ЗЕРНОБОБОВЫЕ И КРУПЯНЫЕ КУЛЬТУРЫ № 4 (40), 2021 г.
Журнал СМИ основан в 2012 году.
Периодичность издания – 4 номера в год.
ISBN 9 785905 402036
Учредитель и издатель – **Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур»**

Главный редактор
Зотиков Владимир Иванович – член-корр. РАН
Заместитель главного редактора
Сидоренко Владимир Сергеевич – к. с.-х. наук
Ответственный секретарь
Грядунова Надежда Владимировна – к. биол. наук

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Амелин Александр Васильевич, д. с.-х. наук
Баталова Галина Аркадьевна, академик РАН
Бобков Сергей Васильевич, к. с.-х. наук
Бударина Галина Алексеевна, к. с.-х. наук
Васин Василий Григорьевич, д. с.-х. наук
Вишнякова Маргарита Афанасьевна, д. биол. наук
Возиян Валерий Иванович, д. с.-х. наук, Молдова
Задорин Александр Михайлович, к. с.-х. наук
Зеленов Анатолий Николаевич, д. с.-х. наук
Зеленов Андрей Анатольевич, к. с.-х. наук
Кобызева Любовь Никифоровна, д. с.-х. наук, Украина
Косолапов Владимир Михайлович, академик РАН
Крефт Иван, академик, Словения
Полухин Андрей Александрович, д.э.н., профессор РАН
Привалов Фёдор Иванович, д.с.-х н., член-корр. НАН Беларуси
Пряшников Александр Иванович, член-корр. РАН
Серекпаев Нурлан Амангельдинович, д. с.-х. наук, Казахстан
Суворова Галина Николаевна, к. с.-х. наук
Фенг Байли, доктор наук, профессор, Китай
Фесенко Алексей Николаевич, д. биол. наук
Шевченко Сергей Николаевич, академик РАН
Яговенко Герман Леонидович, д. с.-х. наук

Научный редактор, корректор
Грядунова Н.В.
Технический редактор
Хмызова Н.Г.
Перевод на английский язык ***Стефанина С.А.***
Фотоматериал ***Черненький В.А.***

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
Свидетельство о регистрации ПИ №ФС77-77939, от 19 февраля 2020 г.

Журнал включен ВАК при Минобрнауки РФ в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук

Полные тексты статей в формате pdf доступны на сайте журнала: **https://journal.vniizbk.ru**

Журнал включен в библиографическую базу данных Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) **http://eLIBRARY.RU** и Международную базу данных AGRIS ФАО ООН **http://agris.fao.org**

Адрес редакции, издателя, типографии:
302502, Орловская область, Орловский район, пос. Стрелецкий, ул. Молодежная, д.10, корп.1
тел.:(4862) 40-33-15, 40-30-04
E-mail: ***office@vniizbk.ru***, ***jurnalzbk@mail.ru***
Сайт: ***https://vniizbk.ru***

Дата выхода в свет: 21.12.2021 г.
Формат А4.
Гарнитура Times New Roman.
Тираж 300 экз.
Отпечатано в ФГБНУ «ФНЦ ЗБК»
Цена свободная.

ZERNOBOBOVYE I KRUPÂNYE KUL'TURY (Legumes and Groat Crops) No.4 (40), 2021
Scientific journal founded in 2012 year.
Frequency of publication 4 issues per year.
ISBN 9 785905 402036

Founder and Publisher – **Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops» (FSBSI FSC LGC)**

Editor-in-Chief: ***Zotikov, Vladimir I. –*** *Corresponding Member, Russian Academy of Sciences*
Deputy Editor-in-Chief***: Sidorenko, Vladimir S. –*** *Deputy Director for selection work, FSBSI FSC LGC, Cand. Sci. (Agric.)*
Assistant Editor: ***Gryadunova, Nadezhda V. –*** *Leading Researcher Lab. NTI, FSBSI FSC LGC, Cand. Sci. (Biol.)*

EDITORIAL TEAM

Amelin, Aleksandr V. *– Collective Use Center «Plant Genetic Resources and Their Use» – N.V. Parakhin GAU, Orel; Dr. Sci. (Agric.).*
Batalova, Galina A. *– FSBSI Rudnitsky FANTs Severo-Vostoka, Deputy Director, Member, Russian Academy of Sciences.*
Bobkov, Sergei V. *– FSBSI FSC LGC, Head of Laboratory of Physiology and Biochemistry of Plants, Cand. Sci. (Agric.).*
Budarina, Galina A. *– FSBSI FSC LGC, Head of Laboratory of Agricultural Technology and Plant Protection, Cand. Sci. (Agric.)*
Vasin, Vasily G. *– Samara State Agrarian University, Head. Department of Crop Production and Agriculture, Dr. Sci. (Agric.).*
Vishnyakova, Margarita A. *– FSBSI N.I. Vavilov FITS VIGR, Head of Department, Dr. Sci. (Biol.)*
Voziyan, Valeriy I. *– NIIPK «Selection» Rep. of Moldova, Dr. Sci. (Agric.).*
Zadorin, Aleksandr M. *– FSBSI FSC LGC, Cand. Sci. (Agric.)*
Zelenov, Anatolii N. *– FSBSI FSC LGC, Dr. Sci. (Agric.).*
Zelenov, Andrei A. *– FSBSI FSC LGC, Deputy Director for Research, Cand. Sci. (Agric.)*
Kobyzeva, Lyubov N. *– V.Ya. Yuryev IR UAAN, Deputy Director, Dr. Sci. (Agric.).*
Kosolapov, Vladimir M. *– FSBSI V.R. Williams FNTs Feed Production and Agroecology, Director, Academician, Russian Academy of Sciences.*
Kreft, Ivan *– University of Ljubljana, Slovenia, Professor, Academician, Slovenian Academy of Sciences and Arts, Dr. Sci., Dr. h.c.*
Polukhin, Andrei A. *– FSBSI FSC LGC , Director, Dr. Sci. (Econ.), Professor, Russian Academy of Sciences*
Privalov, Fedor I. – *Dr. Sci. (Agric.)., Corresponding Member, National Academy of Sciences of Belarus, Professor*
Pryanishnikov, Alexander I. *– JSC «Schelkovo-Agrochem», Head of the Department of Selection and Seed Production of Agricultural Crops, Corresponding Member, Russian Academy of Sciences*
Serekpaev, Nurlan A. *– S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, vice-rector, Dr. Sci. (Agric.).*
Suvorova, Galina N. *– FSBSI FSC LGC, Head of Laboratory of Genetics and Biotechnology, Cand. Sci. (Agric.).*
Feng Baili *– Ph. D., Professor, Northwest A & F University, P.R. China*
Fesenko, Aleksei N. *– FSBSI FSC LGC, Head of Laboratory of Buckwheat Breeding, Dr. Sci. (Biol.).*
Shevchenko, Sergei N. *– Samarskii NIISKh, Director, Member, Russian Academy of Sciences.*
Yagovenko, German L. *– All-Russian Research Institute of Lupine – a branch of FSBSI V.R. Williams FNTs Feed Production and Agroecology, Director, Dr. Sci. (Agric.).*
*Scientific editor****: Gryadunova, Nadezhda V.***
Layout, design: ***Khmyzova, Natal'ya G.***
English translation: ***Stefanina, Svetlana A.***
Photo: ***Chernen'kii, Vitalii A.***

Journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technologies and Mass Communications
Registration certificate ПИ №ФС77-77939, dated 19.02 2020

The journal is included by the Higher Attestation Commission under the Ministry of Education and Science of the Russian Federation in the List of peer-reviewed scientific publications, in which the main scientific results of dissertations for the degree of candidate and doctor of sciences should be published

Full texts of articles in pdf format are available at: **https://journal.vniizbk.ru**

Journal is included in the bibliographic database Russian Science Citation Index (RSCI) **http://eLIBRARY.RU** and in the International Database AGRIS FAO UN **http://agris.fao.org**

Editorial office, publisher, printing address:
302502, Orlovskaja oblast' , Orlovskijj rajjon, pos. Streleckijj , ul. Molodezhnaja, d.10, korp.1
phone:(4862) 40-33-15, 40-30-04
E-mail: ***office@vniizbk.ru****,* ***jurnalzbk@mail.ru***
*Site****: https://vniizbk.ru***

Date of publication: 21.12.2021
Format A4.
Font Times New Roman.
Circulation 300 copies.
Printed at FSBSI «FSC LGC»
Price free.

СОДЕРЖАНИЕ

Фадеева А.Н., **Шурхаева К.Д.** Адаптивные свойства сортов гороха селекции Татарского НИИСХ ……..…… 5

Бобков С.В., Башкирова К.А. Содержание фотосинтетических пигментов в различных органах растений дикого и культурного гороха ……..… 15

Бударина Г.А. Обоснование защиты сои от семенной и почвенной инфекции в условиях севера ЦЧО ……..… 24

Васин А.В., Бурунов А.Н., Васин В.Г., Кузнецова Е.С. Влияние применения микроудобрительных смесей на структуру урожая и продуктивность сои в условиях лесостепи Среднего Поволжья ……..… 32

Гуринович С.О., **Зотиков В.И., Сидоренко В.С.** Новые сорта просовидных культур……. 39

Лозина Н.А., Зотиков В.И. Изменчивость элементов продуктивности проса в результате применения микроудобрений ……..... 46

Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. Влияние основной обработки почвы, удобрений и средств защиты растений на продуктивность озимой пшеницы ……. 53

Андреев А.А., Драчева М.К., Кутепова И.А. Урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы различного эколого-географического происхождения ……..… 59

Василова Н.З., Асхадуллин Д.Ф., Асхадуллин Д.Ф., Багавиева Э.З., Тазутдинова М.Р., Хусаинова И.И. Фиолетовозерный сорт яровой мягкой пшеницы Надира ……..... 66

Васин В.Г., Васин А.В., Бурунов А.Н., Захарова О.А. Продуктивность голозерных форм овса при применении удобрений и стимуляторов роста …… 76

Блохин В.И., Никифорова И.Ю., Ганиева И.С., Ланочкина М.А., Малафеева Ю.В. Оценка адаптивного потенциала сортов и линий ярового ячменя селекции Татарского НИИСХ …… 82

Ларикова Ю.С., Волобуева О.Г. Современные представления об эколого-физиологической роли корневых экссудатов растений (Обзорная статья) ……..…… 93

Шайтанов О.Л., Низамов Р.М., Захарова Е.И. Оценка влияния глобального потепления на климат Татарстана ……..…….….. 102

ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ИВАНОВИЧА ЛЕТУНОВСКОГО ……...… 113

Правила для авторов……..… 114

ZERNOBOBOVYE I KRUPÂNYE KUL'TURY (Legumes and Groat Crops) No.4 (40), 2021

Fadeeva A.N., Shurchaeva K.D. Adaptive properties of pea varieties breeding of the Tatar Research Institute of Agriculture ……..……. 5

Bobkov S.V., Bashkirova K.A. Content of photosynthetic pigments in various organs of wild and cultural pea ……...…… 15

Budarina G.A. Substantiation of the protection of soybeans from seed and soil infection in the north of the Central Black Earth region……...……..… 24

Vasin A.V., Burunov A.N., Vasin V.G., Kuznetsova E.S. Influence of the use of micronutrient mixtures on the structure of the yield and productivity of soybeans in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region ……...…… 32

Gurinovich S.O., **Zotikov V.I., Sidorenko V.S.** New varieties of millet-like crops……..… 39

Lozina N.A., Zotikov V.I. Variability of productivity elements of millet as a result of the use of micronutrient fertilizers …… 46

Vorontsov V.A., Skorochkin Yu. P. Influence of the main tillage, fertilizers and plant protection means on the productivity of winter wheat ……..……... 53

Andreev A.A., Dracheva M.K., Kutepova I.A. Productivity and grain quality of winter wheat varieties of various ecological and geographical origins ……. 59

Vasilova N.Z., Askhadullin D.F., Askhadullin D.F., Bagavieva E.Z., Tazutdinova M.R., Khusainova I.I. Violet-green variety of spring soft wheat Nadira ……..…….. 66

Vasin V.G., Vasin A.V., Burunov A.N., Zakharova O.A. Productivity of naked forms of oats with the use of fertilizers and growth stimulants ……..……. 76

Blokhin V.I., Nikiforova I.Y., Ganieva I.S., Lanochkina M.A., Malafeeva Yu.V. Assessment of the adaptive potential of varieties and lines of spring barley bred by the Tatar Research Institute of Agriculture ……..……... 82

Larikova Yu.S., Volobueva O.G. Modern ideas about the ecological and physiological roles of root exudates of plants (review) ……..……... 93

Shaitanov O.L., Nizamov R.M., Zakharova E.I. Assessment of the impact of global warming on the climate of Tatarstan ……..… 102

IN THE MEMORY OF VLADIMIR IVANOVICH LETUNOVSKY…….…… 113

Rules for authors ……..… 114

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-5-14

УДК 633.358:631.524.85 (571.12)

АДАПТИВНЫЕ СВОЙСТВА СОРТОВ ГОРОХА СЕЛЕКЦИИ ТАТАРСКОГО НИИСХ

А.Н. ФАДЕЕВА, кандидат биологических наук, E-mail: fadeeva211@mail.ru
К.Д. ШУРХАЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук

ТАТАРСКИЙ НИИСХ – ОСП ФИЦ «КАЗАНСКИЙ НЦ РАН»

С целью выявления адаптивных свойств в 2018-2021 гг., характеризовавшиеся контрастными метеорологическими условиями, изучены возделываемые и перспективные сорта гороха посевного различных морфологических групп селекции Татарского НИИСХ по реализации потенциала урожайности и содержания белка. Обнаружена сильная вариабельность показателей по годам. Выявлено очень высокое влияние условий среды на величину реализации урожайности (82,6%). У изученных сортов размах показателя по годам составил 53,1-77,8 %, реализация потенциала варьировала в пределах 62,2-78,1%. Выделена группа усатых генотипов Фрегат, Велес, Средневолжский 2, Купидон с деформацией лигнина в бобах, у которых размах урожайности по годам варьировал в узких пределах (53,1-64,5%), реализация потенциала достигала 73,1-78,1%. Сорта Средневолжский 2, Купидон и Велес обеспечили лучшие значения урожайности в среднем за годы исследований (2,72-2,89 т/га) и в засушливых условиях 2021 года (1,40-1,76 т/га). По параметрам общей адаптивной способности определена большая отзывчивость перечисленных сортов на улучшение условий среды. По относительной стабильности (S_{gi} = 19,2%) выделился перспективный сорт Купидон, он представляет ценность для использования в селекции на повышение урожайности ($СЦГ_i$ = 1,84). Установлено, что сорта с лущильными бобами характеризовались более высоким содержанием белка в семенах. Лучший показатель получен у усатого сорта Нарат со средним за период изучения значением 24,08%. Размах признака по годам составил 14,3%, уровень реализации потенциала – 91,0%. Высокий сбор белка (5,90-6,42 ц/га) обеспечили высокоурожайные сорта Средневолжский 2, Купидон и Велес с беспергаментными бобами.

Ключевые слова: горох *(Pisum sativum L.)*, сорт, урожайность, белок, реализация потенциала, адаптивность, стабильность, селекционная ценность.

ADAPTIVE PROPERTIES OF PEA VARIETIES BREEDING OF THE TATAR RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE

A.N. Fadeeva, e-mail: fadeeva211@mail.ru
K.D. Shurchaeva

TATAR RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE – SSU FRC «KazSC RAS»

Abstract: *In order to identify adaptive properties in 2018-2021, characterized by contrasting meteorological conditions, cultivated and promising varieties of peas of various morphological groups of the Tatar Research Institute of Agriculture to realize the potential of yield and protein content were studied. A strong variability of indicators over the years was found. A very high influence of environmental conditions on the value of the yield realization (82.6%) was revealed. In the studied varieties, the range of the indicator over the years was 53.1-77.8%, the realization of the potential varied within 62.2-78.1%. A group of leafletless genotypes Fregat, Veles, Srednevolzhsky 2, Cupidon with lignin deformation in poods was identified, in which the yield range varied within narrow limits over the years (53.1-64.5%), the potential realization reached*

73.1-78.1%. Varieties Srednevolzhsky 2, Kupidon and Veles provided the best yield values on average over the years of research 2.72-2.89 t/ha and in arid conditions of 2021 - 1.40-1.76 t/ha. According to the parameters of the general adaptive ability, a great responsiveness of the listed varieties to the improvement of environmental conditions was determined. In terms of relative stability (Sgi = 19.2%), the promising variety Cupidon stood out; it is valuable for use in breeding to increase yields (SCGi = 1.84). It was found that cultivars with shelling poods were characterized by higher protein content in seeds. The best indicator was obtained for the leafletless variety Narat with an average value of 24.08% for the study period. The range of the feature over the years was 14.3%, the level of potential realization – 91.0%. High yield of protein (5.90-6.42 c/ha) was provided by high-yielding varieties Srednevolzhsky 2, Kupidon and Veles with parchmentless poods.

Keywords: pea *(Pisum sativum L.)*, variety, yield, protein, potential realization, adaptivity, stability, breeding value.

Введение

В мировом земледелии в плане производства растительного белка большое внимание уделяется гороху. По производству его на зерновые цели лидирующее положение в мире занимает Канада. Российская Федерация с долей 10-20% занимает второе место [1]. По данным экспертно-аналитического центра агробизнеса, в 2019 году посевные площади культуры в стране составили 1252,1 тыс. гектаров, в 2020 году они увеличились на 5,8% *(ab-centre.ru*). В Средневолжском федеральном округе, где горох занимает четверть всех посевов в стране, преимуществом среди субъектов по распространению выделяется республика Татарстан. В последние годы посевные площади его в республике установились с положительным трендом на уровне 52-70 тысяч гектаров. В РТ горох используется в качестве высокобелкового компонента в рационах кормления животных всех типов, имеет высокую продовольственную значимость в питании населения.

Рост посевных площадей и объемов производства культуры обусловлен внедрением в производство новых сортов, адаптированных к природно-климатическим условиям различных регионов страны. Целенаправленная селекция гороха ведется не менее двух веков по всему миру. Мировые достижения по увеличению потенциала культуры обусловлены открытием новых направлений по решению проблем, связанных с морфологическими особенностями растений. Результаты селекции последнего периода характеризуются созданием фенотипически разнообразных селекционных достижений гороха по улучшению устойчивости к полеганию, осыпанию семян, дружности созревания с использованием мутантных признаков листа *(af, af uni^{tac})*, стебля *(det, deh, lm, le*), семян *(def)* [2, 3, 4]. Развернуто впервые новое направление в решении проблемы раскрывания створок и осыпания семян с использованием в качестве селекционного признака мутации боба с деформацией формирования лигнина [5, 6]. В результате селекции потенциал урожайности гороха на зерновые цели при благоприятных погодных и агротехнических условиях может достигать 6,0 т/га при вкладе сорта в 60% [7]. Но реализация потенциала сортов подвержена сильной зависимости от воздействия стрессовых факторов среды, что предъявляет высокие требования к устойчивости селекционных достижений к меняющимся условиям возделывания [8, 9]. Основой высокопродуктивного и устойчивого агробиоценоза служат экологически стабильные сорта, которые способны обеспечить получение безопасной продукции. Оценка генотипов по реакции на воздействие абиотических, биотических факторов позволяет выявить их адаптивную способность – способность поддерживать свойственное ему фенотипическое значение признака в определенных условиях среды, используя различные методы статистического анализа взаимодействия «генотип х среда» [10, 11, 12]. В этой связи весьма актуальным представляется оценка сортов гороха по параметрам адаптивных свойств, характеризующихся устойчивостью урожайности и качества.

Цель работы – оценить в различные по метеорологическим условиям годы допущенные для возделывания и перспективные сорта гороха селекции Татарского НИИСХ по реализации потенциала урожайности, содержания белка и его валового сбора.

Материал и методы исследования

В качестве объектов исследований использованы морфологически различающиеся по типу листа и боба возделываемые и перспективные сорта гороха селекции Татарского НИИСХ, созданные за период 2000-2021 гг. (табл. 1). Листочковая группа объединяет сорта с лущильными бобами Тан, Венец и с деформацией лигнина Кабан. Среди генотипов с усатым типом листа Варис, Ватан, Нарат и Салават имеют жесткие пергаментные створки бобов, Фрегат, Велес, Средневолжский 2 и Купидон характеризуются наличием лигнина лишь вдоль брюшного шва боба.

Таблица 1

Возделываемые и перспективные сорта гороха посевного селекции Татарского НИИСХ

Сорт	Год включения в Госреестр	Сорт	Перспективные
Тан	2001	Нарат	В ГСИ с 2020
Венец	2005	Салават	В ГСИ с 2021
Варис	2009	Средневолжский 2	В ГСИ с 2020
Ватан	2011	Купидон	В ГСИ будет передан в 2022
Кабан	2016		
Фрегат	2018		
Велес	2020		

Сорта гороха изучались в 2018-2021 гг. в питомнике конкурсного сортоиспытания в пяти повторениях с учетной площадью делянок 20 м^2, высеянных рендомизированно. Предшественник озимая пшеница.

Урожай сортов, полученный с делянок, был пересчитан в т/га и переведен на стандартную влажность (14%). Содержание белка в семенах определяли методом Кьельдаля (ГОСТ 10846-91) на абсолютно сухое вещество.

Статистическую обработку полученных результатов провели методами одно- и двухфакторного анализа по Б.А. Доспехову [13]. Размах и реализацию потенциала урожайности сортов вычисляли согласно методикам В.А Зыкина с соавторами [14] и Э.Д. Неттевича [15]. Взаимодействие факторов «генотип х среда» определяли по методу А.В. Кильчевского и Л.В. Хотылевой [16]. Он основан на одновременном анализе общей адаптивной способности (ОАС), характеризующей среднее значение признака в различных условиях среды, специфической адаптивной способности (САС), показывающей отклонение от ОАС в определенной среде. Данный метод позволяет провести оценку селекционной ценности генотипов.

Результаты и обсуждение

Годы проведения исследований характеризовались высокой изменчивостью параметров метеорологических условий. В период вегетации гороха в 2018 году наблюдались сильнозасушливые условия (ГТК=0,68), стандартный сорт Ватан [15]. Гидротермический режим по фазам вегетации растений складывался неравномерным распределением количества осадков и резкими колебаниями температуры воздуха (рис.). В фазе от начала до завершения цветения выпало всего 4 мм осадков, среднесуточная температура на 4^{0}С превышала среднемноголетние значения.

Несмотря на довольно высокое значение ГТК за вегетационный период гороха в 2019 году (1,08) в основные периоды роста и закладки репродуктивных органов (май-июнь) напряженные условия создавались высоким режимом теплообеспечения (ГТК=0,85). Условия вегетации гороха в 2020 году складывались из двух противоположных частей.

Первая половина, охватывающая период интенсивного роста растений и закладку потенциала продуктивности (май-июнь), характеризовалась умеренным температурным режимом и обильными осадками (ГТК=1,71). Реализация потенциала гороха (формирование бобов и налив семян) сопровождалось повышением среднесуточной температуры (+4,3^{0}С к норме), количество осадков составило 4,8-40,0% от нормы. ГТК в фазе цветения и от завершения цветения до хозяйственной спелости составили, соответственно, 0,24 и 0,11.

Стрессовые условия для роста и развития растений складывались в 2021 году при сочетании высокой температуры воздуха и дефицита осадков. Значение ГТК за период от появления всходов (стандартный сорт Ватан) до хозяйственной спелости составило всего 0,15. В важнейшую фазу развития растений – от начала до завершения цветения – дневная температура воздуха достигала 32…35^{0}С, среднесуточная температура воздуха на 4,1…9,3 % превышала среднемноголетние значения. Длительное отсутствие осадков обусловило сохранение воздушной и почвенной засухи в период формирования элементов структуры урожайности. Анализ динамики формирования репродуктивных органов растений показал, что в таких условиях из завязей, образовавшихся на 4-5 продуктивных узлах растений, полноценные бобы сформировались лишь на 1-2 нижних узлах. В результате величина урожайности сортов в засушливых условиях была реализована на минимальном уровне.

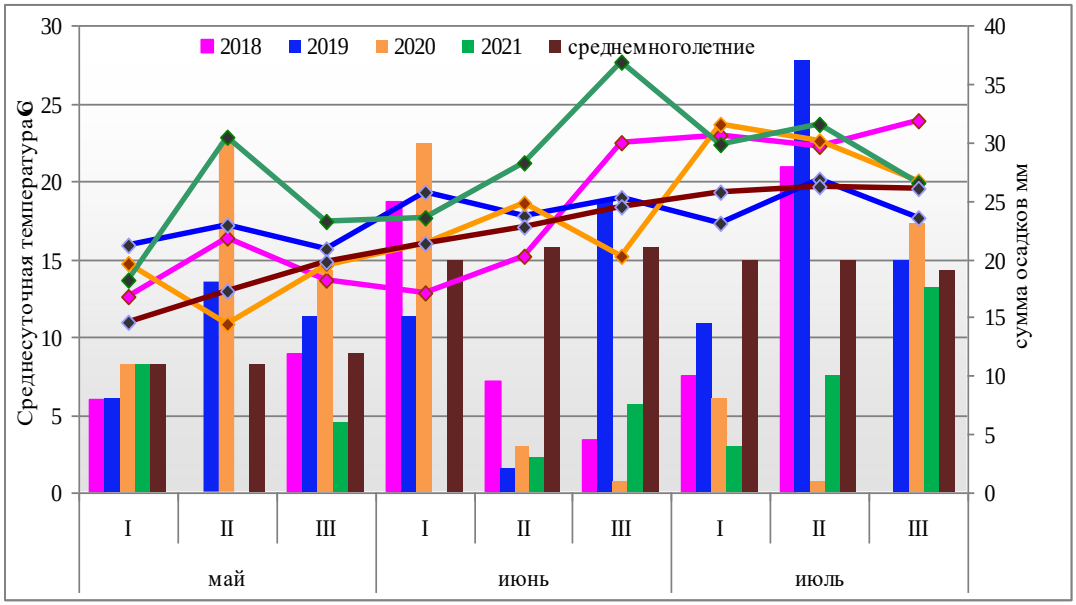

Рис. Среднесуточная температура воздуха и сумма осадков в годы проведения исследований (2018-2021 гг.), данные метеостанции ТатНИИСХ

Размах урожайности по изученным сортам варьировал в пределах 53,1-77,8%, уровень реализации потенциала (табл. 2). У сортов с обычным типом листа значения этих показателей составили 60,3…73,4 и 70,3…74,4%. Величина урожайности их по годам в основном уступала среднесортовым значениям. Отмечено положительное отклонение у сорта Кабан с беспергаментными бобами в засушливых условиях 2018 и 2021 гг. (107,2…107,6%).

Высокой изменчивостью урожайности по годам характеризовалась группа усатых сортов с лущильными бобами, у которых размах показателей составил 68,1…77,8%. Сорта реализовали потенциал на уровне 62,2-69,5%. В этой морфологической группе выделился сорт Нарат с минимальным размахом и более высокой реализацией. У данного генотипа отклонение значений урожайности от среднесортового в годы исследований также варьировало в узких пределах от 98,3 до 104,3%.

Наибольший успех в селекции на повышение урожайности достигнут в группе сортов с усатым типом листа и беспергаментными бобами. Предел колебания урожайности по годам

не превышал 53,1…64,5%. Реализация потенциала урожайности у сортов данной группы колебалась в пределах 73,1…78,1% с лучшим показателем у нового сорта Средневолжский 2. Большинство из них выделились ежегодным положительным отклонением урожайности от среднесортового значения. Характерным для этой группы является более высокие значения (1,20-1,76 т/га) в засушливых условиях 2021 года по сравнению с генотипами других групп. Отклонения показателей у сортов Велес, Средневолжский 2 и Купидон по отношению к среднесортовому значению составили 117,6…147,9%. В этих условиях максимальный уровень урожайности реализовал сорт Купидон. Данный новый сорт характеризовался минимальным размахом значений по годам, потенциал реализации составил 74,1%.

Таблица 2

Реализация потенциала урожайности сортов гороха

Сорт	Урожай, т/га / % от среднесортового значения				Размах, %	Реализация потенциала, %
	2018	2019	2020	2021		
Листочковые						
Тан	2,10/ 94,2	2,73/ 90,4	3,05/ 86,6	1,21/ 101,7	60,3	74,4
Венец	2,10/ 94,2	2,85/ 94,4	3,20/ 90,9	0,85/ 71,4	73,4	70,3
Кабан	2,39/ 107,2	2,68/ 88,7	3,27/ 92,9	1,28/ 107,6	60,8	73,4
Усатые лущильные						
Варис	1,82/ 81,6	2,35/ 77,8	3,39/ 96,3	0,86/ 72,3	74,6	62,2
Ватан	1,98/ 88,8	2,79/ 92,4	3,57/ 101,4	1,00/ 84,0	72,0	65,5
Нарат	2,31/ 103,5	3,04/ 100,7	3,67/ 104,3	1,17/ 98,3	68,1	69,5
Салават	2,21/ 99,1	3,09/ 102,3	4,14/ 117,6	0,92/ 77,3	77,8	62,6
Усатые беспергаментные						
Фрегат	2,16/ 96,9	3,16/ 104,6	3,38/ 96,0	1,20/ 100,8	64,5	73,1
Велес	2,24/ 100,4	3,70/ 122,5	3,55/ 100,8	1,40/ 117,6	62,2	73,5
Средне-волжский 2	2,92/ 130,9	3,56/ 117,9	3,70/ 105,1	1,40/ 117,6	62,2	78,1
Купидон	2,33/ 104,5	3,28/ 108,6	3,75/ 106,5	1,76/ 147,9	53,1	74,1
Среднее	2,23/100	3,02/100	3,52/100	1,19/100		
$НСР_{05}$ генотипа(фактор А)			0,092			
среды (Фактор В)			0,056			
взаимодействие «генотип х среда»			0,184			

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа урожайности сортов за период изучения указывают на наличие значимых эффектов генотипа, среды и их взаимодействия на показатели сбора семян (Fфакт. > Fтеор.) (табл. 3). Обнаружено очень высокое влияние условий среды (82,6%). Доля влияния генотипа и специфического взаимодействия «генотип х среда» составила, соответственно, 5,8 и 4,0%.

Средние за годы исследований значения урожайности ($u+v_i$) показывают, что в процессе селекции по всем морфологическим группам достигнуто повышение уровня

показателя (табл. 4). Усатые сорта Нарат, Салават с лущильными бобами и Велес, Купидон, Средневолжский 2 с беспергаментными бобами по реализации потенциала превысили среднесортовое значение по опыту.

Таблица 3

Вклад факторов в изменчивость урожайности семян сортов гороха

Источник варьирования	Число степеней свободы	Дисперсия (σ^2)	$F_{факт.}$	$F_{теор.}$ для P=0,05	Доля влияния, %
Генотип	10	1,205	55,166*	1,8	5,8
Среда	3	56,861	2603,479*	2,6	82,6
Взаимодействие «генотип х среда»	30	0,274	12,568*	1,5	4,0

Лучшие показатели получены у генотипов с деформацией лигнина (2,72…2,89 т/га). Положительные значения параметров общей адаптивной способности у перечисленных генотипов (0,23…0,40) указывают на их отзывчивость на улучшение условий среды. В качестве меры стабильности генотипа в определенной среде в методике предлагается применять вариансу специфической адаптивной способности, отражающей относительную стабильность генотипа (S_{gi}). По данному показателю выделился сорт Купидон с минимальным значением параметра (19,2%), что указывает на относительную стабильность и низкую реакцию данного генотипа на меняющиеся погодные условия. Он также представляет высокую ценность для использования в селекции на высокую урожайность ($СЦГ_i$ =1,84).

Таблица 4

Параметры адаптивной способности генотипов гороха

Сорт	$u+v_i$	v_i ($ОАС_i$)	$\sigma^2_{САСi}$	S_{gi}	$СЦГ_i$
Листочковые					
Тан	2,27	-0,22	0,20	21,5	1,55
Венец	2,25	-0,24	0,62	39,3	0,97
Кабан	2,40	-0,09	0,24	21,0	1,62
Усатые лущильные					
Варис	2,11	-0,39	0,65	46,8	0,82
Ватан	2,34	-0,15	0,75	39,7	0,96
Нарат	2,55	0,06	0,69	31,8	1,23
Салават	2,59	0,10	1,40	43,9	0,71
Усатые беспергаментные					
Фрегат	2,47	-0,02	0,54	29,9	1,30
Велес	2,72	0,23	0,75	29,1	1,35
Средневолжский 2	2,89	0,40	0,65	24,5	1,62
Купидон	2,78	0,29	0,35	19,2	1,84
Среднее	2,49				

Главным критерием ценности зернобобовых культур является содержание белка в семенах. Анализ тенденций селекции гороха показал, что в течение последних 50-70 лет селекционной работы содержание белка у современных сортов гороха уменьшилось на 1,5% [16]. Тактика селекционной работы позволяет несколько снизить отрицательную корреляцию урожайности и содержания белка за счет изменения других параметров генотипа, например, увеличением периода вегетации, длины стебля, но это ведет к ухудшению некоторых хозяйственных показателей (полегание растений, позднеспелость). Результаты наших исследований показали, что содержание белка в семенах у сортов сильно варьировало по годам. Размах значений признака менялся от 12,9% у сорта Ватан до 22,8% у сорта Купидон (табл. 5). Наиболее благоприятными для накопления белка оказались условия 2021 года,

содержание его у сортов достигало до 24,97…26,47%. Максимальное значение получено у усатого сорта Нарат с лущильными бобами. Он выделился лучшим за годы исследований средним значением признака (24,08%) с размахом 14,3% и высокой реализацией его потенциала (91,0%). Группа усатых сортов с деформацией лигнинового слоя в створках бобов уступает по содержанию белка листочковым и усатым генотипам с лущильными бобами. Необходимо отметить, что селекция на устойчивость к раскрыванию бобов с использованием нового типа боба ведется короткий период. Доноры признака, использованные в селекции, характеризовались низким содержанием белка в семенах. В связи с этим при селекционном совершенствовании данной морфологической группы перспективной задачей ставится повышение уровня содержания белка в семенах.

Таблица 5

Содержание белка в семенах сортов гороха и реализация его потенциала

Сорт	Содержание белка, %					Размах, %	Реализация потенциала, %
	2018	2019	2020	2021	среднее		
Листочковые							
Тан	21,58	22,63	24,46	25,21	23,47	14,4	93,1
Венец	21,80	20,72	24,38	26,44	23,33	21,6	88,2
Кабан	19,58	20,13	23,92	25,06	22,17	21,9	88,5
Усатые лущильные							
Варис	22,47	22,50	22,56	26,30	23,46	14,6	89,2
Ватан	21,89	22,41	22,31	25,61	23,05	12,9	90,0
Нарат	22,67	22,80	24,37	26,47	24,08	14,3	91,0
Салават	20,88	21,86	22,49	26,52	22,94	21,3	86,5
Усатые беспергаментные							
Фрегат	20,47	20,26	21,89	24,97	21,90	18,9	87,7
Велес	20,68	20,11	22,49	25,15	22,11	20,0	87,9
Средневолжский 2	19,96	20,79	24,08	25,26	22,52	21,0	89,1
Купидон	19,67	19,54	24,46	25,32	22,25	22,8	87,9
Среднее	21,06	21,18	23,40	25,68	22,84		
Стандартное отклонение (S)	1,042	1,206	1,035	0,632			

В качестве интегрального показателя реализации потенциала сортов служит показатель валового сбора белка с единицы площади, величина которого формируется значениями урожайность и содержания белка. Данные таблицы 6 показывают, что в наших исследованиях значения его у сортов гороха сильно колебались в зависимости от условий внешней среды. Изменчивость (CV, %) показателя составила очень высокие значения особенно у усатых сортов с лущильными бобами и у листочкового сорта Венец (CV=41,0…52,7%). Максимальный сбор белка с гектара получен в 2020 году, когда генотипы формировали лучшую урожайность. В среднем по сортам значение его составило 8,22 ц/га. По сортам показатель менялся от 7,40 (сорт Фрегат) до 9,31 ц/га (сорт Салават). Соответственно, низкий сбор белка в среднем 3,02 ц/га отмечен в стрессовых условиях (2021 г.). Минимальные показатели в пределах 2,24…2,56 ц/га получены у усатых сортов с лущильными бобами Салават, Варис, Ватан и листочкового Венец, которые в этот год реализовали потенциал урожайности лишь на уровне 0,85-1,00 т/га.

Из представленных данных видно, что величина валового сбора белка у сортов в основном формируется за счет урожайности. Актуальным остается повышение роли содержания белка в семенах в его общем сборе с единицы площади.

Таблица 6

Валовой сбор белка у сортов гороха, ц/га

Сорт	2018	2019	2020	2021	Среднее	CV, %
Листочковые						
Тан	4,53	6,18	7,46	3,05	5,31	36,2
Венец	4,58	5,90	7,80	2,25	5,13	45,4
Кабан	4,68	5,39	7,82	3,21	5,27	36,5
Усатые лущильные						
Варис	4,09	5,29	7,65	2,26	4,82	46,8
Ватан	4,33	6,25	7,96	2,56	5,28	44,4
Нарат	5,24	6,93	8,94	3,10	6,05	41,0
Салават	4,61	6,75	9,31	2,24	5,73	52,7
Усатые беспергаментные						
Фрегат	4,42	6,40	7,40	3,00	5,31	37,2
Велес	4,63	7,44	7,98	3,55	5,90	36,4
Средневолжский 2	5,83	7,40	8,91	3,54	6,42	35,7
Купидон	4,58	6,41	9,17	4,46	6,16	35,7
Среднее	4,68	6,37	8,22	3,02	5,57	

Заключение

В контрастные по метеорологическим условиям годы изучены сорта гороха селекции Татарского НИИСХ по реализации потенциала урожайности, содержанию и сбору белка. В процессе селекции достигнуто повышение урожайности у сортов различных морфологических групп.

Выделена группа усатых сортов с безлигниновыми бобами с узким пределом размаха урожайности (53,1…64,5%) и реализацией потенциала на уровне 73,1…78,1%. Из них Велес, Средневолжский 2, Купидон показали лучшие значения в засушливых условиях 2021 года (1,40-1,76 т/га) и по средним за годы исследований результатам (2,72…2,89 т/га). Сорт Купидон представляет ценность для использования в селекции на повышение урожайности.

По содержанию белка в семенах лучшее значение получено у усатого сорта Нарат с лущильными бобами. Среднее значение признака за период изучения составило 24,08% с размахом признака по годам 14,3 и реализацией потенциала 91,0%. Группа усатых сортов с деформацией лигнинового слоя в створках бобов по данному показателю уступает сортам с лущильными бобами.

Повышение валового сбора белка у сортов обеспечивалось высоким вкладом величины урожайности. У высокоурожайных усатых сортов с беспергаментными бобами Велес, Средневолжский 2, Купидон среднее значение показателя достигало 3,55…4,46 ц/га. Перспективу для селекционного решения представляет поиск путей увеличения роли содержания белка в семенах в его общем сборе с единицы площади.

Работа выполнена в рамках гранта Министерства сельского хозяйства и продовольствия республики Татарстан «Государственная поддержка научных исследований и разработок в области агропромышленного комплекса в 2021 году».

Литература

1. Зотиков В.И. Отечественная селекция зернобобовых и крупяных культур // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 3 (35). – С. 12-19. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11179

2. Зеленов А.Н., Задорин А.М., Зеленов А.А. Первые результаты создания сортов гороха морфотипа хамелеон // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 2 (26). – С. 10-17. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-10009

3. Зеленов А.Н., Задорин А.М., Зеленов А.А., Кононова М.Е. Селекция усатых сортов гороха в ФНЦ зернобобовых и крупяных культур // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 1(33). – С. 4-10. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11147

4. Andrey A. Sinjushin. Mutations of determinate growth and their application in legume breeding // Legume Perspectives. – 2015. – Issue 1. – P. 14-15
5. Фадеев Е.А. Селекционная ценность исходного материала гороха (Pisum sativum L.) с различной морфологией листа и боба // Дис. … канд. с.х. наук. Казань. – 2014. – 168 с.
6. Фадеева А.Н., Шурхаева К.Д., Фадеев Е.А., Абросимова Т.Н. Результаты и перспективы селекции гороха на устойчивость к раскрыванию бобов //Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 5. – С. 20-22 https://www.elibrary.ru/download/elibrary_23608960_68207986.pdf
7. Амелин А.В., Чекалин Е.И. Адаптивные способности растений гороха в результате селекции (Обзорная статья) // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 2(30). – С. 4-14. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11081.
8. Жученко А.А. Эколого-генетические проблемы селекции растений // Сельскохозяйственная биология. – 1990. – Т. 25, № 3. – С. 3-23.
9. Donald R. Orta, Sabeeha S. Merchantd, Jean Alricf , Alice Barkan et al. Redesigning photosynthesis to sustainably meet global food and bioenergy demand // PNAS. – 2015. – V. 112 (28). – P. 8529-8536. https://doi.org/10.1073/pnas.1424031112
10. Кильчевский А.В. Генетико-экологические основы селекции растений // Вестник ВОГиС. – 2005. – Т. 9, – № 4. – С. 518-526. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_9127861_27518746.pdf
11. Сапега В.А., Митриковский А.Я. Оценка урожайного и адаптивного потенциала сортов гороха в условиях южной лесостепи Северного Зауралья // Вестник Казанского ГАУ. – 2020. – № 2 (58). – С. 49-52. DOI 10.12737/2073-0462-2020-49-52
12. Пономарева С.В. Экологическая пластичность и стабильность по урожайности семян и зеленой массы гороха полевого в условиях Волго-Вятского региона // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 2 (30). – С.43-48. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11086
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс. 2011. – 352 с.
14. Зыкин В.А., Мешков В.В., Сапега В.А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: методические рекомендации. Москва, – 1984. – 24 с.
15. Неттевич Э. Д. Потенциал урожайности рекомендованных для возделывания в центральном регионе РФ сортов яровой пшеницы и ячменя и его реализация в условиях производства // Доклады РАСХН. – 2001. – № 3. – С. 3-6.
16. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Сообщение I. Обоснование метода // Генетика. – 1985. – Т.XXI. – № 9. – С. 1491-1498.
17. Шайтанов О.Л., Тагиров М.Ш. Основные тенденции изменения климата Татарстана в XXI веке. Казань: Фолиант, – 2018. – 63 с.
18. Кондыков И.В., Бобков С.В., Уварова О.В., Толкачева М.А., Кондыкова Н.Н. Современные европейские сорта гороха – урожайность и содержание белка // Зерновое хозяйство России. – 2010. – № 5. – С. 17–20. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_15264172_29490792.pdf

References

1. Zotikov V.I. Otechestvennaya selekziya zernobobovykh i krupyanykh kultur [Domestic breeding of leguminous and cereal crops.]. *Zernobobovye i krupyanye kultury*, 2020, no. 3 (35), pp. 12-19. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11179 (In Russian).
2. Zelenov A.N., Zadorin A.M., Zelenov A.A. Pervye rezultaty sozdaniya sortov gorokha morhpotipa khameleon [The first results of creating pea varieties of the chameleon morphotype]. *Zernobobovye i krupyanye kultury*, 2018, no. 2 (26), pp. 10-17. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-10009 (In Russian)
3. Zelenov A.N., Zadorin A.M., Zelenov A.A., Kononova M.E. Selekziya usatykh sortov gorokha v FNZ zernobobovykh i krupyanykh kultur [Breeding of leafletless pea varieties at FSC Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops.]. *Zernobobovye i krupyanye kultury*, 2020, no. 3 (35), pp. 4-10. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11147 (In Russian)
4. Sinjushin Andrey A. Mutations of determinate growth and their application in legume breeding. *Legume Perspectives*. 2015, Issue 1, pp. 14-15
5. Fadeev E.A. Selekzionnaya zennost iskhodnogo materiala gorokha (Pisum sativum L.) s razlichnoi morhpologiei lista i boba [Breeding value of the material of pea (Pisum sativum L.) with different leaf and pood vorphology]. Diss. ... Cand. s.-kh. sciences. Kazan, 2014, 168 p. (in Russian)
6. Fadeeva A.N., Shurchatva K.D., Fadeev E.A., Abrosimova T.N. Rezultaty i perspektivy selekzii na ustiychivost k raskryvaniyu bobov [Results and perspectives of selection peas for resistance to uncovering of poods]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2015, no. 5, pp. 20-22. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_23608960_68207986.pdf
7. Amelin A.V., Chekalin E.I. Adaptivnye sposobnosti rastenii gorokha v rezultate selekzii (Obzornaya statia). [Adaptability of plants of the pea and their changes in the breeding]. *Zernobobovye i krupyanye kultury*, 2019, no. 2 (30), pp. 4-14 DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11081.

8. Zhuchenko A.A. Ekologo-geneticheskiye problemy selekzii rastenii. [Ecological and genetic problevs of plant breeding]. *Selskokhozyaistvennaya biologiya.* 1990. no. 3. pp.3-23.
9. Donald R. Orta, Sabeeha S. Merchantd, Jean Alricf , Alice Barkan et al. Redesigning photosynthesis to sustainably meet global food and bioenergy demand. PNAS, 2015, v.112(28). pp. 8529-8536. https://doi.org/10.1073/pnas.1424031112
10. Kilchevskii A.V. Genetiko-ekologicheskiye osnovy selekzii rastenii. [Genetic and ecological foudations of plant breeding]. *Vestnik VOGiS*. 2005, т. 9, no. 4, pp. 518-526.
https://www.elibrary.ru/download/elibrary_9127861_27518746.pdf
11. Sapega V.A., Mitrikovskiy A. Ya. Ozenka urozhainogo i adaptivnogo potenziala sortov gorokha v usloviyakh yuzhnoi lesostepi Severnogo Zauralia. [Assessment of yield and adaptive potential of pea varieties in the condition of the southern forest steppe of the Northern Urals]. *Vestnik Kazanskogo GAU*, 2020, no. 2(58), pp. 49-52 DOI 10.12737/2073-0462-2020-49-52
12. Ponomareva S.V. Ekologicheskaya plastichnost i stabilnost po urozhainosti semyan i zelenoi massy gorokha polevogo v usloviyakh Volgo-Vyatskogo regiona. [The ecological plastity snd stability by yield of seeds and green mass of field pea in the conditions of Volgo-Vyatskiy region]. *Zernobobovye i krupyanye kultury*, 2019, no. 2(30), pp.43-48 DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11086
13. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezultatov issledovanii) [Field experiment technique]. Moscow, *Alians*, 2011, 352 p. (In Russian)
14. Zykin V.A., Meshkov V.V., Sapega V.A. Parametry ekologicheskoi plastichnosti sel'skokhozyaistvennykh rastenii, ikh raschet i analiz: metodicheskie rekomendatsii [Parameters of Ecological Plasticity of Agricultural Plants, their Calculation and Analysis: Guidelines]. *Moscow*, 1984, 24 p. (In Russian)
15. Nettevich E.D. Potentsial urozhaynosti rekomendovannykh dlya vozdelyvaniya v tsentralnom regione RF sortov yarovoy pshenitsy i yachmenya i ego realizatsiya v usloviyakh proizvodstva. [Yield potential of spring wheat and barley varieties recommended for cultivation in the central region of the Russian Federation and its implementation in production conditions]. / *Doklady RASKhN*, 2001, no. 3. pp. 3–6 (In Russian)
16. Kilchevskii A.V. Chotyleva L.V. Metod ozenki adaptivnoi sposobnosti i tabilnosti genotipov, differenziruyuschei sposobnosti sredy. Soobschenie I. Obosnovaniye metoda. [A method for assessing the adaptive ability snd stability of genotypes, the differetiating ability of the invironment. Message I. Rational of the method]. *Genetika*, 1985, n..XXI, no. 9, pp. 1491-1498.
17. Shaitanov O.L., Tagirov V.I. Osnovnye tendenzii izmeneniya klimata Tatarstana v XXI veke. [The main tendencies of climate in Tatarstan in the XXI centure]. Kazan: *Foliant*, 2018, 63 p.
18. Kondykov I.V., Bobkov S.V., Uvarova O.V., Tolkacheva M.A., Kondykova N.N. Sovremennye evropeyskiye sorta gorokha – urozhaynost i soderzhaniye belka. [Modern European pea varieties – yield and protein content]. *Zernovoye khozyaistvo Rossii*, 2010, no. 5, pp. 17–20. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_15264172_29490792.pdf

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-15-23

УДК 633.358:581.16

СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНАХ РАСТЕНИЙ ДИКОГО И КУЛЬТУРНОГО ГОРОХА

С.В. БОБКОВ, кандидат сельскохозяйственных наук
ORCID ID: 0000-0002-8146-0791, E-mail: svbobkov@gmail.com
К.А. БАШКИРОВА, младший научный сотрудник

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

Проведено исследование содержания фотосинтетических пигментов в прилистниках, листочках, усах, семяпочках и створках бобов сортов Ягуар, Шеврон, Темп и диких образцов к-3370 (elatius), к-5322 (asiaticum), к-2365 (transcaucasicum) коллекции ВИР в период эмбриогенеза и налива семян. Наибольшее содержание фотосинтетических пигментов наблюдалось в прилистниках и листочках сложного листа, наименьшее – в семяпочках и створках бобов, а усы занимали промежуточное положение между указанными группами органов. В усах экспериментальных растений среднее содержание хлорофиллов a и b было ниже, чем в листочках в 2,8 раза, а каротиноидов – в 2,4. Для использования в научных исследованиях и селекционном процессе выделили образцы дикого гороха к-5322, к-3370 и сорт Ягуар с высоким содержанием фотосинтетических пигментов в прилистниках и листочках сложного листа. В прилистниках высокое содержание Chl a зафиксировано у образцов к-5322 (9,14 мг/г СВ), к-3370 (5,36 мг/г СВ), а в листочках – у образцов к-5322 (6,03 мг/г СВ) и сорта Ягуар (5,7 мг/г СВ). Высоким уровнем Chl b также отличались образцы к-5322 (прилистники – 3,80 мг/г СВ, листочки – 2,51 мг/г СВ), к-3370 (прилистники – 2,55 мг/г СВ, листочки – 2,28 мг/г СВ) и сорт Ягуар (прилистники – 2,05 мг/г СВ, листочки – 2,39 мг/г СВ). Наибольшее содержание каротиноидов (2,33 мг/г сухого вещества) выявлено в прилистниках образца дикого гороха к-5322, несколько меньше (1,59 мг/г сухого вещества) в листочках указанного образца и листочках сорта Ягуар (1,42 мг/г сухого вещества).

