocenozov yuga Rossii [Weed plants, diseases and pests of rice agrocenoses in the South of Russia]. Moskva: PG, 2011. 368 s.
4. Kostylev P. I., Krasnova E. V., Red'kin A. A. Selekcija risa na ustojchivost' k ci-kadkam (obzor) [Rice breeding on resistance to cicadas (review)] // Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya "Novaya nauka: ot idei k rezul'tatu". Surgut, 2017. S. 214–216.
5. Radchenko E. E. Identifikaciya genov ustojchivosti sorgo k obyknovennoj zlakovoj tle [Identification of sorghum resistance genes to cereal aphid] // Genetika. 2000. T.36. №4. S. 510–519.
6. Radchenko E. E. Zlakovye tli. Izuchenie geneticheskikh resursov zernovykh kul'tur po ustojchivosti k vrednym organizmam [Cereal aphids. The study of the genetic resources of grain crops for resistance to pests]. Metodicheskoe posobie. M.: Rossel'hozakademiya. 2008. S. 214–257.
7. Radchenko E. E., Kuznecova T. L., Alpat'eva N. V. Dinamika geneticheskoy struktury krasnodarskoj populyacii obyknovennoj zlakovoj tli pri smene rasteniya-hozyaina [Dynamics of the genetic structure of the Krasnodar population of the common cereal aphid when changing the host plant] // Vavi-lovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2012. T. 16, № 2. S. 480–487.
8. Heinrichs E. A., Medrano F. G., Rapusas H. R. Genetic evaluation for insect resistance in rice. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute, 1985. Pp. 1–356.
9. Teetes G. L., Schaefer C. A., Gipson J. R., McIntyre R. C., Latham E. E. Greenbug resistance to organophosphorous insecticides on the Texas High Plains // J. Econ. Entomol. 1975. 68(2). Pp. 214–216. DOI: 10.1093/jee/68.2.214.
10. Tan C. T., Yu H., Yang Y., Xu X. Development and validation of KASP markers for the greenbug resistance gene *Gb7* and the Hessian fly resistance gene *H32* in wheat // Theor. Appl. Genet. 2017. 130(9). Pp. 1867–1884. DOI: 10.1007/s00122-017-2930-4.

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.