Ключевые слова: горох, сорт, дикий горох, хлорофилл, каротиноиды, орган растения.

CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN VARIOUS ORGANS OF WILD AND CULTURAL PEA

S.V. Bobkov, K.A. Bashkirova

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»,
E-mail: svbobkov@gmail.com

Abstract: *Study of photosynthetic pigments content in stipules, leaflets, tendrils and pod flaps of pea varieties Jaguar, Shevron, Temp and wild accessions k-3370 (elatius), k-5322 (asiaticum), k-2365 (transcaucasicum) from VIR collection in the period of embryogenesis and seed filling was conducted. The highest content of photosynthetic pigments was observed in stipules and leaflets, smallest content – in ovules and pod flaps, but tendrils occupied the intermediate position between them. In tendrils of experimental plants, mean content of chlorophylls and carotenoids was in 2.8 and 2.4 fold lower than in leaflets respectively. There were no significant differences between varieties and wild accession on content of photosynthetic pigments in tendrils, ovules and pod flaps. Accordingly, wild accessions k-5322, k-3370 and variety Jaguar with high content of photosynthetic pigments in stipules and leaflets was marked for use in research and pea breeding. Wild accessions k-5322 (9.14 mg/g DM) and k-3370 (5.36 mg/g DM) had high content of Chl a in stipules, but accession k-5322 (6.03 mg/g DM) and variety Jaguar (5.7 mg/g DM) – in leaflets. Wild accessions k-5322, k-3370 and variety Juguar also had high content of Chl b in stipules – 3.80 mg/g DM, 2,55 mg/g DM, 2.05 mg/g DM and in lefleats –*

2.51 mg/g DM, 2.28 mg/g DM, 2.39 mg/g DM respectively. The highest content of carotenoids was revealed in stipules (2.33 mg/g DM) and slightly less (1.59 mg/g DM) in leaflets of accession k-5322, and in leaflets of variety Jaguar (1.42 mg/g DM).

Keywords: pea, variety, wild pea, chlorophyll, carotenoids, plant organ.

Введение

В современной селекции сельскохозяйственных культур основные усилия сосредоточены на увеличении урожайности за счет повышения устойчивости к полеганию, болезням и вредителям, стрессовым факторам окружающей среды, адаптации морфологии растений к существующим и новым системам земледелия [1], а также перераспределения питательных веществ в сторону хозяйственно важной части урожая (увеличение Кхоз). Например, у гречихи для увеличения притока ассимилятов к формирующимся семенам проведена работа по комплексному использованию признаков, ограничивающих вегетативный рост растений в различных направлениях [2]. По данным канадских исследователей благодаря селекционной работе средняя урожайность гороха за 20 лет (1995-2015 гг.) в стране возросла на 40%, что является результатом ежегодного прироста урожайности на 2% [3, цит. по 1].

В настоящее время доминирует точка зрения, что продуктивность растений в большей степени определяется донорно-акцепторными отношениями - процессами оттока ассимилятов из фотосинтезирующих органов и последующим синтезом в потребляющих органах, а интенсивность фотосинтеза регулируется запросом на ассимиляты со стороны органов-потребителей [4]. Однако становится ясно, что значительного роста урожайности можно достигнуть не только за счет перестройки донорно-акцепторных отношений, но и в результате совершенствования фотосинтетического аппарата.

Фотосинтез играет ключевую роль в превращении солнечной энергии в энергию химических связей, а основными светособирающими молекулами являются хлорофиллы и каротиноиды. Количество солнечной радиации, поглощённой листовым аппаратом, достаточно сильно зависит от концентрации фитосинтетических пигментов, а их низкое содержание лимитирует потенциал фотосинтеза [5]. Наиболее высокие показатели фотосинтеза на единицу поверхности посева или листа у сельскохозяйственных растений наблюдаются при максимальном содержании хлорофилла [4]. Уменьшение содержания хлорофилла на 20-40% у хлорофилльных мутантов гороха приводило к снижению квантовой эффективности фотосинтеза на 29-30% и, соответственно, уменьшению прироста биомассы в сравнении с исходным сортом Торсдаг [6]. Существует много данных о наличии тесной корреляционной связи между содержанием хлорофилла и урожайностью [7]. Эта связь становится более заметной, когда и в расчет берется интегральная величина – хлорофилльный фотосинтетический потенциал (ХФСП). Исследования показали, что у озимой пшеницы ХФСП тесно коррелируют с зерновой продуктивностью, а наибольшее содержание хлорофилла наблюдается у высокоурожайных сортов [8]. Содержание хлорофилла рассматривается в качестве важного физиологического признака, используемого в селекции риса. За десятилетия селекционной работы с этой культурой созданы высокоурожайные сорта с высоким содержанием хлорофилла [9]. Геномный анализ 365 сортов и 446 образцов подвида риса *japonica* выявил 25 генов-кандидатов, влияющих на содержание хлорофилла, и показал, что эти гены были предметом строгой позитивной селекции в процессе продвижения культуры из субтропического центра происхождения на север Китая [10].

Несмотря на положительную зависимость между урожайностью и содержанием хлорофилла, увеличение концентрации этих пигментов не может быть бесконечной. Теоретически, листья с очень высоким содержанием хлорофилла могут препятствовать прохождению света в нижние ярусы агроценоза, что может привести к снижению эффективности фотосинтеза. Поэтому при рассмотрении вопроса о проведении селекции на

высокое содержание хлорофилла следует учитывать состояние фотосинтетической системы у различных сельскохозяйственных культур.

Исследования А.В. Амелина показали, что в процессе культурной эволюции от дикого гороха (образцы *elatius, asiaticum, transcaucasicum, syriacum, abissinicum*) к листочковым сортам селекции 90-х годов прошлого столетия (Смарагд, Орловчанин, Орловчанин 2) фотосинтетическая система гороха претерпела ряд важных изменений, связанных с увеличением толщины и плотности листовых пластинок, фотовосстановительной активности хлоропластов и чистой продуктивности фотосинтеза, уменьшением фотосинтетического потенциала и содержания хлорофилла [11]. Широкое распространение в сельскохозяйственном производстве безлисточковых сортов гороха обострила проблему низкого фотосинтетического потенциала [12]. Следует ожидать, что у сортов указанного морфотипа вместе с уменьшением фотосинтетического потенциала произошло дальнейшее снижение содержания хлорофилла на единицу площади посева.

В качестве факторов, обеспечивающих рост продуктивности растений гороха можно рассматривать увеличение площади поверхности прилистников, использование в селекции гороха гетерофилльных морфотипов, а также увеличение содержания фотосинтетических пигментов. Наши исследования показали, что в сравнении с возделываемыми сортами у отдельных диких образцов гороха содержание хлорофиллов остается на высоком уровне в критический для формирования урожая период бутонизации и начала налива семян [13].

Цель исследований состояла в изучении содержания фотосинтетических пигментов в различных органах растений дикого и культурного гороха для создания сортов с высоким потенциалом продуктивности.

Материал и методы исследования

Изучение содержания фотосинтетических пигментов проводили в различных органах дикого и культурного гороха. В опыте использовали образцы диких подвидов гороха: к-3370 (*elatius*), к-5322 (*asiaticum*), к-2365 (*transcaucasicum*) коллекции ВИР с высоким содержанием белка в семенах [14]. Представителями культурного гороха служили гетерофилльный (усато-листочковый) сорт Ягуар (ФНЦ ЗБК, внесен в Госреестр РФ в 2020 г.), безлисточковый Шеврон (Самарский ФИЦ РАН, внесен в Госреестр РФ в 2019 году), а также листочковый сорт гороха Темп (ФНЦ ЗБК, внесен в Госреестр РФ в 2010 году).

Сорта и образцы дикого гороха выращивали на опытном поле ФНЦ зернобобовых и крупяных культур в трехкратной повторности с густотой посева 1,2 млн растений/га на делянках 1 м^2. Почва опытного участка темно-серая лесная, pH_{KCl} – 5,3, содержание гумуса (по Тюрину) составляет 4,89%, подвижных форм фосфора и калия (по Кирсанову) – 170 и 135 мг/кг соответственно [15]. В 2021 году семена высевали 11 мая, а уборку урожая проводили 4 августа. В этот период растения гороха развивались в засушливых условиях (ГТК=0,79). Пробы для проведения анализов брали в период с 6 по 15 июля 2021 года. Рассчитанный для этого периода ГТК=0,34.

Содержание хлорофиллов и каротиноидов определяли в прилистниках, листьях, усах, семяпочках и створках бобов. Материал для анализа брали с первого и второго продуктивного узла (счет снизу-вверх) в период эмбриогенеза и налива семян. Дополнительно, прилистники, листочки и усы изолировали с вегетативного узла, смежного с первым продуктивным узлом. Пробы для анализа брали в 3-х повторениях.

Экстракцию и определение содержания хлорофиллов и каротиноидов проводили в 95% этиловом спирте в соответствии с рекомендациями H.K. Lichtenthaler [16]. Оптическую плотность экстрактов фотосинтетических пигментов измеряли на спектрофотометре ПЭ-5300В (ПромЭкоЛаб, Россия).

Статистическую обработку результатов проводили с использованием многофакторного дисперсионного анализа. Множественные сравнения средних проводили с использование критерия HSD Tukey (α=0,05).

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследований провели изучение содержания фотосинтетических пигментов в сырой массе органов сортов Ягуар, Шеврон, Темп и диких образцов к-3370, к-5322, к-2365 в периоды эмбриогенеза и налива семян (N=124). Фотосинтезирующие пигменты присутствовали во всех зеленых частях растений гороха, включая прилистники, листочки сложного листа, створки бобов и семяпочки. Проведенное исследование показало, что среднее содержание в прилистниках, листочках, усах, семяпочках и створках бобов *Chl a* составило 79,6; 78,4; 31,4; 7,1 и 5,2 мг, *Chl b* - 34,7; 32,9; 13,8; 3,9; 2,5 мг каротиноидов – 19,2; 20,8; 9,2; 2,7; 1,6 мг на 100 г сырой массы соответственно (рис.). Нормированное на меньшую величину (створки бобов) и округленное до целых чисел соотношение *Chl a* в прилистниках, листочках, усах, семяпочках и створках бобов составило 15:15:6:1:1, *Chl b* – 13:13:6:2:1, каротиноидов – 12:13:6:2:1 соответственно.

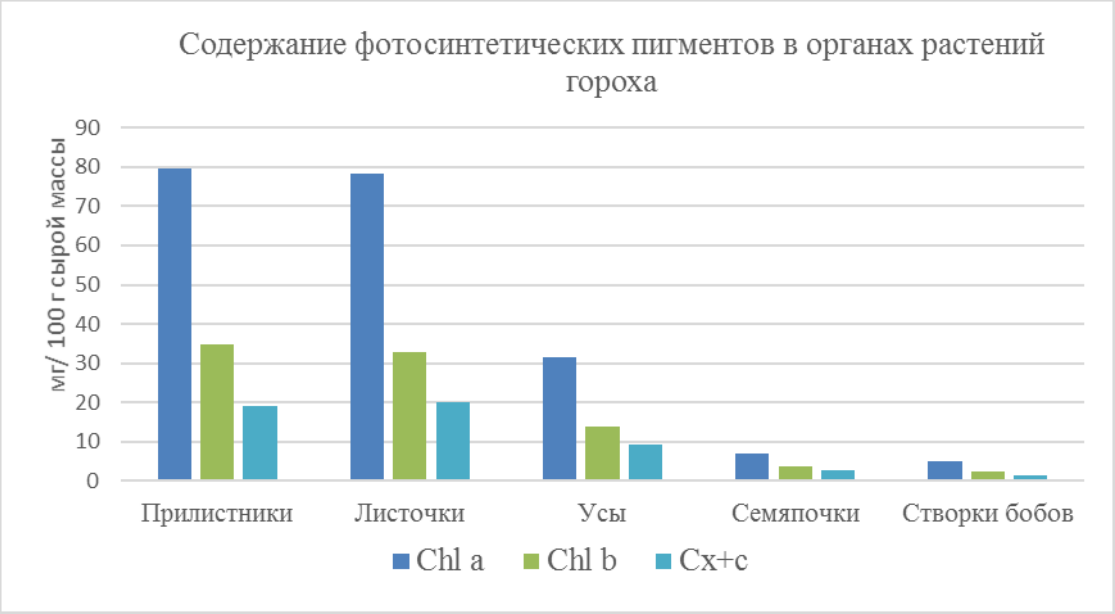

Рис. Содержание фотосинтетических пигментов в органах растений у сортов и образцов гороха: Ягуар, Шеврон, Темп, к-3370, к-5322, к-2365 в период эмбриогенеза и налива семян

Если за контроль принять содержание хлорофиллов и каротиноидов в листочках сложного листа, поскольку лист является классическим фотосинтезирующим органом, то уровень пигментов в прилистниках находился на уровне контроля. Статистический анализ (множественные сравнения по критерию Tukey, α=0,05) показал отсутствие существенных различий по содержанию фотосинтетических пигментов между прилистниками и листочками с одной стороны, а также семяпочками и створками бобов с другой. Статистически значимые различия выявлены между группами: а) прилистников и листочков, б) семяпочек и створок бобов и в) усами. При этом, наибольшее содержание фотосинтетических пигментов наблюдалось в прилистниках и листочках сложного листа, наименьшее – в семяпочках и створках бобов, а усы занимали промежуточное положение между указанными группами органов.

По мнению В.И. Чикова, в 70-е годы прошлого столетия исследователи были склонны считать, что фотосинтез в нелистовых органах растения играет важную роль в формировании урожая [4]. Однако последующие исследования показали, что у нелистовых ассимилирующих органах отсутствуют специализированные системы экспорта сахарозы и, поэтому продукты фотосинтеза не переносятся в другие органы растения. Положительная роль этих органов для продукционного процесса сводится к реассимиляции CO_2, который выделяется в качестве продукта дыхания. Ассимиляты, полученные в результате фотосинтеза в усах и зеленых семядолях, возможно, напрямую используются в процессе

формирования урожая семян. Усы являются частью сложного листа гороха и связаны с сосудистой системой наряду с листочками, а семядоли зародыша являются запасающим органом.

Для решения проблемы устойчивости к полеганию, в селекции современных сортов гороха широко используют рецессивную аллель *afila*, приводящую к полной замене листочков в сложном листе на разветвленные усы. Поэтому основную нагрузку фотосинтетической деятельности у безлисточковых сортов выполняют прилистники. Проблема повышения эффективности фотосинтеза может быть решена за счет увеличения площади поверхности прилистников, использования в селекции гетерофилльных и других форм гороха с измененным листовым аппаратом [17], а также увеличения содержания фотосинтетических пигментов.

На втором этапе исследования содержание фотосинтетических пигментов в периоды эмбриогенеза и налива семян определяли в сухом веществе органов растений (N=95). Среднее содержание (прилистники, листочки, усы и семяпочки) *Chl a* составило 4,96; 4,65; 1,64 и 0,31 мг/г сухого вещества, а *Chl b* 2,17; 1,98; 0,71 и 0,13 мг/г сухого вещества соответственно (табл. 1).

Таблица 1

Содержание фотосинтетических пигментов в органах растений гороха

Органы	Фотосинтетические пигменты, мг/г сухого вещества		
	Chl a	*Chl b*	C*x+c*
Прилистники	4,96 [a]	2,17 [a]	1,20 [a]
Листочки	4,65 [a]	1,98 [a]	1,19 [a]
Усы	1,64 [b]	0,71 [b]	0,49 [b]
Семяпочки	0,31 [b]	0,13 [b]	0,13 [c]

** Множественные сравнения средних проведено с использованием критерия HSD Tukey (α=0,05), наличие одинаковых индексов указывает на отсутствие статистически значимых различий. Chl a и Chl b – хлорофиллы a и b, Cx+c – каротиноиды (сумма ксантофиллов и каротинов)*

Статистически значимые различия по содержанию хлорофиллов *a* и *b* отмечены между группами прилистников и листочков с одной стороны, а также усами и семяпочками с другой. Несмотря на то, что усы рассматриваются в качестве фотосинтезирующего органа, в нашем опыте среднее содержание *Chl a* и *b* в усах оказалось в 2,8 раза меньше, чем в листочках. Среднее содержание каротиноидов в прилистниках и листочках составило 1,20 и 1,19 мг/г сухого вещества соответственно. При этом, содержание каротиноидов в усах (0,49 мг/г сухого вещества) было в 2,4 раза меньше, чем в листочках. В целом, в нашем опыте содержание хлорофиллов в листочках и прилистниках по отношению ко всем исследуемым органам составляло 83%. А.В. Амелин исследовал содержание хлорофиллов в черешках, стеблях и створках бобов, листочках и прилистниках у сортов и образцов диких подвидов гороха. Он пришел к выводу, что независимо от генотипа наибольшее количество хлорофилла содержалось в листочках и прилистниках [11].

Основной задачей эксперимента являлось выделение диких образцов и сортов гороха с высоким содержанием хлорофиллов и каротиноидов в фотосинтетических органах для использования в селекционном процессе. Анализ показал отсутствие статистически значимых различий по содержанию фотосинтетических пигментов в усах и семяпочках сортов и образцов дикого гороха (табл. 2). В связи с чем, основная задача опыта сводилась к поиску генотипов гороха с высоким содержанием хлорофиллов и каротиноидов в листочках или прилистниках.

Таблица 2

Содержание фотосинтетических пигментов в органах растений сортов и образцов дикого гороха, мг/г сухого вещества, 2021 год

Пигмент	Сорт, образец	Органы растений гороха			
		Прилистники	Листочки	Усы	Семяпочки
Chl a	Темп	3,35 ^{abc}	3,56 ^{abc}	1,34 ^{ab}	0,42 ^{a}
	Шеврон	4,27 ^{abc}	нет листочков	2,05 ^{abc}	0,34 ^{a}
	Ягуар	4,9 ^{abcd}	5,7 ^{cd}	1,62 ^{abc}	0,36 ^{a}
	к-2365	3,66 ^{abc}	3,36 ^{bc}	0,31 ^{abc}	0,22 ^{a}
	к-5322	9,14 ^{d}	6,03 ^{cd}	0,43 ^{abc}	0,39 ^{a}
	к-3370	5,36 ^{cd}	4,96 ^{bc}	1,84 ^{abc}	0,13 ^{a}
Chl b	Темп	1,41 ^{abcde}	1,45 ^{abcde}	0,59 ^{abcd}	0,15 ^{abc}
	Шеврон	1,96 ^{abcdef}	нет листочков	0,88 ^{abcde}	0,17 ^{abc}
	Ягуар	2,05 ^{abcdef}	2,39 ^{bcdef}	0,66 ^{abcde}	0,22 ^{abcd}
	к-2365	1,54 ^{abcde}	1,41 ^{abcd}	0,56 ^{acde}	0,13 ^{ac}
	к-5322	3,8 ^{f}	2,51 ^{def}	0,62 ^{abcde}	0,05 ^{a}
	к-3370	2,55 ^{ef}	2,28 ^{bdef}	0,82 ^{abcde}	0,07 ^{a}
C*x+c*	Темп	0,80 ^{abcd}	0,90 ^{abcd}	0,40 ^{ab}	0,16 ^{ab}
	Шеврон	0,98 ^{abcd}	нет листочков	0,62 ^{abcd}	0,14 ^{ab}
	Ягуар	1,20 ^{abcd}	1,42 ^{cde}	0,46 ^{abcd}	0,13 ^{ab}
	к-2365	0,87 ^{abcd}	1,01 ^{abcd}	0,09 ^{abc}	0,09 ^{a}
	к-5322	2,33 ^{e}	1,59 ^{de}	0,43 ^{abcd}	0,20 ^{ab}
	к-3370	1,29 ^{cd}	1,19 ^{bcd}	0,57 ^{abcd}	0,06 ^{a}

** Множественные сравнения средних проведены с использованием критерия HSD Tukey (α=0,05), наличие одинаковых индексов указывает на отсутствие статистически значимых различий. Сравнение величин с индексами допускается только в столбцах и строках в рамках определенного пигмента. Chl a и Chl b – хлорофиллы a и b, Cx+c – каротиноиды (сумма ксантофиллов и каротинов)*

Содержание *Chl a* в листочках и прилистниках различных сортов и образцов гороха варьировало от 3,35 до 9,14 мг/г сухого вещества. В интервале значений от 3,35 до 4,9 мг/г сухого вещества сорта и образцы не имели статистически значимых различий. При более высоких значениях содержания указанного пигмента появлялись представители экспериментального материала с значимыми различиями. Высокое содержание *Chl a* в прилистниках отмечено у образцов к-5322 (9,14 мг/г СВ), к-3370 (5,36 мг/г СВ), а в листочках – у образцов к-5322 (6,03 мг/г СВ) и сорта Ягуар (5,7 мг/г СВ). Относительно низкое содержание хлорофиллов в прилистниках и листочках отмечено у сортов Темп, Шеврон и дикого образца к-2563 с интервалом варьирования от 3,35 до 4,27 мг/г сухого вещества. Идентичные результаты получены при измерении содержания *Chl b*. Высоким уровнем *Chl b* отличались образцы к-5322 (прилистники - 3,80 мг/г СВ, листочки - 2,51 мг/г СВ), к-3370 (прилистники - 2,55 мг/г СВ, листочки - 2,28 мг/г СВ) и сорт Ягуар (прилистники - 2,05 мг/г СВ, листочки - 2,39 мг/г СВ).

Содержание каротиноидов варьировало в интервале от 0,80 мг/г СВ (прилистники сорта Темп) до 2,33 мг/г СВ (прилистники образца к-5322). Наибольшее содержание каротиноидов зафиксировано у образца дикого гороха к-5322 в прилистниках (2,33 мг/г сухого вещества) и несколько меньше листочках (1,59 мг/г сухого вещества). Высокое содержание каротиноидов (1,42 мг/г сухого вещества) выявлено в листочках сорта Ягуар. По содержанию каротиноидов в листочках сложного листа сорт Ягуар существенно не отличался от образца к-5322. Много каротиноидов (1,20 мг/г сухого вещества) содержалось и в прилистниках сорта Ягуар. Высокий уровень каротиноидов также характерен для прилистников и листочков образца к-3370 со значениями 1,29 и 1,19 мг/г СВ соответственно.

Результаты опыта показали, что образцы дикого гороха к-5322 и к-3370 характеризовались наибольшим содержанием фотосинтетических пигментов, что согласуется с ранее опубликованными результатами [13]. Следует обратить внимание на то, что сорт Ягуар, также отличался повышенным уровнем указанных фотосинтетических пигментов. При этом, наибольшее содержание *Chl a* и каротиноидов отмечено в листочках этого сорта, что, возможно, является следствием взаимодействия рецессивных аллелей *af uni^{tac}*. Причина высокого содержания фотосинтетических пигментов у образцов дикого гороха к-5322 и к-3370 может быть обусловлена наличием доминантных аллелей *Lf, Sn, Dne, Hr* которые, по данным в научной литературе, оказывают регулирующее влияние на индивидуальное развитие растений гороха, перераспределение ассимилятов между органами и содержание фотосинтетических пигментов [18].

Заключение

Проведено изучение содержания фотосинтетических пигментов в прилистниках, листочках, усах, семяпочках и створках бобов сортов Ягуар, Шеврон, Темп и диких образцов к-3370, к-5322, к-2365 коллекции ВИР в периоды эмбриогенеза и налива семян. Соотношение хлорофиллов и каротиноидов в прилистниках, листочках, усах, семяпочках и створках бобов для *Chl a* составило 15:15:6:1:1, *Chl b* – 13:13:6:2:1, каротиноидов – 12:13:6:2:1 соответственно. В пересчете на сухую массу среднее содержание хлорофиллов *a* и *b* в усах было ниже, чем в прилистниках в 2,8 раза, а каротиноидов в 2,4. Наибольшее содержание фотосинтетических пигментов наблюдалось в прилистниках и листочках гороха, наименьшее – в семяпочках и створках бобов, а усы занимали промежуточное положение между указанными группами органов. У сортов и образцов дикого гороха не наблюдалось значимых различий по содержанию фотосинтетических пигментов в усах, створках бобов и семяпочках. Высокое содержание *Chl a* выявлено в прилистниках образцов к-5322 и к-3370, листочках образца к-5322 и сорта Ягуар, а *Chl b* - в листочках и прилистниках указанных образцов и сорта гороха Ягуар. Высокое содержание каротиноидов обнаружено в прилистниках и листочках образца дикого гороха к-5322 и сорта Ягуар. Следует обратить внимание, что принадлежность к дикому гороху не является гарантией высокого содержания фотосинтетических пигментов. В нашем опыте образец дикого гороха к-2365 по содержанию каротиноидов и хлорофиллов *a* и *b* не отличался от сортов Темп и Шеврон.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЗБК по пункту 0636-2019-0008 «Мобилизация генетических ресурсов зернобобовых и крупяных культур для использования в селекционном процессе».

Авторы выражают искреннюю благодарность Е.В. Семёновой (ВИГРР имени Н.И. Вавилова) за предоставленные образцы дикого гороха из коллекции ВИР.

Литература

1. Tayeh N., Aubert G., Pilet-Nayel M., Lejeune-Hénaut I., Warkentin T., Burstin J. Genomic Tools in Pea Breeding Programs: Status and Perspectives // Frontiers Plant Sci. – 2015. – V. 6. – P. 1-15. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01037
2. Бобков С.В. Создание исходного материала для селекции интенсивных сортов гречихи на основе комплексного использования мутантных форм // Автореферат кандидатской диссертации. - СПб. - 1993. – 16 с.
3. Warkentin T.D., Smykal P., Coyne C. J., Weeden N., Domoney C., Bing D., et al. (2015). “Pea (*Pisum sativum* L.),” in Grain Legumes, Series Handbook of Plant Breeding, ed A.M. De Ron (New York, NY: Springer Science+Business Media), 37-83.
4. Чиков В.И. Эволюция представлений о связи фотосинтеза с продуктивностью растений // Физиология растений. – 2008. – Т. 55. - № 1. – С. 140-154.
5. Pompelli M.F., França S.C., Tigre R.C., Oliveira M.T., Sacilot M. and Pereira E.C. Spectrophotometric determination of chloroplastidic pigments in aceton, ethanol and dimethylsulphoxide // R. Bras. Bioci. (Brazilian Journal of Biosciences). – 2013. - V. 11 (1). – P. 52-58.
6. Ладыгин В.Г., Кособрюхов А.А., Вайшля О.Б. Пигменты и особенности газообмена в листьях хлорофилльных мутантов *Pisum sativum* // Физиология растений. - 2004. - Т. 51. - № 5. – С. 666-673.
7. Андрианова Ю.Е., Тарчевский И.А. Хлорофилл и продуктивность растений. – М.: Наука, 2000. – 135 с.

8. Прядкина Г.А, Шадчина Т.М. Связь между мощностью развития фотосинтетического аппарата и зерновой продуктивностью озимой пшеницы в разные по погодным условиям годы // Физиология и биохимия культурных растений. – 2009. – Т. 41. - № 2. – С. 59-68.
9. Wang Q., Wang Q., Xie W., Xing H., Yan J., Meng X., Li X., Fu X., Xu J., Lian X., Yu S., Xing Y., Wang G. Genetic architecture of natural variation in rice chlorophyll content revealed by a genome-wide association study // Molecular Plant. - 2015. - Т. 8. - № 6. - С. 946-957. https://doi.org/10.1016/j.molp.2015.02.014
10. Zhao Y., Qiang C., Wang X., Chen Y., Deng J., Jiang C., Sun X., Chen H., Li J., Piao W., Zhu X., Zhang Z., Zhang H., Li Z., Li J. New alleles for chlorophyll content and stay-green traits revealed by a genome wide association study in rice (*Oryza sativa*) // Scientific Reports. - 2019. - V. 9 (1). https://doi.org/10.1038/s41598-019-39280-5
11. Амелин А.В. Морфофизиологические основы повышения эффективности селекции гороха // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева. - Москва, - 2001. – 47 с.
12. Амелин А.В. Фотосинтетические свойства растений в аспекте селекции гороха с усатой формой листа // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. - 1997. - № 5. – 9 с.
13. Бобков С.В., Бычков И.А. Содержание фотосинтетических пигментов в онтогенезе дикого и культурного гороха // Вестник Казанского ГАУ. - 2020. - № 4 (60). – С. 10-14. https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-10-14
14. Бобков С.В., Уварова О.В. Накопление запасных веществ в семенах дикого и культурного гороха // Земледелие. - 2021. - № 4. – С. 24-27. https://doi.org/10.24411/0044-3913-2021-10406
15. Косиков А.О., Новикова Н.Е., Бобков С.В., Зеленов А.А. Некорневая подкормка удобрениями и их совместное использование с фиторегуляторами для повышения продуктивности и адаптивных свойств гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2019. - № 1 (29). – С. 4-10. https://doi.org/10.24411/2309-348X-2019-11065
16. Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids, the pigments of photosynthetic biomembranes. In: Douce R. and Packer L. (eds.) // Methods Enzymol. – 1987: Academic Press Inc., New York. – V. 148. – P. 350-382.
17. Зеленов А.Н., Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Новикова Н.Е., Щетинин В.Ю., Борзенкова Г.А., Бобков С.В., Зеленов А.А., Азарова Е.Ф., Уварова О.В. Биологический потенциал и перспективы селекции рассеченолисточкового морфотипа гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2013. - № 4 (8). – С. 3-11.
18. Murfet I.C. Flowering genes in pea and their use in breeding // *Pisum* Newsletters. - 1990. - V. 22. – P. 78-86.

References

1. Tayeh N., Aubert G., Pilet-Nayel M., Lejeune-Hénaut I., Warkentin T., Burstin J. Genomic Tools in Pea Breeding Programs: Status and Perspectives // Frontiers Plant Sci. – 2015. – V. 6. – P. 1-15. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01037
2. Bobkov S.V. Sozdanie iskhodnogo materiala dlya selekcii intensivnyh sortov grechihi na osnove kompleksnogo ispol'zovaniya mutantnyh form [Creation of initial material for the breeding of intensive buckwheat varieties based on the complex use of mutant forms]. Avtoreferat kandidatskoj dissertacii [Abstract of Ph.D. thesis], SPb, 1993, 16 p. (in Russian)
3. Warkentin, T.D., Smykal, P., Coyne, C. J., Weeden, N., Domoney, C., Bing, D., et al. (2015). “Pea (*Pisum sativum* L.),” in Grain Legumes, Series Handbook of Plant Breeding, ed A.M. De Ron (New York, NY: Springer Science+Business Media), 37-83.
4. Chikov V.I. Evolyuciya predstavlenij o svyazi fotosinteza s produktivnost'yu rastenij [Evolution of the concept of the relationship between photosynthesis and plant productivity]. *Fiziologiya rastenij*, 2008, 55, no. 1, pp. 140-154. (in Russian)
5. Pompelli M.F., França S.C., Tigre R.C., Oliveira M.T., Sacilot M. and Pereira E.C. Spectrophotometric determination of chloroplastidic pigments in aceton, ethanol and dimethylsulphoxide // R. Bras. Bioci. (Brazilian Journal of Biosciences). – 2013. - V. 11 (1). – P. 52-58.
6. Ladygin V.G., Kosobryuhov A.A., Vajshlya O.B. Pigmenty i osobennosti gazoobmena v list'yah hlorofill'nyh mutantov *Pisum sativum* [Pigments and Peculiarities of Gas Exchange in the Leaves of Chlorophyll Mutants of *Pisum sativum*] *Fiziologiya rastenij*, 2004, 51, no. 5, pp. 666-673. (in Russian).
7. Andrianova Yu.E., Tarchevskij I.A. Hlorofill i produktivnost' rastenij [Chlorophyll and plant productivity]. Moscow, *Nauka*, 2000, 135 p. (in Russian)
8. Pryadkina G.A, Shadchina T.M. Svyaz' mezhdu moshchnost'yu razvitiya fotosinteticheskogo apparata i zernovoj produktivnost'yu ozimoj pshenicy v raznye po pogodnym usloviyam gody [The relationship between the development capacity of the photosynthetic apparatus and the grain productivity of winter wheat in different weather conditions years] *Fiziologiya i biohimiya kul'turnyh rastenij*. 2009, v. 41, no. 2, pp. 59-68. (in Russian)
9. Wang Q., Wang Q., Xie W., Xing H., Yan J., Meng X., Li X., Fu X., Xu J., Lian X., Yu S., Xing Y., Wang G. Genetic architecture of natural variation in rice chlorophyll content revealed by a genome-wide association study // Molecular Plant. - 2015. - Т. 8. - № 6. - С. 946-957. https://doi.org/10.1016/j.molp.2015.02.014
10. Zhao Y., Qiang C., Wang X., Chen Y., Deng J., Jiang C., Sun X., Chen H., Li J., Piao W., Zhu X., Zhang Z., Zhang H., Li Z., Li J. New alleles for chlorophyll content and stay-green traits revealed by a genome wide association study in rice (*Oryza sativa*) // Scientific Reports. - 2019. - V. 9 (1). https://doi.org/10.1038/s41598-019-39280-5
11. Amelin A.V. Morfofiziologicheskie osnovy povysheniya effektivnosti selekcii goroha [Morphophysiological basis for increasing the efficiency of pea breeding] Doct. Diss. (Agric.). Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. Moscow, 2001, 47 p.

12. Amelin A.V. Fotosinteticheskie svojstva rastenij v aspekte selekcii goroha s usatoj formoj lista [Photosynthetic properties of plants in the aspect of breeding peas with a tendril leaf shape] *Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk* - Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences, 1997, no. 5, p. 9.
13. Bobkov S.V., Bychkov I.A. Soderzhanie fotosinteticheskih pigmentov v ontogeneze dikogo i kul'turnogo goroha [The content of photosynthetic pigments in the ontogeny of wild and cultivated peas]. *Vestnik Kazanskogo GAU*, 2020, no. 4 (60), pp. 10-14. DOI: 10.12737/2073-0462-2021-10-14 (in Russian)
14. Bobkov S.V., Uvarova O.V. Nakoplenie zapasnyh veshchestv v semenah dikogo i kul'turnogo goroha [Accumulation of storage substances in seeds of wild and cultivated peas] *Zemledelie*, 2021, no. 4, pp. 24-27. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10406 (in Russian)
15. Kosikov A.O., Novikova N.E., Bobkov S.V., Zelenov A.A. Nekornevaya podkormka udobreniyami i ih sovmestnoe ispol'zovanie s fitoregulyatorami dlya povysheniya produktivnosti i adaptivnyh svojstv goroha [Foliar dressing with fertilizers and their combined use with phytoregulators to increase productivity and adaptive properties of peas], *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2019, no. 1 (29), pp. 4-10. (in Russian) https://doi.org/10.24411/2309-348X-2019-11065
16. Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids, the pigments of photosynthetic biomembranes. In: Douce R. and Packer L. (eds.) // Methods Enzymol. – 1987: Academic Press Inc., New York. – V. 148. – P. 350-382.
17. Zelenov A.N., Zotikov V.I., Naumkina T.S., Novikova N.E., Shchetinin V.YU., Borzenkova G.A., Bobkov S.V., Zelenov A.A., Azarova E.F., Uvarova O.V. Biologicheskij potencial i perspektivy selekcii rassechenolistochkovogo morfotipa goroha [Biological potential and prospects for breeding of dissected pea morphotype]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2013, no.4 (8), pp. 3-11. (in Russian)
18. Murfet I.C. Flowering genes in pea and their use in breeding // *Pisum* Newsletters. - 1990. - V. 22. - P. 78–86.

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-24-31

УДК: 635.655:632

ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИТЫ СОИ ОТ СЕМЕННОЙ И ПОЧВЕННОЙ ИНФЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА ЦЧО

Г.А. БУДАРИНА, кандидат сельскохозяйственных наук
E-mail: budarinagalina61@mail.ru

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

В работе представлены результаты трехлетних исследований по изучению приемов защиты сои от семенной и почвенной инфекции и условий негативного влияния протравителей на ризобиальную микрофлору культуры. Методом фитоэкспертизы и проведения учетов в период вегетации определена биологическая эффективность протравителей против основной группы патогенной (Fusarium spp.), сапротрофной (Alternaria spp, Mucor spp., Penicillium spp.) *микофлоры семян и корневых гнилей сои. Установлены наиболее эффективные (79,1-83,3%) за три года исследований протравочные композиции на основе ТМТД, ВСК, Делит Про, КС, Максима Голд, КС, Виталона, КС, показывающие максимальную защиту семян и растений от патогенных грибов рода Fusarium при двух изучаемых сроках обработки.*

Выявлено, что использование для предпосевной обработки триазолсодержащих протравителей ингибирует посевные качества сои. Энергия прорастания семян и лабораторная всхожесть сои под влиянием всех изучаемых протравителей, применяемых в день посева, снижается на 5,2-7,0% и 0,5-3,8%, при заблаговременном протравливании на 12,7-15,7% и 7,8-11,8%, что связано с системным механизмом действия большинства препаратов кроме ТМТД, ВСК. В полевых условиях депрессивное действие химических протравителей снижается при заблаговременной обработке семян, что подтверждается высокими показателями полевой всхожести сои. Отражены результаты по определению оптимальных сроков применения протравителей с нитрагином – обработку семян сои препаратами, содержащими тирам (ТМТД, ВСК, Виталон, КС) необходимо проводить заблаговременно (за 1,5 месяца до посева), а инокуляцию активными штаммами клубеньковых бактерий – в день посева.

Ключевые слова: соя, патогены, фитоэкспертиза, протравители, азотфиксирующие клубеньки, корневые гнили, регламенты применения, биологическая эффективность.

SUBSTANTIATION OF THE PROTECTION OF SOYBEANS FROM SEED AND SOIL INFECTION IN THE NORTH OF THE CENTRAL BLACK EARTH REGION

G.A. Budarina
E-mail: budarinagalina61@mail.ru

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *The work presents the results of three-year studies of the methods of protecting soybeans from seed and soil infection and the conditions of the negative influence of dressing agents on the rhizobial microflora of the crop. By the method of phytoexamination and counting during the growing season, the biological effectiveness of dressing agents was determined against the main group of pathogenic (Fusarium spp.), saprotrophic (Alternaria spp., Mucor spp., Penicillium spp.) mycoflora of seeds and root rot of soybeans. The most effective (79.1-83.3%) dressing compositions based on TMTD, VSK, Delit Pro, KS, Maksima Gold, KS, Vitalona, KS,*

showing the maximum protection of seeds and plants from pathogenic fungi of the genus Fusarium, have been established over three years of research at two studied treatment times.

It was revealed that the use of triazole-containing dressing agents for pre-sowing treatment inhibits the sowing qualities of soybeans. The germination energy of seeds and laboratory germination of soybeans under the influence of all the studied dressing agents used on the day of sowing decreases by 5.2-7.0% and 0,5-3,8%, with advance treatment – by 12.7-15.7% and 7.8 – 11.8%, which is associated with the systemic mechanism of action of most preparations except TMTD, VSK. In the field, the depressive effect of chemical dressing agents decreases with early seed treatment, which is confirmed by the high rates of field germination of soybeans. The results of determining the optimal timing of the use of dressing agents with nitragin are reflected – Treatment of soybean seeds with preparations containing thyram (TMTD, VSK, Vitalon, KS) must be carried out in advance (1.5 months before sowing), and inoculation with active strains of nodule bacteria - on the day of sowing.

Keywords: soybeans, pathogens, phytoexamination, dressing agents, nitrogen-fixing nodules, root rot, application regulations, biological effectiveness.

Введение. Высокая зараженность семенного материала и почвы различными видами патогенных грибов и бактерий значительно снижает его посевные качества (энергию, всхожесть), способствует поражению корневой системы гнилями, ведет к значительным недоборам урожая зерна и его качества.

В условиях Средней полосы России корневые гнили сои, еще до недавнего времени не приносившие существенного вреда культуре, стали интенсивно развиваться. Одним из современных и эффективных способов снижения вредоносности болезни является протравливание семян. Однако отсутствие информации о действии современных протравителей на клубеньковые бактерии, их симбиотическую активность и продуктивность сои ведет к неправильному их использованию и необоснованным затратам. Кроме того, в современных условиях выращивания сои, при отсутствии спонтанной ризобиальной микрофлоры в почве, обязательным и эффективным приемом подготовки семян к посеву является искусственная инокуляция активными штаммами клубеньковых бактерий [1]. Данный прием в хозяйствах различных форм собственности применяют в комплексе с протравливанием семян. Однако, нет ответа на вопрос, какое действие на инокулянт оказывают эффективные и зарегистрированные против болезней фунгициды при их одновременном применении, нет данных относительно сроков и условий обработки семян данными препаратами. В этой связи целью наших исследований в 2019-2021 гг. была разработка оптимальных регламентов и условий применения протравителей с инокулянтами и их комплексное влияние на снижение семенной, почвенной инфекции и продуктивность сои.

Материал и методы исследований

Исследования проводились в 2019-2021 гг. в лабораторных и полевых условиях шестипольного севооборота ФНЦ ЗБК путем закладки опытов и проведения учетов и наблюдений согласно общепринятых методик. Анализ семян на грибную инфекцию и определение видового состава патогенов проводились по А.М. Овчинниковой и др. [2] и В.И. Билай и др. [3]. Испытание протравителей на фунгицидную активность – по методикам Госкомиссии "Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве"[4]. Определение посевных качеств согласно ГОСТ 10246 – 86 и ГОСТ 12038 – 84.

Материалом исследований служили разрешенные к применению на сое протравители с различными действующими веществами: ТМТД, ВСК, 8,0 л/т, Бенефис, МЭ, 0,8 л/т, Виталон, КС, 2,0 л/т, Делит Про, КС, 0,5 л/т, Максим, КС, 2,0 л/т, Оплот, ВСК, 0,6 л/т, Тирада, ВСК, 1,5 л/т и Депозит, МЭ, 1,2 л/т., применяемые на фоне заблаговременной обработки семян и инокуляции нитрагином в день посева на сорте сои Свапа.

В лабораторных условиях была проведена фитоэкспертиза семян, на основе которой были получены данные по влиянию протравителей на патогенную, сапротрофную микофлору, энергию прорастания семян и лабораторную всхожесть. Действие фунгицидов на полевую всхожесть, корневые гнили и урожайность сои проводили в полевых условиях.

Посев опытных делянок проводили широкорядным способом (45 см), с нормой высева 600 тысяч всхожих семян на 1 га селекционной сеялкой СКС-6-10. Учетная площадь делянки – 8,0 м^2 , размещение делянок – методом рендомизированных блоков. Обработку семян протравителями проводили суспензионным способом вручную за 1,5 месяца и за один день до посева, инокулянтом – в день посева. Расход рабочего раствора при протравливании – 7 л/т семян. Урожай учитывали методом сплошного обмолота делянок комбайном «Сампо – 130». Экспериментальные данные обрабатывались методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [5].

Схема опыта:

1. Контроль (без обработки)

Обработка семян за один день до посева:

2.ТМТД, ВСК (тирам), + Нитрагин* + Мо (8,0 + 0,2 + 0,05) (стандарт);
3. Нитрагин + Мо (0,2 кг/га + 0,05 г/т);
4. Бенефис, МЭ (имазалил + металаксил + тебуконазол) + Нитрагин + Мо (0,8 + 0,2 + 0,05);
5. Виталон, КС (тирам + тебуконазол) + Нитрагин + Мо (2,0 + 0,2 + 0,05);
6. Делит Про, КС (пираклостробин) + Нитрагин + Мо (0,5 + 0,2 + 0,05);
7. Максим, Голд, КС (флудиаксонил + мефеноксам) + Нитрагин + Мо (1,5 + 0,2 + 0,05);
8. Оплот, ВСК (дифеноконазол + тебуконазол) + Нитрагин + Мо (0,6+ 0,2 + 0,05);
9. Депозит, МЭ (флудиаксонил + имазалил + металаксил) + Нитрагин + Мо (1,2 + 0,2 + 0,05);

Обработка семян заблаговременно (за 1,5 месяца до посева):

10. ТМТД, ВСК + Нитрагин + Мо (0,8 + 0,2 + 0,05) (стандарт);
11. Бенефис, МЭ + Нитрагин + Мо (0,8 + 0,2 + 0,05);
12. Виталон, КС + Нитрагин + Мо (2,0 + 0,2 + 0,05);
13. Делит Про, КС + Нитрагин + Мо (0,5 + 0,2 + 0,05);
14. Максим Голд, КС + Нитрагин + Мо (1,5 + 0,2 + 0,05);
15. Оплот, ВСК + Нитрагин + Мо (0,6 + 0,2 + 0,05);
16. Депозит, МЭ + Нитрагин + Мо (1,2 + 0,2 + 0,05);

* – обработка нитрагином в день посева

Результаты и их обсуждение

Особую роль в патологическом комплексе болезней сои играет зараженность семян грибными и бактериальными инфекциями, каждая из которых может представлять опасность в определенной природно-климатической зоне [6]. В результате исследований последних лет доминирующими видами патогенной микофлоры семян сои продолжали оставаться грибы рода *Fusarium,* зараженность которыми составила в 2019 году 9,0%, в 2020 году – 12,6%, в 2021 году – 4,0% [7,8].

Анализ данных фитоэкспертизы показал, что протравители в оптимальных дозах проявили достаточно высокую (82,4-100%) биологическую эффективность против патогенной (*Fusarium* spp.) и сапротрофной (*Alternaria* spp, *Mucor* spp., *Penicillium* spp.) микофлоры семян, но оказывали слабое действие на бактериозы (табл. 1).

Таблица 1

Влияние протравителей на посевные качества и зараженность семян сои сорта Свапа (ср. за 2019-2021 гг.)

Вариант/препарат	Норма применения, л/т	Энергия прорастания, %	Всхожесть лабораторная, %	Зараженность, %	
				Микобиота (FUSASP.+ ALTESP. + PEN. + MUCOM.	BACT.
1. Контроль (без обработки)	-	96,2	92,8	8,5	7,9
Обработка семян за один день до посева					
2. ТМТД, ВСК	8,0	89,5	89,8	0,0	4,6
3. Бенефис, МЭ	0,8	89,8	89,0	0,0	8,6
4. Виталон, КС	2,0	91,0	92,0	0,0	3,5
5. Делит Про, КС	0,5	90,5	92,8	2,0	7,4
6. Максим, КС	2,0	90,5	89,5	0,0	6,3
7. Оплот, ВСК	0,6	89,5	90,5	0,0	7,0
8. Депозит, МЭ	1,2	89,5	89,5	0,0	8,8
Обработка семян заблаговременно (за 1,5 месяца до посева)					
9. ТМТД, ВСК	8,0	91,0	90,0	0,0	3,8
10. Бенефис, МЭ	0,8	81,5	84,5	1,5	5,5
11. Виталон, КС	2,0	81,0	85,0	0,0	4,6
12. Делит Про,КС	0,5	81,0	83,0	3,0	7,5
13. Максим, КС	2,0	83,0	82,5	0,0	6,0
14. Оплот, ВСК	0,6	83,5	84,5	0,0	6,0
15. Депозит, МЭ	1,2	80,5	81,0	0,0	10,8

Примечание: FUSASP – *фузарио,* ALTESP – Альтернариоз; PEN – пенициллез; MUCOM – мукор; BACT. – *бактериальная микрофлора*;

В связи с этим общая биологическая эффективность протравителей против семенной инфекции в среднем за три года составила 91,5-92,7 %. Эффективность против бактериозов выявлена только у препаратов: ТМТД, ВСК (41,8-51,9%) и Виталон, КС (55,7-41,8%), остальные были не эффективны.

Важными показателями посевных качеств семян являются энергия прорастания и лабораторная всхожесть, которые могут изменять свои значения при обработке некоторыми протравителями. При этом изменения могут быть как положительными, так и отрицательными в зависимости от регламентов применения препаратов и их действующих веществ [8].

В результате лабораторных анализов выявлено, что энергия прорастания семян и лабораторная всхожесть сои под влиянием всех изучаемых протравителей, применяемых за день до посева, незначительно (снижение на 5,2-7,0% и 0,5-3,8%) отличались от контрольных показателей, тогда как при заблаговременном протравливании отмечены существенные (снижение на 12,7-15,7% и 7,8-11,8%) ингибирующие свойства большинства препаратов кроме ТМТД, ВСК, что связано с системным механизмом их действия.

Противоположное влияние изучаемые протравители оказывали на полевую всхожесть семян сои в разные годы исследований. Холодные посев-всходы 2020 года (среднесуточная температура воздуха на 3,8°С ниже нормы, а на поверхности почвы – от 0° до 8,0°С)

негативно сказались на прорастании сои, всходы которой на контрольном варианте появились только через 19 дней после посева, а на вариантах с применением триазольных протравителей еще на 2-3 дня позже. При обработке семян за один день до посева снижение полевой всхожести произошло на 4,5-10,9%, тогда как при заблаговременной обработке (за 1,5 месяца до посева) различия в данных показателях были незначительными.

Исходя из полученных данных, следует предполагать, что заблаговременная обработка семян сои протравителями с дополнительной инокуляцией в день посева должна исключить токсичное действие протравителей на клубеньковые бактерии, оптимальное развитие которых будет способствовать повышению урожая зерна.

Учеты численности клубеньков, сформировавшихся на корнях сои в основные фазы роста и развития растений, позволили отметить существенные различия в количестве клубеньков на растении и их массе в зависимости от сроков обработки семян протравителями (табл. 2).

Таблица 2

Образование клубеньков на корнях сои в зависимости от сроков протравливания (сорт Свапа), ср. за 2019-2021 гг.

№ пп	Вариант/ препарат	Норма применения, л/т	Фазы развития сои			
			Бутонизация – цветение		Плодообразование	
			шт. /раст.	грамм /раст.	шт. /раст.	грамм /раст.
1	Контроль	-	26,5	0,34	54,2	0,80
	Обработка семян за один день до посева					
2	ТМТД, ВСК	8,0	25,9	0,30	50,8	0,82
3	Нитрагин, п	0,2	31,6	0,38	63,1	0,87
4	Бенефис, МЭ	0,8	22,2	0,25	54,3	0,69
5	Виталон, КС	2,0	25,3	0,24	46,5	0,74
6	Делит Про, КС	0,5	39,6	0,33	53,9	0,81
7	Максим, КС	1,5	29,6	0,32	51,8	0,80
8	Оплот, ВСК	0,6	24,2	0,27	43,0	0,81
9	Депозит, МЭ	1,2	25,0	0,29	47,4	0,76
	Обработка семян заблаговременно (за 1,5 месяца до посева)					
10	ТМТД, ВСК	8,0	28,1	0,32	54,4	0,80
11	Бенефис, МЭ	0,8	28,0	0,26	56,7	0,72
12	Виталон, КС	2,0	36,3	0,22	46,4	0,65
13	Делит Про, КС	0,5	36,7	0,36	55,3	0,86
14	Максим, КС	1,5	31,3	0,36	65,7	0,90
15	Оплот, ВСК	0,6	28,2	0,30	54,1	0,65
16	Депозит, МЭ	1,2	25,8	0,35	45,6	0,68

Так, максимальное (39,6; 36,7 и 31,3; 29,6 шт./раст.) и практически равное показателю на варианте с чистой нитрогинизацией количество клубеньков в фазу бутонизация (при численности на контроле 28,1 шт/раст.) в среднем за 3 года сформировалось на вариантах с применением препаратов Делит Про, КС и Максим Голд, КС независимо от времени их применения, что можно объяснить отсутствием токсичного действия препарата на клубеньковые бактерии. Наименьшее количество (от 22,2 до 28,2 шт/рас.) клубеньков с минимальным весом (от 0,25 до 0,35 г.) с 1 растения отмечено на вариантах с применением ТМТД, ВСК, Оплот, ВСК, Бенефис, МЭ и Депозит, МЭ применяемых за день до посева, тогда как при заблаговременной обработке данными препаратами эти показатели не отличались от аналогичного на контрольном варианте или значительно (на 11,7-38,5%) превышали его.

Также следует отметить, что опыты были заложены в условиях шестипольного севооборота с достаточно высокой насыщенностью почвы спонтанной ризобиальной микрофлорой, где в контрольном варианте в зависимости от года образовалось от 12,5 до

46,3 шт. клубеньков на растение. Данный факт необходимо учитывать в производственных условиях, когда однократная инокуляция активным штаммом клубеньковых бактерий может быть достаточной при выращивании сои в севооборотах с короткой ротацией. В фазу плодообразование аналогичная с первым учетом закономерность в образовании азотфиксирующих клубеньков сохранилась. Наибольшее их количество за три года исследований сформировалось на вариантах с нитрогинизацией (63,1 шт.), а также на корнях сои, где семена были обработаны препаратами Делит Про, КС и Максим Голд, КС – 55,3; 65,7 шт./растение соответственно.

Ингибирующее влияние на развитие клубеньковых бактерий при обработке семян протравителями за один день до посева прослеживалось до фазы плодообразование, а затем нивелировалось и по количеству клубеньков при последующих учетах варианты не существенно различались между собой.

Важным фактором рационального применения протравителей является их эффективное фунгицидное действие против комплекса семенной и почвенной инфекции, вызывающей корневые гнили сои. Пораженность растений корневыми гнилями с каждым годом растет и в среднем за три года на контрольном варианте составила 26,0-47,0% с развитием болезни от 6,6 до 9,6%, что уже требует обоснования приемов борьбы с болезнью.

Учеты на пораженность сои корневыми гнилями показали сравнительно высокую (в среднем за три года – 58,6-83,3%) биологическую эффективность всех препаратов в фазу бутонизации. При последующих учетах развитие болезни на контроле продолжало расти, тогда, как на вариантах с обработкой семян протравителями роста заболевания не наблюдалось (табл. 3).

Таблица 3

Биологическая эффективность применения протравителей против корневых гнилей сои (сорт Свапа), ср. за 2019-2021 гг.

№ пп	Вариант/ препарат	Норма применения, л/т	Корневые гнили			
			Бутонизация – цветение		Плодообразование	
			развитие,%	эффективность, %	развитие,%	эффективность, %
1	Контроль (без обработки)	-	6,6	-	9,6	-
Обработка семян в день за один день до посева						
2	ТМТД, ВСК	8,0	1,0	83,3		75,3
3	Нитрагин, п	0,2	4,2	26,1	7,0	8,8
4	Бенефис, МЭ	0,2	2,1	70,7	2,8	70,7
5	Виталон, КС	0,8	1,4	79,1	2,8	69,0
6	Делит Про, КС	2,0	1,0	83,3	4,5	56,3
7	Максим, КС	0,5	1,8	75,3	2,2	75,7
8	Оплот, ВСК	1,5	2,9	61,5	3,0	69,0
9	Депозит, МЭ	0,6	2,6	64,9	4,1	62,0
	Обработка семян заблаговременно (за 1,5 месяца до посева)					
10	ТМТД, ВСК	8,0	2,3	73,1	2,3	76,6
11	Бенефис, МЭ	0,2	2,9	58,6	3,9	64,1
12	Виталон, КС	0,8	2,2	68,4	4,7	73,3
13	Делит Про, КС	2,0	1,2	81,2	1,8	81,5
14	Максим, КС	0,5	1,8	74,3	2,6	72,8
15	Оплот, ВСК	1,5	0,7	85,3	3,6	64,3
16	Депозит, МЭ	0,6	2,8	62,6	3,7	62,2

Эффективность изучаемых препаратов до фазы созревания бобов нижнего и среднего ярусов оставалась на уровне 56,3-81,5%, что говорит о пролонгированном их действии в отношении корневых гнилей сои. Наиболее эффективными (79,1-83,3%) за три года исследований отмечены протравочные композиции на основе ТМТД, ВСК, Делит Про, КС, Максима Голд, КС, Виталона, КС, показывающие максимальную защиту семян и растений от патогенных грибов рода Fusarium при обоих изучаемых сроках обработки.

Анализ снопового материала (увеличение количество бобов, семян на растение и масса 1000 зерен) подтвердил достоверное повышение (на 6,8 и 11,7%) урожайности при использовании изучаемых приемов (табл. 4).

Таблица 4

Урожайность сои в зависимости от сроков протравливания (сорт Свапа), ср. за 2019-2021 гг.

№пп	Вариант/ препарат	Норма применения, л/т, кг/га	Урожайность, т/га				
			2019	2020	2021	среднее 2019-2021	+ -% к контролю
1	Контроль (без обработки)	-	1,58	2,48	2,10	2,05	-
	Обработка семян за один день до посева						
2	ТМТД, ВСК*	8,0+0,2	1,63	2,62	2,15	2,13	+3,9
3	Нитрагин, п	0,2	1,68	2,61	2,30	2,20	+7,3
4	Бенефис, МЭ	0,8+0,2	1,65	2,73	2,15	2,18	+6,4
5	Виталон, КС	2,0+0,2	1,63	2,60	2,02	2,08	+1,5
6	Делит Про, КС	0,5+0,2	1,88	2,62	2,10	2,20	+7,3
7	Максим, КС	1,5+0,2	1,94	2,70	2,24	2,29	+11,7
8	Оплот, ВСК	0,6+0,2	1,72	2,58	2,15	2,15	+4,9
9	Депозит, МЭ	1,2+0,2	1,60	2,56	2,18	2,11	+2,9
	Обработка семян заблаговременно (за 1,5 месяца до посева)						
10	ТМТД, ВСК	8,0+0,2	1,68	2,68	2,21	2,19	+6,8
11	Бенефис, МЭ	0,8+0,2	1,73	2,65	2,14	2,17	+5,9
12	Виталон, КС	2,0+0,2	1,74	2,54	2,19	2,16	+5,4
13	Делит Про, КС	0,5+0,2	1,66	2,60	2,16	2,14	+4,9
14	Максим, КС	1,5+0,2	1,74	2,50	2,24	2,16	+5,4
15	Оплот, ВСК	0,6+0,2	1,76	2,55	2,08	2,13	+3,9
16	Депозит, МЭ	1,2+0,2	1,60	2,60	2,13	2,13	+3,9
	НСР 05		0,16	0,14	0,18		

**– протравливание семян с инокуляцией нитрагином в день посева в дозе 0,2 кг/га*

Заключение.

В результате трехлетних исследований впервые получены экспериментальные данные для обоснования и разработки приемов защиты сои от семенной и почвенной инфекции с помощью комплексного применения протравителей с инокулянтами.

Определены оптимальные сроки применения протравителей с нитрагином – обработку семян сои препаратами, содержащими тирам (ТМТД, ВСК, Виталон, КС) необходимо проводить заблаговременно (за 1,5 месяца до посева), а инокуляцию активными штаммами клубеньковых бактерий – в день посева.

Выявлено, что протравители Делит Про, КС и Максим Голд, КС не оказывают негативного влияния на развитие клубеньков и повышают (на 7,3 и 11,7%) урожайность сои, поэтому инокуляцию с данными препаратами можно совмещать независимо от времени обработки семян. Данные фунгициды в схеме защиты сои можно заменить одним из эффективных препаратов: ТМТД, ВСК, Оплот, ВСК, Бенефис, МЭ, Депозит, МЭ, применение которых, согласно оптимальному регламенту и в комплексе с инокуляцией,

позволит значительно сократить недоборы урожая от корневых гнилей даже в годы массового развития патогенов.

Литература

1. Васильчиков А.Г., Акулов А.С. Управление вегетацией перспективных сортообразцов сои путем применения высокоэффективных инокулянтов. // Земледелие. 2018. - №4.– С. 19 – 22. DOI: 10.24411/ 044-3913-2018-10405.
2. Овчинникова А.М., Андрюхина Р.М., Азарова Е.Ф. Методы ускоренной оценки селекционного материала гороха на инфекционных и провокационных фонах. – Москва. – 1990. – 24 с.
3. Билай В.И., Гвоздяк Р.И., Скрипаль И.Г. и др. Микроорганизмы – возбудители болезней растений. – Киев: Наук. Думка, 1988. – 552 с.
4. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. – С– Пб., 2009. – 378 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд. М.: Агропромиздат. – 1985. – 351 с.
6. Заостровных В.И., Дубовицкая Л.К. Вредные организмы сои и система фитосанитарной оптимизации ее посевов. – Новосибирск, 2003. – 420 с.
7. Борзенкова Г.А. Применение эффективных протравителей и инокулянтов в технологии возделывания различных сортов сои. – Земледелие. – №4, 2014. – С. 37 – 39.
8. Борзенкова Г.А. Система рационального применения протравителей и оптимизация их совместного использования с биопрепаратами и ФАВ в защите гороха от болезней в условиях юга Нечерноземной зоны России. – Зернобобовые и крупяные культуры. – №1, 2012. – С. 90-98.

References

1. Vasil'chikov A.G., Akulov A.S. Upravlenie vegetatsiei perspektivnykh sortoobraztsov soi putem primeneniya vysokoeffektivnykh inokulyantov [Vegetation management of promising soybean varieties by using highly effective inoculants]. *Zemledelie*, 2018, no.4, pp. 19 - 22. (In Russian) DOI: 10.24411/ 044-3913-2018-10405.
2. Ovchinnikova A.M., Andryukhina R.M., Azarova E.F. Metody uskorennoi otsenki selektsionnogo materiala gorokha na infektsionnykh i provokatsionnykh fonakh [Methods for the accelerated assessment of pea breeding material against infectious and provocative backgrounds]. Moscow, 1990, 24 p. (In Russian)
3. Bilai V.I., Gvozdyak R.I., Skripal' I.G. et al. Mikroorganizmy - vozbuditeli boleznei rastenii [Microorganisms - causative agents of plant diseases]. Kiev: Nauk. Dumka, 1988, 552 p. (In Russian)
4. Metodicheskie ukazaniya po registratsionnym ispytaniyam fungitsidov v sel'skom khozyaistve [Methodological guidelines for registration tests of fungicides in agriculture]. St. Petersburg, 2009, 378 p. (In Russian)
5. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovanii) [Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results)], 5th ed., Moscow, *Agropromizdat*, 1985, 351 p. (In Russian)
6. Zaostrovnykh V.I., Dubovitskaya L.K. Vrednye organizmy soi i sistema fitosanitarnoi optimizatsii ee posevov [Soybean pests and the system of phytosanitary optimization of its crops]. Novosibirsk, 2003, 420 p. (In Russian)
7. Borzenkova G.A. Primenenie effektivnykh protravitelei i inokulyantov v tekhnologii vozdelyvaniya razlichnykh sortov soi [The use of effective disinfectants and inoculants in the technology of cultivation of various varieties of soybeans]. *Zemledelie*, no.4, 2014, pp. 37 - 39. (In Russian)
8. Borzenkova G.A. Sistema ratsional'nogo primeneniya protravitelei i optimizatsiya ikh sovmestnogo ispol'zovaniya s biopreparatami i FAV v zashchite gorokha ot boleznei v usloviyakh yuga Nechernozemnoi zony Rossii [System of rational application of seed dressers and optimization of their sharing with biological preparations and physiologically active substances in protection of peas against diseases in conditions of south of the non-chernozem zone of Russia]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, no.1, 2012, pp. 90 - 98. (In Russian)

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-32-38

УДК 631.8: 635.65

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ НА СТРУКТУРУ УРОЖАЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СОИ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

А.В. ВАСИН, доктор сельскохозяйственных наук, E-mail: rast.ssaa@yandex.ru
А.Н. БУРУНОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, докторант
E-mail: mineral_nn@mail.ru
В.Г. ВАСИН, доктор сельскохозяйственных наук; E-mail: vasin_vg@ssaa.ru
Е.С. КУЗНЕЦОВА, аспирант, E-mail: Elenka151094@mail.ru

ФГБОУ ВО САМАРСКИЙ ГАУ

Цель исследований *– повышение продуктивности посевов сои на основе применения микроудобрительных смесей в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Приводятся результаты исследований за 2019-2020 гг. с оценкой показателей урожайности и кормовые достоинства сои при применении микроудобрительных смесей. Использование удобрений Яра Мила и Диаммофоски обеспечивает достоверную прибавку урожайности 28,9…30,6% к контролю с показателями в среднем по сортам 2,23 т/га и 2,26 т/га соответственно. Применение стимулирующих препаратов по вегетации достоверно повышают урожайность сортов сои.*

Ключевые слова: соя, обработка, урожайность, сохранность, стимулирующие препараты.

INFLUENCE OF THE USE OF MICRONUTRIENT MIXTURES ON THE STRUCTURE OF THE YIELD AND PRODUCTIVITY OF SOYBEANS IN THE FOREST-STEPPE CONDITIONS OF THE MIDDLE VOLGA REGION

A.V. Vasin, A.N. Burunov, V.G. Vasin, E.S. Kuznetsova

FSBEI HE SAMARA STATE AGRARIAN UNIVERSITY

Abstract: *The purpose of the research is to increase the productivity of soybean crops based on the use of micronutrient mixtures in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region. The results of studies for 2019-2020 with an assessment of yield indicators and fodder advantages of soybeans when using micronutrient mixtures are presented. The use of Yara Mila and Diammofoska fertilizers provides a reliable increase in yield of 28.9…30.6% to the control with an average of 2.23 t/ha and 2.26 t/ha for varieties, respectively. The use of stimulating preparations during the growing season significantly increases the yield of soybean varieties.*

Keywords: soybeans, treatment, yield, safety, stimulants.

Зернобобовые культуры – важный источник растительного белка. Доля растительного белка, получаемого с посевов зернобобовых культур в последние годы не превышает 3-5% в общем его производстве. В Поволжском регионе, как и во всей России, стоит проблема производства растительного белка. Сокращение посевных площадей традиционных зерновых бобовых культур (горох, вика) и недостаточное внимание к возделыванию других бобовых культур, таких как соя, приводит к дефициту белка не только в питании человека, но и в получении полноценных сбалансированных кормов для животных [1, 2].

Соя занимает особое место среди зернобобовых культур. Это связано с ее уникальными биохимическими свойствами. В семенах сои содержится от 35 до 52% белка, 17-27% масла, витамины А, В, С, Д, Е и ферменты. Соевое масло обладает хорошими вкусовыми и

кулинарными свойствами. Сою возделывают в более 62 странах мира. Среди зернобобовых культур, по площадям возделывания в мире соя занимает первое место. Общее производство семян сои в год в мировом масштабе составляет более 150 млн. тонн. Урожайность семян сои составляет в среднем 2,0-2,2 т/га. В сравнении со всеми остальными полевыми культурами по содержанию белка эта культура занимает второе место после люпина, причем белок сои отличается высоким качеством и близок по составу к животному [1, 3].

Цель исследований – повышение продуктивности посевов сои на основе применения удобрений и стимулирующих препаратов.

Задачи исследований – дать анализ погодным условиям в период исследований;

– оценить показатели сохранности растений к уборке;

– сделать анализ урожайности в зависимости от применения удобрений и стимулирующих препаратов.

Полевые опыты в 2019-2020 гг. закладывались в кормовом севообороте кафедры «Растениеводство и земледелие» Самарского ГАУ. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный остаточно-карбонатный среднегумусный среднемощный тяжелосуглинистый с содержанием легкогидролизуемого азота 105-127 мг, подвижного фосфора 130-152 мг и обменного калия 311-324 мг на 1000 г почвы; pH – 5,8; увлажнение естественное.

Методика исследования

Агротехника общепринятая для зоны включает: лущение стерни, отвальную вспашку, боронование зяби, раннее весеннее покровное боронование и предпосевную культивацию на глубину 5…7 см. Посев производился сеялкой AMAZONE D9-25 обычным рядовым способом с нормой высева 750 тыс. всхожих семян на 1 га. Уборку проводили поделяночно в фазе полной спелости.

Исследования проводились по методике полевого опыта Б.А. Доспехова (1985), с учетом методических указаний по проведению полевых опытов с кормовыми культурами, разработанных ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса (1987, 1997).

Схемой трёхфакторного опыта было предусмотрено:

– внесение удобрения: контроль (К); внесение удобрений Яра Мила ($N_{3.5}P_{10}K_{14}$) и Диаммофоска ($N_{10}P_{26}K_{26}$) (фактор А);

– сорта: Самер 1, Волма и Припять (фактор В);

– **обработка посевов по вегетации**: без обработки, обработка препаратом Аминокат в фазе кущения 1 л/га, обработка препаратом Молитрак в фазе кущения 1 л/га, обработка препаратом Браситрел в фазе кущения 1 л/га (фактор С).

Для обработки семян использовали биопрепарат Ризоторфин (штамм 634б).

В опыте с применением предпосевной обработки семян с последующими обработками по вегетации стимуляторами роста применялись следующие препараты:

Молитрак – это жидкое удобрение для устранения дефицита молибдена посредством некорневой подкормки. Кроме молибдена содержит фосфор. Состав: молибден – 15,3%, фосфор (P_2O_5) – 15,3%.

Браситрел – водорастворимое удобрение в виде порошка. Содержит в своем составе бор, серу, молибден, марганец и магний. Применяется для некорневой подкормки. Брасситрел особенно важен в период интенсивного роста растений. В составе удобрения содержится: магний – 5% (MgO – 8,5%), сера – 11,5% (SO3 – 28,75%), бор – 8%, марганец – 7%, молибден – 0,4%.

Аминокат – органоминеральное удобрение – антистрессант на основе экстракта морских водорослей, содержит биогенные элементы, аминокислоты и органические вещества растительного происхождения. Аминокислоты удобрения принимают участие в синтезе белков, выполняют ряд важных функций в растительном организме, экономя энергию растений на их синтез.

В опытах использовались удобрения Яра Мила ($N_{3.5}P_{10}K_{14}$) и Диаммофоска ($N_{10}P_{26}K_{26}$).

Диаммофоска относится к комплексным препаратам широкой области применения. Удобрение включает в себя три важнейших макроэлемента: фосфор, калий, азот. При

удобрении почвы препаратом следует учитывать, что в составе еще есть микроэлементы: магний, сера, железо, кальций, цинк. Процентное соотношение последних примерно одинаковое. Потому применение этого препарата покрывает потребности культурных растений в основных макро- и микроэлементах, дополнительных минеральных подкормок не требуется.

Яра Мила – это финское комплексное гранулированное удобрение для основной заправки и подкормки различных культур. Содержит в каждой грануле все необходимые для растения макро- и микроэлементы в доступной для растений форме и в правильном соотношении. Фосфор, входящий в состав удобрения YaraMila полностью растворим в воде. Содержат нитратный и аммиачный азот. Метаболическое взаимодействие веществ и усовершенствованный состав обеспечивают лучшее всасывание мезо – и микроэлементов в сравнении с простыми удобрениями, которые применяются отдельно [4, 5].

Результаты исследований

Погодные условия 2019-2020 гг. складывались как весьма неблагоприятные для роста и развития культуры. В 2019 году количество осадков в мае составила 38,6 мм, что намного выше среднемноголетних данных – 33,0 мм. Это говорит о том, что в период посева сложились благоприятные условия, что способствовало быстрым и дружным всходам. Однако июль отличался недостаточным увлажнением (сумма осадков была намного ниже нормы). Жаркая и сухая погода продолжалась всю вторую и третью декаду месяца.

В 2020 году посев сои был произведен в середине второй декады мая. Погодные условия 2020 года складывались по-другому. Во второй декаде месяца, когда был произведен посев сои, выпало 12,0 мм осадков, а температура воздуха составила 12,4ºС. За третью декаду мая выпало 2,8 мм осадков, что намного ниже, чем среднемноголетнее значение. Сложились неблагоприятные погодные условия на период всходов и начальных этапов развития растений.

Июнь был крайне неблагоприятным (переувлажненным), так как за весь месяц выпало всего 48,3 мм осадков, а температура воздуха была на 1,2ºС ниже нормы. Это сказалось на росте и развитии вегетирующих растений сои.

Июль оказался жарким, средняя температура месяца составило 24,1ºС, что на 3,4ºС теплее среднемноголетнего, количество осадков выпавших за первую декаду составило 0,9 мм, вторая декада – 4,8 мм, а третья декада – 15,9 мм.

Таким образом, оценка погодных условий 2019-2020 гг. позволяет сделать заключение о том, они были весьма неблагоприятными для роста и развития сои.

Оптимальная структура посева является одним из главных факторов получения высокого урожая. Урожайность определяется количеством растений на единице площади и массой зерна одного растения. Сохранность посевов к уборке – важнейший показатель, напрямую влияющий на величину будущего урожая.

В 2019 году сохранность находилась в пределах 61,6…66,3% (табл. 1). При предпосевных внесениях удобрения Диаммофоска и последующей обработке по вегетации препаратом Браситрел, сорт Самер 1 обеспечил наилучшую сохранность 66,3%.

Анализируя данные за 2020 год можно сказать, что он отличается от предыдущего года исследований. Прослеживается особенность повышения сохранности растений к уборке в зависимости от предпосевного внесения удобрения и с обработкой их по вегетации микроудобрительными смесями.

За годы исследований сохранность растений была достаточно высокой по всем вариантам, достигала 60,3…65,8%. Лучшим вариантом с применением удобрений Яра Мила, обработка по вегетации так же повлияла на сохранность растений по вариантам опыта и сохранность находилась в пределах 60,7…65,5%.

Таблица 1

Сохранность растений сои ко времени уборки в зависимости от применения удобрений и обработки стимулирующими препаратами

Доза удобрений	Варианты опыта		Сохранность растений, %		
	Сорта	Обработка по вегетации	2019	2020	среднее
Контроль	Самер 1	Без обработки	61,6	60,2	60,9
		Молитрак	63,0	62,6	62,8
		Браситрел	62,5	62,1	62,3
		Аминокат	63,7	61,6	62,7
	Волма	Без обработки	62,0	61,4	61,7
		Молитрак	62,6	60,7	61,7
		Браситрел	63,1	63,0	63,1
		Аминокат	63,6	61,7	62,7
	Припять	Без обработки	62,3	60,7	61,5
		Молитрак	63,7	62,9	63,3
		Браситрел	63,1	62,5	62,8
		Аминокат	62,8	60,3	61,6
Яра Мила ($N_{3.5}P_{10}K_{14}$)	Самер 1	Без обработки	62,3	61,2	61,8
		Молитрак	64,9	64,3	64,6
		Браситрел	63,8	62,2	63,0
		Аминокат	66,3	65,8	66,1
	Волма	Без обработки	61,7	59,6	60,7
		Молитрак	63,8	62,8	63,3
		Браситрел	66,2	64,3	65,3
		Аминокат	64,8	63,1	64,0
	Припять	Без обработки	59,1	57,3	58,2
		Молитрак	62,9	61,6	62,3
		Браситрел	61,6	59,7	60,7
		Аминокат	64,7	63,1	63,9
Диаммофоска ($N_{10}P_{26}K_{26}$)	Самер 1	Без обработки	63,0	61,5	62,3
		Молитрак	64,1	63,7	63,9
		Браситрел	66,3	64,7	65,5
		Аминокат	65,1	63,6	64,4
	Волма	Без обработки	64,1	63,9	64,0
		Молитрак	66,2	64,7	65,5
		Браситрел	63,6	63,9	63,8
		Аминокат	62,9	61,3	62,1
	Припять	Без обработки	62,3	60,7	61,5
		Молитрак	63,3	61,8	62,6
		Браситрел	63,0	61,0	62,0
		Аминокат	62,3	60,8	61,6

Основным показателем хозяйственной ценности посевов однолетних культур является величина урожая. Наблюдениями в опытах установлено, что продуктивность посевов зависит, прежде всего, от погодных условий, но при этом прослеживается тенденция влияния применения удобрений в предпосевной подготовке почвы и обработке препаратами по вегетации (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность сои в зависимости от применения микроудобрительных смесей

Доза удобрений	Варианты опыта		Урожайность, т/га.				
	Сорта	Обработка по вегетации	2019	2020	Среднее т/га	Среднее по сортам, т/га	Среднее по удобрениям, т/га
Контроль	Самер 1	1	1,40	1,38	1,39	1,60	1,73
		2	1,74	1,66	1,70		
		3	1,68	1,84	1,76		
		4	1,54	1,65	1,6		
	Волма	1	1,63	1,54	1,59	1,82	
		2	1,84	1,69	1,77		
		3	2,16	1,74	1,95		
		4	2,07	1,88	1,98		
	Припять	1	1,56	1,50	1,53	1,76	
		2	1,84	1,66	1,75		
		3	1,97	1,84	1,90		
		4	1,88	1,90	1,89		
Яра Мила ($N_{3.5}P_{10}K_{14}$)	Самер 1	1	1,68	1,73	1,71	2,10	2,23
		2	2,14	2,10	2,12		
		3	2,38	2,13	2,23		
		4	2,40	2,24	2,32		
	Волма	1	2,14	1,74	1,94	2,36	
		2	2,64	2,34	2,49		
		3	2,80	2,18	2,49		
		4	2,73	2,26	2,50		
	Припять	1	1,84	1,77	1,81	2,23	
		2	2,30	2,41	2,35		
		3	2,36	2,38	2,37		
		4	2,34	2,45	2,40		
Диаммофоска ($N_{10}P_{26}K_{26}$)	Самер 1	1	1,53	1,80	1,66	2,20	2,26
		2	2,13	2,36	2,26		
		3	2,56	2,41	2,49		
		4	2,44	2,38	2,41		
	Волма	1	2,21	2,16	2,19	2,30	
		2	2,41	2,36	2,39		
		3	2,36	2,28	2,32		
		4	2,36	2,25	2,30		
	Припять	1	1,92	2,06	1,99	2,28	
		2	2,16	2,51	2,34		
		3	2,41	2,48	2,44		
		4	2,28	2,39	2,33		

Примечание:	$НСР_{05}$ ОБ	0,24	0,22
1 – Контроль	А	0,19	0,18
(без обработки)	В	0,19	0,18
2 – Молитрак 1 л/га	С	0,13	0,14
3 – Браситрел 1 л/га	АВ	0,12	0,14
4 – Аминокат 1 л/га	АС	0,14	0,10
	ВС	0,13	0,13

Обработка посевов в 2019 году по вегетации препаратом Браситрел дает хорошую прибавку урожайности. Лучшим оказался сорт Волма при применении удобрения Яра Мила под предпосевную обработку почвы с последующей обработкой посевов по вегетации микроудобрительной смесью Браситрел. Урожай составил 2,8 т/га. Результаты исследований показали, что обработка семян, применение удобрений и обработка посевов по вегетации положительно влияет на показатели урожайности сои. Лучший показатель был достигнут в варианте с применением препарата Браситрел.

Исследования 2020 года показывают, что урожайность ниже по сравнению с предыдущим годом. В 2020 году урожай сои был 1,38-2,51 т/га с наилучшим показателем у сорта Припять с применением удобрений Диаммофоска и составил 2,51 т/га.

В среднем за два года урожайность сои находилась в пределах 1,39…2,49 т/га. Установлено, что удобрения обеспечивают достоверную прибавку урожайности. Так, если в контроле в среднем по всем вариантам урожай составил 1,73 т/га, при внесении удобрений Яра Мила 2,23 т/га, Диаммофоска 2,26 т/га, что обеспечивает соответственно прибавку 20,9% и 30,6%. Однако четко просматривается, что эффект от удобрений одинаков.

Оценивая урожайность сортов (фактор В) установлено, что в контроле величина показателей составила 1,60…1,82 т/га, 1,76 т/га. Следовательно, только сорт Волма обеспечил достоверную прибавку 0,22 т/га по сравнению с контрольным сортом Самер 1 и оказался практически равным с сортом Припять.

Такая же закономерность сохраняется и при применении удобрения Яра Мила, где урожайность сорта Волма составила 2,36 т/га, что достоверно выше показателя сорта Самер 1 2,10 т/га и равно с урожаем сорта Припять.

Однако при применении удобрения Диаммофоска урожайность сортов 2,20…2,30 т/га оказалась одинаковой. Их расхождение находится в пределах ошибки опыта.

Закономерно, с высокой достоверностью все сорта обеспечивают хорошую прибавку урожая от применения препаратов при обработке по вегетации. Однако преимущество отдельных препаратов выделить достаточно трудно. Так если в контроле на посевах всех сортов лучшими (в равной мере) оказываются препараты Браситрел и Аминокат, то на фоне внесения удобрения Яра Мила на посевах сорта Самер 1 эти препараты оказываются достоверно выше по урожайности. На посевах сорта Волма и Припять все препараты (Молитрак, Браситрел, Аминокат) обеспечивают равноценную урожайность.

Выводы

1. Сохранность посевов сои, несмотря на неблагоприятные погодные условия 2019-2020 гг. находилась в пределах 60,7…65,6%.

2. Использование удобрений Яра Мила и Диаммофоска обеспечивает достоверную прибавку урожайности 28,9…30,6% к контролю с показателями в среднем по сортам 2,23 т/га и 2,26 т/га соответственно.

3. Сорт сои Волма формирует урожай в контроле 1,82 т/га, при внесении удобрения Яра Мила – 2,36 т/га, что достоверно выше показателей сорта Самер 1 и Припять.

4. Применение стимулирующих препаратов по вегетации достоверно повышает урожайность сортов сои, максимальная продуктивность достигнута при обработке препаратом Браситрел посевов сои сорта Самер 1 – 2,49 т/га, сорта Волма – 2,32 и на сорте Припять – 2,44 т/га.

Литература

1. Акулов А.С., Васильчиков А.Г. Изучение некоторых агроприемов возделывания новых сортов сои. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 1 (25). – С. 36-40.

2. Зотиков В.И. Роль зернобобовых культур в решении проблемы кормового белка и основные направления по увеличению их производства // Научное обеспечение производства зернобобовых и крупяных культур: сб. науч. трудов – Орел, 2004. – С. 256-260.

3. Васин А.В. Зернобобовые культуры Среднего Поволжья: монография. – Самара: РИЦ СГСХА, – 2011. – 27 с.

4. Васин В.Г., Васин А.В., Бурунов А.Н. [и др.] Применение микроудобрительных смесей и биопрепаратов при возделывании сои. // Агрохимический вестник. – 2019. – № 2. – С. 47-52.

5. Дектярева И.А., Гасимова Г.А. Полноценный растительный белок как средство повышения продуктивности сельскохозяйственных животных. // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2016. – Том 226, - № 2. – С. 199-202.

References

1. Akulov A.S., Vasil'chikov A.G. Izuchenie nekotorykh agropriemov vozdelyvaniya novykh sortov soi [Study of some agricultural practices of cultivation of new varieties of soybeans]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2017, no.1 (25), pp. 36-40. (in Russian)

2. Zotikov V.I. Rol' zernobobovykh kul'tur v reshenii problemy kormovogo belka i osnovnye napravleniya po uvelicheniyu ikh proizvodstva. Nauchnoe obespechenie proizvodstva zernobobovykh kul'tur: sb. nauch. trudov [The role of leguminous crops in solving the problem of fodder protein and the main directions for increasing their production. Scientific support for the production of leguminous crops: collection of scientific works]. Orel, 2004, pp. 256-260. (in Russian)

3. Vasin A.V. Zernobobovye kul'tury Srednego Povolzh'ya: monografiya [Leguminous crops of the Middle Volga region: monograph]. Samara: RITs SGSKhA, 2011, 275 p. (in Russian)

4. Vasin V.G., Vasin A.V., Burunov A.N. [et al.] Primenenie mikroudobritel'nykh smesei i biopreparatov pri vozdelyvanii soi [The use of micronutrient mixtures and biological products in the cultivation of soybeans]. *Agrokhimicheskii vestnik*, 2019, no.2, pp. 47-52. (in Russian)

5. Dektyareva I.A., Gasimova G.A. Polnotsennyi rastitel'nyi belok kak sredstvo povysheniya produktivnosti sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh. Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Baumana [Complete vegetable protein as a means of increasing the productivity of farm animals. Scientific notes of the Bauman State Academy of Veterinary Medicine, Kazan.]. 2016, 226, no., pp. 199-202. (in Russian)

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-39-45
УДК: 633.258:631.527

НОВЫЕ СОРТА ПРОСОВИДНЫХ КУЛЬТУР

С.О. ГУРИНОВИЧ, старший научный сотрудник
В.И. ЗОТИКОВ, член-корр. РАН, ORCID ID 0000-0001-5713-7444
В.С. СИДОРЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук
ORCID ID 0000-0002-9921-6105, E-mail:W.S. Sidorenko@gmail.com

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

История возделывания просовидных культур (пайза, чумиза, просо африканское) насчитывает более 5 тыс. лет. Первичный центр происхождения Юго-Восточная Азия. Это полиморфные теплолюбивые виды с огромным разнообразием морфобиотипов. Необходимая сумма эффективных температур для вегетации – 2000-2500°С. Растения короткого светового дня. Цикл фотосинтеза – C_4. Впервые созданы 3 новые сорта просовидных культур: пайзы (Echinochloa frumentacea Link. ssp. intermedia), чумизы (Setaria italica (L) P.B. maxima Alef. ssp.subalefelda), проса африканского (Pennisetum glaucum (L.) R.Br ssp. Conoidum), которые пригодны для расширения ареала выращивания на кормовые цели. Сорт пайзы Королева характеризуется высокой урожайностью зелёной массы – более 80 т/га, повышенным содержанием сахара в зелёной массе – 8,5%, сырого протеина в абсолютно сухом веществе – 12,8%, в зерне – 14,6%. Урожайность семян сорта чумизы Грация составила 1,83 т/га, содержание сырого протеина в абсолютно сухом веществе – 12,0%, в зерне – 14,4%, сахара в зелёной массе – 7,7%. Раннеспелый сорт проса африканского Союз обладает высокой облиственностью – 61%, урожайностью зелёной массы 60,3 т/га и зерна 2,48 т/га. Содержание сахара в зелёной массе 10,7%), содержание сырого протеина в абсолютно сухом веществе 15,1%, в зерне 16,9%.

Ключевые слова: *просовидные культуры, пайза, чумиза, просо африканское, сорт, урожайность, биомасса, биохимические показатели.*

NEW VARIETIES OF MILLET-LIKE CROPS

S.O. Gurinovich, V.I. Zotikov ORCID ID 0000-0001-5713-7444,
V.S. Sidorenko ORCID ID 0000-0002-9921-6105, E-mail: W.S. Sidorenko@gmail.com

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *The cultivation history of millet-like crops (paiza, foxtail millet, African millet) is more than 5 thousand years old. The primary center of origin is Southeast Asia. These are polymorphic thermophilic species with a huge variety of morphobiotypes. The required sum of effective temperatures for the growing season – 2000-2500°C. Plants with short daylight hours. Cycle of photosynthesis – C_4. For the first time, 3 new varieties of millet-like crops have been created: paiza (Echinochloa frumentacea Link. ssp. intermedia), foxtail millet (Setaria italica (L) P.B. maxima Alef. ssp.subalefelda) and African millet (Pennisetum glaucum (L.) R.Br ssp. Conoidum), which are suitable for expanding the cultivation area for forage purposes. The Koroleva paiza variety is characterized by a high yield of green mass – more than 80 t/ha, increased sugar content in green mass - 8.5%, crude protein in absolutely dry matter – 12.8%, in grain - 14.6%. The yield of seeds of the variety of foxtail millet Grazia was 1.83 t/ha, the content of crude protein in absolutely dry matter was 12.0%, in grain – 14.4%, sugar in green mass – 7.7%. The early maturing variety of African millet Soyuz has a high leafiness – 61%, green mass yield*

60.3 t/ha and grain 2.48 t/ha. The sugar content in the green mass is 10.7%, the crude protein content in absolutely dry matter is 15.1%, and in the grain is 16.9%.

Keywords: millet-like crops, paiza, foxtail millet, African millet, variety, yield, biomass, biochemical parameters.

Введение

Одним из путей снижения дефицита кормов является расширение видового состава кормовых однолетних культур, характеризующихся хорошими кормовыми достоинствами, высокой и стабильной урожайностью, меньшими энергозатратами на возделывание и меньшей требовательностью к агроклиматическим условиям. К таким культурам относятся нетрадиционные и малораспространеные однолетние зернокормовые просовидные культуры: пайза, чумиза и просо африканское. Зеленую массу и сено охотно поедают животные. Зеленая масса и сено пайзы – отличный высокопитательный корм для всех видов скота, при уборке на зерно, полову и солому также полностью используют на корм. Зерном кормят птицу, из него готовят концентрированные корма для свиней и других домашних животных. Зерно также используют для пищевых целей в виде круп и хлебных изделий, на производство спирта. В засушливых районах европейской части России энтузиасты органического земледелия выращивают просовидные культуры на зеленое удобрение. Преимущество их перед рапсом, горчицей, редькой масличной в том, что мощная мочковатая корневая система лучше приводит почву в хорошее структурное состояние, и это важно в окультуривании пахотного горизонта. В качестве пожнивных культур их высевать нежелательно – не успевают накопить хороший урожай биомассы.

Недостаток тепла в холодно-умеренном подпоясе ограничивает производство просовидных культур. Продвижение их в агроклиматические области холодно-умеренного подпояса обусловлено созданием новых раннеспелых, быстрорастущих в начальный период сортов. Созданные за последние годы в ФНЦ ЗБК новые сорта позволяют получать в холодно-умеренном агроклиматическом подпоясе, как в европейской, так и азиатской его частях, достаточно высокий уровень урожайности, несмотря на менее благоприятные и нехарактерные условия развития для указанных культур. За счет внедрения новых более урожайных, скороспелых, относительно холодостойких сортов, обладающих комплексом хозяйственно ценных признаков и свойств реально расширение посевов в менее благоприятные зоны [1, 2].

Цель исследований: дать характеристику новых высокопродуктивных сортов просовидных культур с улучшенными кормовыми достоинствами в условиях центральной России.

Материал и методика исследований

Экспериментальные посевы были размещены на полях севооборота селекционного центра ФНЦ ЗБК. Предшественник – пар. Почвы – тёмно-серые лесные, среднесуглинистые, средне окультуренные. Микрорельеф участка выровненный. Пахотный слой имеет среднекислую реакцию почвенного раствора, среднее содержание гумуса, повышенное содержание подвижного фосфора для данного типа почв, среднее содержание обменного калия. По основным физико-химическим показателям почвы являются типичными для данной природно-экономической зоны, оценка качества почвы средняя – 9,6 балла. По основным физико-химическим показателям данные почвы являются типичными для данной природно-экономической зоны.

В конкурсном и экологическом сортоиспытании общая площадь делянки составляла 7,2 м^2. Размещение делянок в опыте рендомизированное, повторность 3-4-кратная. Перед посевом внесена азофоска ($N_{15}P_{15}K_{15}$) в количестве 150 кг/га. Посев проведён селекционной сеялкой СКС-6-10. Норма высева − 2,5 млн. всхожих зерен на гектар. Фенологические наблюдения, оценку фенотипической изменчивости количественных признаков проводили по методикам Госсорткомиссии [3,4]. Уборка – в фазу полного созревания селекционным

малогабаритным комбайном SAMPO-130. Экспериментальные данные обработаны статистическими методами с использованием компьютерных программ *Microsoft office Excel.* Погодные условия в период роста и развития растений за годы исследований были различными. Если вегетационные периоды 2018 г. и 2021 г. можно считать с недостаточным увлажнением (Гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова − 0,79 и 0,83, соответственно), то в 2017 г. и 2020 г. наблюдалось избыточное увлажнение (ГТК − 1,68 и 1,57, соответственно). В 2019 г. ГТК был равен 1,22, что соответствует слабо засушливым условиям развития растений.

Результаты и обсуждение

Просовидные культуры по отношению к влаге и плодородию более требовательны, чем просо и сорго. Большое влияние на урожайность зеленой массы имеют азотные удобрения. Способ посева пайзы, чумизы, проса африканского сплошной или широкорядный с междурядьями 15-30 см и 45-60 см. Всходы появляются через 10-12 дней после посева в почву, прогретую до 10-12^{0}С. Первое время после всходов они растут медленно, поэтому страдают от сорняков. Затем, окрепнув, благодаря мощному кущению и широким листьям, глушат даже самые злостные сорняки. Скашивание на корм проводят в период вымётывания, после чего пайза, например, хорошо отрастет, давая за лето 2-3 укоса. Урожай зеленой массы 50-80 т/га. В конце августа – начале сентября семена в плотных метелках созревают, но долго не осыпаются, что облегчает их уборку. Урожайность семян 1,5-3,5 т/га. Вегетационный период новых сортов (всходы-созревание) до 110 суток, что с запасом укладывается в безморозный период и сумму эффективных температур [5].

Сорт пайзы Королева выведен в ФНЦ ЗБК методом многократного индивидуального отбора по продуктивности и крупнозёрности из гибридной популяции к-227 (Австралия) х Красава. Разновидность – *intermedia* (со средними промежуточными показателями длины и плотности метёлки и веточек). Растение нового сорта пайзы имеет высокую интенсивность начального роста, среднюю интенсивность зелёной окраски листа, наклонённый лист (при созревании), среднюю кустистость, полупрямостоячую форму куста, длинный стебель с метёлкой средней толщины, среднюю антоциановую окраску метёлки, наклонённую метёлку средней длины, короткую шейку метёлки, конусовидную форму метёлки средней плотности, светло-бурые колосковые чешуи со средней антоциановой окраской, отсутствие остей, серую яйцевидно-округлую зерновку с очень высокой массой 1000 семян и среднее время вымётывания.

Сорт может быть использован для выращивания в республиках и областях Центрального, Центрально-Черноземного, Средневолжского и Нижневолжского регионов, пригоден для интенсивной технологии возделывания, механизированной уборки. Сорт может быть использован на зелёный корм, силос, сенаж, сено и другие виды кормов, а также на зерно – в качестве корма для птиц. Особенность агротехники связана с мелкосемянностью культуры, поэтому расход семян незначительный и составляет 1-3 млн. всхожих семян на гектар в зависимости от способа посева.

В среднем за годы испытаний урожайность семян составила у сорта Королева 2,51 т/га, у стандарта – 1,50 т/га; зелёной массы у сорта Королева 80,6 т/га, у стандарта – 44,5 т/га. Содержание сырого протеина в абсолютно сухом веществе 12,8%, сахара в зелёной массе – 8,5%, сырого протеина в зерне – 14,6% (табл. 1, рис. 1).

Основные отличия от стандартного сорта Красава: более продолжительное среднее время вымётывания и созревания; более длинное растение с метёлкой; более плотная озернённая метёлка; более высокая масса 1000 семян и натура зерна; более тёмная окраска семян и колосковых чешуй. От похожего сорта Эврика новый сорт отличается более длинным растением, конусовидной формой метёлки и светло-бурой окраской колосковых чешуй

Таблица 1

Характеристика нового среднеспелого сорта пайзы Королева (ср. за 2020-2021 гг.)

№ п/п	Показатели	Красава – St	**Королева**
1	Разновидность	*laxa*	*intermedia*
2	Вегетационный период, дней		
А	- всходы-вымётывание	48	57
В	- всходы-созревание	85	89
3	Урожайность, т/га		
А	- зелёной массы	44,5	80,6
В	- абсолютно сухого вещества	8,8	16,1
С	- зерна (семян)	1,50	2,51
4	Высота (длина) растения, см	100	162
5	Длина метёлки, см	15	17
6	Длина последнего междоузлия, см	16	21
7	Число междоузлий, шт.	7	8
8	Длина листа, см	40	50
9	Ширина листа, см	0,8	1,5
10	Облиственность, %	62	58
11	Кустистость	5	6
12	Масса растения, г	47,5	94,5
13	Масса зерна с главной метёлки, г	4,5	8,3
14	Масса зерна с растения, г	15,3	35,0
15	$К_{хоз}$, %	32	36
16	Масса 1000 семян, г	3,0	4,1
17	Число зёрен с растения, шт.	5275	8537
18	Плотность метёлки	1,5	2,0
19	Плёнчатость зерна, %	15,6	17,6
20	Натура зерна, г/л	466	557
21	Содержание сахара в зелёной массе, %	7,6	8,5
22	Содержание сырого протеина, %		
А	- в абсолютно сухом веществе	10,3	12,8
В	- в зерне	12,3	14,6

Рис. 1 – Новый сорт пайзы Королева.

В 2020 году новый сорт пайзы Королева прошёл производственное испытание в агрофирме «Мценская» на площади 4 га, где урожайность зелёной массы составила 80,5 т/га, абсолютно сухого вещества – 16,1 т/га, зерна семян – 2,07 т/га. Сорт рекомендован для выращивания в Центральном, Центрально-Черноземном, Нижневолжском, Средневолжском,

Северо-Кавказском регионах, предложен Орловским филиалом Госсорткомиссии для внесения в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию на 2022 год.

Новый сорт чумизы Грация относится к разновидности *subalefelda*. Растения нового сорта имеют высокую интенсивность начального роста, раннее время вымётывания и созревания, острую форму кончика первого листа, сильную антоциановую окраску базального листового влагалища сеянца, среднюю интенсивность зеленой окраски листьев, вертикальную форму роста, сильную антоциановую окраску листа, раннее время выметывания, антоциановую окраску опорных корней, вертикальное положение листовой пластинки, короткие, сильно редуцированные щетинки антоциановой окраски, оранжевые пыльники, длинный средней ширины флаговый лист со средней антоциановой окраской, стебель со средними показателями длины и диаметра, антоциановые колосковые чешуи, среднее число удлиненных междоузлий, длинное верхнее междоузлие, горизонтальное положение метелки относительно стебля, плотную короткую коническую метелку с малым числом зерновок на второй ветви, коричневую округлую зерновку с высокой массой 1000 семян, желтую окраску зерновки без пленок (ядра), восковидный эндосперм.

В среднем за годы испытания урожайность семян составила у сорта Грация 1,83 т/га, у стандарта – 1,80 т/га; зелёной массы у сорта Грация 44,01 т/га у стандарта – 33,80 т/га. Содержание сырого протеина в абсолютно сухом веществе – 12,0%, сахара в зелёной массе – 7,7%, сырого протеина в зерне – 14,4% (табл. 2).

Основные отличия от схожего стандартного сорта чумиза Оля заключается в большей длине растений, метёлки и последнего междоузлия; большей кустистости, облиственности, плотности метёлки, коричневой окраски зерновки с большей плёнчатостью; повышенным содержанием сахара в зелёной массе и высоким содержанием протеина в биомассе и зерне.

Сорт пригоден для интенсивной технологии возделывания, механизированной уборки. Может быть использован на зелёный корм, силос, сенаж, сено и другие виды кормов, а также на зерно – в качестве корма для птиц. Особенность агротехники связана с мелкосемянностью культуры, поэтому расход семян незначительный и составляет 1-2 млн. всхожих семян на гектар в зависимости от способа посева.

Таблица 2

Краткая характеристика раннеспелого сорта чумизы Грация (ср. за 2019-2021 гг.)

№ п/п	Показатели	Стандарт Оля	Новый сорт Грация
1	Урожайность зелёной массы, т/га	33,80	44,01
2	Урожайность зерна, т/га	1,80	1,83
3	Длина вегетационного периода, дней		
А	- посев-всходы	16	16
В	- всходы-созревание	91	88
4	Длина, см		
А	- растения	142	148
В	- метёлки	17	19
С	- последнего междоузлия	30	40
5	Число междоузлий, шт.	10	11
6	Кустистость	1	2
7	Облиственность, %	46	50
8	Плотность метёлки	3,5	4,0
9	Масса 1000 семян, г	3,5	3,7
10	Натура зерна, г/л	673	680
11	Плёнчатость зерна, %	15,9	17,8
12	Содержание сахара в зелёной массе, %	6,9	7,7
13	Содержание сырого протеина, %		
А	- в абсолютно сухом веществе	10,4	12,0
В	- в зерне	11,9	14,4

Для расширения набора зернокормовых культур в Орловской области, Центрально-Чернозёмном и других регионах РФ сорт чумизы Грация включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию с 2021 г.

Новый сорт проса африканского Союз имеет высокую интенсивность начального роста, раннее время вымётывания, широкий наклонённый лист средней длины, прямостоячий тип куста, длинный толстый стебель с метёлкой, сильную антоциановую окраску метёлки, среднюю антоциановую окраску пыльников, средние показатели длины и толщины конической метёлки средней плотности, щетинки практически отсутствуют, т.е. сильно редуцированы, зерновка имеет тёмно-кремовую окраску цветковых чешуй, обратно-яйцевидную форму, высокую массу 1000 семян, серую окраску без плёнок зерновки (семян) и полустекловидный эндосперм. Разновидность *conoidum.*

Новый сорт имеет 6 отличий от похожего стандартного сорта Согур по методике ООС: более прямостоячий тип куста, более широкий лист, более толстый стебель, более сильную антоциановую окраску метёлки, обратно-яйцевидную форму зерновки (у Согура – овальная) и серую окраску зерновки (у Согура – серовато-кремовая). От похожего сорта Гурсо Союз отличается более ранним вымётыванием и созреванием, меньшей плотностью метёлки, менее высокой крупностью семян.

Урожайность в среднем за три года испытания нового сорта Союз составила: зелёной массы 60,3 т/га (+ 0,6 т/га к St) и зерна – 2,48 т/га (+ 0,25 т/га к St). Союз созревает на 2 суток позднее сорта Согур (всходы–созревание 83 дня), имеет среднюю длину растений 169 см (+ 11 см к St), среднюю длину главной метёлки 16 см (+ 1 см к St), облиственность 61%, массу 1000 семян 13,7 г (+ 1,8 г к St), натуру зерна 805 г/л (+10 г/л к St). Содержание сахара в зелёной массе сорта 10,7% (+ 0,4% к St), содержание сырого протеина в абсолютно сухом веществе 15,1% (+ 0,5% к St), содержание сырого протеина в зерне 16,9% (+ 1,3% к St) (табл. 3).

Таблица 3

Краткая характеристика нового крупнозёрного высокопродуктивного раннеспелого сорта проса африканского Союз (ср.за 2019–2021 гг.)

№ п/п	Показатели	Стандарт Согур	Новый сорт Союз
1	Разновидность	*conoidum*	*conoidum*
2	Зерновка: форма	овальная	обратно-яйцевидная
3	Зерновка без плёнок: окраска	серовато-кремовая	серая
4	Длина вегетационного периода, дней		
А	- посев–всходы	13	13
В	- всходы–созревание	81	83
5	Урожайность, т/га		
А	- зелёной массы	51,7	60,3
В	- зерна	2,23	2,48
6	Длина растений, см	158	169
7	Длина главной метёлки, см	15	16
8	Кустистость	5	6
9	Облиственность, %	62	61
10	Масса 1000 семян, г	11,9	13,7
11	Натура зерна, г/л	795	805
12	Содержание сахара в зелёной массе, %	10,3	10,7
13	Содержание сырого протеина в абс. сухом веществе, %	14,6	15,1
14	Содержание сырого протеина в зерна, %	15,6	16,9

В 2021 г. сорт Союз проходил производственное испытание и размножение в СПК «Протасовщина» в Гродненской области Республики Беларусь (на базе РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси»), где урожайность зелёной массы составила 52 т/га, зерна – 1,67 т/га, общая площадь посева была 30 га. Новый сорт проса африканского Союз передан в 2021 г. на государственное испытание в Республику Беларусь совместно с РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси».

Заключение

Созданы новые сорта просовидных культур: пайза Королева, чумиза Грация, просо африканское Союз, пригодные для выращивания в различных регионах Российской Федерации и Республики Беларусь. Новые сорта на севере Центрально-Черноземного региона впервые предлагаются для использования в кормопроизводстве. Достоинствами сортов являются: ускоренный начальный рост, крупнозёрность, высокая урожайность зеленой массы и семян, улучшенные биохимические показатели, в том числе повышенное содержание сырого протеина и сахаров.

Статья подготовлена в рамках выполнения задания № 0636-2019-0009 Программы ФНИ ГАН на 2021 г.

Литература

1. Sidorenko V.S., Zotikov V.I., Bobkov S.V., Kotljar A.I., Gurinovich S.O. Area and Production of Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) in Russia. Advances in Broomcorn Millet Research. Proceedings of the 1st International Symposium on Broomcorn Millet. Northwest A&F University (NWSUAF), (25–31 2012. August). – Yangling, Shaanxi, People's Republic of China, 2012. – P. 3–9.
2. Шукис Е.Р. Кормовые культуры на Алтае.– Барнаул: ГНУ Алтайский НИИСХ. – 2013. – 182 с.
3. Методики на ООС. https://gossortrf.ru/metodiki-ispytaniy-na-oos (дата обращения 1.12.2021 г.)
4. Гуринович С.О., Сидоренко В.С. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность проса африканского (жемчужного) Pennisetum glaucum (L.) R.Br. //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. № 3 (27). – С.95-100. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-1041
5. Корзун О.С., Анохина Т.А., Кадыров Р.М., Кравцов С.В. Возделывание просовидных культур в Республике Беларусь. //Гродно: ГГАУ. – 2011. – 189 с.

References

1. Sidorenko V.S., Zotikov V.I., Bobkov S.V., Kotljar A.I., Gurinovich S.O. Area and Production of Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) in Russia. Advances in Broomcorn Millet Research. Proceedings of the 1st International Symposium on Broomcorn Millet. Northwest A&F University (NWSUAF), (25–31 2012. August). – Yangling, Shaanxi, People's Republic of China, 2012. – P. 3–9.
2. Shukis E.R. Kormovye kul'tury na Altae [Forage crops in Altai]. Barnaul: GNU Altaiskii NIISKh Publ., 2013, 182 p. (In Russian)
3. Metodiki na OOS [Methods for testing of distinctness, uniformity and stability (DUS)]. https://gossortrf.ru/metodiki-ispytaniy-na-oos (accessed 01.12.2021)
4. Gurinovich S.O., Sidorenko V.S. Metodika provedeniya ispytanii na otlichimost', odnorodnost' i stabil'nost' prosa afrikanskogo (zhemchuzhnogo) Pennisetum glaucum (L.) R.Br. [The method of testing for the distinctiveness, uniformity and stability of African millet (pearl millet) Pennisetum glaucum (L.) R.Br.] *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2018, no. 3 (27), pp.95-100. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-1041 (In Russian)
5. Korzun O.S., Anokhina T.A., Kadyrov R.M., Kravtsov S.V. Vozdelyvanie prosovidnykh kul'tur v Respublike Belarus'. Grodno: GGAU Publ., 2011, 189 p. (In Russian)

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-46-52

УДК 631.811.9

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ ПРОСА В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ

Н.А. ЛОЗИНА, аспирант
В.И. ЗОТИКОВ, член-корреспондент РАН, ORCID ID 0000-0001-5713-7444

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»
E-mail: office@vniizbk.orel.ru

В статье изложены результаты исследований 2019-2020 гг. по изучению влияния комплексного применения биостимуляторов роста и микроудобрений для листовых подкормок на рост и развитие растений, урожайность проса посевного. Опытным путем установлено положительное влияние на увеличение (относительно контроля) высоты растений метелки и массы зерен с главной метелки: на 8,1 см и 0,9 г у сорта Спутник; на 8,5 см и 0,2 г у сорта Альба; и на 4,8 см и 0,7 г у сорта Казачье. При разных погодных условиях 2019-2020 годов, отмечается наибольшая прибавка урожайности в результате обработки семян и двух листовых подкормок в фазу выметывания, она составила: у Спутника – 0,74 т/га (21,6%), у Альба – 0,43 т/га (14,6%), у сорта Казачье – 0,62 т/га (13,9%). Повышенное содержание белка в зерне проса 13,1-13,8% отмечено при предпосевной обработке семян препаратом Биостим Старт в дозе 0,7 л/т и двух внекорневых подкормок.

Ключевые слова: просо посевное, агротехнология, управление вегетацией растений, листовые подкормки, биостимуляторы, урожайность.

VARIABILITY OF PRODUCTIVITY ELEMENTS OF MILLET AS A RESULT OF THE USE OF MICRONUTRIENT FERTILIZERS

N.A. Lozina, V.I. Zotikov

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *The article presents the results of trials in 2019-2020 to study the effect of the complex use of biostimulants of growth and micronutrient fertilizers for foliar dressing on the sowing quality of seeds, growth and development of plants, yield and quality of common millet. Experimentally, a positive effect on the increase, relative to control, of plant height and grain weight from the main panicle was established: by 8.1 cm and 0.9 g in the Sputnik variety, by 8.5 cm and 0.2 g in the Alba variety, by 4.8 cm and 0.7 g for the Kazach'e variety. Under different weather conditions in 2019-2020, the largest increase in the yield of common millet was noted as a result of seed treatment and two foliar dressings during the sweeping phase, it made: for variety Sputnik – 0,74 t/ha (21,6%), for Alba – 0,43 t/ha (14,6%), and for Kazach'e – 0,62 t/ha (13,9%). Increased protein content in millet grain of 13.1-13.8% was observed during pre-sowing treatment of seeds with Biostim star at a dose of 0.7 l/t and two foliar dressings.*

Keywords: millet, agricultural technology, plant vegetation management, foliar feeding, biostimulants, yield.

Введение

На протяжении веков просо является одной из наиболее популярных зерновых культур. Высокая устойчивость к полеганию, болезням и вредителям – этими особенностями просо выгодно отличается от других зерновых культур и соответствует условиям засушливых районов. Просо дает не только хорошую крупу, но и питательный дешевый корм для

сельскохозяйственных животных, особенно для птицы. Однако несмотря на то, что просо засухоустойчивая культура и малотребовательна к влаге, оно проявляет повышенную чувствительность к засухе в определенные фазы развития. В первую треть жизни при небольшой еще надземной массе просо потребляет 26,5% всей влаги для создания урожая, во вторую треть вегетационного периода – 41,5% и на последний период приходится 33%. Максимум потребления влаги приходится на период вымётывания метелки и образования зерна – критический период [1].

Для полноценного роста и развития просу требуется значительно больше тепла, чем пшенице. Зерно проса начинает прорастать при температуре 8-10ºС тепла. Однако при температуре 10ºС прорастание семян идет в течение 11-13 дней, а при 16-19ºС – всего лишь 3-4 дня. По фазам роста просу требуется следующая среднесуточная температура воздуха: всходы-кущение 18ºС, кущение-выметывание 20ºС, вымётывание-цветение 23ºС, цветение-созревание 23ºС. Заморозки просо переносит плохо. Необходимо учитывать возможность возврата весенних заморозков при выборе сроков посева, так как всходы чувствительны к действию пониженных температур, вследствие чего рост их при охлаждении замедляется. Большая часть растений в фазу всходов при температуре ниже минус 3ºС погибает. Очень опасно для проростков проса и длительное воздействие невысокой средней температуры +6 …+8ºС и значительной облачности. В таких условиях энергия фотосинтеза резко снижается и молодые всходы гибнут [1].

Просо посевное является культурой, отзывчивой на качественный уровень агротехнических приемов. Однако урожайность проса посевного за последние годы в РФ находится на одном уровне – 1,3т/га [2]. Решить дефицит производства проса посевного можно не только расширением посевных площадей, созданием новых сортов, но и применением стимуляторов роста и микроудобрений нового поколения, способствующих лучшему формированию и развитию растений. Ассортимент современных препаратов для внекорневых подкормок очень разнообразен. Они имеют разное происхождение, различаются по составу, часто содержат комплекс макро- и микроэлементов в хелатной форме для сбалансированного питания растений [3]. Наиболее известными предприятиями по их производству в России являются АО «Щелково Агрохим», НВП «БашИнком, ООО «Полидон Агро» и другие [4].

Листовые подкормки комплексными удобрениями способны результативно и в кратчайшие сроки устранить недостаток элементов питания на протяжении всей вегетации сельскохозяйственных растений, в т.ч. проса [5]. Известно, что потребление питательных веществ в разные периоды роста и развития у проса идет неравномерно. В фазу всходы-кущение наименьшее 4-8%, причем преимущественно азот. Во второй период трубкование – цветение свыше 50% необходимых ему азота, калия, кальция, что же касается фосфора, то максимальное его потребление приходится на последний период вегетации - цветение-налив зерна – свыше 60% [1]. Следовательно, система агрохимических приемов под просо должна предусматривать все способы их внесения. О существенном значении некорневых подкормок для формирования урожая указывали еще в прошлом столетии К.А. Савицкий (1970), Е.С. Алексеева (1981), И.Н. Елагин (1984), О.А. Соколов (1980). Современные данные, полученные многими авторами (Зотиков В.И, Глазова З.И., Ерохин А.И., Санина Н.В.), так же свидетельствуют об эффективности листовых подкормок на зернобобовых и крупяных культурах [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

Цель исследований – изучение влияния комплексного применения листовых подкормок новых микро–и органоминеральных удобрений, производимых АО «Щѐлково Агрохим», на рост, развитие растений и урожайность проса посевного.

Объектами исследования являлись сорта проса селекции ФНЦ ЗБК, включенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ: Спутник, Казачье, Альба.

Сорт Спутник обеспечивает получение высококачественной крупы при выращивании в Центральной России и странах Западной Европы (Швейцария, Германия). У данного сорта зафиксирована наибольшая урожайность зерна более 8 т/га [10]. Сорт Альба – первый

практически тонкопленчатый сорт проса, не требующий затрат на обрушивание. Он имеет повышенное содержание белка и масла в зерне, предназначен для птицеводства. Сорт Казачье сочетает крупнозерность с высокой урожайностью. Эти сорта предназначены для возделывания как в центральных, так и южных регионах Российской Федерации [10]

Важнейшей задачей исследования являлось определение совместимости применения стимуляторов роста и микроудобрений при комплексном их взаимодействии и их влияние на рост, развитие растений и формирование урожайности.

Материал и методика исследования

Опыт был заложен на экспериментальном поле лаборатории селекции зерновых крупяных культур ФНЦ ЗБК. Размер делянок 15 м^2, повторность четырех кратная. Посев делянок проведен селекционной сеялкой СКС − 6-10. Норма высева – 4,5 млн. всхожих семян на 1 гектар. Учёт урожая производился сплошным поделяночным способом (зерноуборочный комбайн «САМПО-130»). Данные урожайности пересчитывались на 14% влажность и 100% чистоту.

Схема опыта:

1. Контроль (без обработки);
2. Предпосевная обработка семян микроудобрением Биостим Старт 0,7 л/т за 14 дней до посева;
3. Вариант 2 + листовая подкормка в фазу 6-7 настоящих листьев многокомпонентными удобрениями Ультрамаг Комби для зерновых 1,0 л/га, Биостим Зерновой 1,0 л/га;
4. Вариант 2+ Вариант 3 +листовая подкормка в фазу выметывания Ультрамаг Комби для зерновых 1,0 л/га, Биостим Зерновой 1,0 л/га.

Результаты и их обсуждение

Метеорологические условия в годы проведения исследований (2019-2020 гг.) различались как по температурному режиму (рис. 1), так и по количеству выпавших осадков (рис. 2), что во многом отразилось на величине урожая и показателях его качества, но при этом повысило достоверность полученных результатов.

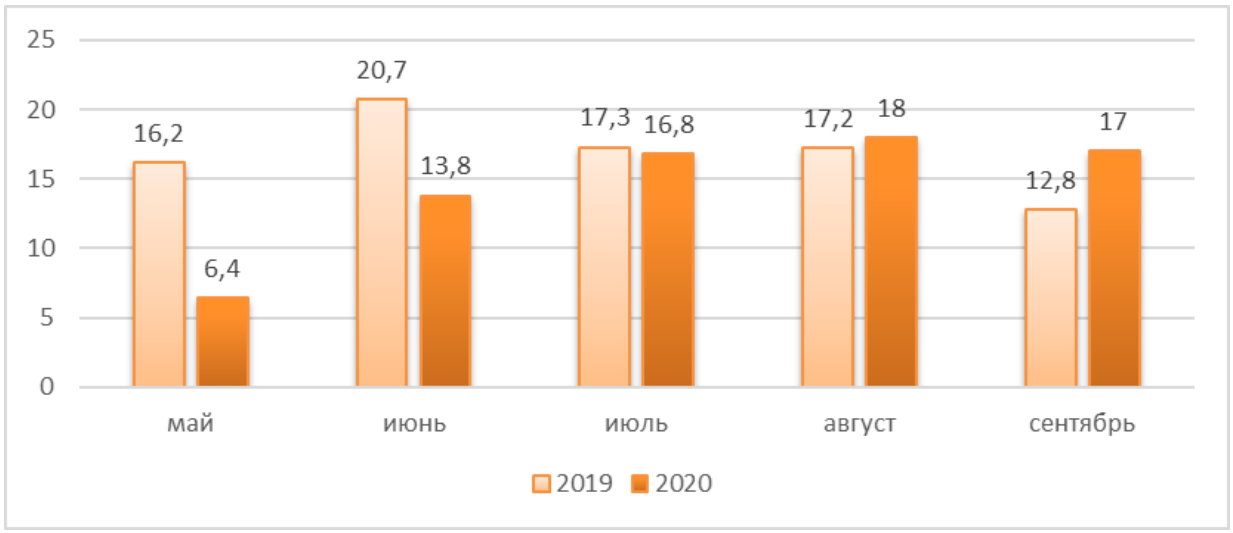

Рис. 1. Среднемесячная температура воздуха вегетационного периода проса (2019-2020 гг.), ºС.

Существенные отличия за период вегетации проса в годы исследования по температурному режиму наблюдались в мае: 16,2ºС – 2019 г. и 6,4ºС – 2020 г., что сказалось на появление всходов. Посев был проведен в 2019 г. – 22 мая, а в 2020 г. 26 мая. Всходы проса в 2020 году появились 9 июня на 10 дней позже, чем в 2019 году (30 мая).

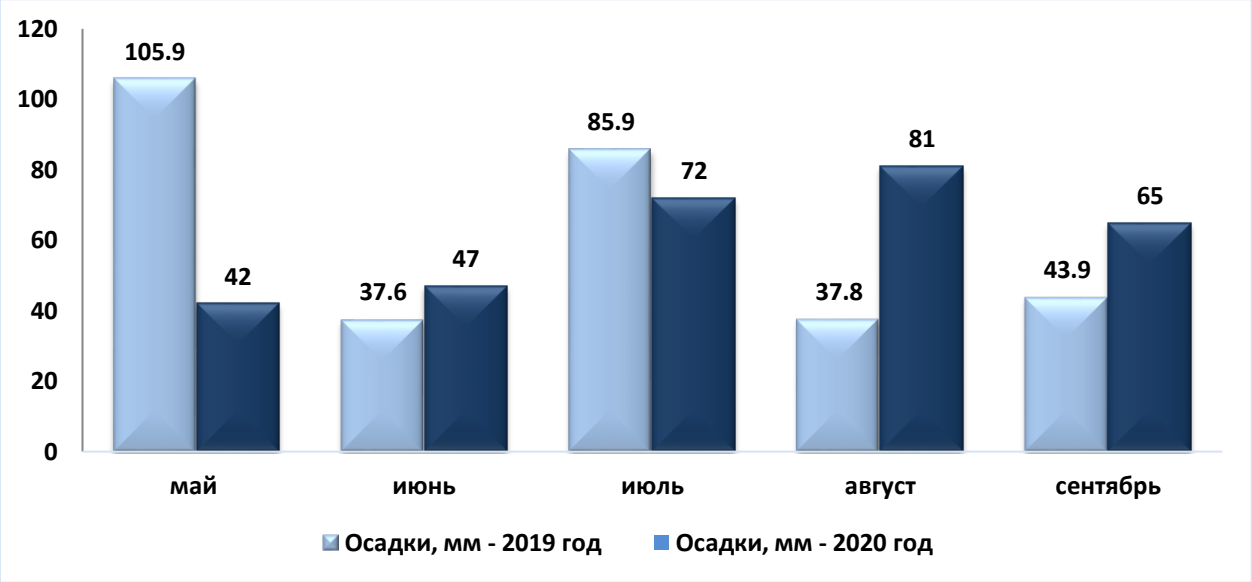

Рис. 2. Обеспеченность влагой за период исследования 2019-2020 гг.

Условия июня 2019 г. характеризовались как засушливые и оптимальные по температуре: 37,6 мм или 76% от среднемноголетнего уровня, и 20,7ºС. Средняя температура воздуха была выше среднемноголетней на 3,2ºС.

В 2020 году климатические условия засушливые – 47 мм или 70% среднемноголетнего уровня и холодные 13,8ºС. Средняя температура воздуха была ниже среднемноголетней на 3,7ºС.

Однако, засушливые условия препятствовали оптимальному формированию вегетативной массы в обоих годах исследований. Существенных отличий в июле по метеоусловиям не отмечается, в период выхода в трубку – выметывание способствовали закладке хорошего урожая. В фазу выметывания засушливые условия августа 2019 года хотя и ускорили созревание, но негативно повлияли на уровень урожайности. В среднем ниже у сорта Спутник на 1,65 т/га, у сорта Казачье на 1,12 т/га, у сорта Альба на 0,78 т/га, чем в 2020 году.

Структурный анализ растений проса показал положительное влияние листовых подкормок на фоне предпосевной обработки семян (табл. 1).

Такие показатели структуры урожая проса как длина метелки и масса зерен с главной метелки увеличились на 8,1 см и 0,9 грамм у сорта Спутник, на 8,5 см и 0,2 грамма у сорта Альба, на 4,8 см и 0,7 грамм у сорта Казачье относительно контроля.

Продуктивная кустистость по вариантам опыта не изменялась. Показатель увелечения массы 1000 зерен тоже варьировал от 0,1 до 0,4 грамм, наибольшая прибавка отмечается у сорта Спутник 0,2-0,4 г, наименьшая прибавка у сорта Альба – 0,1 г.

Таблица 1

Структурный анализ урожая

Сорт	Варианты	Продуктивная кустистость, шт.	Высота растений, см.	Длина метелки, см.	Масса зерна с главной метелки, г.	Масса зерна с 1 растения, г	Масса 1000 зерен, г.
Спутник	1	1,1	95,1	21,7	2,6	2,7	7,9
	2	1,1	97,7	22,6	3,0	3,3	8,1
	3	1,1	101,1	22,5	2,7	3,4	8,2
	4	1,0	103,2	23,4	3,5	3,6	8,3
Альба	1	1,1	53,7	15,9	2,3	3,3	6,7
	2	1,0	53,9	16,0	2,4	3,4	6,8
	3	1,1	56,0	16,3	2,5	3,4	6,8
	4	1,0	62,2	16,3	2,5	3,6	6,8
Казачье	1	1,0	70,2	17,6	2,7	3.1	8,8
	2	1,0	71,4	17,7	2,8	3,2	8,8
	3	1,1	74,5	17,7	2,9	3,2	8,9
	4	1,0	75,0	18,2	3,4	3,8	9,0

Предпосевная обработка семян проса Биостим Старт в дозе – 0,7 л/т способствовала повышению урожая семян проса: прибавка по отношению к контролю составила у сорта Спутник – 0,23 т/га (6,7%), у Альбы – 0,24 (8,1%), у сорта Казачье – 0,10 т/га. (2,2%). В варианте опыта 3, где семена были обработаны препаратом Биостим Старт 0,7 л/т и в фазу 6-7 листьев проса проведена листовая подкормка растений испытанными удобрениями (Ультрамаг Комби зерновой в дозе 1,0 л/га и Биостим зерновой 1,0 л/га), величина урожая зерна достоверно выросла: соответствие с ранее перечисленными с сортами 0,40 (11,7%), 0,24 (8,1%), 0,31 (7,0%) т/га. Следовательно, предпосевная обработка семян + одна листовая подкормка многокомпонентными удобрениями оказала положительное влияние на формирование урожая сортов проса. Однако, наибольшая прибавка урожая зерна проса получена при совместной обработке семян и двух листовых подкормок, прибавка урожая составила 0,74 т/га (21,6%) у сорта Спутника; 0,43 т/га (14,6%) у Альбы; 0,62 т/га (13,9%) у сорта Казачье (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность сортов проса в зависимости от обработки семян и проведения внекорневых подкормок растений в разные сроки

Сорт	Варианты	Урожайность т/га			Прибавка к контролю	
		2019	2020	среднее	т/га	%
Спутник	1	2,73	4,13	3,43	-	-
	2	2,92	4,40	3,66	0,23	6,7
	3	2,95	4,71	3,83	0,40	11,7
	4	3,19	5,14	4,17	0,74	21,6
Альба	1	2,56	3,33	2,95	-	-
	2	2,76	3,62	3,19	0,24	8,1
	3	2,76	3,62	3,19	0,24	8,1
	4	3,06	3,69	3,38	0,43	14,6
Казачье	1	3,95	4,94	4,45	-	-
	2	4,06	5,05	4,55	0,10	2,2
	3	4,24	5,29	4,76	0,31	7,0
	4	4,34	5,80	5,07	0,62	13,9
$НСР_{0,5}$ сорт – 0,29						
$НСР_{0,5}$ препараты – 0,34						

Важным качественным показателем проса, является содержание в зерне сырого протеина, которое определяется оптимальными условиями питания растений. Более высокое количество сырого протеина было в варианте с предпосевной обработкой семян и двух внекорневых подкормок – 13,1-13,8% (рис. 3).

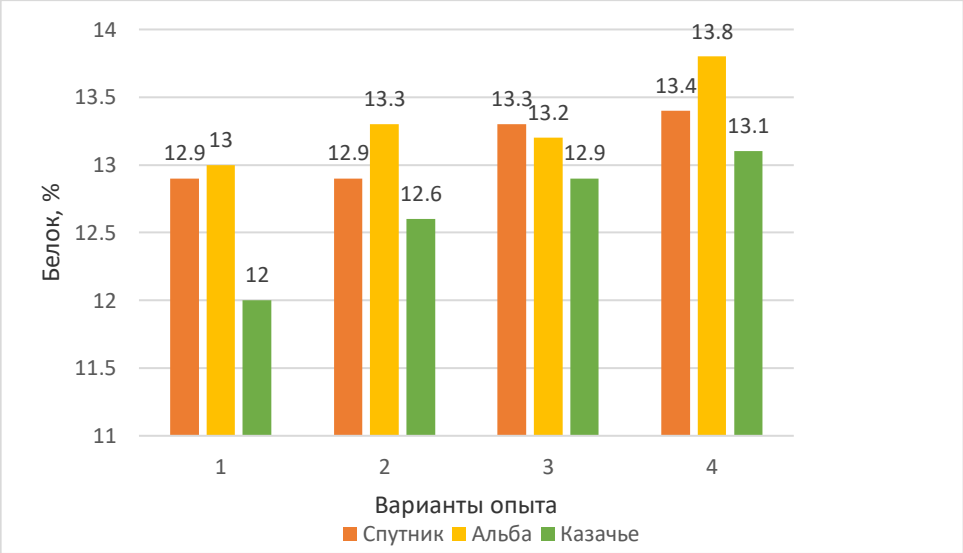

Рис. 3. Влияние препаратов Биостим Старт, Ультрамаг Комби зерновой и Биостим Зерновой на содержание сырого протеина в зерне проса, % (среднее 2019-2020 гг.)

Таким образом, в результате изучения влияния комплексного применении предпосевной обработки семян и некорневых подкормок многокомпонентными удобрениями Ультрамаг Комби для зерновых 1,0 л/га и Биостим Зерновой 1,0 л/га, выявлено, что внекорневые подкормки в два срока обеспечивают достоверную прибавку урожая зерна проса: у сорта Спутник – 0,74 т/га, у сорта Альба – 0,43 т/га, у сорта Казачье – 0,62 т/га. Предпосевная обработка семян микроудобрением Биостим Старт 0,7 л/т. увеличила урожайность зерна у сорта Спутник – на 0,19-0,27 т/га, у сорта Альба – на 0,20-0,29 т/га, у сорта Казачье – на 0,11 т/га (т.е. в пределах ошибки опыта: $НСР_{0,5}$ – 0,34 т/га). Из трех изученных сортов наиболее отзывчив на внесение удобрений сорт Спутник – 0,43-1,01т/га.

Литература

1. Имашев И.Г., Белоголовцев В.П. Влияние минеральных удобрений на качество зерна проса на светло-каштановой почве Саратовского Заволжья // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2014. – № 1. – С. 23-25.
2. Федеральная служба государственной статистики: [сайт]. URL:https://rosstat.gov.ru/search
3. Санина Н.В., Апаликов А.А. Листовые подкормки как эффективный элемент в современных технологиях возделывания ярового ячменя // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – № 3 (15). – С. 61-64.
4. Глазова З.И. Эффективность применения органоминеральных комплексов для листовых подкормок гречихи. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 2(30). – С. 101-107. DOI 10.24411/2309-348X-2019-11098.
5. Глазова З.И. Влияние некорневых подкормок Гумистимом на урожайность гречихи // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 3(27). – С. 63-66. DOI 10.24411/2309-348X-2018-11034
6. Глазова З.И. Оценка действия специальных удобрений АО «Щёлково Агрохим» при разных способах их применения на урожайность гречихи // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 3(39). – С. 74-79. DOI 10.24412/2309-348X-2021-3-74-79.
7. Глазова З.И. Использование специальных удобрений АО «Щёлково Агрохим» при возделывании чечевицы. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 1(37). – С. 47-52. DOI 10.24412/2309-348X-2021-1-47-52.
8. Ерохин А.И. Эффективность действия новых препаратов фиторегуляторов на рост, развитие растений и урожайность гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 2(6). – С. 120-123
9. Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Бударина Г.А. [и др.]. Влияние применения препаратов Биостим Масличный и Ультрамаг Комби на урожайность новых сортов зернобобовых культур // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 4(32). – С. 4-12. DOI 10.24411/2309-348X-2019-11124.

10. Зотиков В. И., Вилюнов С.Д. Современная селекция зернобобовых и крупяных культур в России. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. – Т. 25. – № 4. – С. 381-387. DOI 10.18699/VJ21.041.

References

1. Imashev I.G., Belogolovtsev V.P. Vliyanie mineral'nykh udobrenii na kachestvo zerna prosa na svetlo-kashtanovoi pochve Saratovskogo Zavolzh'ya [The influence of mineral fertilizers on the quality of millet grain on the light chestnut soil of the Saratov Trans-Volga region]. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova*, 2014, no. 1, pp. 23-25. (In Russian)

2. Federal State Statistics Service: [website]. URL:https://rosstat.gov.ru/search

3. Sanina N.V., Apalikov A.A. Listovye podkormki kak effektivnyi element v sovremennykh tekhnologiyakh vozdelyvaniya yarovogo yachmenya [Foliar dressing as an effective element in modern technologies of spring barley cultivation]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2015, no. 3(15), pp. 61-64. (In Russian)

4. Glazova Z. I. Effektivnost' primeneniya organomineral'nykh kompleksov dlya listovykh podkormok grechikhi [Efficiency of application of organomineral complexes for foliar feeding of buckwheat]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2019, no. 2(30), pp. 101-107, DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11098. (In Russian)

5. Glazova Z. I. Vliyanie nekornevykh podkormok Gumistimom na urozhainost' grechikhi [Influence of foliar dressing with Humistim on buckwheat yield]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2018, no. 3(27), pp. 63-66, DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11034. (In Russian)

6. Glazova Z.I. Otsenka deistviya spetsial'nykh udobrenii AO "Shchelkovo Agrokhim" pri raznykh sposobakh ikh primeneniya na urozhainost' grechikhi [Evaluation of the effect of special fertilizers of JSC "Shchelkovo Agrokhim" with different methods of their application on the yield of buckwheat]. *Zernobobovye I krupyanye kul'tury*, 2021, no. 3(39), pp. 74-79, DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-74-79. (In Russian)

7. Glazova Z.I. Ispol'zovanie spetsial'nykh udobrenii AO "Shchelkovo Agrokhim" pri vozdelyvanii chechevitsy [The use of special fertilizers of JSC "Shchelkovo Agrokhim" in the cultivation of lentils]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2021, no. 1(37), pp. 47-52, DOI: 10.24412/2309-348X-2021-1-47-52. (In Russian)

8. Erokhin A.I. Effektivnost' deistviya novykh preparatov fitoregulyatorov na rost, razvitie rastenii i urozhainost' gorokha [The effectiveness of the action of new phytoregulatory on the growth, development of plants and the yield of peas]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2013, no. 2(6), pp. 120-123. (In Russian)

9. Zotikov V.I., Sidorenko V. S., Budarina. G. A. [et al.] Vliyanie primeneniya preparatov Biostim maslichnyi i Ul'tramag kombi na urozhainost' novykh sortov zernobobovykh kul'tur [Influence of the use of preparations Biostim Maslichnyi and Ultramag Combi on the yield of new varieties of leguminous crops]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2019, no. 4(32), pp. 4-12, DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11124. (In Russian)

10. Zotikov V. I., Vilyunov S. D. Sovremennaya selektsiya zernobobovykh i krupyanykh kul'tur v Rossii [Modern breeding of legumes and groat crops in Russia]. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*, 2021, v. 25, no. 4, pp. 381-387, DOI: 10.18699/VJ21.041. (In Russian)

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-53-58

УДК: 631.11:631.51:631:582

ВЛИЯНИЕ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ, УДОБРЕНИЙ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

В.А. ВОРОНЦОВ, Ю.П. СКОРОЧКИН, кандидаты сельскохозяйственных наук
E-mail: yskorochkin@mail.ru

ТАМБОВСКИЙ НИИСХ – ФИЛИАЛ ФГБНУ «ФНЦ ИМЕНИ И.В. МИЧУРИНА»

В 2012-2020 гг. на типичных для большинства хозяйств Тамбовской области почвах, чернозёме типичном тяжёлосуглинистом в полевом зернопаровом севообороте с чередованием культур: чёрный пар – озимая пшеница – соя – ячмень изучали основную обработку почвы в комплексе с различной степенью насыщенности средствами химизации (удобрения, пестициды). Сравнивали пять систем основной обработки почвы в севообороте: традиционную отвальную разноглубинную, под озимую пшеницу на глубину 20-22 см; поверхностную под все культуры (дискование на 10-12 см); безотвальную разноглубинную, под озимую пшеницу на глубину 20-22 см; комбинированную (отвально-безотвальную) и (отвально-поверхностную), под озимую пшеницу на 20-22 и 10-12 см, соответственно. По всем способам обработки почвы с применением метода расщеплённых делянок под озимую пшеницу вносили азофоску с соотношением питательных элементов 16:16:16 в дозах $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{30}P_{30}K_{30}$, и аммиачную селитру, в виде весенней подкормки – N_{30}. Защита растений включала два варианта: протравливание семян и протравливание семян + пестициды по вегетации культуры. Из приёмов технологий возделывания озимой пшеницы наиболее эффективным было применение комплекса средств защиты растений (протравливание семян + пестициды по вегетации культуры), обеспечивающих достоверную прибавку урожая, при полном внесении основного удобрения $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 0,50 т/га и 0,47 т/га при $N_{30}P_{30}K_{30}$, в среднем по вариантам опыта. Установлено, что в технологиях с весенней подкормкой аммиачной селитрой (N_{30}), прибавка урожая составила 0,36 т/га. Меньший эффект получен от способов основной обработки почвы и удобрений. Урожайность озимой пшеницы по способам основной обработки почвы варьировала в пределах 4,54-4,68 т/га, отклонения по вариантам находились на уровне тенденций. При внесении полного удобрения перед посевом и в виде весенней подкормки аммиачной селитрой не установлено существенных различий между способами и дозой внесения. Изучение различных приёмов агротехники при возделывании озимой пшеницы на чернозёме типичном с высокой обеспеченностью элементами питания выявило возможность применения ресурсосберегающих способов обработки чёрного пара в комплексе с весенней подкормкой посевов азотными удобрениями и применением средств защиты растений (протравливание семян + гербициды, фунгициды и инсектициды по вегетации культуры).

Ключевые слова: обработка почвы, удобрения, пестициды, урожайность.

INFLUENCE OF THE MAIN TILLAGE, FERTILIZERS AND PLANT PROTECTION MEANS ON THE PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT

V.A. Vorontsov, Yu.P. Skorochkin

TAMBOV SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE – BRANCH OF FSBSI «I.V. MICHURIN FEDERAL SCIENTIFIC CENTER»

Abstract: *In 2012-2020, on soils typical for the majority of farms in the Tambov region, Chernozem typical heavy loam in a field grain-steam crop rotation with a combination of crops: black steam-winter wheat – soy – barley, the main soil treatment was studied in combination with*

various degrees of saturation with chemical agents (fertilizers, pesticides). Five systems of basic tillage in crop rotation were compared: the traditional dump of different depths, for winter wheat to a depth of 20-22 cm; surface for all crops (disking by 10-12 cm); for winter wheat to a depth of 20-22 cm; combined (dump-free) and (dump-surface), for winter wheat to a depth of 20-22 and 10-12 cm, respectively. Azofoska with the ratio of nutrients 16:16:16 in doses $N_{60}P_{60}K_{60}$ and $N_{30}P_{30}K_{30}$, and ammonium nitrate, in the form of spring top dressing - N_{30}, were introduced for winter wheat using the split plots method. Plant protection included two options: seed treatment and seed treatment + pesticides for crop vegetation. Among the techniques of winter wheat cultivation technologies, the most effective was the use of a complex of plant protection products (seed treatment + pesticides for crop vegetation), which provide a reliable increase in yield, with the full application of the main fertilizer $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 0.50 t/ha and 0.47 t/ha at $N_{30}P_{30}K_{30}$, on average, according to the experimental variants. It was found that in technologies with spring fertilization with ammonium nitrate (N_{30}), the yield increase was 0.36 t/ha. Less effect is obtained from the methods of basic tillage and fertilizers. The yield of winter wheat according to the main tillage methods varied in the range of 4.54-4.68 t/ha, deviations in the variants were at the level of trends. When applying a full fertilizer before sowing and in the form of spring fertilization with ammonium nitrate, there are no significant differences between the methods and the dose of application. The study of various agricultural techniques for cultivating winter wheat on a typical Chernozem with a high supply of nutrients revealed the possibility of using resource-saving methods for processing black steam in combination with spring fertilization of crops with nitrogen fertilizers and the use of plant protection products (seed treatment + herbicides, fungicides and insecticides for the vegetation of the crop).

Keywords: tillage, fertilizers, pesticides, productivity.

На современном этапе ведения земледелия широкое распространение в Российской Федерации получают ресурсосберегающие и энергосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур [1]. Традиционно применяемые технологии на основе отвальной обработки почвы весьма трудоёмки и энергозатратны. Любой элемент технологий должен быть последовательным и обеспечить высокую окупаемость затрат [2]. При выборе той или иной системы обработки почвы необходимо знать и учитывать закономерности процессов, которые происходят в почве при разных способах её обработки [3, 4, 5].

Одним из важнейших элементов технологий считается оптимизация питания растений [6]. Минеральные удобрения обеспечивают наиболее весомый прирост урожая среди других элементов технологий возделывания. При этом применение их должно быть научно обоснованным, обеспечивающим формирование высоких урожаев с хорошим качеством и не оказывать негативного влияния на окружающую среду [7, 8]. Это же относится и к применению средств химической защиты растений, которые целесообразно применять с учётом степени вредоносности вредных объектов (сорняки, вредители и болезни растений).

Из полевых культур наибольшее значение имеют зерновые культуры, среди которых ведущее место в хлебном балансе страны занимает озимая пшеница. В решении проблемы продовольственной безопасности особая роль принадлежит производству зерна.

Существующий уровень урожайности озимой пшеницы пока ещё не достигает потенциально возможного. Одной из причин нестабильной урожайности этой культуры, кроме неблагоприятных погодных условий, являются пробелы в технологиях её возделывания. Поэтому, изучение различных по интенсивности технологий возделывания озимой пшеницы в условиях северо-востока ЦЧЗ на черноземе типичном представляет практический и научный интерес.

Цель работы – провести сравнительный анализ влияния разных по интенсивности способов основной обработки почвы в комплексе с различной степенью насыщенности технологий удобрениями и средствами защиты на продуктивность озимой пшеницы.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2012-2020 гг. на опытном поле Тамбовского НИИСХ, расположенного в юго-восточной части области. Годовая сумма эффективных температур здесь составляет 2800ºС, среднее годовое количество осадков – 450-475 мм, но их выпадение по годам и периодам вегетации неравномерно; ГТК = 09-1,1. Почва опытного участка – чернозём типичный мощный, тяжёлосуглинистый.

Метеорологические условия вегетационных периодов в 2012-2020 гг. несколько различались по годам и имели определённые отклонения от среднемноголетних показателей. Достаточно благоприятными для роста и развития растений озимой пшеницы, а также формирования урожая были вегетационные периоды в 2013, 2014, 2017, 2018, 2020 гг., когда урожайность её составила 5,0-7,8 т/га. В другие годы с менее благоприятными погодными условиями, с недостаточным количеством осадков, 2012, 2015, 2016 и 2019 урожайность озимой пшеницы была на уровне 2,0-3,5 т/га.

Исследования проводили в стационарном многофакторном полевом опыте, заложенном в 1989 году. Озимую пшеницу возделывали в зернопаровом севообороте: чёрный пар - озимая пшеница – соя – ячмень. Схема опыта предусматривала изучение пяти систем основной обработки почвы в севообороте: отвальной разноглубинной – общепринятой для Тамбовской области, поверхностной (дискование на 1-12 см), безотвальной разноглубинной, комбинированной (25% отвальная + 75% безотвальная), комбинированной (25% отвальная + 75% поверхностная). При отвальной системе основной обработки почвы, под озимую пшеницу проводили вспашку на 20-22 см, поверхностной – дискование на 10-12 см, безотвальной – безотвальную на 20-22 см, комбинированных системах обработку чёрного пара под озимую пшеницу осуществляли безотвальным способом плугом без отвалов на 20-22 см и поверхностным с использованием дискатора БДМ ¾ на глубину 10-12 см.

Методом расщеплённых делянок изучали три фактора: основную обработку почвы, удобрения, защиту растений. Удобрения под озимую пшеницу вносили в следующих дозах: $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{30}P_{30}K_{30}$ – основное и N_{30} – в качестве весенней подкормки. В качестве удобрения использовали азофоску 16:16:16 и аммиачную селитру.

Для борьбы с сорняками на посевах озимой пшеницы использовали гербициды Примадонну, 0,8 л/га, Фенизан – 0,2 л/га. В целях борьбы с болезнями посевы обрабатывали фунгицидом Титул ДОУ – 0,25 л/га, для борьбы с вредителями применяли инсектициды Кинфос – 0,25 л/га, Имидор – 0,1 л/га.

Учёты и наблюдения проводили согласно общепринятым методикам [9].

Результаты исследований

Анализируя величину урожайности можно отметить наиболее весомые прибавки в результате применения комплекса средств защиты растений, включающего обработку посевов гербицидами в борьбе с сорняками и фунгицидно-инсектицидную обработку против болезней и вредителей (табл.). Прибавки урожайности по вариантам опыта варьировали от 0,26 до 0,54 т/га. При этом максимальными они были на фоне внесения $N_{60}P_{60}K_{60}$ и составляли 0,50-0,54 т/га. На вариантах с внесением аммиачной селитры в дозе N_{30} в качестве весенней подкормки, прибавка урожайности составляла 0,26-0,43 т/га, при $НСР_{05}$ средних частных различий = 0,44 т/га.

Применение различных способов обработки почвы существенно не сказалось на изменении урожайности озимой пшеницы, которая по вариантам опыта была на уровне 4,54 – 4,68 т/га. Отклонения в сторону повышения или снижения по вариантам находились в пределах ошибки опыта.

Дозы удобрений и способы их внесения также существенно не повлияли на формирование урожайности культуры. Основной причиной низкой эффективности удобрений – избыточное накопление нитратного азота по чёрному пару, достигающее 200 мг/кг почвы в слое 0-30 см. При этом наблюдалась тенденция повышения продуктивности озимой пшеницы от внесения основного удобрения перед посевом культуры, в отличие от весенней подкормки посевов. Причём, данная закономерность отмечена на фоне применения

средств защиты растений, что было присуще технологиям, основанным на ресурсосберегающих обработках, то есть, когда основную обработку парового поля проводили без оборота пласта.

Таблица

Урожайность озимой пшеницы в зависимости от обработки почвы, удобрений и средств защиты растений (в среднем за 2012-2014, 2016-2020 гг.)

Основная обработка почвы в севообороте и под озимую пшеницу	Доза удобрений	Защита растений	Урожай, т/га	Прибавка на фоне, +, –, т/га		
				обработки почвы	удобрений	пестицидов
Традиционная отвальная разноглубинная, под озимую пшеницу на 20-22 см	$N_{60}P_{60}K_{60}$	1*	4,93	-	-0,05	0,54
		2**	4,39	-	-0,16	-
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	1	4,89	-	-0,09	0,49
		2	4,40	-	-0,15	-
	N_{30} в подкормку	1	4,98	-	-	0,43
		2	4,55	-	-	-
Среднее по варианту 4,68 - - -						
Бессменная поверхностная (дискование на 10-12 см) под все культуры севооборота	$N_{60}P_{60}K_{60}$	1	4,84	-0,09	+0,08	0,54
		2	4,30	-0,09	-0,19	-
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	1	4,86	-0,03	+0,10	0,52
		2	4,34	-0,06	-0,15	-
	N_{30} в подкормку	1	4,76	-0,22	-	0,27
		2	4,49	-0,06	-	-
Среднее по варианту 4,60 -0,08 - -						
Бессменная безотвальная, под озимую пшеницу на 20-22 см	$N_{60}P_{60}K_{60}$	1	4,82	-0,17	+0,10	0,39
		2	4,43	+0,04	+0,10	-
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	1	4,70	-0,19	-0,02	0,45
		2	4,25	-0,15	-0,08	-
	N_{30} в подкормку	1	4,72	-0,26	-	0,39
		2	4,33	-0,22	-	-
Среднее по варианту 4,54 -0,14 - -						
Комбинированная (отвально-безотвальная), под озимую пшеницу безотвальная на 20-22 см	$N_{60}P_{60}K_{60}$	1	4,97	+0,04	+0,18	0,52
		2	4,45	+0,06	+0,01	-
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	1	4,73	-0,16	-0,06	0,40
		2	4,33	-0,07	-0,11	-
	N_{30} в подкормку	1	4,79	-0,19	-	0,35
		2	4,44	-0,11	-	-
Среднее по варианту 4,62 -0,06 - -						
Комбинированная (отвально-поверхностная), под озимую пшеницу дискование на 10-12 см	$N_{60}P_{60}K_{60}$	1	4,87	-0,06	+0,04	0,50
		2	4,37	-0,02	-0,11	-
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	1	4,96	+0,15	+0,13	0,49
		2	4,47	+0,07	-0,01	-
	N_{30} в подкормку	1	4,83	-0,15	-	0,37
		2	4,46	-0,08	-	-
Среднее по варианту 4,66 -0,02 - -						

$НСР_{05}$ для средних частных различий 0,44
$НСР_{05}$ для основной обработки почвы 0,16
$НСР_{05}$ для удобрений 0,21
$НСР_{05}$ для средств защиты растений 0,35

Примечание: *** – протравливание семян, * – протравливание семян + пестициды по вегетации культуры. Отсутствие данных по 2015 году – по причине гибели растений озимой пшеницы в связи с неблагоприятными погодными условиями в зимне-весенний период.*

При возделывании озимой пшеницы с использованием технологии, основанной на традиционной отвальной вспашке чёрного пара, отмечалась тенденция к снижению её продуктивности, как на вариантах с $N_{60}P_{60}K_{60}$, так и $N_{30}P_{30}K_{30}$, по сравнению с весенней подкормкой аммиачной селитрой (N_{30}). То есть, озимая пшеница лучше отзывается на внесение минеральных удобрений при возделывании её в технологиях с ресурсосберегающими способами основной обработки почвы.

Заключение

Таким образом, за восемь лет наблюдений, при возделывании озимой пшеницы в зернопаровом севообороте на чернозёме типичном с высокой обеспеченностью органическим веществом (гумус 7,0-7,5%) и подвижными формами питательных элементов (P_2O_5 – 15-20 мг и K_2O – 12-18 мг/100 г. почвы), возможно использовать технологии на основе ресурсосберегающих приёмов основной обработки почвы в комплексе со средствами защиты растений. При этом, в качестве удобрений, целесообразно использование весенней подкормки аммиачной селитрой в дозе N_{30}, вместо применения полного минерального удобрения под посев озимой пшеницы.

Литература

1. Шабалкин А.В., Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. Эффективность различных способов основной обработки почвы и средств интенсификации в борьбе с засорённостью посевов ячменя // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 2 (30). – С. 139-144. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11104.
2. Кирюшин В.И. Научно-инновационное обеспечение приоритетов развития сельского хозяйства. //Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 3. – С. 5-10.
3. Вольтере И.А., Власова О.И., Трубачёва П.В. и др. Влияние традиционной технологии возделывания и прямого посева полевых культур на агрофизические факторы почвенного плодородия чернозёма обыкновенного в зоне неустойчивого увлажнения // Агрофизика. – 2018. – № 4. – С. 24-30.
4. Воронцов В.А. Концепция технологии основной обработки чернозёмных почв на основе энерго – и ресурсосберегающих приёмов в северо-восточном регионе Центрального Черноземья. /ФАНО, ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина». – Тамбов. – 2016. – 74 с.
5. Victor Vorontsov, Yuri Skorochkin, Olga Ivanova, Alexey Shabalkin, and Elena Dudova Computation of Typical Chernozem in Long-Run Response to Primary Tillage Operations /J. Comput. Theor. Nanosci. 16, 250-254 (2019).
6. Цховребов В.С., Есаулко А.Н., Новиков А.А. Современные проблемы плодородия почв Ставрополья. // Агрохимический вестник. – 2017. – № 4. – С. 3-8.
7. Шабалкин А.В., Иванова О.М., Скорочкин Ю.П., Воронцов В.А. и др. Технология выращивания озимой пшеницы в Тамбовской области. – Тамбов. 2019. – 158 с.
8. Сычёв В.Г., Рухович О.В., Беличенко М.В. Географическая сеть опытов с удобрениями (состояние, перспективы и современные вызовы). /Итоги выполнения программы фундаментальных научных исследований государственных заданий на 2013-2020 гг.: материалы Всероссийского координационного совещания научных учреждений – участников Географической сети опытов с удобрениями. М.: ВНИИ Агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2018. – С. 4-11.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос. – 1979. – 416 с.

References

1. Shabalkin A.V., Vorontsov V.A., Skorochkin Yu.P. Effektivnost' razlichnykh sposobov osnovnoi obrabotki pochvy i sredstv intensifikatsii v bor'be s zasorennost'yu posevov yachmenya [The effectiveness of various methods of basic tillage and means of intensification in the fight against infestation of barley crops.]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, no. 2 (30), 2019, pp. 139-144. DOI: 10.24411/2309-348Kh-2019-11104 (In Russian)
2. Kiryushin V.I. Nauchno-innovatsionnoe obespechenie prioritetov razvitiya sel'skogo khozyaistva [Scientific and innovative support of agricultural development priorities]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2019, v. 33, no. 3, pp. 5-10. (In Russian)
3. Vol'tere I.A., Vlasova O.I., Trubacheva P.V. et al. Vliyanie traditsionnoi tekhnologii vozdelyvaniya i pryamogo poseva polevykh kul'tur na agrofizicheskie faktory pochvennogo plodorodiya chernozema obyknovennogo v zone neustoichivogo uvlazhneniya [Influence of traditional cultivation technology and direct sowing of field crops on agrophysical factors of soil fertility of ordinary chernozem in the zone of unstable moisture]. *Agrofizika*. 2018, no. 4, pp. 24-30. (In Russian)
4. Vorontsov V.A. Kontseptsiya tekhnologii osnovnoi obrabotki chernozemnykh pochv na osnove energo - i resursosberegayushchikh priemov v severo-vostochnom regione Tsentral'nogo Chernozem'ya [The concept of the technology of the main cultivation of chernozem soils based on energy and resource-saving methods in the north-eastern region of the Central Chernozem region]. *FANO, FGBNU «FNTs im. I.V. Michurina»*. Tambov, 2016, 74 p. (In Russian)
5. Victor Vorontsov, Yuri Skorochkin, Olga Ivanova, Alexey Shabalkin, and Elena Dudova. Computation of Typical Chernozem in Long-Run Response to Primary Tillage Operations J. Comput. Theor. Nanosci. 16, 250-254 (2019).

6. Tskhovrebov V.S., Esaulko A.N., Novikov A.A. Sovremennye problemy plodorodiya pochv Stavropol'ya [Modern problems of soil fertility in the Stavropol region]. *Agrokhimicheskii vestnik*, 2017, no. 4, pp. 3-8. (In Russian)
7. Shabalkin A.V., Ivanova O.M., Skorochkin Yu.P., Vorontsov V.A. et al. Tekhnologiya vyrashchivaniya ozimoi pshenitsy v Tambovskoi oblasti [Technology for growing winter wheat in the Tambov region]. *M-vo nauki i vysshego obrazovaniya RF, Tambovskii NIISKh - filial FGBNU «FNTs im. I.V. Michurina»*. Tambov, 2019, 158 p. (In Russian)
8. Sychev V.G., Rukhovich O.V., Belichenko M.V. Geograficheskaya set' opytov s udobreniyami (sostoyanie, perspektivy i sovremennye vyzovy). Itogi vypolneniya programmy fundamental'nykh nauchnykh issledovanii gosudarstvennykh zadanii na 2013-2020 gg.: materialy Vserossiiskogo koordinatsionnogo soveshchaniya nauchnykh uchrezhdenii - uchastnikov Geograficheskoi seti opytov s udobreniyami [Geographic network of fertilizer experiments (state, prospects and current challenges). Results of implementation of program of fundamental scientific research of state assignments for 2013-2020: materials of the All-Russian coordination meeting of scientific institutions - participants of the Geographic network of experiments with fertilizers]. Moscow, *VNII Agrokhimii imeni D.N. Pryanishnikova*, 2018, pp. 4-11. (In Russian)
9. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Field experience]. Moscow: «*Kolos*», 1979, 416 p. (In Russian)

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-59-65

УДК 633.16:631.523

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ РАЗЛИЧНОГО ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

А.А. АНДРЕЕВ, ORCID ID: 0000-0003-2529-831X
М.К. ДРАЧЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук
ORCID ID: 0000-0001-7542-5730, E-mail: drasheva_m@mail.ru
И.А. КУТЕПОВА, ORCID ID: 0000-0003-4514-8044

ТАМБОВСКИЙ НИИСХ – ФИЛИАЛ ФГБНУ «ФНЦ ИМЕНИ И.В. МИЧУРИНА»

Представлены результаты изучения сортов озимой пшеницы различного эколого-географического происхождения в условиях северо-восточной части ЦЧР. Целью нашей работы является выделение наиболее ценных форм для ведения селекционной работы. Изучение сортов проводили в течение 2016-2020 годов. Средняя урожайность сортов озимой пшеницы варьировала в широких пределах от 11,8 ц/га до 92,0 ц/га. В среднем за пять лет испытания наилучшие показатели по урожайности отмечены у сортов: Бирюза (Самарский НИИСХ) – 54,8 ц/га, Ариадна (Белоруссия) – 56,6 ц/га, Колос Мироновский (Украина) – 55,9 ц/га, Подолянка – 55,3 ц/га. Среди изучаемых сортов следует выделить сорта с высокой массой 1000 зерен: Лидия, Жемчужина Поволжья, Ариадна (Россия), Диканька (Украина), Колос Мироновский, Веста, Подолянка, Zumoiarka, Мироновская 67 (Украина); высоким показателем выравненности зерна – Ариадна (Россия), Zumoiarka, Диканька (Украина); высоким содержанием белка и клейковины в зерне Жемчужина Поволжья, Ариадна, Бирюза, Богданка, Сила (Россия), Диканька (Украина). Особенно ценны для селекционной работы сорта, сочетающие несколько положительных качеств. К ним можно отнести сорта Ариадна (Россия) и Диканька (Украина), которые имели высокую массу 1000 зерен, выравненность зерна и содержание белка и клейковины в зерне.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, урожайность, зерно, показатели качества.

PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY OF WINTER WHEAT VARIETIES OF VARIOUS ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL ORIGINS

A.A. Andreev, ORCID ID: 0000-0003-2529-831X;
M.K. Dracheva, ORCID ID: 0000-0001-7542-5730,
E-mail: drasheva_m@mail.ru;
I.A. Kutepova, ORCID ID: 0000-0003-4514-8044;

TAMBOV SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE – BRANCH OF FSBSI «I.V. MICHURIN FEDERAL SCIENTIFIC CENTER»

Abstract: *The paper presents the results of studying winter wheat varieties of various ecological and geographical origins in the northeastern part of the Central Black Earth Region. The purpose of our work is to highlight the most valuable forms for breeding work. The study of varieties was carried out during 2016-2020. The average yield of winter wheat varieties varied widely from 11.8 c/ha to 92.0 c/ha. On average, over five years of testing, the best yield indicators were noted in varieties: Biryuza (Samara Research Institute of Agriculture) - 54.8 c/ha, Ariadna (Belarus) - 56.6 c/ha, Kolos Mironovskii (Ukraine) - 55.9 c /ha, Podolyanka - 55.3 c/ha. Among the studied varieties, varieties with a high mass of 1000 grains should be distinguished: Lidiya (Russia), Zhemchuzhina Povolzh'ya (Russia), Ariadna (Russia), Dikan'ka (Ukraine), Kolos Mironovskii (Ukraine), Vesta (Ukraine), Podolyanka (Ukraine), Zumoiarka (Ukraine), Mironovskaya 67 (Ukraine); high level of grain uniformity: Ariadna (Russia), Zumoiarka*

(Ukraine), Dikan'ka (Ukraine); high in protein and gluten in grains: Zhemchuzhina Povolzh'ya (Russia), Ariadna (Russia), Biryuza (Russia), Bogdanka (Russia), Sila (Russia), Dikan'ka (Ukraine). Varieties combining several positive qualities are especially valuable for breeding work. These include varieties Ariadna (Russia) and Dikanka (Ukraine), which had a high mass of 1000 grains, grain uniformity and protein and gluten content in the grain.

Keywords: winter wheat, variety, yield, grain, quality indicators.

Введение

К ценным продовольственным культурам в большинстве стран мира относят пшеницу, так как она имеет большое значение в питании человека. В мировом земледелии пшеница занимает первое место среди других сельскохозяйственных культур, ее возделывают во всех частях света на площади 216 млн. га. Наибольшие посевные площади пшеницы имеют Китай, США, Индия, Канада, Аргентина, Франция. По посевным площадям и производству зерна пшеницы Российская Федерация стоит на одном из первых мест в мире, площадь занятая пшеницей, составляет 22,2 млн. га. Стабильное производство достаточного количества зерна озимой пшеницы высокого качества – одно из важных условий продовольственной безопасности России, так как рынок зерна формирует системообразующую среду продовольственного комплекса страны. Приоритетное значение производства качественного зерна озимой пшеницы определяется его большой социальной значимостью в решении проблемы обеспечения населения хлебом и хлебобулочными изделиями. Одним из факторов увеличения производства зерна пшеницы является создание новых сортов, отвечающих современным требованиям сельскохозяйственного производства. Это предполагает вовлечение в селекционный процесс нового исходного материала, адаптированного к конкретным условиям региона [1, 2, 3].

Целью работы является изучение коллекции озимой пшеницы, выделение наиболее ценных форм для ведения целенаправленной селекционной работы, что является весьма актуальным и имеет большое теоретическое и практическое значение.

Материал и методы исследований

Исследования проводили на поле отдела селекции зерновых культур Тамбовского НИИСХ в течение 2016-2020 гг. Объектом исследования были взяты 38 сортов озимой пшеницы разного эколого-географического происхождения (рис.1). Опыт закладывали в соответствии с методикой полевого опыта [4]. Оценку качества зерна проводили по следующим методикам: содержание белка в зерне ГОСТ108460 – 91; определение количества и качества клейковины в зерне ГОСТ 13586.1 – 68.

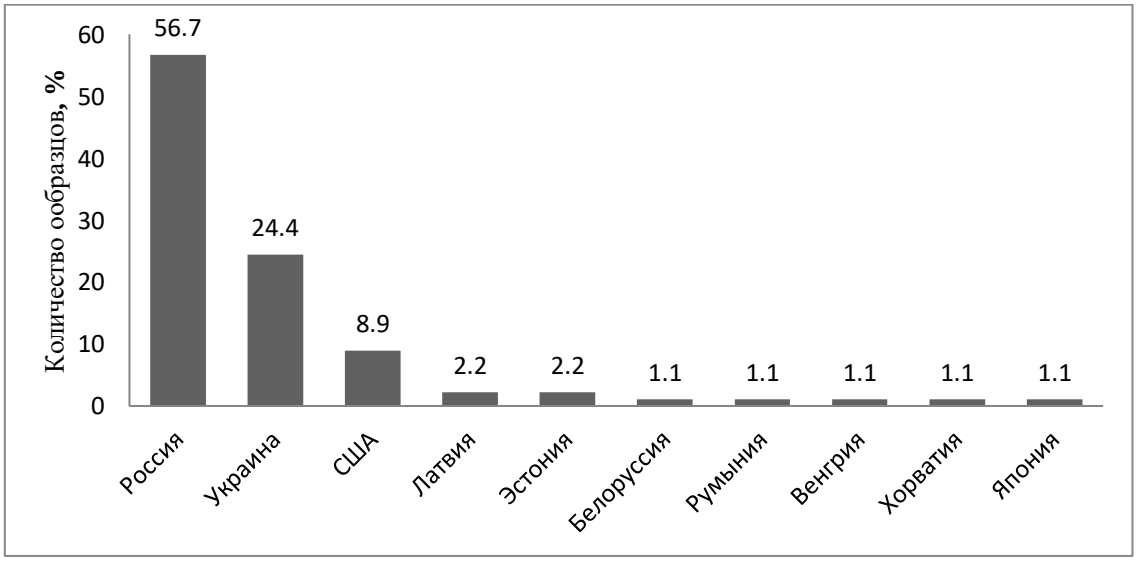

Рис. 1. Происхождение образцов коллекции озимой пшеницы

Результаты и их обсуждение

Погодные условия за пять лет изучения сортов озимой пшеницы складывались различными, это дает возможность объективно подойти к оценке сортов и изучить их особенности роста и развития в условиях северо-восточной части ЦЧР. Согласно индексу условий среды (i) наиболее благоприятные условия для развития растений сложились в 2020 году, индекс условий среды составил +19,4, а в неблагоприятном 2019 году i = -25,6. Показатели среднесуточной температуры и осадки за эти годы представлены на рисунках 2 и 3. В 2019 году за период вегетации озимой пшеницы выпало 267,3 мм осадков, или 143,0% от средних многолетних показателей, но распределение их по годам было не равномерным. Большое отрицательное влияние на рост и развитие растений озимой пшеницы в условиях 2019 года оказали выпавшие в мае осадки. Осадков выпало 188,0 мм, что в 9,6 раза больше многолетних значений. В этот период посевы озимой пшеницы были ослаблены после перезимовки, а излишнее переувлажнение привело к частичной гибели и изреженности посевов к уборке. Средняя температура воздуха за период вегетации составила 16,4ºС, на 2,0ºС выше многолетних значений. Вегетационный период 2020 года характеризовался сухими и жаркими погодными условиями: выпало 104,5 мм осадков, температура воздуха была 16,0ºС. Положительное влияние на рост и развитие растений озимой пшеницы весной оказали осадки, выпавшие в зимний период, которые способствовали интенсивному росту растений.

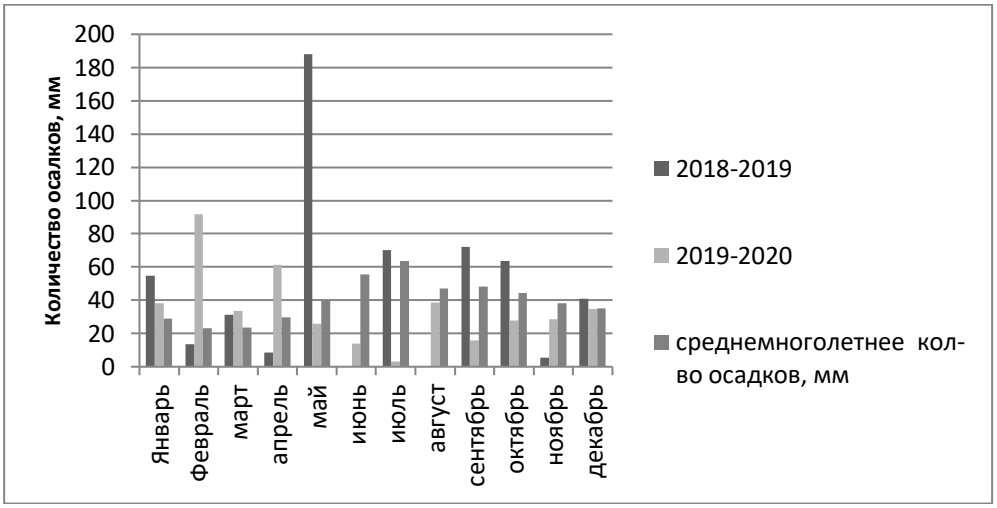

Рис. 2. Среднемесячное количество осадков, мм (за 2019-2020 годы)

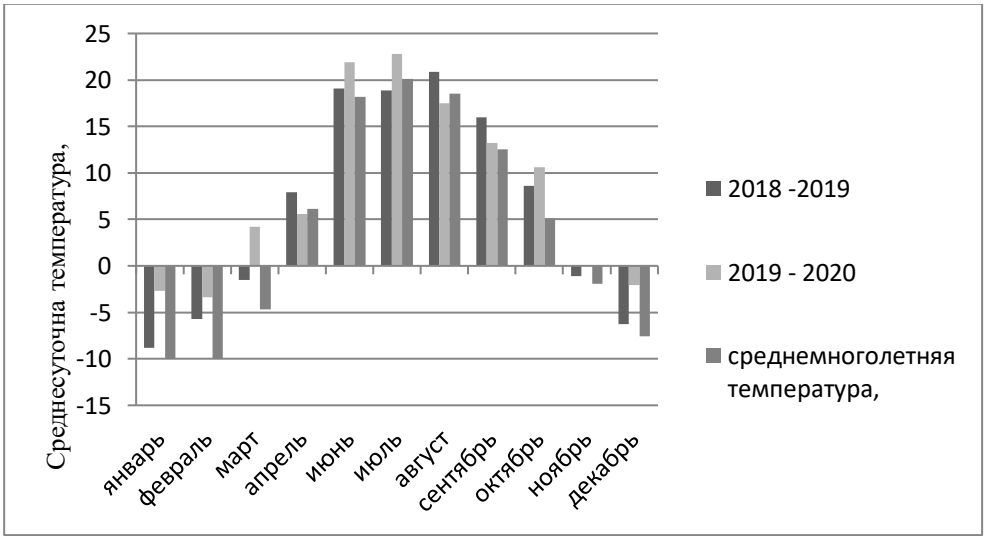

Рис. 3. Среднемесячная температура воздуха, ºС (за 2019 и 2020 годы)

Из совокупности изучаемых в коллекционном питомнике сортов озимой пшеницы по доверительному интервалу отобрано 15 высокоурожайных сортов, которые представлены в таблице 1. В благоприятном 2020 году урожайность сортов колебалась от 55,8 до 85,0 ц/га. В 2019 году урожайность на 53,2-78,8% была ниже, чем в благоприятном 2020 году и составила 11,8-39,8 ц/га. Проанализировав урожайность по сортам, следует отметить, что они по-разному реагировали на влияние погодных условий. Отдельные сорта в меньшей степени снижали продуктивность под влиянием климата: Лидия (Россия), Донская Лира (Россия), Августа (Россия), Zumoiarka (Украина), Колос Мироновский (Украина), Подолянка (Украина). Другая группа сортов при неблагоприятных погодных условиях резко снижают урожайность, к таким отнесены следующие генотипы – Жемчужина Поволжья (Россия), Бирюза (Россия), Сила (Россия), Веста (Украина) (табл. 1). Высокая отзывчивость на благоприятные условия – это положительная характеристика сорта. В тоже время повышение отзывчивости на условия выращивания ведет к снижению стабильности сорта и не способствует усилению стрессоустойчивости. В производственных условиях это явление нежелательное, так как продуктивность таких сортов будет сильно зависеть не только от погодных условий, но и от применения техногенных средств [5].

Средняя урожайность сортов озимой пшеницы варьировала в широких пределах от 11,8 ц/га до 92,0 ц/га (табл. 1). В среднем за пять лет испытания наилучшие показатели по урожайности отмечены у следующих сортов: Бирюза (Самарский НИИСХ) – 54,8 ц/га, Ариадна (Белоруссия) – 56,6 ц/га, Колос Мироновский (Украина) – 55,9 ц/га, Подолянка – 55,3 ц/га.

Высота растений – важный морфологический признак в селекционной практике, так как он тесно связан с устойчивостью к полеганию и продуктивностью растений. Из-за полегаемости высокорослых форм, приводящей к потере урожая, современная селекция направлена на уменьшение длины стебля, однако карликовые формы менее урожайны. Высота изучаемых сортов озимой пшеницы в годы исследований варьировала от 77,7см (Bunchuk) до 94,1см (Zumoiarka). Все эти сорта относятся к группе низкорослые (табл. 2).

Таблица 1

Урожайность сортов озимой пшеницы

Сорт	Происхождение	Урожайность, ц/га					
		2016	2017	2018	2019	2020	Среднее за 5 лет
Лидия	Россия	39,8	56,0	53,7	31,5	70,0	50,2
Донская Лира	Россия	42,3	59,0	57,5	37,8	68,8	53,1
Августа	Россия	42,0	45,8	69,5	32,0	62,3	50,3
Жемчужина Поволжья	Россия	39,0	63,8	48,5	18,3	85,0	50,9
Бирюза	Россия	43,3	74,3	60,7	11,8	84,0	54,8
Богданка	Россия	40,3	64,5	76,0	32,0	55,8	53,7
Ариадна	Россия	53,3	46,5	64,5	34,3	84,3	56,6
Сила	Россия	34,5	92,0	49,7	25,3	64,0	53,1
Bunchuk	Украина	40,5	61,5	64,3	24,5	70,0	52,2
Zumoiarka	Украина	45,8	56,5	66,0	32,0	66,5	53,4
Диканька	Украина	55,0	56,5	52,3	16,3	73,8	50,8
Колос Мироновский	Украина	57,5	55,0	56,7	32,8	77,5	55,9
Мироновская 67	Украина	41,3	61,8	54,5	19,0	66,3	48,6
Веста	Украина	37.0	69,8	52,3	22,8	80,0	52,4
Подолянка	Украина	41,8	6,5	52.0	39,8	76,8	55,3

Анализ структуры урожая – важный метод оценки развития культурных растений, он позволяет установить закономерности формирования урожая. Результаты анализа структуры урожая проведены в таблицы 2. Основными элементами структуры семенной продуктивности растений озимой пшеницы являются: продуктивная кустистость, длина колоса, число колосков в колосе, число зерен в колосе, масса зерна с колоса и растения.

Кустистость определяется многими факторами среды, в которой произрастает растение, и особенностями сорта. В наших исследованиях продуктивная кустистость у изучаемых сортов изменялась от 1,9 до 3,5. Кустистость выше 2,5 имели сорта: Донская Лира, Бирюза, Богданка, Ариадна, Сила (Россия), Веста (Украина).

Число зерен в колосе представляет интерес для селекции и изменяется в зависимости от условий выращивания. В среднем за годы исследований признак «число зерен в колосе» изменялся от 37,3 шт. (Диканька) до 48,1шт. (Мироновская 67). Пределы варьирования массы зерна с колоса составляет от 1,34 г (Диканька) до 2,39 г (Мироновская 67).

Масса зерна с растения – один из сложных признаков, обусловленный взаимодействием многих генов и влиянием почвенно-климатических и агротехнических условий. Масса зерна с одного растения изменялась у сортов от 2,20 г Колос Мироновский до 4,50 г Веста (Украина).

Масса 1000 зерен характеризует выполненность семян, которая зависит от условий среды. Масса 1000 зерен в среднем за годы исследований варьировала от 34,6 г (Bunchuk) до 42,9 г (Лидия и Мироновская 67) (таб. 3). Основная часть изучаемых сортов имела массу 1000 зерен выше 40 г, это сорта – Лидия, Жемчужина Поволжья, Ариадна (Россия), Диканька, Колос Мироновский, Веста, Подолянка, Zumoiarka, Мироновская 67 (Украина). Массу 1000 зерен от 34,6 до 38,7 г сформировали сорта Донская Лира, Августа, Бирюза, Богданка, Сила (Россия), Bunchuk (Украина).

Таблица 2

Анализ структуры урожая в коллекционном питомнике за 5 лет

Сорт	Происхождение	Среднее за 2016-2020 гг.						
		Высота растений, см	Продуктивная кустистость	Длина колоса, см	Число колосков в колосе	Число зерен в колосе, см	Масса зерна с колоса, г	Масса зерна с одного растении, г
Лидия	Россия	81,0	2,4	8,8	19	41,5	1,83	3,39
Донская Лира	Россия	80,7	2,7	9,2	19	43,4	1,77	3,63
Августа	Россия	88,0	2,1	8,2	17	39,9	1,39	2,23
Жемчужина Поволжья	Россия	85,0	2,0	9,2	19	45,3	1,87	2,91
Бирюза	Россия	79,5	2,6	8,9	19	44,5	1,77	3,56
Богданка	Россия	88,2	3,5	8,2	17	39,5	1,40	3,39
Ариадна	Россия	92,6	3,0	8,2	17	41,5	1,72	3,77
Сила	Россия	87,1	2,5	8,7	17	41,2	1,89	4,48
Bunchuk	Украина	77,7	2,4	8,8	19	44,3	1,70	3,62
Zumoiarka	Украина	94,1	2,3	8,2	17	40,0	1,54	3,44
Диканька	Украина	89,8	2,3	8,5	17	37,3	1,34	2,22
Колос Мироновский	Украина	90,6	2,1	8,5	17	39,2	1,38	2,20
Мироновская 67	Украина	87,7	2,4	9,9	19	48,1	2,39	3,89
Веста	Украина	91,9	2,7	8,7	19	46,8	2,01	4,50
Подолянка	Украина	93,0	1,9	8,4	17	40,1	1,82	3,22

Выравненность – это показатель техничности зерна, чем выше выравненность, тем выше степень выполненности зерна и, следовательно, выше выход муки. По данному показателю сорта варьировали от 91,4% (Богданка) до 98,3% (Диканька).

Важным признаком, от количества и качества которого зависят питательные свойства и хлебопекарные достоинства сортов пшеницы, является массовая доля белка в зерне. В наших исследованиях этот показатель в среднем изменялся от 15,16% (Мироновская 67) до 17,82 % (Лидия). Содержание белка в зерне выше 17% отмечено у сортов озимой пшеницы Лидия, Донская Лира, Жемчужина Поволжья, Бирюза, Богданка, Ариадна, Сила (Россия), Диканька (Украина).

Количество клейковины – важный показатель качества зерна, в значительной степени влияющий на качество конечных продуктов муки и хлебобулочных изделий. В среднем за годы испытания содержание клейковины в зерне изменялось от 28,8 до 39,3%. Многие сорта имели высокое содержание клейковины в зерне 32% и выше, но она по качеству не соответствовала первой группе.

Таблица 3

Характеристика сортов озимой пшеницы в коллекционном питомнике по хозяйственно ценным признакам за 5 лет испытаний

Сорт	Происхождение	Среднее за 2016-2020 гг.				
		Масса 1000 зерен, г	Выравненность, %	Содержание в зерне		
				белка,%	клейковины, %	ИДК
Лидия	Россия	42,9	95,4	17,82	33,1	98
Донская Лира	Россия	38,7	93,0	17,07	30,1	74
Августа	Россия	38,5	95,0	16,85	29,7	81
Жемчужина Поволжья	Россия	40,1	95,4	17,02	33,5	87
Бирюза	Россия	37,6	95,1	17,75	34,1	88
Богданка	Россия	35,8	91,4	17,07	34,9	92
Ариадна	Россия	40,4	97,5	17,46	34,1	88
Сила	Россия	36,6	92,4	17,41	38,1	96
Bunchuk	Украина	34,6	94,0	15,88	28,8	88
Zumoiarka	Украина	41,7	97,8	16,01	34,0	97
Диканька	Украина	40,1	98,3	17,69	39,3	97
Колос Мироновский	Украина	40,2	96,8	16,11	28,9	96
Мироновская 67	Украина	42,9	96,8	15,16	30,0	95
Веста	Украина	41,3	96,3	15,41	29,0	88
Подолянка	Украина	42,8	96,8	16,08	33,1	90

Заключение

В условиях северо-восточной части ЦЧР в коллекционном питомнике выделено 15 лучших по урожайности сортов озимой пшеницы. Урожайность этих сортов в среднем за годы изучения составляла 48,6-55,9 ц/га. Особенно ценны для селекционной работы сорта, сочетающие несколько положительных качеств. К ним можно отнести сорта Ариадна (Россия) и Диканька (Украина), которые имели высокую массу 1000 зерен, выравненность зерна, содержание белка и клейковины в зерне.

Литература

1. Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений. – Кишинев: Штнинца, – 1988.
2. Андреев А.А., Драчева М.К. Оценка адаптивной способности сортов ярового ячменя и подбор родительских пар для селекционного процесса //Зерновое хозяйство России, – 2019. – №4 (64). – С.42-46.

3. Сеферова И.В., Перчук И.Н., Бойко А.П. Результаты изучения коллекционных образцов сои на Адлерской опытной станции ВИР в 2016-2018 гг. //Зернобобовые и крупяные культуры, – 2020. – № 3. – С.51-57**.** DOI: 10.24411/2309-348x-2020-11185
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. – Изд. 4-е перераб. и доп. – М.: «Колос», – 1979. – 416 с.
5. Андреев А.А., Драчева М.К., Зеленёва Ю.В., Судникова В.П. Выделение источников ценных качеств при подборе родительских пар на основе биометрических расчетов //Вестник Мичуринского государственного аграрного университета, – 2020. – №3 (62). – С.39-43.

References

1. Zhuchenko A.A. Adaptivnyi potentsial kul'turnykh rastenii [Adaptive potential of cultivated plants]. Kishinev: Shtnintsa, 1988. (In Russian)
2. Andreev A.A., Dracheva M.K. Otsenka adaptivnoi sposobnosti sortov yarovogo yachmenya i podbor roditel'skikh par dlya selektsionnogo protsessa [Assessment of the adaptive capacity of spring barley varieties and selection of parental pairs for the breeding process]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2019, no.4(64), pp.42-46. (In Russian)
3. Seferova I.V., Perchuk I.N., Boiko A.P. Rezul'taty izucheniya kollektsionnykh obraztsov soi na Adlerskoi opytnoi stantsii VIR v 2016-2018 gg. [The results of the study of collection samples of soybeans at the Adler experimental station of VIR in 2016-2018.] *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2020, no.3, pp.51-57. DOI: 10.24411/2309-348x-2020-11185 (In Russian)
4. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. The 4th ed., reprint, with additions. Moscow: «*Kolos*», 1979, 416 p. (In Russian)
5. Andreev A.A., Dracheva M.K., Zeleneva Yu.V., Sudnikova V.P. Vydelenie istochnikov tsennykh kachestv pri podbore roditel'skikh par na osnove biometricheskikh raschetov [Identification of sources of valuable qualities in the selection of parental couples based on biometric calculations]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, no.3 (62), pp.39-43. (In Russian)

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-66-75
УДК 633.111.1:631.526.322

ФИОЛЕТОВОЗЕРНЫЙ СОРТ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НАДИРА

Н.З. ВАСИЛОВА, Д.Ф. АСХАДУЛЛИН, Д.Ф. АСХАДУЛЛИН,
Э.З. БАГАВИЕВА, кандидаты сельскохозяйственных наук
М.Р. ТАЗУТДИНОВА, И.И. ХУСАИНОВА
E-mail: nurania59@mail.ru; E-mail: tatnii-rape@mail.ru

ТАТАРСКИЙ НИИСХ – ОСП ФИЦ «КАЗАНСКИЙ НЦ РАН»

Согласно Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, в ближайшей перспективе предполагается расширение ассортимента продуктов здорового питания. Вследствие этого необходим поиск соответствующих пищевых источников. К веществам, способствующим профилактике ряда серьезных заболеваний человека, относятся антиоксиданты, а одним из важных параметров качества пищевых продуктов и ингредиентов выступает их антиоксидантная активность. В связи с этим, цельнозерновые продукты питания из цветного зерна злаков, содержащие помимо пищевых волокон природные пигменты антоцианы, представляют особый интерес и всё больше используются для производства продуктов функционального питания. Получение сортов с окрашенным зерном (красным, фиолетовым, голубым, чёрным) является мировым трендом в селекции злаков. Несмотря на широкое использование злаков с окрашенным зерном для производства продуктов функционального питания в странах Юго-Восточной Азии, в Европе и Северной Америке в России это направление пока развивается очень слабо, главным образом, в связи с отсутствием фиолетовозёрных сортов российской селекции.

Впервые в истории для условий Средневолжского региона создан сорт яровой мягкой пшеницы Надира (фиолетовозерный) с повышенной антиоксидантной активностью спиртовых экстрактов зерна и потенциалом урожайности более 5,5 т/га. Сорт Надира имеет фиолетовую окраску перикарпия зерна, что сопровождается повышенным содержанием антоцианов, которые характеризуются высокой антиоксидантной активностью. Сорт Надира среднеспелый. Средняя урожайность в конкурсном сортоиспытании за 2016-2018 гг. – 4,8 т/га (у стандарта Йолдыз – 4,7 т/га). Высота растений в среднем за три года составила 103,9 см; число колосков в колосе 16,9, число зерен 29,2 шт.; масса 1000 зерен 41,6 г, а масса зерна с колоса 1,23 г. Сорт имеет высокую полевую устойчивость к пыльной головне, средневосприимчив к бурой ржавчине и мучнистой росе. Среднее содержание белка в зерне 13,8%, сырой клейковины 25,5%; разжижение теста, валориметрическая оценка и общая хлебопекарная оценка сорта Надира соответствует требованиям, предъявляемым к ценным сортам.

***Ключевые слова*:** яровая мягкая пшеница, антоцианы, сорт, урожайность, качество, устойчивость к болезням.

VIOLET-GREEN VARIETY OF SPRING SOFT WHEAT NADIRA

N.Z. Vasilova, D.F. Askhadullin, D.F. Askhadullin, E.Z. Bagavieva,
M.R. Tazutdinova, I.I. Khusainova

TATAR RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE – SSU FRC «KazSC RAS»

Abstract: *According to the Doctrine of Food Security of the Russian Federation, it is planned to expand the range of healthy food products in the near future. As a result, it is necessary to search for appropriate food sources. The substances contributing to the prevention of a number of serious human diseases include antioxidants, and one of the important parameters of the quality of food*

products and ingredients is their antioxidant activity. In this regard, whole-grain foods from non-ferrous grains of cereals, containing natural pigments and antioxidants in addition to dietary fiber, are of particular interest and are increasingly being used for the production of functional nutrition products. Obtaining varieties with colored grain (red, purple, blue, black) is a global trend in the breeding of cereals. Despite the widespread use of cereals with colored grain for the production of functional nutrition products in the countries of Southeast Asia, Europe and North America, this direction is still developing very poorly in Russia, mainly due to the lack of purple-colored varieties of Russian breeding.

For the first time in history, for the conditions of the Middle Volga region, a variety of spring soft wheat Nadir (violet-green) was created with increased antioxidant activity of alcoholic grain extracts and a yield potential of more than 5.5 t/ha. The Nadir variety has a purple color of the grain pericarp, which is accompanied by an increased content of anthocyanins, which are characterized by high antioxidant activity. The Nadir variety is medium-ripe. The average yield in the competitive variety testing for 2016-2018 is 4.8 t/ha (the Yoldyz standard is 4.7 t/ha). The average height of plants over three years was 103.9 cm; the number of spikelets in the ear is 16.9, the number of grains is 29.2 pcs.; the weight of 1000 grains is 41.6 g, and the weight of grain from the ear is 1.23 g. The variety has a high field resistance to dusty smut, medium-susceptible to brown rust and powdery mildew. The average protein content in the grain is 13.8%, crude gluten is 25.5%; dough dilution, valorimetric evaluation and general bakery evaluation of the Nadir variety meets the requirements for valuable varieties.

Keywords: spring soft wheat, anthocyanins, variety, yield, quality, disease resistance.

Известно, что рацион питания современного человека характеризуется значительным однообразием используемых для приготовления пищи видов растений по сравнению с более ранними периодами человеческой истории. Сужение ассортимента выращиваемых видов растений сопровождается также обеднением их химического состава [1]. Применение рафинированных продуктов питания и искусственных добавок наряду со снижением жизненно важных микроэлементов, витаминов, флавоноидов и других биологически активных веществ, способствуют снижению антиоксидантной защиты организма человека, повышая риск возникновения и развития различных хронических заболеваний, в первую очередь сердечно – сосудистых и онкологических. В Японии в 1991 году были приняты законодательные акты о функциональных продуктах питания. Концепция функционального питания в Европе начала разрабатываться лишь с середины 90-х годов. В результате многочисленных дискуссий, проходивших в 1995-1998 гг., был разработан итоговый документ, получивший название «Научная концепция функциональных продуктов питания в Европе» (Scientific Concepts of Functions Food in Europe). Согласно этой концепции, продукты функционального питания являются особой группой, которая не относится к категории лекарственных препаратов и лечебной пищи, однако используется для улучшения функционирования систем организма и повышения здоровья человека. В России в 2005 году был опубликован национальный стандарт ГОСТ Р 52349-2005 согласно которому, функциональный пищевой продукт – это пищевой продукт, предназначенный для систематического употребления в составе пищевых рационов всеми возрастными группами здорового населения, снижающий риск развития заболеваний, связанных с питанием, сохраняющий и улучшающий здоровье за счет наличия в его составе физиологически функциональных пищевых ингредиентов. Существует несколько обязательных условий, без которых продукт не может считаться функциональным. Прежде всего, все вещества в нем должны иметь природное происхождение. Согласно Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, в ближайшей перспективе предполагается расширение ассортимента продуктов здорового питания. Вследствие этого необходим поиск соответствующих пищевых источников. К веществам, способствующим профилактике ряда серьезных заболеваний человека, относятся антоцианы, а одним из важных параметров качества пищевых продуктов и ингредиентов выступает их антиоксидантная активность [2].

В связи с этим, цельнозерновые продукты питания из цветного зерна злаков, содержащие помимо пищевых волокон природные пигменты и антиоксиданты, представляют особый интерес и всё больше используются для производства продуктов функционального питания [3]. В настоящее время суммарное содержание антиоксидантов и их антиоксидантная активность достаточно полно установлены в овощах и фруктах. В некоторых сортах злаков содержание природных антиоксидантов достигает уровня, характерного для фруктов и ягод.

В последние годы в некоторых западных странах начаты работы по изучению содержания антиоксидантов в зерне различных культурных злаков. В России лишь небольшое количество работ посвящено исследованию этих важных химических соединений в зерне злаковых культур. Следует отметить, что, хотя зерновые культуры считаются одним из основных компонентов питания человека, исследований в области определения их антиоксидантной активности проведено недостаточно [2]. Самые сильные природные антиоксиданты – флавоноиды, более слабые – витамины Е, С и каротиноиды [4]. Наряду с флавоноидами к сильным антиоксидантам относятся фенольные кислоты – производные бензойной и коричной кислот. Антоцианы представляют собой водорастворимые растительные пигменты, принадлежащие к группе полифенольных соединений флавоноидов. Они обладают профилактическими свойствами против развития сердечно-сосудистых, онкологических заболеваний и ряда неврологических, включая болезни Альцгеймера и Паркинсона. Цвет зерна фиолетовозерных сортов пшеницы определяется наличием цианидин-3-глюкозида, основного антоциана пшеницы, локализованного, главным образом, в перикарпии зерновки [5].

Мировой рынок функциональных продуктов интенсивно развивается, ежегодно увеличиваясь на 15-20%, что отражает современный тренд – стремление населения к полезному и сбалансированному питанию [6].

Получение сортов с окрашенным зерном (красным, фиолетовым, голубым, чёрным) является мировым трендом в селекции злаков, такие сорта получены у риса, сорго, кукурузы, пшеницы. Несмотря на широкое использование злаков с окрашенным зерном для производства продуктов функционального питания в странах Юго-Восточной Азии, в Европе и Северной Америке в России это направление пока развивается очень слабо, главным образом, в связи с отсутствием фиолетовозёрных сортов российской селекции. В настоящее время в Государственном реестре РФ не зарегистрированы сорта мягкой пшеницы, из зерна которых могут производиться продукты, содержащие антоцианы [7].
Одним из важнейших факторов, во многом определяющим возникновение новых точек роста в сфере функциональных продуктов питания, является наличие научно-технологических заделов [8].

В Омском аграрном университете созданы линии фиолетовозерных пшениц, которые предлагаются для органического земледелия. В институте цитологии и генетики СО РАН также ведутся работы по созданию фиолетовозерных линий яровой пшеницы. Исследования, проводимые российскими биологами в институте на больных мышах показали, что у особей, которых кормили зерном фиолетовой пшеницы, когнитивные способности улучшились. Более того, наблюдался некоторый процесс восстановления нейронов, что подтверждено исследованиями биохимических процессов мозга [9]. Ученые Института цитологии и генетики СО РАН также проводят оценку продукции из форм пшеницы с повышенным уровнем биофлавоноидов для обоснования значимости направления [8].

В направлении создания фиолетовозерных сортов яровой мягкой пшеницы работает и коллектив селекционеров Татарского НИИСХ. Получено несколько линий, одна из них, К-163/08-4 – Надира находится на завершающем этапе государственного сортоиспытания.

Цель данной работы – охарактеризовать новый сорт фиолетовозерной яровой мягкой пшеницы Надира по урожайности, качеству зерна, устойчивости к болезням в сравнении со стандартным краснозерным сортом Йолдыз.

Условия, материалы и методы исследований

Для решения поставленной цели были проведены полевые и лабораторные исследования в течение 2016-2018 гг. Полевые опыты были заложены на полях селекционного севооборота ЦЭБ ТатНИИСХ, расположенного в условиях Среднего Поволжья. Почва – серая лесная, хорошо окультуренная, типичная для зоны Предкамья. Почвы средне гумусированы, реакция почвенного раствора близкая к нейтральным. Объектом исследования служили новый сорт яровой мягкой пшеницы – Надира, стандартный сорт Йолдыз.

Погодные условия в период вегетации. Основной фактор, лимитирующий урожайность в республике – низкая влагообеспеченность [10]. 2016 год имел аномальный характер в сторону повышения температуры и уменьшения режима влагообеспеченности. Хорошие запасы продуктивной влаги в верхнем слое почвы в конце апреля – середине мая способствовали дружному появлению всходов (табл. 1). Однако в дальнейшем, в критические фазы развития растений кущения (54% осадков от нормы), колошения-цветения (19%) и налива зерна (22%) остро ощущался дефицит влаги при температурах, превышающих средние многолетние значения.

Таблица 1

Характеристика гидротермического режима вегетационного периода

Показатель	2016	2017	2018
ГТК май-июнь	0,54	1,42	0,40
ГТК июль	0,19	1,61	0,55
Сумма среднесуточных температур в июле, C^0	680	604	690
Сумма осадков в июле, мм	13	97	38

Весна 2017 года была продолжительной. 26 апреля произошёл переход среднесуточной температуры воздуха через +5ºС, а переход через +10ºС 7 июня. Такое похолодание сдерживало рост и развитие яровой пшеницы, как и других зерновых культур на 10-15 и более дней. В мае 2017 года среднесуточная температура воздуха составила 10,2ºС, что холоднее нормы на 2,8ºС. Среднесуточная температура воздуха перешла через +15,0ºС только 9 июня и продержалась до середины июля около этого значения и только потом стала подниматься до 25-26ºС продержавшись на этом уровне до конца августа. Максимальная температура изредка поднималась до 30-31ºС. С 14 июля теплолюбивые культуры, такие как яровая пшеница значительно ускорили рост и развитие. В первые две декады мая 2018 года среднесуточная температура воздуха держалась выше нормы, при этом количество осадков ниже от средних многолетних значений. Более прохладная погода с осадками на уровне нормы была как в третьей декаде мая, так и первые две декады июня. Вполне благоприятными погодные условия были во время кущения и закладки зачаточного колоса, что в последующем определило уровень урожайности яровой пшеницы. Колошение и цветение яровой пшеницы пришлось на первую декаду июля когда среднесуточная температура воздуха держалась выше нормы на 3,6ºС, а количество осадков составило только половину от нормы. Во время формирования и налива зерна остро ощущался дефицит влаги при температурах, превыщающих средние многолетние значения.

Посев проводили селекционными сеялками ССФК-7 в четырехкратной повторности, площадь делянки – 25 $м^2$, размещение вариантов каждого повторения – систематическое, способ размещения вариантов – шахматный. Агротехнические мероприятия проводились в соответствии с общепринятой методикой для зоны.

Мукомольно-хлебопекарное качество зерна оценивали в лаборатории технологии зерна института по общепринятым методикам и ГОСТам: стекловидность – ГОСТ 10987-76; количество сырой клейковины в зерне определяли ручным методом ГОСТ 13586.1-68, ГОСТ Р 54478-2011, качество клейковины – по индексу деформации клейковины на ИДК- 1; реологические свойства теста на приборах альвеограф ГОСТ 29138-91 и фариограф – ГОСТ Р 51404-99. Хлебопекарную оценку проводили по лабораторным выпечкам – ГОСТ 27669-88.

Полевые опыты проводили в соответствии с Методикой Государственного сортоиспытания. Исследования по содержанию фенольных соединений, антоцианов и антиоксидантной активности зерна фиолетовозерных пшениц выполнены в КИББ ФИЦ КазНЦ РАН. Статистическую обработку результатов исследований проводили по методическому руководству Б.А. Доспехова [10].

Анализ и обсуждение результатов

Впервые в истории для условий Средневолжского региона создан сорт яровой мягкой пшеницы Надира (фиолетовозерный) с повышенной антиоксидантной активностью спиртовых экстрактов зерна и потенциалом урожайности более 5,5 т/га. Сорт Надира выведен методом индивидуального отбора из гибридной популяции F_3 Л.22-95 / Kommissar. Исходным материалом при создании сорта была линия Л.22-95 (Triticum aestivum var. vigorovii), созданная в Сибирском НИИСХ. Данная линия 22-95 имела фиолетовую окраску зерна, что является фенотипическим проявлением повышенного содержания антоцианов в перикарпии. Однако линия была не конкурентоспособна по продуктивности перед допущенными к использованию сортами. Отцовский сорт Kommissar (T. aestivum var. lutescens).

Авторы сорта: Асхадуллин Дамир Ф., Асхадуллин Данил Ф., Багавиева Э.З., Василова Н.З., Кириллова Е.С.

Сорт Надира запатентован. Гибридизация была проведена в 2008 году. По итогам конкурсного сортоиспытания за 2016-2018 годы линия К-163/08-4 под названием Надира была передана на государственное сортоиспытание по четырем регионам РФ: Центральному (3), Волго-Вятскому (4), Средневолжскому (7) и Уральскому (9). Разновидность – Triticum aestivum var. vigorovii. Куст прямостоячий-полупрямостоячий. Растение среднее – высокорослое. Соломина выполнена слабо – очень слабо. Восковой налет на колосе и верхнем междоузлии соломы слабый – средний, на влагалище флагового листа средний. Колос цилиндрический средней плотности с короткими остевидными отростками на конце; белого цвета. Плечо средней ширины, закругленное – прямое. Зубец короткий слегка изогнут – умеренно изогнут. Окраска зерна фиолетовая.

Рис. 1. Зерно сорта Надира

Сорт среднеспелый, вегетационный период – 79-87 дней, созревает на 1-2 дня позже стандарта Йолдыз, формирует урожайность на уровне стандарта. В годы испытаний

урожайность колебалась от 4,2 в засушливом 2018 до 5,4 т/га в более благоприятном 2017 году (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность сорта Надира

Сорт	Урожайность по годам, т/га			Среднее за 2016-2018
	2016	2017	2018	
Йолдыз, ст.	4,7	5,4	4,09	4,73
Надира	4,8	5,39	4,22	4,8
$НСР_{05}$	0,38	0,4	0,42	

Средняя высота растений сорта Надира за 2016-2018 годы составляет 103,9 см со значительными колебаниями по годам (табл.3).

Таблица 3

Элементы структуры урожая сорта Надира

Показатели	Единица измерения	2016	2017	2018	Среднее за 2016-2018
Высота растений	см	109	119	83,8	103,9
Количество растений на $м^2$	шт	399	332	331	354
Продуктивная кустистость		1,1	1,2	1,1	1,1
Длина колоса	см	10,5	8,9	9,0	9,46
Количество колосков в колосе	шт	16,8	16,8	17,1	16,9
Число зерен в колосе	шт	34,9,	26,8	26,1	29,2
Масса 1000 зерен	шт	41,0	45,1	38,9	41,6
Масса зерна с колоса	г	1,43	1,21	1,05	1,23
Устойчивость против полегания	балл	5	4	5	4,6

Как и большинство сортов селекции ТатНИИСХ, сорт Надира не отличается повышенной продуктивной кустистостью [11]. Устойчивость к полеганию нового сорта на уровне стандарта. Озернённость колоса – один из наиболее значимых показателей, определяющих продуктивность сорта, в среднем составляет у нового сорта 29,2 штук, меняясь по годам от 26,1 до 34 штук в зависимости от условий вегетации.

Развитие количества зерен в колосе обусловлено его размером и количеством колосков. Колос у Надиры средних размеров; количество колосков в среднем за три года 16,9 шт. Данный признак очень чувствителен к условиям внешней среды и зависит от условий, благоприятствующих их формированию в период кущения.

Степень развития массы 1000 зерен определяется в значительной мере генотипом в сочетании с внешними условиями в период формирования зерна. Максимальное ее проявление наблюдается в благоприятные годы, а неблагоприятные условия в период формирования зерна резко снижают выраженность данного признака. Большинство исследователей склоняются к мнению, что связь массы 1000 семян с продуктивностью не во все годы имеет одинаковый характер, хотя масса зерновки и определяется в значительной мере генотипом, формирование массы зерновки сильно зависит от условий вегетации. Наиболее крупное зерно у сорта Надира сформировалось в благоприятном по осадкам 2017 году: масса 1000 зерен составила 45,1 г. И наоборот, засушливые условия 2018 года в фазу налива зерна привели к резкому снижению значения данного показателя. В целом сорт характеризуется как крупнозерный.

Масса зерна с колоса отражает суммарное выражение ряда признаков и, в первую очередь, находится в прямой связи с озерненностью колоса и крупностью зерна. Благодаря высокой озерненности колоса наивысшее значение массы зерна с колоса у сорта Надира в 2016 году: 1,43 г, а среднее значение показателя за 2016-2018 годы составило 1,08 г.

Сорт Надира имеет высокую полевую устойчивость к пыльной головне, средневосприимчив к бурой ржавчине и мучнистой росе, сильно восприимчив к стеблевой

ржавчине (табл. 4). На естественном фоне поражение бурой ржавчиной составляет 38,3%, мучнистой росой 18,3. Поражение стеблевой ржавчиной достигает 100 процентов в годы эпифитотии данной болезни.

Таблица 4

Поражение болезнями сорта Надира

Поражение болезнями:	Единица измерения	2016	2017	2018	среднее
Бурая ржавчина	%	35	30	50	38,3
Стеблевая ржавчина	%	100	-	30	65
Мучнистая роса	%	20	15	20	18,3

Важными показателями при определении классности зерна при заготовках и поставках товарного зерна (ГОСТ Р 52554-2006) являются натура зерна, стекловидность, содержание клейковины и ее качество (индекс деформации клейковины) (табл. 5)

Таблица 5

Технологические качества зерна сорта Надира за 2016-2018 гг.

Вариант	Годы	Масса 1000 зерен, г	Натурная масса, г/л	Стекл., %	Сырой протеи, %	Массовая доля клейк., %	Качество клейковины,ед.пр. ИДК-1
Надира	2016	41,0	806	75	13,3	23,9	76
	2017	45,2	804	53	13,8	26,5	91
	2018	38,9	815	57	14,3	26,3	77
	среднее	**41,6**	**808**	**61**	**13,8**	**25,5**	**81,3**
Йолдыз	2016	43,4	791	62	13,2	24,6	79
	2017	39,3	788	55	12,7	22,5	80
	2018	39,8	779	51	12,3	21,1	78
	среднее	**40,8**	**786**	**56**	**12,7**	**22,7**	**79**

В таблице 5 и 6 приведены результаты анализов из муки 70 процентного выхода

Натура зерна – один из важнейших признаков, положенный в основу классификации зерна, как в России, так и за рубежом. Данный признак четко дифференцирует сорта по реакции на стрессовые условия в период летней вегетации.

За все три года технологические качества зерна сорта Надира соответствуют требованиям, предъявляемым к ценным по качеству зерна сортам. По натурной массе зерна сорт Надира превосходит показатели стандартного сорта Йолдыз в среднем на 14-36, по показателю стекловидность на 5%.

Содержание белка и клейковины в зерне, определяющие его биологическую полноценность и пищевое достоинство, за годы изучения составляли в среднем 13,8 и 25,5% соответственно, что выше показателей стандартного сорта Йолдыз. Качество клейковины сорта Надира также высокое: соответствует нормам для сильных и ценных сортов.

Изучение реологических свойств теста сортов из муки 70 процентного выхода выявило, что у сорта Надира, как и у стандарта Йолдыз, показатель «сила муки» соответствует требованиям к сортам филлерам (табл. 6).

По показателям разжижение теста, валориметрическая оценка, общая хлебопекарная оценка сорта Надира соответствует требованиям на ценные сорта. При этом показатель «валориметрическая оценка» наиболее стабильна по годам исследования.

Таблица 6

Реологические свойства теста и хлебопекарная оценка сортов яровой пшеницы Надира и Йолдыз

Сорт	Год	Сила муки, (е.а.)	Разжижение теста, (е.ф.)	Валориметрическая оценка, (е.в.)	Пористость, балл	Объем хлеба, мл	Общая хлебопекарная оценка, балл
Йолдыз	2016	264	70	59	4,5	551	4,5
	2017	204	72	58	4	467	4,3
	2018	147	95	57	4	540	4,1
		205	**79**	**58**	**4,1**	**519**	**4,3**
Надира	2016	201	40	60	4,6	563	4,6
	2017	151	60	63	4,5	542	4,2
	2018	205	42	63	4,0	505	4,4
		185	**47**	**62**	**4,3**	**536**	**4,4**

Показатели реологических свойств теста и хлебопекарная оценка из обойной муки сорта Надира несколько иные: более низкие показатели силы муки и объема хлеба (табл. 7).

Таблица 7

Реологические свойства теста и хлебопекарная оценка сорта яровой пшеницы Надира из обойной муки

Год	Сила муки, (е.а.)	Разжижение теста, (е.ф.)	Валориметрическая оценка, (е.в.)	Пористость, балл	Объем хлеба, мл	Общая хлебопекарная оценка, балл
2016	75	72	69	4	335	3,82
2017	79	60	63	4,5	404	4,15

Цвет мякиша хлеба испеченного из обойной (цельнозерновой) муки темный с фиолетовым оттенком благодаря высокому содержанию антоцианов в отрубях, а хлеб из муки 70% выхода имеет мякиш белого цвета.

Рис. 2. Хлеб из обойной муки

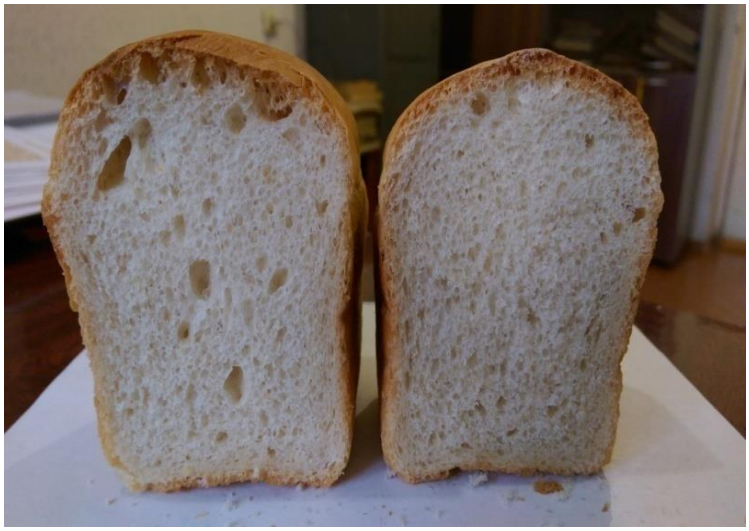

Рис.3. Хлеб из муки 70 процентного выхода

Содержание антоцианов в зерне и антиоксидантная активность спиртовых экстрактов зерна пшеницы сорта Надира с урожая 2016-2017 годов были определены в Институте

биофизики и биохимии ФИЦ КазНЦ РАН. Так содержание антоцианов в зерне сорта Надира составила 0,25 и 0,092 мг экв. ЦЗГ л/г сухого вещества в 2016 и 2017 году соответственно, а антиоксидантная активность составила 0,87 в 2016 и 17,7 мкМэкв. Тролокс/1 г сухого веса [12].

Заключение

Таким образом, в Татарском НИИСХ создан сорт фиолетовозерной пшеницы Надира. Сорт имеет высокий потенциал урожайности на уровне широко распространенного в регионе сорта Йолдыз, высокую полевую устойчивость к ряду листовых болезней. Новый сорт фиолетовозерной пшеницы Надира уникален в том отношении, что в перекарпии зерна содержится повышенное количество антоцианов, которые в свою очередь обладают наибольшим антиоксидантным потенциалом. По большинству показателей качества зерна сорт соответствует требованиям, предъявляемым к ценным пшеницам и принципиально не отличается от краснозерного сорта Йолдыз. Антоциановые пигменты в семенной оболочке не влияют на хлебопекарные качества сорта, а только меняют цвет корки и мякиша. Хлеб из обойной муки не только обогащается пищевыми волокнами, но и антоцианами, что дает возможность использовать такую продукцию в лечебно-диетических целях.

Исследования выполнены по Гранту Министерства сельского хозяйства и Продовольствия Республики Татарстан «Государственная поддержка научных исследований и разработок в области агропромышленного комплекса в 2021 году».

Литература

1. Фотев Ю.В., Пивоваров В.Ф., Артемьева А.М., Куликов И.М., Гончарова Ю.К., Сысо А.И., Гончаров Н.П. Концепция создания Российской национальной системы функциональных продуктов питания. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – №22(7). – С.776-783. DOI 10.18699/VJ18.421

2. Полонский В.И., Лоскутов И.Г., Сумина А.В. Селекция на содержание антиоксидантов в зерне как перспективное направление для получения продуктов здорового питания. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – № 22(3). – С.343-352. DOI 10.18699/VJ18.370

3. Lametti et al., 2019 Pigmented grains as a source of bioactives// Encyclopedia of food security and sustainability. - 2019. – V.1, pp.261-269

4. Яшин А.Я., Яшин Я.Н., Федина П.А., Черноусова Н.И. Определение природных антиоксидантов в пищевых злаках и бобовых культурах. // Аналитика. – 2012. № 2(1). – С.32-36.

5. Abdel-Aal E.-S.M., Young J. C., Rabalski I. Anthocyanin Composition in Black, Blue, Pink, Purple, and Red Cereal Grains // J. Agric. Food Chem. – 2006. – V. 54. – P. 4696–4704.

6. Рынок функциональных продуктов питания. http://sfera.fm/ articles/rynok-funktsionalnykh-produktov-pitaniya. - 2014.

7. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). Москва: ФГБНУ «Росинформагротех». – 2021. – 719 с.

8.Хлесткина Е.К., Усенко Н.И., Гордеева Е.И., Стабровская О.И., Шарфунова И.Б., Отмахова Ю.С. Маркер-контролируемое получение и производство форм пшеницы с повышенным уровнем биофлавоноидов: оценка продукции для обоснования значимости направления. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2017. – № 21(5). – С.545-553. DOI 10.18699/VJ17.25-o

9. https://fb.ru/post/science/2021/1/28/281908

10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) // ТСХА.; – М.: Агропромиздат. – 1985. – 151 с.

11. Василова Н.З., Асхадуллин Д.Ф., Асхадуллин Д.Ф.и др.// Признаки продуктивности новых сортов и линий яровой мягкой пшеницы селекции Татарского НИИСХ // Зерновое хозяйство. – 2016. – № 3 (45). – С. 37-41

12. Акулов А.Н., Валиева А.И., Василова Н.З., Асхадуллин Д. Ф., Асхадуллин Д. Ф., Румянцева Н.И. // Влияние погодных условий на содержание и состав фенольных соединений в зерне фиолетовозерных линий яровой мягкой пшеницы// sifibr.irk.ru. DOI: 10.31255/978-5-94797-319-8-55-60

References

1. Fotev Yu.V., Pivovarov V.F., Artem'eva A.M., Kulikov I.M., Goncharova Yu.K., Syso A.I., Goncharov N.P. Kontseptsiya sozdaniya Rossiiskoi natsional'noi sistemy funktsional'nykh produktov pitaniya [Concept of producing of the Russian national system of functional food]. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*. 2018, no. 22(7), pp.776-783. DOI 10.18699/VJ18.421(In Russian)

2. Polonskii V.I., Loskutov I.G., Sumina A.V. Selektsiya na soderzhanie antioksidantov v zerne kak perspektivnoe napravlenie dlya polucheniya produktov zdorovogo pitaniya [Breeding for antioxidant content in grain as a promising

trend in obtaining healthy food products]. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*, 2018, no. 22(3), pp.343-352. DOI 10.18699/VJ18.370 (In Russian)
3. Lametti et al., 2019 Pigmented grains as a source of bioactives. *Encyclopedia of food security and sustainability*. 2019, V.1, pp.261-269
4. Yashin A.Ya., Yashin Ya.N., Fedina P.A., Chernousova N.I. [Assay of natural antioxidants in food cereals and legumes]. *Analitika*, 2012. No. 2(1), pp.32-36. (In Russian)
5. Abdel-Aal E.-S.M., Young J. C., Rabalski I. Anthocyanin Composition in Black, Blue, Pink, Purple, and Red Cereal Grains // J. Agric. Food Chem, 2006, V. 54. Pp. 4696–4704.
6. Rynok funktsional'nykh produktov pitaniya. http://sfera.fm/ articles/rynok-funktsionalnykh-produktov-pitaniya, 2014.
7. Gosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. [State Register of Breeding Achievements Permitted for Use] V.1. «Sorta rastenii» (ofitsial'noe izdanie) ["Plant Varieties" (official publication).]. Mosow: *FGBNU«Rosinformagrotekh*», 2021, 719 p.
8. Khlestkina E.K., Usenko N.I., Gordeeva E.I., Stabrovskaya O.I., Sharfunova I.B., Otmakhova Yu.S. Marker-kontroliruemoe poluchenie i proizvodstvo form pshenitsy s povyshennym urovnem bioflavonoidov: otsenka produktsii dlya obosnovaniya znachimosti napravleniya. [Evaluation of wheat products with high flavonoid content: justification of importance of marker-assisted development and production of flavonoid-rich wheat cultivars].*Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*, 2017, no. 21(5), pp.545-553. DOI 10.18699/VJ17.25-o (in Russian)
9. https://fb.ru/post/science/2021/1/28/281908
10. Dospekhov B.A. [Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results] TSKhA;. Moscow, *Agropromizdat*, 1985, 151p.
11. Vasilova N.Z., Askhadullin D.F., Askhadullin D.F. et al. Priznaki produktivnosti novykh sortov i linii yarovoi myagkoi pshenitsy selektsii Tatarskogo NIISKh [Signs of productivity of new spring soft wheat varieties and lines developed by the Tatar Scientific Research Institute]. *Zernovoe khozyaistvo*, 2016, no.3 (45). pp. 37-41 (in Russian)
12. Akulov A.N., Valieva A.I., Vasilova N.Z., Askhadullin Dan. F., Askhadullin Dam. F., Rumyantseva N.I. *Influence of weather conditions on the content and composition of phenolic compounds in the grain of violet-grain lines of spring bread wheat* [Weather conditions influence on the content and composition of phonologic compounds in the purple lines of soft spring wheat grains]. 2018, available at: http://www.sifibr.irk.ru/ (in Russian)

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-76-81
УДК 631.81

ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОЛОЗЕРНЫХ ФОРМ ОВСА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ И СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА

В.Г. ВАСИН, **А.В. ВАСИН,** доктора сельскохозяйственных наук
E-mail: vasin_vg@ssaa.ru; E-mail: rast.ssaa@yandex.ru
А.Н. БУРУНОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, докторант
E-mail: mineral_nn@mail.ru
О.А. ЗАХАРОВА, аспирант, E-mail: olgamerzlykova@mail.ru

ФГБОУ ВО САМАРСКИЙ ГАУ

Цель исследований – повышение урожайности голозерных форм овса за счет применения препаратов Мегамикс Профи и Аминокат 30. Исследования проводились на опытном поле кафедры «Растениеводство и земледелие» Самарского ГАУ. Максимальный показатель урожайности овса за 2018-2020 гг. получен при обработке семян препаратом Аминокат 30 с урожайностью 3,13 т/га. Лучшую урожайность обеспечивает сорт Тюменский голозёрный.

***Ключевые слова*:** овес, Мегамикс Профи, урожайность, минеральные удобрения, стимуляторы роста, Аминокат 30.

PRODUCTIVITY OF NAKED FORMS OF OATS WITH THE USE OF FERTILIZERS AND GROWTH STIMULANTS

Vasin V.G., Vasin A.V., Burunov A.N., Zakharova O.A.

FSBEI HE SAMARA STATE AGRARIAN UNIVERSITY

Abstract: *The purpose of the research is to increase the yield of naked forms of oats through the use of Megamix Profi and Aminokat 30 preparations. The research was carried out on the experimental field of the Department of Plant Growing and Agriculture of the Samara State Agrarian University. The maximum yield of oats for 2018-2020 was obtained when seeds were treated with Aminokat 30 with a yield of 3.13 t/ha. The best yield is provided by the variety Tyumensky golozernyi (bare-grain).*

Keywords: oats, Megamix Profi, yield, mineral fertilizers, growth stimulants, Aminokat 30.

Актуальность

Урожайность голозерного овса в Средневолжском регионе по-прежнему остается низкой. Одним из путей решения этой проблемы является создание и поддержание оптимального баланса макро и микроэлементов в почве за счет применения современных препаратов и удобрительных смесей [1, 2].

Эти препараты оказывают значительное влияние на развитие растений и формирование урожая, что широко используется в растениеводстве. Использование в сельскохозяйственном производстве экологически безопасных средств защиты растений, стимуляторов роста, микроудобрительных смесей и органоминеральных удобрений становится все более актуальным [3].

Как правило, эти препараты выполняют ряд важных функций в растительном организме, экономя энергию растений на их синтез.

Мегамикс Профи это высокоэффективное комплексное жидкое минеральное удобрение, в основе которого богатый состав микро и макроэлементов (Cu, Zn, Fe, Mn, B,

Mo, Co, Se). Большинство микроэлементов находятся в хелатной форме, легко усваиваемой растениями.

Аминокат 30 – органоминеральное удобрение – антистрессант на основе экстракта морских водорослей, содержит биогенные элементы, аминокислоты и органические вещества растительного происхождения. Аминокислоты удобрения принимают участие в синтезе белков, выполняют ряд важных функций в растительном организме, экономя энергию растений на их синтез [4]. Аминокат очень быстро проявляет биостимулирующий эффект на культурах. Аминокат лучше всего проявляет себя при стрессах, увеличивает сопротивление растений к неблагоприятным условиям: засуха, жара, холод, излишняя пестицидная нагрузка, физические повреждения (град), болезни и другие стрессовые ситуации. Применяется на всех сельскохозяйственных культурах [5, 6].

Целью исследований является повышение урожайности голозерных форм овса в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Задача исследования – дать оценку урожайности голозерных форм овса в зависимости от применения препаратов Мегамикс Профи, Аминокат 30 и внесения минеральных удобрений.

Объекты и методы исследований

Полевой опыт в 2018-2020 гг. закладывался в кормовом севообороте кафедры «Растениеводство и земледелие» Самарского ГАУ. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный, остаточнокарбонатный, среднегумусный, среднемощный, тяжелосуглинистый. Содержание гумуса – 6,5%, легкогидролизуемого азота – 153 мг, подвижного фосфора – 86 мг и обменного калия 239 мг на 1 кг почвы. Объемная масса слоя почвы 0-1,0 м – 1,27 г/см^3. РНсол – 5,8 [7].

Агротехника общепринятая для зоны. Посев проводился сеялкой AMAZONE D9-25 обычным рядовым способом с нормой высева 5 млн. всхожих семян на 1 га. Основной способ уборки овса – прямое комбайнирование.

Схема опыта

В трехфакторный опыт по изучению влияния стимуляторов роста по вегетации посевов овса входили:

– **внесение удобрений:** без внесения удобрений, внесение удобрений N_{15}:P_{15}:K_{15}, внесение удобрений N_{30}:P_{30}:K_{30} (фактор А).

– **сорта**: Вятский, Бекас, Тюменский голозёрный (фактор В).

– **обработка посевов стимуляторами роста**: без обработки по вегетации, Мегамикс Профи 1 л/га, Аминокат 30 – 0,5 л/га (фактор С).

Исследования проводили с учетом методики полевого опыта Б.А. Доспехова (1985) и методических указаний по проведению полевых опытов с кормовыми культурами ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса (1987, 1997).

Результаты исследования

В опытах использовались сорта **Вятский**, **Тюменский голозёрный, Бекас**.

Сорт **Вятский** включен в Госреестр селекционных достижений РФ с 2007 года. Биологические особенности: разновидность инермис. Среднеспелый сорт, вегетационный период 78 дней. Куст промежуточный. Высота растения 77-110 см. Метелка двухсторонняя, расположение ветвей полуприподнятое. Колоски пониклые. Пленчатость у зерновки отсутствует. Зерновка средней крупности. Масса 1000 зерен 28,1 грамм. Ценный по качеству сорт. Содержание белка 15,71%, жира – 4,38%. Натура зерна 647 г/л. Средняя урожайность овса Вятский за годы конкурсного сортоиспытания составила 3,77 тонны с гектара. Овес Вятский голозерный пригоден для использования на продовольственные и зернофуражные цели. Голозерный овес Вятский средневосприимчив к поражению пыльной головней на инфекционном фоне, устойчив к полеганию и осыпанию [8].

Сорт **Тюменский голозёрный** включен в Госреестр селекционных достижений РФ с 2000 года. Разновидность инермис. Растение среднерослое. Метелка полусжатая, двухсторонняя, приподнятая. Колосковая чешуя короткой длины, со слабым восковым

налетом. Остистость очень слабая. Зерновка удлиненная, мелкая. Масса 1000 зерен 18-27 г. При средней урожайности в регионе 18,1 ц/га уступил пленчатым сортам 8,9 ц/га. Максимальная урожайность 32,2 ц/га получена в Тюменской области. Среднеранний, вегетационный период 62-82 дня. Устойчивость к полеганию средняя. Устойчивость к осыпанию на уровне Мегиона. Включен в список ценных по качеству сортов. Содержание белка 16,8-18,7%. Натура зерна 560-690 г/л. Сильновосприимчив к пыльной головне и бактериальному ожогу, восприимчив к корончатой ржавчине. Требуется предпосевное протравливание семян и обработка фунгицидами в период вегетации [9].

Сорт **Бекас**. Родословная: Фауст х Nuprime (Франция). Включён в Госреестр селекционных достижений РФ с 2019 года по Средневолжскому региону. Рекомендован для возделывания в Самарской области. Растение средней длины – длинное. Плёнчатость у зерновки отсутствует. Колосковая чешуя длинная, со средним восковым налётом. Нижняя цветковая чешуя жёлтая, длинная – очень длинная, со слабым восковым налётом. Остистость отсутствует или очень слабая. У первой зерновки опушение основания среднее. Зерновка от мелкой до средней крупности. Масса 1000 зёрен – 22-33 г. Средняя урожайность в Средневолжском регионе – 23,0 ц/га. Сорт среднеспелый, вегетационный период – 70-86 дней. Устойчив к полеганию. По устойчивости к засухе в год проявления признака уступает стандартному сорту Конкур на 0,5-2,0 балла. Ценный по качеству. Содержание белка до 19,7%. Натура зерна – 510-650 г/л. В полевых условиях стеблевой ржавчиной поражался слабо, сильновосприимчив к пыльной головне и корончатой ржавчине [10].

Метеорологические условия, которые складываются в период роста и развития сельскохозяйственных культур, оказывают самое непосредственное влияние на продуктивность растений. За весь период исследований (2018-2020 гг.) не было одинаковых погодных условий. Так, в 2018 г. рост и развитие овса проходили при хорошем увлажнении и благоприятных температурах. Погодные условия во время вегетации в 2018 и в 2019 гг. сложились неблагоприятно. Это связано, в первую очередь, с малым количеством осадков, выпавших за вегетационный период, которые повлияли на усвояемость растениями минеральных удобрений, внесенных при посеве, а также с высокими температурами, держащими растения овса практически в стрессовых ситуациях.

В 2020 году погодные условия сложились достаточно благоприятные для выращивания голозерного овса. Температура воздуха держалась на уровне среднемноголетних данных, а осадки, выпавшие в июне, помогли растениям существенно набрать массу и увеличить площадь листьев, что положительно повлияло на конечные результаты, на урожайность.

В данных исследованиях изучено воздействие стимуляторов роста Мигамикс Профи и Аминокат 30 на интенсивность фотосинтеза, и, как следствие этого, накопление сухого вещества в растениях овса. Наблюдения за накоплением сухого вещества в растениях показало, что интенсивность этого процесса во многом зависит от погодных условий, уровня минерального питания. Установлено, что во все годы наблюдений в начальный период роста развития накопление сухого вещества в растениях шло довольно медленно. Применение удобрений во все годы привело к возрастанию накопления сухого вещества.

Анализ сбора сухого вещества показал, что наибольшее накопление сухого вещества в растениях отмечалось в фазу молочной спелости во всех вариантах опыта. Исследования 2018 года выявили, что к фазе молочной спелости, растения овса накопили 287,8-453,0 г/м^2 сухого вещества. Наибольший прирост сухого вещества в эту фазу показал вариант Бекас при уровне минерального питания $N_{30}P_{30}K_{30}$ и обработкой препаратом Аминокат 30. В 2019 году к фазе молочной спелости, растения овса накопили 257,5-359,0 г/м^2 сухого вещества. Наибольший прирост сухого вещества обеспечил сорт Бекас на фоне минерального питания $N_{30}P_{30}K_{30}$ и при обработке препаратом Аминокат 30.

В 2020 году темпы накопления сухого вещества отличаются от предыдущих лет исследований. К моменту выхода в трубку, растения овса накопили 89,0-164,6 г/м^2 сухого вещества. Наибольший прирост сухого вещества получили при внесении удобрений $N_{30}P_{30}K_{30}$ и стимулятора роста Аминокат 30. В фазу выметывание масса сухого вещества

находилась на уровне 242,2-405,4 г/м^2 в зависимости от сортов, внесенных удобрений и обработок. Наилучший вариант – у сорта Бекас, при внесении удобрений $N_{15}:P_{15}:K_{15}$ и стимулятора роста Мегамикс Профи. В фазу молочной спелости максимальное значение наблюдалось на варианте Бекас при уровне минерального питания $N_{15}:P_{15}:K_{15}$ и обработкой препаратом Мегамикс Профи с показателем 489,0 г/м^2. В целом, на фоне минерального питания количество сухого вещества было выше, чем на контроле (табл. 1).

Таблица 1

Динамика накопления сухого вещества в надземной массе в зависимости от предпосевной обработки семян и при применении стимуляторов роста, г/м^2 2018-2020 гг.

Уровни минерального питания	Сорта	Стимуляторы роста	Выход в трубку	Выметывание метелки	Молочная спелость
Контроль	Бекас	Контроль	99,4	221,7	388,1
		Мегамикс Профи	104,0	224,1	395,3
		Аминокат 30	103,7	227,0	401,7
	Вятский	Контроль	88,7	210,0	372,7
		Мегамикс Профи	109,6	233,1	406,2
		Аминокат 30	110,5	228,3	392,3
	Тюменский голозёрный	Контроль	84,2	212,5	366,1
		Мегамикс Профи	95,5	217,4	381,5
		Аминокат 30	97,9	222,5	371,4
$N_{15}:P_{15}:K_{15}$	Бекас	Контроль	106,2	250,0	403,3
		Мегамикс Профи	138,5	312,1	489,0
		Аминокат 30	113,2	253,7	396,9
	Вятский	Контроль	103,5	232,6	377,1
		Мегамикс Профи	106,0	220,6	355,9
		Аминокат 30	116,9	248,3	392,9
	Тюменский голозёрный	Контроль	109,4	250,6	408,9
		Мегамикс Профи	116,4	251,5	400,3
		Аминокат 30	117,2	269,6	428,2
$N_{30}:P_{30}:K_{30}$	Бекас	Контроль	115,9	257,5	402,8
		Мегамикс Профи	129,2	278,1	433,3
		Аминокат 30	141,1	309,3	479,7
	Вятский	Контроль	115,2	262,3	383,6
		Мегамикс Профи	116,7	236,5	366,8
		Аминокат 30	131,7	272,6	418,7
	Тюменский голозёрный	Контроль	115,1	260,2	391,2
		Мегамикс Профи	130,6	294,6	433,9
		Аминокат 30	131,7	293,0	434,4

Таким образом, наблюдения в 2018-2020 гг. позволили выявить то, что накопление сухого вещества происходит постепенно в течение всего периода вегетации. Самым низким сбором сухого вещества по фазам развития отличались варианты без применения удобрений и стимуляторов роста. Наиболее высокие показатели в вариантах с обработкой посевов препаратами Мегамикс Профи и Аминокат 30, применяемые на фоне внесения минеральных удобрений.

Обработка посевов в 2018 году по вегетации препаратами Мегамикс Профи и Аминокат 30 и внесение удобрений дает хорошую прибавку урожайности (табл. 2). Лучшими оказались варианты при внесении удобрений $N_{30}:P_{30}:K_{30}$ и стимулятора роста

Мегамикс Профи сорт Тюменский голозёрный 3,43 т/га. Совместное действие обработок дают хороший результат.

Таблица 2

Урожайность голозерного овса в зависимости от предпосевной обработки семян и при применении стимуляторов роста, т/га. 2018-2020 гг.

Уровни минерального питания	Сорта	Стимуляторы роста	Получено, т/га	Среднее по обработке, т/га	Среднее по количеству удобрений, т/га
Контроль	Бекас	Контроль	1,15	1,24	1,42
		Мегамикс Профи	1,25		
		Аминокат 30	1,32		
	Вятский	Контроль	1,18	1,33	
		Мегамикс Профи	1,34		
		Аминокат 30	1,48		
	Тюменский голозёрный	Контроль	1,42	1,70	
		Мегамикс Профи	1,70		
		Аминокат 30	1,98		
$N_{15}P_{15}K_{15}$	Бекас	Контроль	1,78	1,98	2,11
		Мегамикс Профи	1,98		
		Аминокат 30	2,18		
	Вятский	Контроль	1,82	1,99	
		Мегамикс Профи	2,04		
		Аминокат 30	2,11		
	Тюменский голозёрный	Контроль	2,16	2,35	
		Мегамикс Профи	2,54		
		Аминокат 30	2,36		
$N_{30}P_{30}K_{30}$	Бекас	Контроль	2,41	2,66	2,66
		Мегамикс Профи	2,65		
		Аминокат 30	2,93		
	Вятский	Контроль	2,01	2,35	
		Мегамикс Профи	2,38		
		Аминокат 30	2,66		
	Тюменский голозёрный	Контроль	2,71	2,98	
		Мегамикс Профи	3,09		
		Аминокат 30	3,13		

2018 г. НСР $_{0,5\ об}$ - 0,23; A - 0,21; B - 0,21; C - 0,21; AB - 0,16; AC - 0,14; BC - 0,13;
2019 г. НСР $_{0,5\ об}$ - 0,21; A - 0,17; B - 0,17; C - 0,17; AB - 0,10; AC - 0,11; BC - 0,12;
2020 г. НСР $_{0,5\ об}$ - 0,24; A - 0,21; B - 0,21; C - 0,21; AB - 0,17; AC - 0,14; BC - 0,13;

Исследования, проведенные в 2019 году показывают, что тенденция по урожайности прослеживается как и в 2018 году. Урожайность находилась в пределах 1,02…3,04 т/га. Лучший показатель у сорта Бекас при внесении удобрений $N_{30}P_{30}K_{30}$ и стимулятора роста Аминокат 30 – 3,04 т/га.

В 2020 году урожай овса составил 1,24…3,51 т/га с наилучшим показателем при такой же обработке как и в 2019 году у сорта Тюменский голозёрный 3,51 т/га.

В среднем за годы исследования выявлено, что внесение удобрений существенно повышает урожайность. Так, если в контроле (в среднем по всем вариантам) урожайность составляет 1,42 т/га, при внесении $N_{15}P_{15}K_{15}$ – 2,11 т/га, при внесении $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 2,66 т/га. Повышение урожайности достоверно и превышает показатели НСР по фактору А.

При оценке сортов (фактор В) лучшим оказывается сорт Тюменский голозёрный, в контроле он формирует урожай 1,70 т/га; на фоне $N_{15}:P_{15}:K_{15}$ – 2,35 т/га, на фоне $N_{30}:P_{30}:K_{30}$ – 2,98 т/га, достоверно превышая сорта Бекас и Вятский (табл. 2).

Максимальный урожай обеспечил сорт Тюменский голозёрный, при внесении удобрений $N_{30}:P_{30}:K_{30}$ и обработкой стимулятором роста Аминокат 30 с показателем 3,13 т/га, а также Мегамикс Профи с урожайностью 3,09 т/га. Применение этих препаратов на фоне $N_{15}:P_{15}:K_{15}$ и $N_{30}:P_{30}:K_{30}$ достоверно обеспечивают прибавку урожая на всех сортах.

Заключение

Результаты исследований за три года показали, что обработка посевов голозёрного овса биостимуляторами роста позволяет в условиях лесостепи Среднего Поволжья получить урожайность до 3,13 т/га. Применение удобрений под предпосевную обработку почвы, а также обработка посевов препаратами существенно повышают урожайность.

Литература

1. Ряховский А. В., Зарипов И. Ш. Параметры и условия эффективного использования удобрений в степных районах Южного Урала / – Оренбург : Издательский центр ОГАУ, – 1998. – 112 с.
2. Васин В. Г., Ельчанинова Н. Н., Васин А. В. Растениеводство : учебное пособие / – Самара, – 2009. – 358 с.
3. Панасин В. И. Микроэлементы и урожай / – Калининград, – 1995. – 282 с.
4. Кожевникова О.П., Васин В.Г., Савачаев А.В. Влияние нормы высева и минеральных удобрений на урожайность различных сортов овса. // Актуальные вопросы кормопроизводства. Состояние, проблемы, пути решения. Сборник научных трудов Национальной научно-практической конференции, посвящённой памяти Заслуженного деятеля науки РФ, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Ельчаниновой Надежды Николаевны. – 2019. – С. 75-82.
5. Васин А.В., Кожевникова О.П., Карлов Е.В. Влияние регуляторов роста на продуктивность сортов ячменя при разных уровнях минерального питания // Известия Самарской сельскохозяйственной академии. – 2017. – №4. – С. 3-10.
6. Вакуленко В. В., Шаповал О. А. Регуляторы роста растений. // Агро XXI. – 1999. – № 3. – С. 2-3.
7. Васин В.Г., Бурунов А.Н. Влияние удобрений и обработки посевов препаратами Мегамикс на показатели фотосинтетической деятельности посевов яровой пшеницы. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – №1 (25). – С. 6-10.
8. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. https://reestr.gossortrf.ru/sorts/9553363/
9. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. https://reestr.gossortrf.ru/sorts/9802681/
10. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. https://reestr.gossortrf.ru/sorts/8456915/

References

1. Ryakhovskii A.V., Zaripov I.Sh. Parametry i usloviya effektivnogo ispol'zovaniya udobrenii v stepnykh raionakh Yuzhnogo Urala [Parameters and conditions for the effective use of fertilizers in the steppe regions of the Southern Urals]. Orenburg: *Izdatel'skii tsentr OGAU*, 1998, 112 p. (in Russian)
2. Vasin V.G., El'chaninova N.N., Vasin A.V. Rastenievodstvo: uchebnoe posobie [Crop production: a tutorial], Samara, 2009, 358 p. (in Russian)
3. Panasin V.I. Mikroelementy i urozhai [Micronutrients and Harvest]. Kaliningrad, 1995, 282 p. (in Russian)
4. Kozhevnikova O.P., Vasin V.G., Savachaev A.V. Vliyanie normy vyseva i mineral'nykh udobrenii na urozhainost' razlichnykh sortov ovsa. Aktual'nye voprosy kormoproizvodstva. Sostoyanie, problemy, puti resheniya [Influence of the seeding rate and mineral fertilizers on the productivity of various varieties of oats. Topical issues of feed production. Condition, problems, solutions]. Sbornik nauchnykh trudov Natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi pamyati Zasluzhennogo deyatelya nauki RF, doktora sel'skokhozyaistvennykh nauk, professora El'chaninovoi Nadezhdy Nikolaevny [Collection of scientific papers of the National Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of Honored Scientist of the Russian Federation, Doctor of Agricultural Sciences, Professor Elchaninova Nadezhda Nikolaevna]. 2019, pp. 75-82. (in Russian)
5. Vasin A.V., Kozhevnikova O.P., Karlov E.V. Vliyanie regulyatorov rosta na produktivnost' sortov yachmenya pri raznykh urovnyakh mineral'nogo pitaniya [The influence of growth regulators on the productivity of barley varieties at different levels of mineral nutrition]. *Izvestiya Samarskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2017, no.4, pp. 3-10. (in Russian)
6. Vakulenko V. V., Shapoval O. A. Regulyatory rosta rastenii [Plant growth regulators]. *Agro XXI*, 1999, no. 3, pp. 2-3. (in Russian)
7. Vasin V.G., Burunov A.N. Vliyanie udobrenii i obrabotki posevov preparatami Megamiks na pokazateli fotosinteticheskoi deyatel'nosti posevov yarovoi pshenitsy [Influence of fertilizers and crop treatment with Megamix preparations on the parameters of photosynthetic activity of spring wheat crops]. *Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2014, no.1 (25), pp. 6-10. (in Russian)
8. Gosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. [State Register of Breeding Achievements Permitted for Use] https://reestr.gossortrf.ru/sorts/9553363/
9. Gosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. [State Register of Breeding Achievements Permitted for Use] https://reestr.gossortrf.ru/sorts/9802681/
10. Gosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. [State Register of Breeding Achievements Permitted for Use] https://reestr.gossortrf.ru/sorts/8456915/

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-82-92
УДК 633.16:631.527

ОЦЕНКА АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА СОРТОВ И ЛИНИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ СЕЛЕКЦИИ ТАТАРСКОГО НИИСХ

В.И. БЛОХИН, кандидат сельскохозяйственных наук
E-mail: bvikazan@bk.ru
И.Ю. НИКИФОРОВА, И.С. ГАНИЕВА, кандидаты сельскохозяйственных наук
М.А. ЛАНОЧКИНА, Ю.В. МАЛАФЕЕВА

ТАТАРСКИЙ НИИСХ – ОСП ФИЦ «КАЗАНСКИЙ НЦ РАН»

Одним из факторов повышения и стабилизации урожайности зерна является создание и внедрение в производство сортов, максимально адаптированных к конкретным природно-климатическим условиям зоны возделывания. Проведена оценка сортов и перспективных линий ярового ячменя селекции Татарского НИИСХ по параметрам адаптивной способности и стабильности. Выявлены значимые эффекты условий года, генотипа сорта и их взаимодействия на показатель «урожайность зерна». В Предкамской зоне республики Татарстан основное влияние за годы исследований на данный показатель оказывали гидротермические условия периода вегетации, на долю которых приходилось 79,6 процента. Доля генотипа сорта составляла 9,6% и на специфическое взаимодействие приходилось 9,6 процента. Установлено, что новые сорта и линии ярового ячменя достоверно превысили стандарт по показателю «урожайность зерна», прибавка составляла 6,2…42,7 процента. Обнаружено, что параллельно селекционному сдвигу по данному признаку новых сортов и перспективных линий отмечено увеличение показателя коэффициента вариации урожайности по годам (24,4-38,8%), снижение показателя уровня устойчивости к стрессовым условиям произрастания (-2,14-2,84 т/га) и снижение показателя реализации потенциала продуктивности (63,3-74,5). Установлено, что сорт Эндан характеризовался высокими показателями селекционной ценности генотипа и сорта (2,74 и 2,73 соответственно), а сорт Раушан наиболее приспособлен к ряду сред в условиях Предкамской зоны. Судя по величине коэффициента линейной регрессии (bi=1,71) сорт Рахат обладал наибольшей отзывчивостью на изменение условий возделывания. Опираясь на 4-х летние исследования, можно утверждать, что гидротермические условия Предкамской зоны республики Татарстан дифференцировали генотипы ярового ячменя по параметрам адаптивной способности и стабильности.

***Ключевые слова*:** яровой ячмень, сорт, урожайность зерна, параметры адаптивной способности и стабильности.

ASSESSMENT OF THE ADAPTIVE POTENTIAL OF VARIETIES AND LINES OF SPRING BARLEY BRED BY THE TATAR RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE

V.I. Blokhin, **I.Y. Nikiforova, I.S. Ganieva, M.A. Lanochkina**, **Yu.V. Malafeeva**

TATAR RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE – SSU FRC «KazSC RAS»

***Abstract**: One of the factors for increasing and stabilizing grain yields is the creation and introduction into production of varieties that are maximally adapted to the specific natural and climatic conditions of the cultivation zone. The assessment of varieties and promising lines of spring barley breeding of the Tatar Research Institute of Agriculture for the parameters of adaptive capacity and stability took place. Significant effects of the conditions of the year, the genotype of the variety and their interaction on the indicator "grain yield" were revealed. In the Predkamsk zone of the Republic of Tatarstan, the main influence over the years of research on this indicator was*

provided by the hydrothermal conditions of the growing season, which accounted for 79.6 percent. The share of the genotype of the variety was 9.6% and the specific interaction accounted for 9.6%. It was found that new varieties and lines of spring barley significantly exceeded the standard in terms of "grain yield", the increase was 6.2...42.7 percent. It was found that parallel to the breeding shift for this trait of new varieties and promising lines, there was an increase in the coefficient of variation in yield by years (24.4-38.8%), a decrease in the level of resistance to stressful growing conditions (-2.14-2.84 t/ha) and a decrease in the indicator of realizing the productivity potential (63.3-74.5). It was found that the Endan variety was characterized by high breeding values of the genotype and variety (2.74 and 2.73, respectively), and the Raushan variety is most adapted to a number of environments in the Predkamsk zone. Judging by the size of the linear regression coefficient (bi = 1.71) Rakhat had the highest reactivity to changes in growing conditions. Based on 4-year studies, it can be argued that the hydrothermal conditions of the Predkamsk zone of the Republic of Tatarstan differentiated the genotypes of spring barley in terms of adaptive capacity and stability.

Keywords: spring barley, variety, grain yield, parameters of adaptive ability and stability.

Введение

Для неблагоприятных по температурной и водной обеспеченности зон растениеводства основное внимание должно быть уделено экологической устойчивости сортов, поскольку отсутствие или недостаточность последней делает бессмысленным увеличение потенциальной продуктивности [1].

В связи с этим, в задачу исследований входило оценить адаптивный потенциал сортов и перспективных линий ярового ячменя селекции Татарского НИИСХ.

Материал и методы исследований

Исследования проводились в 2015-2018 гг. в лаборатории селекции ярового ячменя Татарского НИИСХ. Материалом для исследований послужили 6 сортов и 3 селекционные линии. Учетная площадь делянок 20 м^2. Повторность 4-х кратная. Размещение делянок – систематическое, в 4 яруса, со смещением. Норма высева 5 млн. всхожих семян на гектар. Предшественник – озимая рожь.

Почва опытного участка серая лесная, среднесуглинистая. Пахотный слой (0-22 см) характеризовался следующими агрохимическими показателями: гумус 3,35-3,52%; азот щёлочно-гидролизуемый 85,0-94,0 мг/кг; подвижный фосфор 251-287 мг/кг; обменный калий 149-167 мг/кг; гидролитическая кислотность 3,7-5,9 ммоль/100 г; pH солевая 5,7-6,0.

Гидротермические показатели периода вегетации ярового ячменя предоставлены агрометеорологической станцией ТатНИИСХ (село Большие Кабаны). В 2015 году среднесуточная температура воздуха в мае и июне месяце превысила среднемноголетнюю на 2,7 и 4,2ºС. За указанный период сумма осадков составила 63,1 и 50,5% от нормы. Засушливые условия мая месяца лимитировали величину продуктивного кущения. В 2016 году среднесуточная температура воздуха в мае, июне, июле и августе месяце превысила среднемноголетнюю на 3,2; 1,7; 3,4 и 7,0ºС. За указанный период сумма осадков составила 41,8; 65,5; 32,4 и 80,9% от нормы. В 2017 году гидротермические показателя периода вегетации соответствовали среднемноголетним показателям. В 2018 году среднесуточная температура воздуха в мае, июле и августе месяце превысила среднемноголетнюю на 2,3; 3,3 и 2,8ºС. За указанный период сумма осадков составила 55,9; 61,4 и 47,4% от нормы.

Обработку экспериментальных данных урожайности зерна проводили с помощью пакета программ статистического анализа AGROS, версия 2.09. 1993-2000 г. Параметры адаптивной способности и стабильности: $u+v_i$ – средняя урожайность зерна, т/га; v_i – общая адаптивная способность; σ^2CAC_i и σCAC_i – вариансы специфической адаптивной способности; S_{gi} – относительная стабильность генотипа, %; $СЦГ_i$ – селекционная ценность генотипа; $\sigma^2(GxE)_{gi}$ – варианса взаимодействия генотипа и среды; рассчитывали по методике А.В. Кильчевского, Л.В. Хотылевой [2]. Селекционную ценность сорта (Sc) рассчитывали по формуле В.В. Хангильдина [3]. Коэффициент линейной регрессии (bi) и дисперсию (S^2)

рассчитывали на основе математической модели S.A. Eberhart, W.A.Russel [4]. Индексы среды рассчитывали по формуле: Ij= (Σ Yij / v) – (Σ Σ Yij / vn), где Σ Yij – сумма урожайности всех сортов за i-й год; Σ Σ Yij – сумма урожайности всех сортов за все годы; v – количество сортов; n – число лет. Показатели стрессоустойчивости сорта ($У_2$-$У_1$) и компенсаторной способности сорта (($У_1$+$У_2$):2) рассчитывали по А.А. Гончаренко [5].

Результаты и их обсуждение

Чередование контрастных гидротермических показателей по фазам развития растений ярового ячменя не только в зависимости от года изучения, но и в пределах периода вегетации в условиях Предкамской зоны республики Татарстан способствовало эффективному выделению форм, дающих стабильные урожаи в широком ранге экологических условий (рис. 1).

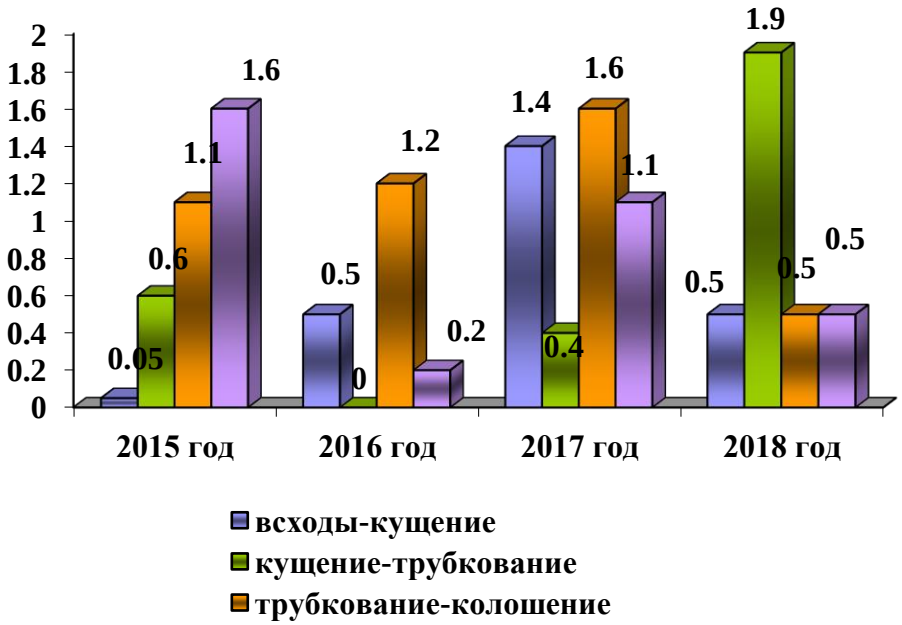

Рис. 1. Величина ГТК межфазных периодов развития растений ярового ячменя стандартного сорта в период проведения исследований

А.А. Гончаренко [6] подчёркивает, что контрастность условий по годам настолько велика, что во многих случаях её влияние на урожайность зерна значительно сильнее, чем действие зональных или территориальных особенностей в больших регионах.

В зависимости от спектра изучаемых сортов ярового ячменя и гидротермических показателей периода вегетации той или иной зоны возделывания установлено, что вариабельность урожайности зерна на 67,1…79,6…93,0% обусловлена влиянием условий года, на 1,8…5,3…9,7% – генотипом сорта и на 4,0…26,7…48,0% специфическим взаимодействием [7, 8, 9, 10, 11].

В таблице 1 представлены результаты двухфакторного дисперсионного анализа данных урожайности зерна сортов и линий ярового ячменя.

Выявлены значимые эффекты условий года ($F_{факт.}$=11869,17 >.$F_{теор}$=2,0), генотипа сорта ($F_{факт.}$=538,48 >.$F_{теор}$=1,5) и их взаимодействия ($F_{факт.}$=178,92 >.$F_{теор}$=2,7). на показатель «урожайность зерна». Анализ доли вкладов каждого из этих факторов установил, что в Предкамской зоне РТ основное влияние на урожайность зерна оказывали гидротермические условия периода вегетации, на долю которых приходится 79,6 процента. Доля генотипа сорта составляла 9,6% и на специфическое взаимодействие приходилось 9,6 процента. Факт превалирования среднего квадрата генотипа сорта (mS=2,37) над средним квадратом взаимодействия (mS=0,79) свидетельствовал о том, что в исследуемой группе имелись стабильные формы.

Таблица 1

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа данных урожайности зерна сортов и линий ярового ячменя, среднее за 2015-2018 гг.

Источники вариации	SS	df	mS	$F_{факт.}$	$F_{теор.}$ для P=0,05	$НСР_{0,05}$	Доля влияния, %
общая	197,15	143					
повторений	1,82	3	0,61	137,76			
по фактору А (генотип сорта)	18,99	8	2,37	538,48	1,5	0,05	9,6
по фактору В (условия года)	156,95	3	52,32	11869,17	2,0	0,03	79,6
взаимодействие А х В	18,93	24	0,79	178,92	2,7	0,09	9,6
остаточная	0,46	105	0,00				

Примечание: SS – сумма квадратов; df – степени свободы; mS – средний квадрат; F – критерий Фишера.

Ряд авторов, [12, 13, 14] характеризуя адаптивный потенциал сортов ярового ячменя, приводят различные статистические параметры. В таблице 2 представлены параметры, рассчитанные нами по формулам А.А. Гончаренко. Средняя урожайность зерна сортов и линий ярового ячменя за годы испытаний составила 3,76 т/га. Благоприятные гидротермические условия для реализации генетического потенциала продуктивности складывались в 2017 году (индекс среды 1,80 т/га). Средняя урожайность сортов и линий составила 5,56 т/га. Максимальную урожайность сформировал сорт Рахат (6,82 т/га). Наименьшая средняя урожайность зерна сортов и линий ярового ячменя (3,07 т/га) отмечена в 2015 году (индекс среды – 0,69 т/га).

Разность $У_2$-$У_1$ имеет отрицательный знак и отражает уровень устойчивости сортов к стрессовым условиям произрастания. Чем меньше разрыв между максимальной и минимальной урожайностью, тем выше стрессоустойчивость сорта и тем шире диапазон его приспособительных возможностей. Наименьшая разность (-1,1 т/га) отмечена у сорта Раушан, максимальная (- 4,50 т/га) – у сорта Рахат.

Показатель $(У_1+У_2)$:2 отражает среднюю урожайность сорта в контрастных условиях и характеризует генетическую гибкость сорта, его компенсаторную способность. Этот показатель тем выше, чем выше степень соответствия между генотипом сорта и различными факторами среды. Максимальным значением данного признака характеризовался сорт Эндан (4,85 т/га).

Следует отметить, что новые сорта и линии ярового ячменя селекции ТатНИИСХ достоверно превысили стандарт по показателю «урожайность зерна». Прибавка составляла 6,2…42,7 процента. Параллельно селекционному сдвигу по данному признаку новых сортов и перспективных линий отмечено увеличение показателя коэффициента вариации урожайности по годам (24,4-38,8%), снижение показателя уровня устойчивости к стрессовым условиям произрастания (-2,14-2,84 т/га) и снижение показателя реализации потенциала продуктивности (63,3–74,5%).

А.А. Гончаренко [15] приводит убедительные данные о том, что у новых сортов зерновых культур с высоким потенциалом урожайности доля варьирования урожайности, обусловленная экологическими факторами, возрастает, а доля влияния генотипа сорта на это варьирование снижается. Автором сделано заключение, что с ростом потенциальной продуктивности сортов их экологическая устойчивость снижается и ее не удается повысить методами селекции.

Таблица 2

Статистические параметры, характеризующие адаптивный потенциал сортов и линий ярового ячменя по показателю «урожайность зерна»

Образец	Год допуска	Урожайность зерна, т/га					% к стандарту	CV, %	$У_2$ (min), т/га	$У_1$ (max), т/га	$У_2$-$У_1$, т/га	($У_1$+$У_2$) :2, т/га	Реализация потенциала продуктивности, %
		2015	2016	2017	2018	среднее							
Раушан-стандарт	1998	2,73	2,77	3,83	2,93	3,07	100,0	**16,9**	2,73	3,83	**-1,10**	3,28	**80,2**
Рахат	1998	2,32	3,05	6,82	2,78	3,74	121,8	**55,4**	2,32	6,82	**-4,50**	4,57	**54,8**
Тимерхан	2007	2,75	2,61	5,15	2,52	3,26	106,2	38,8	2,52	5,15	-2,63	3,84	63,3
Камашевский	2017	3,57	3,69	5,21	3,07	3,88	126,4	31,5	3,07	5,21	-2,14	4,14	74,5
Эндан	2021	3,72	3,85	5,97	3,97	4,38	142,7	24,4	3,72	5,97	-2,25	**4,85**	73,4
К-17-14		3,01	3,45	5,85	3,31	3,91	127,4	33,5	3,01	5,85	-2,84	4,43	66,8
К-561-13		3,03	3,36	5,55	3,29	3,81	124,0	30,7	3,03	5,55	-2,52	4,29	68,6
Тевкеч (мн.)		3,28	3,47	5,64	3,06	3,86	125,7	30,9	3,06	5,64	-2,58	4,35	68,4
К-5-14 (мн.)		3,18	3,31	6,01	3,11	3,90	127,0	36,1	3,11	6,01	-2,90	4,56	64,9
среднее		3,07	3,28	5,56	3,12	3,76							
индексы среды, т/га		-0,69	-0,48	1,80	-0,64								
НСР $_{0,05}$		0,09	0,10	0,09	0,10	0,05							
CV, %		14,1	12,4	14,7	12,9								

Примечание: мн. – многорядный; сорт Тевкеч проходит Государственное сортоиспытание; CV – коэффициент вариации; $У_2$-У – показатель стрессоустойчивости сорта; ($У_1$+$У_2$):2 – генетическая гибкость сорта

В таблице 3 представлены параметры адаптивной способности и стабильности генотипов, рассчитанные нами по методу А.В. Кильчевского, Л.В. Хотылевой и по формуле В.В. Хангильдина.

Высокий показатель общей адаптивной способности (v_i), характеризующей генотип по способности обеспечивать максимальный уровень проявления признака во всей совокупности сред, отмечен у сорта Эндан (0,62). Для выделения продуктивных и стабильных форм удобен параметр селекционной ценности генотипа (СЦГi), который рационально использовать в два этапа – выделив на первом лучшие сорта по общей адаптивной способности, и далее отобрав среди них сорта, сочетающие высокую продуктивность и экологическую стабильность.

В наборе образцов ярового ячменя за 2015-2018 гг., сорта Камашевский и Эндан характеризовались не только высокими показателями селекционной ценности генотипа (2,48 и 2,74 соответственно), но и высокими показателями селекционной ценности сорта – (2,66 и 2,73), соответственно.

Показатель вариансы специфической адаптивной способности (σCAC_i) характеризует уровень стабильности генотипа. Чем выше значение данного показателя, тем не стабильнее генотип. Высокое значение данного показателя отмечено у сорта Рахат (2,07), $\sigma^2(GxE)_{gi}$ – Высокие значения вариансы взаимодействия генотипа и среды выявлены у сортов Раушан и Рахат (0,50 и 0,78), соответственно.

Относительная стабильность генотипа (Sgi, %) варьировала от 13,7% у сорта Раушан до 55,4% у сорта Рахат. Сравнение данных урожайности по годам показало, что высокую продуктивность сорт Рахат реализовал в благоприятном по гидротермическим показателям 2017 году. В 2015, 2016 и 2018 гг. он достоверно уступал по урожайности зерна стандарту и новым селекционным сортам и линиям.

Среди всех показателей стабильности авторы методики отдают предпочтение относительной стабильности генотипа (Sgi), поскольку она не связана с общей адаптивной способностью и носит относительный характер. Параметр Sgi имеет под собой реальную биологическую основу и может служить мерой приспособленности генотипов к ряду сред, он наследуется и может быть использован в селекции для отбора стабильных форм. Таким образом, установлено, что в условиях Предкамской зоны наиболее приспособленным генотипом к ряду сред является сорт Раушан.

Главной особенностью адаптивной селекции является контроль экологической стабильности в селекционном процессе. Необходимость такого контроля обусловлена тем, что среднее значение признака и средовая чувствительность находятся под самостоятельным генетическим контролем и относительно независимы. Отбор в тех условиях, где фенотипически реализуется только генетическая система продуктивности, может привести к случайному дрейфу генов, определяющих стабильность, и их потере.

Таблица 3

Параметры адаптивной способности и стабильности сортов и линий ярового ячменя рассчитанные по показателю «урожайность зерна»

Образец	$u+v_i$, т/га	v_i	σ^2CAC_i	σCAC_i	Sgi, %	СЦГi	Sc	$\sigma^2(GxE)_{gi}$
Раушан-стандарт	3,07	-0,69	0,18	0,42	**13,7**	2,39	2,19	**0,50**
Рахат	3,74	-0,02	**4,30**	**2,07**	**55,4**	0,41	1,27	**0,78**
Тимерхан	3,26	-0,50	1,51	1,23	37,7	1,29	1,74	0,03
Камашевский	3,88	0,12	0,76	0,87	22,5	**2,48**	**2,66**	0,17
Эндан	4,38	**0,62**	1,05	1,02	23,3	**2,74**	**2,73**	0,04
К-17-14	3,91	0,15	1,62	1,27	32,6	1,87	2,01	0,03
К-561-13	3,81	0,05	1,28	1,13	29,7	1,95	2,08	0,02
Тевкеч (мн.)	3,86	0,10	1,34	1,16	29,9	1,99	2,24	0,02
К-5-14 (мн.)	3,90	0,14	1,89	1,37	35,2	2,21	2,06	0,05

Примечание: *$u+v_i$ – средняя урожайность зерна, т/га; v_i – общая адаптивная способность; σ^2CAC_i и σCAC_i – вариансы специфической адаптивной способности; S_{gi} – относительная стабильность генотипа,%; $СЦГ_i$ – селекционная ценность генотипа; $\sigma^2(GxE)_{gi}$ – варианса взаимодействия генотипа и среды; Sc – селекционная ценность сорта*

В таблице 4 представлены показатели коэффициента линейной регрессии (bi), дисперсии (S^2) и уравнения линейной регрессии по формуле: Y = bi × Ij + a0, где Y – урожайность зерна, bi – коэффициент линейной регрессии, Ij – индекс среды, a0 – свободный член уравнения, равный средней урожайности генотипа во всём комплексе сред.

Таблица 4

Результаты регрессионного анализа данных урожайности зерна сортов и линия ярового ячменя, среднее за 2015-2018 гг.

Образец	$u+v_i$, т/га	S^2	bi	Уравнения линейной регрессии	Комментарии
Раушан-стандарт	3,07	**0,77**	**0,42**	Y = 0,42×I +3,07	Экстенсивная форма с очень низкой фенотипической стабильностью
Рахат	3,74	**12,81**	**1,71**	Y = 1,71×I +3,74	Интенсивная форма с очень низкой фенотипической стабильностью
Тимерхан	3,26	4,73	1,04	Y = 1,04×I +3,26	Очень высокая фенотипическая стабильность
Камашевский	3,88	2,38	0,74	Y = 0,74×I +3,88	Экстенсивная форм с пониженной фенотипической стабильностью
Эндан	4,38	3,37	0,88	Y = 0,88×I +4,38	Экстенсивная фенотипически высоко стабильная форма
К-17-14	3,91	5,11	1,08	Y =1,08×I +3,91	Очень высокая фенотипическая стабильность
К-561-13	3,81	4,09	0,97	Y = 0,97×I +3,81	Очень высокая фенотипическая стабильность
Тевкеч (мн.)	3,86	4,25	0,99	Y = 0,99×I +3,86	Очень высокая фенотипическая стабильность
К-5-14 (мн.)	3,90	5,93	1,17	Y = 1,17×I +3,90	Интенсивная фенотипически высокостабильная форма

Коэффициент линейной регрессии (bi) характеризует реакцию сорта на изменение условий выращивания. Чем выше значение коэффициента bi> 1, тем большей отзывчивостью обладает данный сорт. В случае bi< 1 сорт реагирует слабее на изменение условий среды. При условии bi = 1 имеется полное соответствие изменение урожайности сорта изменению условий выращивания. В нашем опыте наибольшая отзывчивость на улучшение условий выращивания отмечена у сорта Рахат (bi = 1,71), а наименьшая – у сорта Раушан (bi = 0,42).

Дисперсия (S^2) относительно регрессии характеризует стабильность урожая в различных условиях среды. Установлено, что наиболее стабильным был сорт Раушан (S^2 = 0,77), а самым нестабильным оказался сорт Рахат (S^2 =12,81).

На рисунке 2 представлен график уравнений линейной регрессии урожайности зерна на индексы среды образцов ярового ячменя селекции Татарского НИИСХ. Угол наклона каждой линии отражает реакцию образцов на изменение индексов среды (т. е. экологическую пластичность). Чем круче наклон линии, тем выше степень экологической пластичности

исследуемого образца. Наибольшим углом наклона характеризовался сорт Рахат, наименьшим - сорт Раушан.

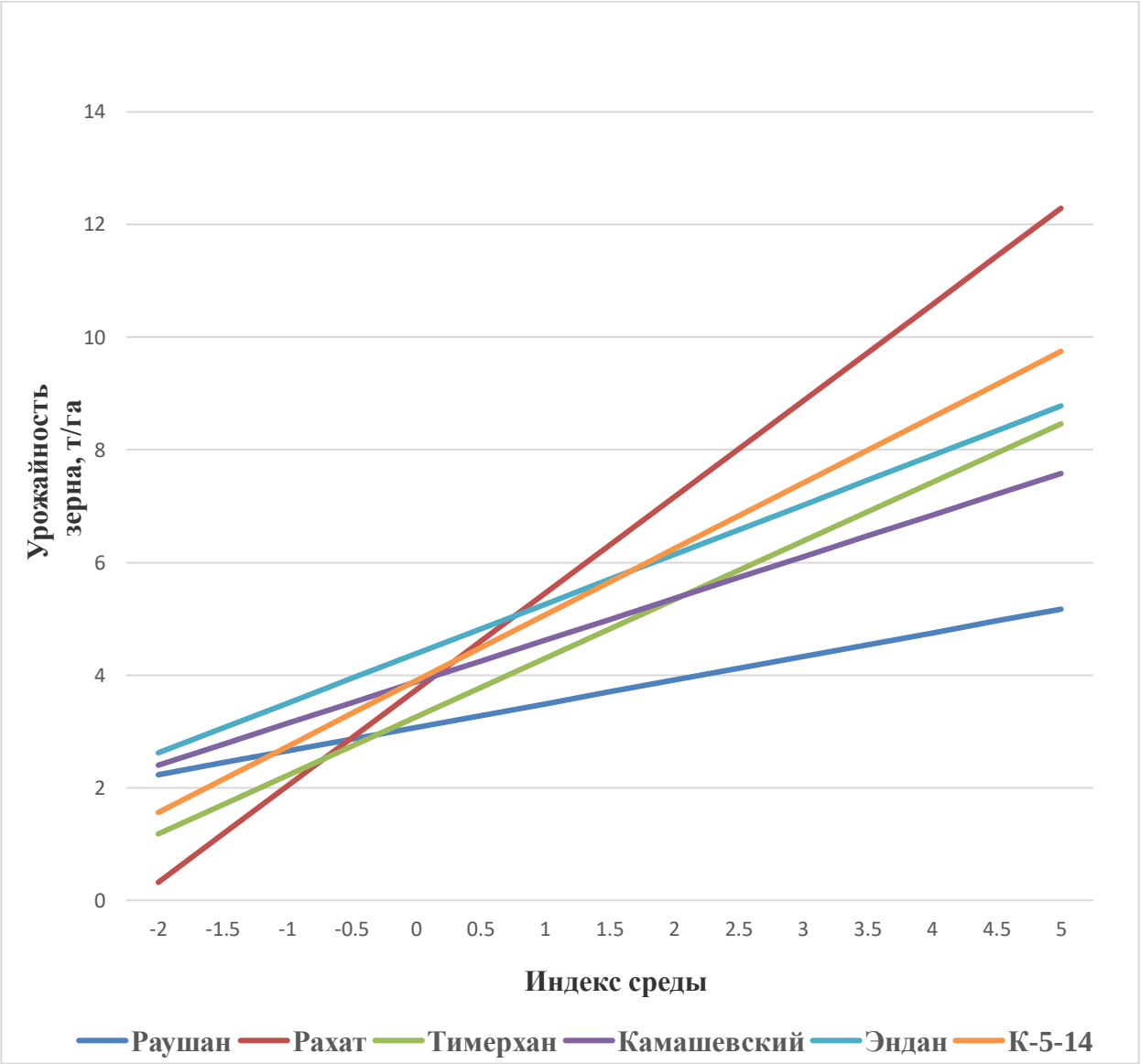

Рис. 2. График уравнений линейной регрессии урожайности сортов и линий ярового ячменя на индексы среды

Заключение

Гидротермические условия Предкамской зоны республики Татарстан дифференцировали сорта и перспективные линии ярового ячменя по параметрам адаптивной способности и стабильности. Установлено, что наиболее приспособленным генотипом к ряду сред является сорт Раушан. Сорт Рахат обладал наибольшей отзывчивостью на изменение индексов среды. Сорт Эндан характеризовался высоким показателем селекционной ценности генотипа. Следует отметить, что у новых сортов и линий ярового ячменя, достоверно превысивших стандарт по показателю «урожайность зерна», параллельно отмечено увеличение показателя коэффициента вариации урожайности по годам (24,4-38,8%), снижение показателя уровня устойчивости к стрессовым условиям произрастания (-2,14-2,84 т/га) и снижение показателя реализации потенциала продуктивности (63,3-74,5%).

Исследования выполнены по Гранту Министерства сельского хозяйства и продовольствия республики Татарстан «Государственная поддержка научных исследований и разработок в области агропромышленного комплекса в 2021 году».

Литература

1. Жученко А.А. Фундаментальные и прикладные научные приоритеты адаптивной интенсификации растениеводства в XXI веке – Саратов, – 2000. – 117 с.
2. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды // Генетика. – 1985. – Т. XXI. – № 9. – С. 1491-1498.
3. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Экологическая селекция растений. – Минск: Тэхналогія, 1997. – 372 с.
4. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varietie // Crop Sci. –1966. – Vol. 6. №1. – P. 36-40.
5. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. – 2005. – № 6. – С. 49-53.
6. Гончаренко А. А. Проблемы экологической устойчивости сортов зерновых культур и задачи селекции // Аграрный вестник Юго-Востока. - 2015. - № 1-2 (12-13). – С. 32-35.
7. Максимов Р.А., Киселёв Ю.А. Сравнительная оценка адаптивности и стабильности сорта ячменя Памяти Чепелева // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 6. – С. 33-36. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10608
8. Юсова О.А., Николаев П.Н. и др., Стрессоустойчивость сортов ячменя различного агроэкологического происхождения для условий резко континентального климата // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2020. – Т. 181. – № 4. – С. 44-55. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-44-55
9. Левакова О.В., Ерошенко Л.М. и др. Оценка зерновой продуктивности и адаптивности отечественных и зарубежных сортов ярового ячменя в условиях Нечерноземной зоны РФ // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 3. – С.30-33. DOI: 10.28983/asj.y2021i3pp30-33
10. Marzougui Salem Genotype by Environment Interactions for Yield-Related Traits in Tunisian Barley (Hordeum vulgare L.) Accessions Under a Semiarid Climate // Acta Agrobotanica. – 2021. – v. 73. DOI:10.5586/aa.7344
11. Al-Abdallat A., Karadshen A et al. Assessement of genetic diversity and yield Performance in Jordanian barley (Hordeum vulgare L.) landraces grown under Rainfed conditions // BMC Plant Biology. – 2017. – v. 17. – № 191. DOI: 10.1186/ s12870-017-1140-1
12. Батакова О.Б., Корелина В.А. Оценка урожайности, пластичности и стабильности образцов ярового ячменя в условиях Европейского Севера РФ// Вестник Российского Университета Дружбы Народов. 2021. Т. 16. № 2. – С. 118-128. DOI: 10.22363/2312-797X-2021-16-2-118-128
13. Левакова О.В. Лабораторный скрининг засухоустойчивости сортов и перспективных линий ярового ячменя и их стабильность урожая в полевых условиях Рязанской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. – №4 (36). – С. 143-147. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11217
14. Андреев А.А., Драчева М.К. Оценка адаптивной способности сортов ярового ячменя и подбор родительских пар для селекционного процесса // Зерновое хозяйство России. – 2019. – № 4 (64). – С. 42-45. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-64-4-42-45
15. Гончаренко А.А. Экологическая устойчивость сортов зерновых культур и задачи селекции // Зерновое хозяйство России. – 2016. – № 3. – С. 31-37.

References

1. Zhuchenko A. Fundamental’nyye I prikladnyye prioritety adaptivnoy intensifikatsii rasteniy [Fundamental and applied scientific priorities of adaptive intensification of crop production in the XXI century]. Saratov, 2000, 117 p. (In Russian)
2. Kilchevsky AV, Khotyleva LV Metod otsenki adaptivnoy sposobnosti I stabil’nosti genotipov, differentsiruyushchey sposobnosti sredy [Method for assessing the adaptive ability and stability of genotypes, the differentiating ability of the environment]. *Genetika*, 1985, v. XXI, no. 9, pp. 1491 - 1498. (In Russian)
3. Kilchevsky A.V., Khotyleva L.V. Ekologicheskaya selektsiya rasteniy [Ecological plant breeding], Minsk: *Tekhnalogiya*, 1997, 372 p.
4. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varietie. *Crop Sci*. –1966. –Vol. 6. –№1, R. 36-40.
5. Goncharenko A.A. Ob adaptivnosti I ecologicheskoy ustoychivosti sortov zernovykh kul’tur [On the adaptability and ecological stability of varieties of grain crops], *Vestnik Rossiyskoy akademii sel’skokhozyaystvennykh nauk*, 2005, no. 6, pp. 49-53. (In Russian)
6. Goncharenko A. A. Problemy ecologicheskoy ustoychivosti sortov zernovykh ku’ltur I zadachi selektsii [Problems of ecological sustainability of varieties of grain crops and the tasks of breeding], *Agrarnyy vestnik Yugo-Vostoka*, 2015, no. 1-2 (12-13), pp. 32-35. (In Russian)
7. Maksimov R.A., Kiselev Yu.A. Sravnitel’naya otsenka adaptivnosti I stabil’nosti sorta yachmenya Pamyati Chepeleva [Comparative assessment of the adaptability and stability of the barley variety Pamyati Chepeleva], *Dostizheniya nauki I tekhniki APK*, 2019, Volume 33, no. 6, pp. 33-36. DOI: 10.24411 / 0235-2451-2019-10608 (In Russian)
8. Yusova O.A., Nikolaev P.N. et al. Stressoustoychivost’ sortov yachmenya razlichnogo agroecologicheskogo proiskhozhdeniya dlya usloviy rezko kontinental’nogo klimata [Stress resistance of barley varieties of various

agroecological origin for conditions of a sharply continental climate], *Trudy po prikladnoy botanike,genetike I selektsii* , 2020, Volume 181, no. 4, pp.44-55. DOI: 10.30901 / 2227-8834-2020-4-44-55 (In Russian)
9. Levakova O.V., Eroshenko L.M. Otsenka zernovoy produktivnosti I adaptivnosti otechestvennykh sortov yarovogo yachmenya v usloviyakh Nechernozemnoy zony RF [Evaluation of grain productivity and adaptability of domestic and foreign varieties of spring barley in the conditions of the Non-Black Earth Zone of the Russian Federation], *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*, 2021, no. 3, pp.30-33. DOI: 10.28983 / asj.y2021i3pp30-33 (In Russian)
10. Marzougui Salem Genotype by Environment Interactions for Yield-Related Traits in Tunisian Barley (Hordeum vulgare L.) Accessions Under a Semiarid Climate. *Acta Agrobotanica*, 2021, v. 73. DOI: 10.5586 / aa.7344
11. Al-Abdallat A., Karadshen A et al. Assessement of genetic diversity and yield Performance in Jordanian barley (Hordeum vulgare L.) landraces grown under Rainfed conditions. *BMC Plant Biology*, 2017, v. 17, no. 191. DOI: 10.1186 / s12870-017-1140-1
12. Batakova O.B., Korelina V.A. Otsenka urozhaynosti,plastichnosti I stabil'nosti obraztsov yarovogo yachmenya v usloviyakh Yevropeyskogo Severa RF [Assessment of yield, plasticity and stability of spring barley samples in the European North of the Russian Federation], *Vestnik Rossiyskogo Universiteta Druzhby Narodov*, 2021, vol. 16, no. 2, pp. 118-128. DOI: 10.22363 / 2312-797X-2021-16-2-118-128 (In Russian)
13. Levakova O.V. Laboratornyy skrining zasukhoustoychivosti sortov I perspektivnykh liniy yarovogo yachmenya I ikh stabil'nost' urozhaya v polevykh usloviyakh Ryazanskoy oblasti [Laboratory screening of drought resistance of varieties and promising lines of spring barley and their yield stability in the field conditions of the Ryazan region], *Zernobobovyye I krupyanyye kul'tury,* 2020, no.4 (36), pp. 143-147. DOI: 10.24411 / 2309-348X-2020-11217 (In Russian)
14. Andreev A.A., Dracheva M.K. Otsenka adaptivnoy sposobnosti sortov yarovogo yachmenya I podbor roditel'skikh par dlya selektsionnogo protsessa [Assessment of the adaptive capacity of spring barley varieties and selection of parental pairs for the breeding process], *Zernovoye khozyaystvo Rossii*, no. 4 (64), 2019, pp. 42-45. DOI: 10.31367 / 2079-8725-2019-64-4-42-45 (In Russian)
15. Goncharenko A.A. Ekologicheskaya ustoychivost' sortov zernovykh kul'tur I zadachi selektsii [Environmental sustainability of grain varieties and breeding problems], *Zernovoye khozyaystvo Rossii*, 2016, no. 3, pp.31-37 (In Russian)

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-93-101
УДК 57.574.24;57.042

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ РОЛИ КОРНЕВЫХ ЭКССУДАТОВ РАСТЕНИЙ
(Обзорная статья)

Ю.С. ЛАРИКОВА, О.Г. ВОЛОБУЕВА, кандидаты биологических наук
E-mail: yu.larikova@mail.ru, ovolobueva@list.ru

РГАУ – МОСКОВСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА

Корневая экссудация – одна из важнейших функций растительных организмов, реализующая принцип обратной связи во взаимоотношениях растение – почва. В обзоре приводятся свидетельства, показывающие, что корневые экссудаты могут принимать участие в событиях сигнализации, которые инициируют выполнение этих взаимодействий. Корневые экссудаты участвуют в нескольких типах взаимодействий, как положительных, так и отрицательных, например, растение – растение, растение – микробы и тритрофических (растение – микробы – нематоды). Положительные взаимодействия растений и микробов включают симбиотические отношения, сопровождаемые стимулированием роста растений ризобактериями (PGPR), эпифитами и микоризными грибами. Химические соединения корневых экссудатов специфичны для конкретного вида растений и зависят от окружающей корни биотической и абиотической среды. Через экссудацию широкого спектра соединений, корни могут регулировать микробное сообщество почвы в их непосредственной близости, бороться с травоядными насекомыми, способствовать полезным симбиотическим отношениям, изменять химические и физические свойства почвы и препятствовать росту конкурирующих видов растений. Используя разнообразные механизмы, корневые экссудаты играют фундаментальную роль в минеральном питании растений.

Ключевые слова: корневые экссудаты, взаимодействия растения – почвенная биота, аутоинтоксикация, ризобактерии, экзометаболиты.

MODERN IDEAS ABOUT THE ECOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL ROLES OF ROOT EXUDATES OF PLANTS (REVIEW)
Yu.S. Larikova, O.G.Volobueva

RUSSIAN STATE AGRARIAN UNIVERSITY – K.A. TIMIRYAZEV AGRICULTURAL ACADEMY, MOSCOW

Abstract: *Root exudation is one of the most important functions of plant organisms, implementing the principle of feedback in the plant – soil relationship. The review provides evidence showing that root exudates can participate in signaling events that trigger these interactions. Root exudates are involved in several types of interactions, both positive and negative, for example, plant - plant, plant - microbes and tritrophic (plant – microbes – nematodes). Positive interactions between plants and microbes include symbiotic relationships accompanied by plant growth stimulation by rhizobacteria (PGPR), epiphytes and mycorrhizal fungi. Chemical compounds of root exudates are specific for a particular plant species and depend on the surrounding roots of the biotic and abiotic environment. Through the exudation of a wide range of compounds, roots can regulate the microbial community of the soil in their immediate vicinity, combat herbivorous insects, promote beneficial symbiotic relationships, alter the chemical and physical properties of the soil, and inhibit the growth of competing plant species. Using a variety of mechanisms, root exudates play a fundamental role in the mineral nutrition of plants.*

Keywords: root exudates, plant – soil biota interactions, autointoxication, rhizobacteria, exometabolites.

Характерная особенность всех живых организмов состоит в выделении в окружающую среду продуктов их метаболизма. И в онтогенезе, и в филогенезе основным биологическим принципом организма является принцип последовательной адаптации одних видов к выделяемым в среду продуктам метаболизма других видов. Корневые системы растений выделяют различные органические вещества: сахара, кислоты, соединения азота, фосфора, продукты вторичного метаболизма. Корневые выделения различных растений отличаются друг от друга, поэтому, естественно, что комплексы микроорганизмов (бактерий, грибков) ризосферы того или иного растения могут быть также различны. С другой стороны, в ризосфере могут иногда накапливаться и вредные для высшего растения организмы, что связано с состоянием самого растения и со всеми экологическими условиями. Следовательно, в ризосфере складываются очень сложные взаимосвязи, особенно многообразно выраженные у тех растений, которые имеют микоризу. Вместе с тем, в естественных растительных сообществах, которым свойственно разнообразие видового состава высших растений, может быть менее выражено влияние отдельных видов на состав микроорганизмов ризосферы, преобразованное во влияние всего сообщества высших растений. Количество и видовой состав населения ризосферы дикорастущих и культурных растений зависят от сезонов года, а также периодов вегетации и возраста этих растений [1].

Корни растений выделяют в ризосферу низкомолекулярные органические соединения весьма широкого физиологического назначения, которые принимают участие во взаимодействиях корень-корень, корень-насекомое, корень-микроорганизмы. За последнее десятилетие были предприняты большие усилия к пониманию этих типов взаимодействий, в связи с чем, эта область биологии растений признала важность корневых выделений в опосредовании биологических взаимодействий между организмами, организмами и средой. Ризосфера является весьма динамичной в процессе взаимодействия между корнями и болезнетворными или полезными почвенными микроорганизмами, беспозвоночными, корневыми системами конкурентов. Так как корни растений находятся в почве, многие интересные явления, в которых они участвуют, остаются практически незамеченными. В частности, совсем недавно среди множества функций корневых выделений растений стала обсуждаться возможность их использования в качестве химических сигналов. Таким образом, с каждым годом всё большее количество исследователей утверждается в мысли, что сигналинг между корнями растений и другими почвенными организмами осуществляется на основе химических соединений, содержащихся в корневых выделениях [2].

Большое внимание учеными уделяется корневым выделениям бобовых растений, участвующим в мобилизации труднодоступных минеральных соединений, а также в установлении симбиотических отношений с бактериями [3]. Помимо органических кислот, при дефиците фосфора в питательной среде корни люпина белого (*Lupinus albus)* выделяют флавоноид генистеин, который является предшественником в биосинтезе антимикробных фитоалексинов и фитоантисипинов и у других бобовых. Растения люпина, кроме генистеина, образуют и другие моно- и дипрениловые изофлавоноиды, которые являются моделями для изучения биосинтеза прениловых ароматических соединений. Предполагается, что выделение люпином флавоноидов в ризосферу играет значительную роль в его стратегии обеспечения потребности в фосфоре, препятствуя микробное разложение цитрата, который позволяет мобилизовать труднодоступный фосфор. Кроме того, кластерные корни люпина выделяют противогрибковые ферменты глюканазу и хитиназу, которые, как полагают, предотвращают биодеградацию карбоксилатов грибами. Определено, что пренилоые флавоноиды и изофлавоноиды также весьма эффективны против грибковых патогенов. Пираноизофлавоны, содержащиеся в корневых выделениях *Lupinus albus*, ингибируют индуцированное стриголактонами ветвление гиф грибов, образующих эндомикоризу, препятствуя, таким образом, распознаванию грибом растения-хозяина и прикреплению к

корням гиф гриба. В сочетании с уменьшением экссудации стриголактонов, выделение пирано-изофлавонов в качестве аллелохимикалий, может играть, как положительную роль, предотвращая заражение растений люпина грибом-патогеном, так и отрицательную, подавляя взаимодействие растения-хозяина с видом гриба, образующим микоризу на его корнях и обеспечивающим поглощение фосфора из труднодоступных соединений [4, 5].

Вещества, выделяемые здоровыми и неповрежденными корнями в окружающую среду, в совокупности обозначаются как корневые экссудаты. Эти вещества влияют на состав микробного сообщества в непосредственной близости от корней растений и происходящих процессов в ризосфере [6]. Многие соединения высвобождаются корнями растений, включая неорганические ионы и вещества, аминокислоты, амиды, сахара, алифатические кислоты, ароматические кислоты, летучие ароматические соединения, газы, такие как этилен, витамины, пептиды, белки, ферменты, растительные гормоны, спирты, кетоны, олефины, мочевина, фитоалексины [7]. Всего в корневых экссудатах присутствует более 200 различных молекул, содержащих углерод, и до 40% чистого углерода, фиксированного в ходе фотосинтеза. Наиболее сложные химические, физические и биологические взаимодействия, которые осуществляют наземные растения - это те, которые происходят между корнями и окружающей их почвой (т. е. ризосферой). Ризосфера – это узкий участок почвы (2-3 мм), прилегающий к корням растения и попадающий под непосредственное действие корневых выделений и почвенных микроорганизмов. Взаимодействия с участием корней растений в ризосфере включают взаимодействия между корнями соседних растений, между корнями и насекомыми, корнями и микробами. За последнее десятилетие, значительные усилия были предприняты к пониманию этих типов взаимодействий и в последнее время биология растений признала важность корневых выделений в осуществлении этих взаимодействий [8]. Ризосфера представляет собой очень динамичную область для взаимодействий между корнями и патогенными или полезными микробами почвы, беспозвоночными и корневыми системами конкурентов. Так как корни растений скрыты в почве, много интересных явлений, в которых они участвуют, остаются, в основном, незамеченными. В частности, роль химических сигналов в регуляции внутрипочвенных взаимодействий только начинает изучаться. Химическая сигнализация между корнями растений и другими почвенными организмами, в том числе корнями соседних растений, часто основана на выделяемых корнями химических соединениях. Химические сигналы могут варьировать в зависимости от вида растений–доноров и акцепторов химических соединений, содержащихся в корневых экссудатах. Химический состав корневых экзометаболитов может сдерживать один организм, привлекая другой, или два разных организма могут быть привлечены с различными последствиями для растений. Конкретный пример различных видов секретируемых химических сигналов, например, связан с изофлавонами корней сои, которые привлекают, с одной стороны, при мутуалистических взаимоотношениях, *Bradyrhizobium japonicum*, с другой – патогенного возбудителя *Phytopthora sojae* [9]. Таким образом, имеющиеся данные свидетельствуют о том, что корневые экссудаты играют важную роль в определении результатов взаимодействий в ризосфере и, в конечном счете, динамике формирования сообщества растения - почва. Итак, по мере накопления биологически активных веществ, корни растений непрерывно производят и выделяют химические соединения в ризосферу [10]. Экссудация корней может разделяться на два активных процесса. Первый - экскреция корня, включает градиент, обуславливающий выход веществ с неизвестными функциями, тогда как второй активный процесс – включает в себя экссудацию соединений с известными функциями, такими как смазка корневых окончаний и защита от фитопатогенов. В экссудации корней участвуют как минимум два потенциальных механизма: 1) корневые экссудаты транспортируются через клеточную мембрану и выделяются в окружающую ризосферу; 2) растительные продукты выделяются из пограничных клеток по мере их роста. Корневые экссудаты часто делят на два класса соединений: 1) низкомолекулярные вещества такие, как аминокислоты, органические кислоты, сахара, фенолы и другие вторичные соединения,

которые определяют разнообразие корневых выделений; 2) высокомолекулярные, такие как слизи (полисахариды) и белки, менее разнообразны и часто составляют большую долю по массе.

Взаимодействия между растениями и участие в них корневых экссудатов

Конкуренция за ресурсы, химическое взаимодействие, и/или паразитизм приводят к негативным взаимодействиям между растениями (Рисунок 1). На эти взаимодействия корневые экссудаты могут влиять при помощи трёх механизмов: 1) для ряда видов растений корневые экссудаты играют роль фитотоксинов (т. е. аллелопатия), 2) корневые экссудаты имеют решающее значение для развития ассоциаций между некоторыми паразитическими растениями и их хозяевами, 3) корневые экссудаты могут играть важную роль в процессах конкуренции путём изменения химии почв, почвенных процессов и микробных популяций.

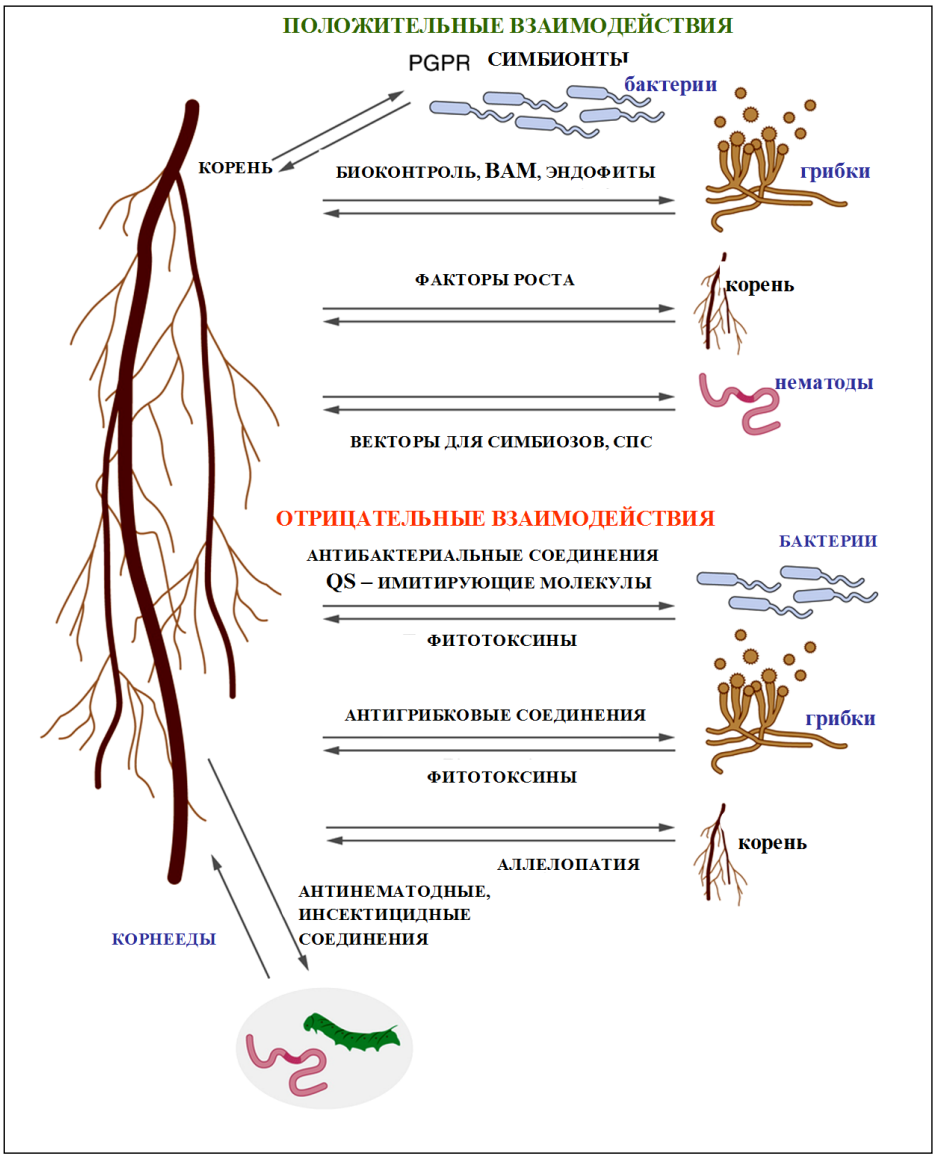

Рис. 1. Взаимодействие между растениями и биотой почвы в пределах ризосферы [11]

PGPR – ризобактерии, BAM – визикулярно-арбускулярная микориза, СПС – системное приобретённое сопротивление, GS – имитационные молекулы, вырабатываемые растениями, как результат коммуникативного процесса с бактериями.

Положительные взаимодействия, опосредуемые корневыми экссудатами, включают стимуляторы роста или регуляторы, имитирующие рост других растений. Они также выполняет перекрестную сигнализацию с ризосферными беспозвоночными. Отрицательные взаимодействия, опосредуемые корневыми экссудатами, включают секрецию

противомикробных препаратов, фитотоксинов, нематоцидных и инсектицидных соединений. Положительные взаимодействия между растениями также иногда контролируются корневыми экссудатами. В частности, корневые экссудаты могут оказывать защитное действие от соседних растений. В некоторых случаях, защита растений, обусловленная экссудатами корней, просто уменьшает подверженность к воздействию патогенной инфекции, тогда как в других случаях это защитное действие заключается в синтезе и экскреции летучих веществ, которые привлекают хищников врагов растений. Кроме того, корневые экзометаболиты могут оказывать некоторое положительное действие на почвенные процессы и микробные популяции, являющиеся благоприятными для соседних растений. Взаимодействие между растениями при участии выделяемых ими химических соединений, или аллелопатия, является одним из способов, благодаря которому одно растение может получать преимущество перед конкурентами. Растения, которые образуют и выделяют мощные фитотоксины, могут ингибировать прорастание семян, рост или выживание соседних растений, уменьшая, таким образом, конкуренцию и сохраняя наличие ресурсов. Растения содержат фитотоксины в разлагающихся листьях и корнях, в фильтрате из живых тканей, в живых зеленых листьях, в корневых экссудатах. Фитотоксины, образуемые растениями, значительно различаются по химической структуре, механизмам действия и силе воздействия на другие растения. Фитотоксины, содержащиеся в корневых экссудатах, могут действовать на фотосинтез, дыхание, трансмембранный перенос, прорастание семян, рост корней, повышают смертность клеток восприимчивых растений. Это, в свою очередь, может отразиться на составе и динамике почвенной биоты.

Ряд фитотоксических соединений выявлен в корневых экссудатах. Фитотоксические корневые выделения могут оказывать отрицательные воздействия на рост и развитие при отношениях растение – растение только при наличии достаточных концентраций. Химическая стабильность и скорость образования фитотоксинов в органах растений определяют их концентрацию в ризосфере. Экологическая значимость фитотоксического корневого экссудата также зависит от толерантности растений, с которыми осуществляются аллелопатические взаимодействия.

Корневые выделения как причина аутоинтоксикации растений

Множество растений образуют вторичные метаболиты, которые блокируют рост растений того же вида (аутотоксичность). Аутотоксичность широко наблюдается в агроэкосистемах при выращивании культурных и лекарственных растений, а также у растений в природных растительных сообществах, длительное время произрастающих на одном месте (синузии). Химические вещества корневых экссудатов опосредуют аутоингибирование по крайней мере, некоторых видов, включая *Asparagus officinalis, Cucumis sativa* и *Centaurea maculosa*. Признаки аутотоксичности при монокультуре проявляют и лекарственные растения. Так, многолетнее травянистое растение – *Rehmannia glutinosa* (Libosch), высоко ценится в традиционной китайской медицине. Она обеспечивает лечение заболеваний эндокринной, сердечно-сосудистой, нервной и иммунной систем. Однако длительная монокультура *R. glutinosa* приводит к значительному снижению биомассы и качества подземных клубней, имеющих наибольшую лекарственную ценность. Поля, используемые для производства *R. glutinosa*, обычно пересаживают каждые 15-20 лет. Длительная монокультура *R. glutinosa* не приводила к снижению доступных питательных веществ в почве, а удобрение не устраняло болезней саженцев и не улучшало рост растения [12]. При выращивании *R. glutinosa* в монокультуре в стерильных условиях корневые экссудаты содержали десять фенольных кислот, включая кумариновую, протокатеховую, фталевую, п-гидроксибензойную, ванилиновую, сирингиновую, ванилин, феруловую, бензойную и салициловую кислоты. Количественный анализ с ВЭЖХ показал, что большинство фенольных кислот увеличивалось с длительностью монокультуры *R. glutinosa*. Было исследовано влияние фенольных кислот в корневых экссудатах на рост *Pseudomonas* sp. W12 и *F. oxysporum*. Смесь фенольных кислот, взятых в том же соотношении, что и в почве ризосферы, значительно способствовала росту мицелия *F. oxysporum*, большинство

штаммов которого являются фитопатогенами, при этом самый высокий стимулирующий эффект на рост *F. oxysporum* оказывали ванилиновая и феруловая кислоты. Тем не менее, эффект смеси, повышающий рост грибка, выше, чем у отдельных соединений. Помимо этого, смесь фенольных кислот значительно способствует споруляции *F. oxysporum*, и стимулирующий эффект увеличивается по мере роста их концентрации. Очищенный изолят *F. oxysporum* быстро вызывает болезнь увядания на проростках из культуры тканей *R. glutinosa*, так как колонизирует сосуды ксилемы.

Таким образом, разнообразие растений улучшает защиту от почвенных патогенов путем создания антагонистических сообществ бактерий, в то время как монокультуры растений отрицательно влияют на разнообразие антагонистических бактерий. В условиях четырехлетней монокультуры *R. glutinosa* минимум два фактора влияют на снижение её продуктивности: I) снижение в ризосфере активности полезных бактерий с антагонистической активностью по отношению к патогенам и 2) повышение восприимчивости к заболеваниям *R. glutinosa* вследствие плохого роста в то время, когда патогенные микробы стали доминирующими. Эти знания необходимы при разработке методов решения проблем монокультуры лекарственных растений.

Ассоциирование микроорганизмов корнями растений

Изучение ризосферных бактерий растений очень важно, так как они оказывают влияние на рост растений, образование и выделение экзометаболитов. Таксономический состав бактерий в ризосфере зависит от вида растения, типа почвы, микробных взаимодействий и других факторов среды. Ризобактерии PGPR (рисунок) и виды бактерий, относящиеся к родам *Azospirillum, Alcaligenes, Arthrobacter, Acinetobacter, Bacillus, Burkholderia, Enterobacter, Erwinia, Flavobacterium, Pseudomonas, Rhizobium* и *Serratia*, оказывают благотворное влияние на рост растений. Основными механизмами, с помощью которых PGPR непосредственно способствует росту растений, является образование фитогормонов, таких как ауксины, цитокинины и гиббереллины, улучшающее питание растений путем солюбилизации таких минералов, как фосфор и железо, производство сидерофоров и ферментов, снижение уровней этилена и индукция системной толерантности. Например, в ризосфере лекарственного растения *Alpinia galanga Alpinia galanga (L.) WILLD* были выделены: 21 бактериальная колония, 5 грибковых колоний и 3 колонии актиномицетов [13]. В составе бактериальных колоний были идентифицированы *Bacillus* sp I, *Bacillus* sp II, *Neiserria* sp, *Bacillus* sp III, *Bacillus* sp IV, *Bacillus lichiniformis, Streptococcus* sp I, *Paenibacillus popilliae, Bacillus* sp V, *Bacillus* sp VI, *Neiserria denitrificans, Staphylocoocus* sp, *Micrococcus* sp, *Serriatia* sp, *Pseudomonas* sp1, *Enterococcus* sp, *Veillonella* sp, *Rhizobium* sp1 *и Pseudomonas* sp I1. В колонии грибов были идентифицированы *Aspergillus* sp, *Rhizopus* sp, *Penicillium* sp, *Trichoderma* sp и *Fusarium* sp. Актиномицеты были представлены *Streptomyces* sp и *Frankia* sp. Приведённые результаты будут полезными исследователям, изучающим разнообразие микроорганизмов ризосферы растений в естественных и агрофитоценозах.

Корневые экссудаты – медиаторы при поглощении элементов минерального питания (ЭМП) из почвы.

Доступность ЭМП в почвах считается ключевым фактором, влияющим на жизнедеятельность растений и распределение видов. Несмотря на то, что ограниченное содержание питательных веществ в наземных экосистемах является обычным явлением, растения развили многочисленные механизмы для ликвидации дефицита питательных элементов, используя сложную морфологическую структуру корневых систем и специфические физиологические функции, например, корневую экссудацию. Корневая экссудация, пассивное или активное выделение неорганических ионов, летучих веществ и первичных и вторичных метаболитов из корней, является распространенным явлением в высших растениях. Корневые экссудаты могут увеличить доступность питательных веществ в ризосфере, влияя на pH почвы, конкурируя за места адсорбции минералов, хелатируя минеральные питательные вещества и солюбилизируя почвенные минералы. Экссудаты также могут косвенно улучшать усвоение растениями ЭМП путем взаимодействия с

микробами. Например, экссудация флавоноидов является ключевым процессом при образовании клубеньков в симбиозах с азотфиксирующими бактериями. Корневые экссудаты также влияют на состав бактериального сообщества ризосферы, а также на использование углерода и питательных элементов почвы. Таким образом, корневая экссудация играет важную роль в обеспечении растений ЭМП, особенно в условиях их низкого содержания в почве. Растительные корневые экссудаты состоят из сложной смеси анионов органических кислот, фитосидерофоров, сахаров, витаминов, аминокислот, пуринов, нуклеозидов, неорганических ионов (например, HCO^{3-}, OH^{-}, H^{+}), газообразных молекул (CO_2, H_2), ферментов и корней, которые оказывают непосредственное или косвенное влияние на поглощение ЭМП, необходимых для роста растений. Экссудаты могут высвобождать питательные элементы путем реакции с минералами почвы, или десорбцией из глинистых минералов, или воздействием с помощью содержащихся в них ферментов на органические вещества, при этом высвобождающиеся в почвенный раствор минеральные элементы могут быть поглощены растением. Основными химическими элементами, наиболее ограничивающими рост растений, являются N и P. Наличие азота в большинстве почв низкое из-за потерь на выщелачивание растворимых нитратов (NO^{3-}) с проникновением дождевой воды, или фиксацией аммония (NH^{4+}) в глинах и органическом веществе почвы, а также вследствие бактериальной денитрификации. Фосфат (PO_4^{3-}), форма P, используемая растениями, очень нерастворима в почвах, так как связывается с окислами Ca, Al, Fe и органическим веществом почвы, что делает большую часть P недоступной для растений. При дефиците P растения используют несколько механизмов для высвобождения PO_4^{3-}, которые зависят от типа растений (двудольное и однодольное), видов и генотипов. Корни растений могут выделять в ризосферу органические кислоты (яблочную, лимонную), которые эффективно снижают pH ризосферы и солюбилизируют P, связанный с минералами почвы. Другие растения в ответ на дефицит P выделяют пицидиновую кислоту, которая хелатирует Fe, связанное в виде $FePO_4$, высвобождая PO_4^{3-}. Растения также используют PO_4^{3-} из органических веществ с помощью выделяемой в ризосферу кислой фосфатазы [14]. В дополнение к широко распространённым кислым фосфатазам растения с способностью образовывать кластерные корни выделяют новые кислые фосфатазы для гидролиза фосфорсодержащих соединений в непосредственной близости от протеоидных корневых волосков. Апиразы (ферменты, которые расщепляют γ- и β-фосфаты в АТФ) представляют собой еще одну группу новых ферментов, участвующих в P-питании растений. Апиразы улучшают фосфорное питание посредством выделения P из внеклеточного АТФ и других органических фосфорсодержащих молекул, которые обычно присутствуют в ризосфере. В прорастающих саженцах для высвобождения неорганического P, необходимого для проростков, фитазы гидролизуют фитиновую кислоту.

Новые функции корневых экссудатов

В последние годы в научной литературе всё чаще акцентируется внимание на том, что корневые экссудаты участвуют в нескольких типах взаимодействий, как положительных, так и отрицательных, например растение-растение, растение-микробы и тритрофических (растение-микробы-нематоды) [15]. В отличие от растений и микробов, ризосферные нематоды очень мобильны и могут реагировать на химические связи, которые происходят между микробами и растениями. Трехуровневые трофические взаимодействия (растения, микробы и нематоды) лучше всего описаны в контексте исследований с клубеньковыми бактериями, микоризными грибками и патогенными микроорганизмами растений [16]. Результаты этих исследований показали, что трехуровневые трофические взаимодействия в ризосфере происходит, когда нематоды и микробы действуют синергически, влияя на рост растений. Другие исследования показывают, что почва – местообитание нематоды *Caenorhabditis elegans*, также может являться посредником взаимодействий между корнями растений и клубеньковыми бактериями, приводя к увеличению количества клубеньков [17]. Это исследование показало, что нематода выступает в качестве вектора для *S.meliloti*, направляя её к корням растений бобовых в ответ на выделенные из корней растений летучих

веществ, способствующих инициализации симбиоза растения-микробы. Еще одним хорошо изученным примером взаимодействия в трехуровневой трофической биосистеме является наличие опосредованной корневыми выделениями взаимодействия растений с паразитарными растениями и грибками, образующими арбускулярную микоризу (АМГ). Растения используют широкий диапазон смесей химических соединений для привлечения полезных и сдерживания вредных организмов. Однако привлечение полезных организмов может одновременно привлечь недоброжелательные организмы. Классическим примером такого случая является взаимосвязь между растениями, образующими АМГ вследствие возникших мутуалистических отношений, и вредными растениями-паразитами, которые опосредуются (при участии) стриголактонами и их производными. Стриголактоны обнаружены в низких количествах в экссудатах различных видов растений, включая *Lotus japonicus* и *Menispermum dauricum*. Подземная конкуренция, обусловленная корнями растений, является повсеместным явлением во многих природных и полуестественных растительных сообществах. Несколько исследований подтвердили, что корни отвечают на соседние корни очень специфическими способами, которые зависят от индивидуальных особенностей соседа. Недавние данные свидетельствуют о том, что растения могут распознавать род, таким образом, влияя на конкурентные условия в корневых взаимодействиях и позволяя увеличить распределение корней при выращивании с незнакомцами, а не с «братьями» и «сестрами» [18]. Механизм по-прежнему остается неясным, но было высказано предположение, что именно корневые экссудаты играют важную роль в этом ответе.

Заключение

Химические соединения, выделяемые в почву корнями растений, называются корневыми экссудатами. Благодаря экссудации широкого спектра соединений корни могут регулировать микробиологическое сообщество почвы в непосредственной близости от них, проявлять толерантность к травоядным насекомым, способствовать формированию полезных симбиотических связей с другими организмами почвенной биоты, изменять химические и физические свойства почвы и препятствовать росту конкурирующих видов растений. Способность секретировать обширный массив соединений в ризосферу является одной из самых замечательных метаболических особенностей корней растений, при этом почти от 5% до 21% всего фотосинтетически фиксированного углерода передается в ризосферу через корневые экссудаты [19]. Корневые экссудаты играют фундаментальную роль в минеральном питании растений. Они либо содержат сигналы, которые действуют как регуляторы роста и функций микроорганизмов, либо обладают молекулами, которые непосредственно контролируют процессы ризосферы, которые усиливают поглощение и усвоение ЭМП. Несомненно, управление некоторыми или всеми этими ризосферными процессами будет служить ключом к повышению продуктивности растений.

Литература

1. Кондратьев М.Н., Ларикова Ю.С., Демина О.С. Физиологические функции корневых выделений у растений. В сборнике: Доклады ТСХА. – 2015. – С. 35-39.

2. Кондратьев М.Н., Ларикова Ю.С. Современный подход к рассмотрению роли аллелопатии в естественных и агрофитоценозах. В сборнике: Доклады ТСХА. – 2015. – С. 99-101.

3. Волобуева О.Г., Мирошникова М.П., Наумкина Т.С. Влияние биопрепаратов и регуляторов роста на эффективность бобово-ризобиального симбиоза фасоли // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 3(19). – С. 56-62.

4. Демина О.С., Ларикова Ю.С., Кондратьев М.Н. Аллелопатический потенциал люпина узколистного (Lupinus angustifolius L.) во взаимодействии с другими сельскохозяйственными культурами // Известия ТСХА. – № 4. 2016. – С. 27-40.

5. Демина О.С. Роль корневых выделений в аллелопатической активности подсолнечника (Hellianthus annus L.), ржи (Secale cereale) и люпина (Lupinus Spp.). Автореферат на соискание кандидата биол. наук, – 2017. – 24 с.

6. Кондратьев М. Н., Карпова Г. А., Ларикова Ю. С. Взаимосвязи и взаимоотношения в растительных сообществах. Москва: РГАУ – МСХА. – 2014. – 300 с.

7. Волобуева О.Г. Влияние биопрепаратов Ризоторфин и Альбит на содержание фитогормонов в растениях гороха разных сортов и эффективность симбиоза //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – №2 (30). – С.24-20. DOI: 10.24411/2309-348x-2019-11082

8. Weir T. L., Park S. W., Vivanco J. M. Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals // Curr. Opin. Plant Biol. – 2004. - Vol. 7. – P. 472–79.
9. Макаренко О.А., Левицкий А.П. Физиологические функции флавоноидов в растениях // Физиология и биохимия культурных растений. – 2013. – № 2. – С. 100-112.
10. Волобуева О.Г. Симбиотическая азотфиксация как фактор экологической безопасности и плодородия почвы // Вестник РУДН. – 2011. – №1. – С. 53-60.
11. Bais H.P. et al. The Role of Root Exudates in Rhizosphere Interactions with Plants and Other Organisms // Annu. Rev. Plant Biol. – 2006. – Vol. 57. – P. 233-66.
12. Wu L. K. et al. Assessment of shifts in microbial community structure and catabolic diversity in response to *Rehmannia glutinosa* monoculture // Appl. Soil Ecol. – 2013. – Vol. 67. – P. 1–9.
13. Beula Rani K. R., Sundar S. K., Murugan M.A. Study the Diversity of Root Associated Microorganisms of Medicinal Plant *Alpinia galangal* // Biol. Chem. Sci. – 2016. – Vol.7. – P. 1270-1274.
14. Sultana J., Siddique M. N. A. Quantifying the role of arbuscular mycorrhizal colonization and acid phosphatase activity in grass biomass production // J. Mole. Stud. Medici. Res. – 2015. – Vol. – P. 1-15.
15. Badri D.V., Vivanco J., M. Regulation and function of root exudates // Plant, Cell and Environment. – 2009. – Vol.32. – P. 666-681.
16. Khan A.G. et al. Role of plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation // Chemosphere. – 2000. – Vol. 41**.** – P. 197– 207.
17. Horiuchi J. et al. Soil nematodes mediate positive interactions between legume plants and rhizobium bacteria // Planta. – 2005. – Vol.222**.** – P. 848–857.
18. Dudley S. A, File A. B. Kin recognition in an annual plant // Biology Letters. – 2007. – Vol. 3**.** – P. – 435–438.
19. Кондратьев М.Н., Ларикова Ю.С. Экофизиология семян. Формирование фитоценозов. М.: Изд. РГАУ-МСХА, 2011. – 278 с.

References

1. Kondratiev M.N., Larikova Yu.S., Demina O.S. Physiological functions of root secretions in plants. In the collection: Reports of the TLC, 2015, pp.35-39. (In Russian)
2. Kondratiev M.N., Larikova Yu.S. Modern approach to the consideration of the role of allelopathy in natural and agrophytocenoses. In the collection: Reports of the TLC. 2015. pp. 99-101. (In Russian)
3. Vololbueva O.G., Miroshnikova M.P., Naumkina T.S. Influence of biological preparations and growth regulators on efficacy of legume-rhizobial symbiose of bean. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2016, no. 3(19), pp. 56-62. (In Russian)
4. Demina O.S., Larikova Yu.S., Kondratiev M.N. Allelopathic potential of narrow-leaved lupin (Lupinus angustifolius L.) in interaction with other agricultural crops. *Izvestiya of TAA*, No. 4. 2016, pp.27-40. (In Russian)
5. Demina O.S. The role of root secretions in the allelopathic activity of sunflower (Helianthus annuus L.), rye (Secale cereale) and lupine (Lupinus Spp.). Abstract for the candidate of biol.sciences, 2017, 24 p. (In Russian)
6. Kondratiev M.N., Karpova G.A., Larikova Yu. S. Interrelations and relationships in plant communities. Moscow: RSAU - MAA, 2014, 300 p. (In Russian)
7. Volobueva O.G. Effect of bioproducts Rhizotorphin and Albit on the content of phytohormones in different varieties of pea plants and efficienecy of symbiosis. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2019, no. 2(30), pp.24-62. (In Russian)
8. Weir T. L., Park S. W., Vivanco J. M. Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals // *Curr. Opin. Plant Biol*, 2004, Vol. 7, pp. 472–79.
9. Makarenko OA, Levitsky AP Physiological functions of flavonoids in plants. *Fiziol. and biochem. cultural plants*, 2013, no. 2, pp. 100-112. (In Russian)
10. Volobueva O.G. The simbiosis nitrogen-fixation as a factor of ecological safety and soil's fertility. *Bulletin of the RUDN*, 2011, no.1, pp.53-60. (In Russian)
11. Bais H.P. et al. The Role of Root Exudates in Rhizosphere Interactions with Plants and Other Organisms // Annu. Rev. Plant Biol, 2006, Vol. 57, pp. 233–66.
12. Wu L. K. et al. Assessment of shifts in microbial community structure and catabolic diversity in response to *Rehmannia glutinosa* monoculture // Appl. Soil Ecol, 2013, Vol. 67, pp. 1–9.
13. Beula Rani K. R., Sundar S. K., Murugan M.A. Study the Diversity of Root Associated Microorganisms of Medicinal Plant *Alpinia galangal* // Biol. Chem. Sci, 2016. Vol.7, pp. 1270- 1274.
14. Sultana J., Siddique M. N. A. Quantifying the role of arbuscular mycorrhizal colonization and acid phosphatase activity in grass biomass production // J. Mole. Stud. Medici. Res, 2015, pp. 1-15.
15. Badri D.V., Vivanco J., M. Regulation and function of root exudates // Plant, Cell and Environment, 2009, Vol.32, pp. 666–681.
16. Khan A.G. et al. Role of plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation // Chemosphere. 2000, Vol. 41**,** pp. 197– 207.
17. Horiuchi J. et al. Soil nematodes mediate positive interactions between legume plants and rhizobium bacteria // Planta, 2005, Vol.222, pp. 848–857.
18. Dudley S. A, File A. B. Kin recognition in an annual plant // Biology Letters, 2007, Vol. 3**,** pp. 435-438.
19. Kondratiev M.N., Larikova Yu.S. Ecophysiology of seeds. Formation of phytocenoses – Moscow, Publishing House of RSAU – MAA, 2011, 278 p. (In Russian)

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-102-112
УДК 551.583

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ НА КЛИМАТ ТАТАРСТАНА

О.Л. ШАЙТАНОВ, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID 0000-0001-9417-8548, E-mail: oleshaytan@yandex.ru
Р.М. НИЗАМОВ, доктор сельскохозяйственных наук
Е.И. ЗАХАРОВА, кандидат сельскохозяйственных наук

ТАТАРСКИЙ НИИСХ – ОСП ФИЦ «КАЗАНСКИЙ НЦ РАН»

В статье приводятся результаты оценки особенностей климатических изменений на территории Татарстана под влиянием глобального потепления. Рассмотрены годовые и сезонные изменения температуры воздуха и осадков за весь период инструментальных наблюдений. Установлено повышение скорости потепления среднегодовой температуры воздуха с 0,1ºС за десятилетие в прошлом веке до 0,49ºС в XXI веке. При этом зимний период теплел со скоростью 0,52º, а апрель-октябрь – со скоростью 0,48ºС. Термические ресурсы вегетационных периодов в виде суммы эффективных температур выше 10ºС увеличились со среднемноголетних 880º до 1080ºС. Обнаружены 3-х и 6-7-летняя периодичности в накоплении суммы эффективных температур выше 10ºС, что облегчает составление долгосрочных прогнозов по региону. Изучены смещения календарных сроков и изменения в продолжительности основных агроклиматических периодов. Выявлены тенденции: увеличения объема осадков в виде снега на 70%, но сокращения продолжительности зимы на 15 дней, увеличения продолжительности периода со среднесуточной температурой воздуха выше 10ºС на 21 день, но уменьшения количества осадков за тот же период на 10%. Рассчитаны гидротермические коэффициенты за период 1981-2021 гг., приведены тренды осадков и ГТК за вегетацию, доказывающие повышение засушливости климата в Татарстане.

Ключевые слова: температура, осадки, тренд, агроклиматические параметры, гидротермический коэффициент, вегетация.

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF GLOBAL WARMING ON THE CLIMATE OF TATARSTAN

O.L. Shaitanov, ORCID ID 0000-0001-9417-8548
R.M. Nizamov, E.I. Zakharova

TATAR RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE - SSU FRC «KazSC RAS»

Abstract: *The article presents the results of assessing the features of climate change in the territory of Tatarstan under the influence of global warming. Annual and seasonal changes in air temperature and precipitation over the entire period by instrumental observations are considered. An increase in the rate of warming of the average annual air temperature from 0.1 ˚C per decade in the last century to 0.49 ˚C in the XXI century has been established. At the same time, the winter period warmed at a rate of 0.52˚C, and April-October – at a rate of 0.48˚C. The thermal resources of vegetation periods in the form of the sum of effective temperatures above 10 °C increased from the average annual 880°C to 1080°C. 3- and 6-7-year periodicities were found in the accumulation of the sum of effective temperatures above 10˚C, which facilitates the preparation of long-term forecasts for the region. Shifts of calendar dates and changes in the duration of the main agro-climatic periods were studied. Trends have been identified: an increase in precipitation in the form of snow by 70%, but a reduction in winter by 15 days, an increase in the duration of the period with*

an average daily air temperature above 10°C for 21 days, but a decrease in precipitation over the same period by 10%. Hydrothermal coefficients for the period 1981-2021 are calculated, precipitation trends and hydrothermal coefficient for vegetation are given, proving an increase in the aridity of the climate in Tatarstan.

Keywords: temperature, precipitation, trend, agro-climatic parameters, hydrothermal coefficient, vegetation.

Введение

Значение температурного режима воздуха для сельского хозяйства неоценимо: все физиологические процессы в растениях происходят в определённом диапазоне температур, все атмосферные процессы, включая осадки, зависят от температуры воздуха. Даже во вневегетационный период температура среды является одним из основных метеорологических факторов влияния на будущий урожай. Этот показатель влияет на распространение вредителей и болезней, а также на самочувствие животных, определяет условия их выпаса и содержания. Поэтому любые отклонения от свойственного региону теплового режима чреваты труднопредсказуемыми последствиями.

Глобальное потепление явственно проявилось во второй половине XIX века [1], а в конце XX века стало ускоряться. При этом глобальная температура в период с1976 по 2020 г. росла со скоростью 0,18ºС за десятилетие. По России за тот же период скорость потепления составила 0,51ºС за десятилетие [2], что привело к значительным изменениям климата на уровне регионов. Уже предвидя это, 11 лет назад Президиум Россельхозакадемии постановил «считать важнейшим направлением в работе подведомственных научных учреждений проведение исследований по оценке рисков и адаптации агропромышленного комплекса России к наблюдаемым и прогнозируемым изменениям климата» [3]. Начал исследовательскую работу в этом направлении и Татарский НИИСХ.

Татарстан (РТ) с численностью населения 3,9 млн. чел. и земельным фондом в 6,8 млн. га является одним из важнейших не только промышленных, но и сельскохозяйственных регионов РФ. Республика заняла в 2020 г. 4 место по производству валовой продукции сельского хозяйства, в том числе 1 – по производству молока, среди остальных субъектов Российской Федерации.

Для выполнения поставленной Президиумом Россельхозакадемии задачи на полях ТатНИИСХ (Предкамская почвенно-климатическая зона РТ) была установлена метеорологическая станция, на которой с 2004 г. стали вестись круглосуточные инструментальные наблюдения за погодой. За прошедшие годы была создана обширная база данных, которая дополнялась информацией метеостанций государственной сети на территории Татарстана.

Цель исследований заключалась в том, чтобы выяснить масштабы потепления и охарактеризовать тенденции происходящих климатических изменений на территории Татарстана. Это, в свою очередь, позволит научно обоснованно откорректировать внутрирегиональные системы земледелия и направление дальнейших научных исследований, а также удовлетворить практические потребности сельскохозяйственных производителей в достоверной информации.

В задачи исследований входило:

– установить темпы и тенденции изменения годовых и сезонных среднесуточных температур воздуха;

– определить закономерности и тенденции изменения термических ресурсов вегетационного периода;

– выявить смещения календарных сроков наступления основных агроклиматических событий;

– оценить динамику обеспеченности вегетационных периодов осадками за последние 40 лет и засушливости климата.

Условия, материалы и методы

Татарстан расположен в северной части Среднего Поволжья на высоте от 70 до 300 м над уровнем моря. Такое географическое положение (в глубине огромного континента, на возвышенности) определяет основные черты климата: холодная зима и жаркое лето, резкие колебания температуры воздуха и крайне неравномерное распределение осадков. Климатические и погодные контрасты приводят к возникновению экстремальных ситуаций, что обуславливает нестабильность урожаев всех возделываемых здесь сельскохозяйственных культур.

Оценка изменений климата на изучаемой территории проводилась с использованием апробированных статистических методов, корреляционного и тренд-анализа. Методологической основой работы послужила общепринятая методика сельскохозяйственной оценки климата [4], а также научные статьи, посвященные исследованию современных глобальных и региональных изменений климата. В аналитической работе использовались также данные из региональных климатических справочников прошлого века [5, 6, 7].

Результаты исследований и их обсуждение

Темпы потепления на территории РТ. Изучением архивных данных установлено, что в 1831-1840 гг. среднегодовая температура воздуха на территории будущей РТ составляла 2,2ºС (рис. 1). С тех пор она неуклонно повышалась, достигнув за 100 лет 3,6ºС, затем последовало похолодание до 2,7ºС в 1941-1950 гг.[7]. Однако в 1975-2005 гг. среднегодовая температура воздуха уже была на уровне 3,7ºС.

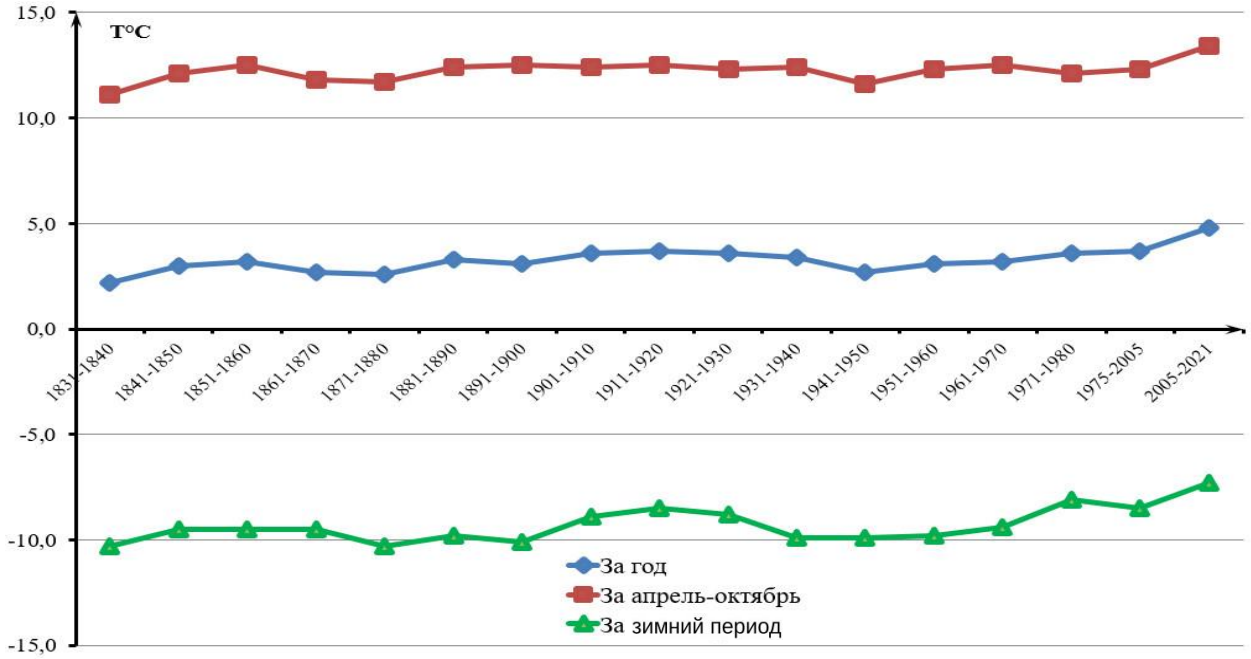

Рис. 1. Динамика среднегодовой температуры воздуха на территории РТ за всю историю метеонаблюдений

Итого за 154 года этот показатель вырос на 1,5º, в том числе периода с отрицательными среднесуточными температурами (ноябрь-март) – на 1,8ºС, а тёплого времени года (апрель-октябрь) – на 1,2ºС. Скорость роста среднегодовой температуры воздуха составила 0,10ºС за десятилетие, при этом скорость потепления зимы составила 0,12º, а периода «апрель-октябрь» – 0,08ºС за десятилетие.

В XXI веке, как и в целом по России, темпы потепления на территории РТ продолжают расти. Среднегодовая температура воздуха за период 2005-2020 гг. составила 4,83ºС (при

колебаниях от 3,3º в 2011 г. до 6,8ºС в 2016 г.), в том числе за ноябрь-март -7,3ºС (при колебаниях от -11,0º в 2010 г. до -2,8ºС в 2020 г.), за апрель-октябрь – 13,4ºС (при колебаниях от 12,1º в 2017 г. до 15,1ºС в 2010 г.). По сравнению с предыдущим периодом (1975-2005 гг.) прирост среднегодовой температуры воздуха составил 1,13ºС со скоростью потепления 0,49º за десятилетие. В том числе средняя температура воздуха зимой повысилась по сравнению с предыдущим периодом на 1,2ºС (с -8,5º до -7,3ºС), а в тёплый период года – на 1,10ºС (с 12,3ºС до 13,4ºС). Соответственно зимний период теплел со скоростью 0,52º, а апрель-октябрь – со скоростью 0,48ºС.

Таким образом, скорость потепления на территории РТ по сравнению с прошлым веком возросла впятеро. При этом темпы потепления зимнего и вегетационного периодов практически сравнялись между собой, а в целом скорость роста среднегодовой температуры воздуха по Татарстану лишь немного ниже усредненного показателя по России (0,51ºС за десятилетие). Анализ температурного режима за период май-август в последние 20 лет выявил тенденцию увеличения количества дней с максимальной температурой воздуха выше 25ºС. Аналогичная тенденция отмечается и для числа дней с относительной влажностью 30% и менее.

Весьма интересно, но пока необъяснимо, почему скорость потепления по месяцам разная. Так, январь, май, август, октябрь и ноябрь за 20 последних лет потеплели на 1,5-1,8ºС, прочие месяцы, кроме февраля, потеплели на 0,8-1,1ºС. Февраль стоит особняком – несмотря на большой разброс значений (от -2,8º в 2016 г. до -21,6ºС в 2011 г.), его средняя температура за последние 20 лет осталась такой же, какой была и в предыдущие 30 лет (-11,6ºС). Вследствие этого февраль стал самым холодным месяцем на территории РТ в XXI веке.

Термические ресурсы. Взаимосвязь температур воздуха и продуктивности растений осуществляется через количество поступающего растениям тепла. Теплообеспеченность вегетационного периода наиболее наглядно оценивается суммой эффективных температур воздуха свыше 10ºС. В середине XX века на территории РТ она составляла 770ºС, в последней его четверти – 880ºС, а в среднем за два десятилетия XXI века достигла 1080ºС (рис. 2).

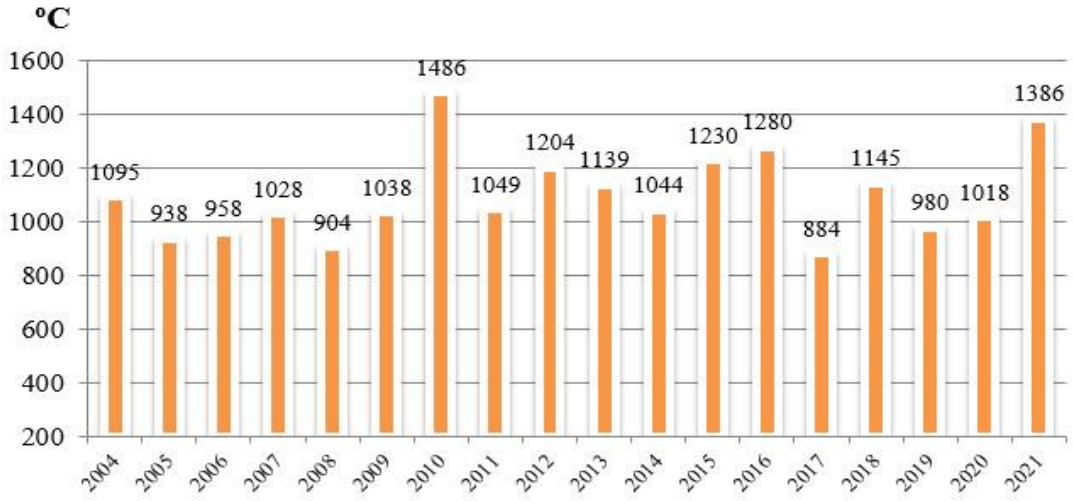

Рис. 2. Динамика суммы эффективных температур выше 10ºС в XXI веке

При этом в первом десятилетии было 5 лет с суммой эффективных температур воздуха свыше 10ºС более 1000º, а во втором – уже 8 лет. Такие ресурсы тепла позволяют получать стабильные урожаи зерна раннеспелых гибридов кукурузы уже во многих хозяйствах РТ. За последние 30 лет озимая пшеница стала доминирующей культурой в зерновом клине Татарстана, стали возделываться и постепенно увеличиваются площади подсолнечника на

маслосемена, появились посевы фестулолиума, райграса, ломкоколосника, житняка, синей люцерны и т. д.

С потеплением климата на территории республики усилилась вредоносность шведской мухи, озимой совки, клопа-черепашки, хлебного жука Кузьки, тли, трипсов, жука гороховая зерновка брухус [8], колорадского жука, проволочников. На полях с большой скоростью стал размножаться вьюнок полевой, агрессивнее стали такие болезни, как мучнистая роса и ржавчина зерновых, антракноз бобовых культур, альтернариоз и вирусные заболевания картофеля (Y-вирус) [9], что требует совершенствования технологий возделывания, селекции более устойчивых сортов.

Дальнейшее изучение термических ресурсов многолетнего ряда позволило обнаружить 7-8 летнюю цикличность, те «волны жары», о которых говорилось в пятом оценочном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата [10]. Не так четко, но достаточно заметна и трехлетняя цикличность. Первым ее обнаружил еще в начале XX века М.А. Боголепов. После 2010 г. первая цикличность сократилась до 6 лет. Опираясь на эти периодичности, удается достаточно точно прогнозировать характер следующего года. Впервые нами заранее было объявлено через средства массовой информации о том, что 2010 г. будет экстремально жарким и засушливым, а за ним последуют еще несколько засушливых лет. В 2016 г. был предсказан прохладный 2017 г. Следующим аномально жарким должен был стать 2022 г., однако им стал 2021 г. Возможно, первая цикличность сократилась до 5 лет (об этом тоже говорилось в упомянутом докладе экспертов по климату), тем не менее на 2022 г. приходится пик трехлетнего цикла, и он все равно ожидается сухим и жарким, а вместе с ним еще три-четыре подряд засушливых года. Прогнозы ТатНИИСХ вызывают большой интерес в республике.

Сроки и продолжительность основных агроклиматических периодов. Особое внимание в данной работе уделялось изучению смещения календарных сроков и изменению продолжительности наиболее значимых для сельского хозяйства временных отрезков. Для этого усредненные данные за 2005-2020 гг. сравнивались со среднемноголетними данными периода 1970-1995 гг.

Установлено, что в XXI веке снег стал укрывать землю на 10-12 дней позже среднемноголетнего срока, а разрушение снежного покрова стало начинаться на 20 дней раньше, то есть, продолжительность устойчивого залегания снега сократилась на месяц (табл. 1).

Однако снег стал таять дольше, поскольку увеличилась высота снежного покрова с 31 до 53 см. Несложный расчет показал, что в 60% из двадцати последних лет выпадает от 1,5 до 2,5 годовых норм снега, поэтому полное освобождение полей от снега стало происходить лишь на 3-5 дней раньше обычного срока. Наряду с этим, устойчивое промерзание почвы также стало наблюдаться на 10-12 дней позже среднемноголетнего срока, а средняя глубина промерзания в XXI веке составила 34 см (среднемноголетняя – 90 см).

Наибольшая глубина промерзания наблюдалась в 2010 г. (64 см), а наименьшая – в 2011 г. (11 см). В этих условиях полное оттаивание почвы стало происходить на 3 недели раньше обычного – еще до окончательного схода снега с полей. Благодаря этому уменьшились сток воды и смыв плодородной почвы с полей, улучшились условия для весеннего восполнения частого осеннего дефицита влаги в почве. Ученые КФУ с помощью космической фотосъемки сравнили современное состояние овражной эрозии на территории РТ с данными 1960-1970 гг. [11]. Оказалось, что густота овражной сети за неполные 50 лет сократилась на 0,3 км/км^2 (почти в три раза). К сожалению, уменьшение глубины промерзания означает ослабление одного из главных естественных факторов разуплотнения подпахотных горизонтов.

Таблица 1

Динамика изменений основных агроклиматических параметров на территории РТ, 1975-2020 гг.

Параметры	Среднее за		Изменения
	1970-1995 гг.	2005-2020 гг.	
Устойчивое промерзание почвы	10-15 ноября	24 ноября	На 10-12 дней позже
Установление снежного покрова	18-20ноября	1 декабря	На 10-12 дней позже
Начало разрушения снежного покрова	10-11 апреля	21 марта	На 20 дней раньше
Полный сход снега	17-19 апреля	14 апреля	На 3-5 дней раньше
Продолжительность залегания снега	150 дней	135 дня	На 15 дней меньше
Полное оттаивание почвы	2-3 мая	12 апреля	На 22 дня раньше
Последний весенний заморозок	15 мая	8 мая	На 7 дней раньше
Первый осенний заморозок	19 сентября	23 сентября	На 4 дня позже
Продолжительность безморозного периода	127 дней	138 дней	Увеличилась на 11 дней
Переход среднесуточных T^o через 0ºС весной-осенью	6 апреля 3 ноября	31 марта 12 ноября	На 6 дней раньше На 9 дней позже
Продолжительность периода с T^o>0ºС	211 дней	226 дней	Увеличилась на 15 дней
Переход среднесуточных T^o через 5ºС весной-осенью	21 апреля 9 октября	20 апреля 19 октября	На 1 день раньше На 10 дней позже
Продолжительность вегетационного периода (T^o>5ºС)	171 день	182 дня	Увеличилась на 11 дней
Переход среднесуточных T^o через 10ºС весной-осенью	9 мая 18 сентября	1 мая 1 октября	На 8 дней раньше На 13 дней позже
Продолжительность активной вегетации (T^o>10ºС)	132 дня	153 дня	Увеличилась на 21 день

На 11 дней увеличилась продолжительность безморозного периода, в основном за счет более раннего прекращения весенних заморозков, однако вероятность позднего заморозка 29 мая-4 июня остается довольно высокой – 19%. Например, в 2017 и 2018 гг. последние заморозки были 29 мая в низинных местах в виде легкого инея на почве и молодых всходах. Более поздний заморозок – 4 июня – был в 2007 г. В промежутке между 2007 и 2017 гг. заморозки заканчивались в диапазоне 19 апреля – 15 мая. Поздние весенние заморозки заметно слабее, что позволяет смело рекомендовать ранние посевы теплолюбивых культур: кукурузы, гречихи, проса, сорго-суданкового гибрида и др. на возвышенных и склоновых участках с целью повышения эффективности использования весенних запасов продуктивной влаги в почве.

Некоторые хозяйства РТ уже успешно осуществляют посев самых ранних гибридов кукурузы в последних числах апреля и посев гречихи – одновременно с яровыми зерновыми. На 15 дней увеличился период с положительными среднесуточными температурами воздуха, на 11 дней – период активной вегетации ранних культур (T^oвоздуха>5ºС), причем второй увеличился практически только за счет сдвига даты осеннего перехода через 5ºС, а календарный срок весеннего перехода через 5ºС изменился лишь на сутки. На 21 день увеличился период активной вегетации теплолюбивых культур (среднесуточная T^oвоздуха>10ºС) – на 8 дней весной и на 13 дней осенью.

Таким образом, климатические рамки сельскохозяйственного производства РТ в XXI веке расширились на 21 день, что позволяет существенно увеличить выход продовольственной и технической продукции, кормов, сократить период стойлового содержания и удлинить пастбищный период, и т. д. В то же время происходящее потепление климата обострило в практическом сельском хозяйстве многие проблемы: совершенствование набора культур и сортов, обработка почвы, технологии возделывания,

использование удобрений и средств защиты растений, уточнение сроков сева и норм высева, повышение устойчивости новых сортов к высоким температурам, к воздушной и почвенной засухе, болезням.

Влагообеспеченность вегетационного периода. Для территорий Среднего Поволжья она считается еще более важным фактором климата, чем температурный режим воздуха, а главным источником воды являются осадки. Субъекты Среднего Поволжья исстари часто страдали из-за дефицита осадков в период вегетации сельскохозяйственных культур и из-за неравномерного распределения их во времени. Так, за период с 1870 по 1983 год на территории Татарстана случилось 39 засушливых лет [6] с осадками менее 80% среднемноголетней нормы за вегетацию – 35%. При этом во время вегетации наблюдались периоды без дождей по 70 (1957 г.) и даже 102 дня (1938 г.). Среднегодовое количество осадков колебалось в диапазоне 414-480 мм, лишь в 1931-1940 годах этот показатель снизился до 381 мм, а в 1961-1970 годах, напротив, увеличился до 527 мм. Последние 45 лет среднемноголетняя годовая сумма осадков ведет себя довольно стабильно: за период 1976-2005 гг. она составила 504 мм, а за 2006-2020 гг. – 505 мм при колебаниях от 421 мм в 2010 г. до 588 мм в 2017 г.

Совсем по-другому ведут себя вегетационные осадки. Анализ за 1981-2021 гг. показал, что осадки вегетационного периода на территории РТ имеют достоверную тенденцию к уменьшению (рис. 3). В среднем за годы XXI века осадков выпало на 10% меньше, чем за 1981-2000 гг., в то числе в мае-июне на 6%, когда закладывается урожай ранних культур, и августе-сентябре на 11%, когда формируется урожай кормовых, продовольственных и технических культур, идет сев озимых зерновых.

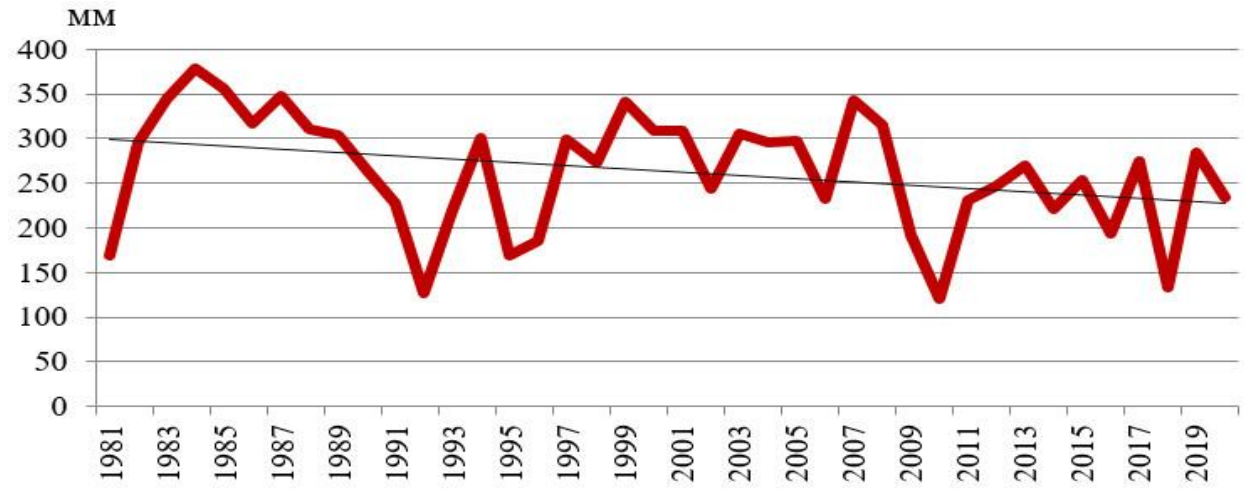

Рис. 3. Динамика осадков за период май-сентябрь

Уменьшение суммы осадков за период активной вегетации в сочетании с повышением среднесуточных температур воздуха ведёт к снижению гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова (ГТК) – показателя засушливости климата. По величине гидротермического коэффициента определяется тип увлажнения вегетационного периода согласно принятой классификации. Судя по графику и линии тренда ГТК (рис. 4), восьмидесятые годы прошлого столетия относились к влажному типу, единственным сильнозасушливым был 1981 год, когда за вегетацию выпало осадков всего 66% от нормы (ГТК 0,6), и два – слабозасушливых. В 1990-ые годы был 1 сухой (1992 г. с ГТК 0,5), 2 сильнозасушливых (ГТК 0,6 и 0,7) и 1 – слабозасушливый (ГТК 1,0) год. В нулевые годы XXI века 1 был сухой (2010 г. с ГТК 0,4), 1 – засушливый и 5 – слабозасушливых лет.

Рис. 4. Динамика ГТК за 40 последних лет

Из последних 11 лет все, кроме 2017 г., были в той или иной степени засушливыми: 2021 г. – сухой (ГТК 0,4), 2016 и 2018 гг. – сильнозасушливые (ГТК 0,7 и 0,52), 2011, 2014 и 2015 – засушливые (ГТК 0,9), остальные – слабозасушливые. Всего с начала XXI века было 8 засушливых лет с суммой вегетационных осадков менее 80% среднемноголетней нормы, что составляет 40%. Таким образом, линия тренда ГТК за последние 40 лет сместилась из области слабозасушливых и вошла в область засушливых лет, а доля засушливых лет по сравнению с прошлым веком повысилась на 10%.

Засушливость климата в регионе из-за неравномерного выпадения осадков (локальными дождями) проявляется также неравномерно, ежегодно ряд муниципальных районов недобирают урожай зерновых, кормовых, технических культур, картофеля. Сельхозпроизводители просят помощи у ученых, им нужны новые культуры и сорта, экономно расходующие влагу и питательные вещества, устойчивые к высоким температурам и воздушной засухе, обладающие устойчивым иммунитетом к болезням. Они просят пересмотреть основные элементы технологий возделывания для условий изменившегося климата.

В перспективные программы научных исследований ТатНИИСХ были внесены коррективы в связи с новыми запросами производственников. Уже опубликованы рекомендации по возделыванию новых засухоустойчивых кормовых культур [12], корректировке сроков посева кукурузы на зерно [13], озимой ржи [14] и озимой пшеницы [15] в условиях повышенных агроклиматических рисков. Ведется работа по выведению сорта картофеля, устойчивого к Y-вирусу картофеля (YBK), который с потеплением климата усилил свою агрессивность [16]. Выведены сорта картофеля Кортни, Регги, Самба, устойчивые к вирусному вырождению и толерантные к кратковременному дефициту осадков и высоким температурам.

Усилены исследования по созданию сортов, устойчивых к засухе. При оценке исходного материала особое внимание уделяется признакам, связанным со способностью растений к максимальному водопотреблению через хорошо развитую корневую систему, экономному расходованию влаги, низкому коэффициенту транспирации, интенсивному накоплению сухих веществ и формированию полноценных репродуктивных органов.

За последние 10 лет запатентован ряд адаптивных сортов, которые формируют урожай в условиях с ограниченным биоклиматическим потенциалом: озимая рожь Тантана, Зилант; озимая тритикале Светлица; озимая пшеница Надежда, Дарина, Султан; яровая пшеница Хаят, Экада 113, Экада 285, Хазинэ; яровой ячмень Камашевский [17, 18]. В селекцию

гороха ученые ТатНИИСХ вовлекли признак беспергаментности боба, существенно повышающий продуктивность растений в условиях засухи благодаря большей устойчивости к раскрыванию бобов и осыпанию семян [19]. Так, в конкурсном сортоиспытании засушливого 2021 г. урожайность беспергаментных сортов Велес и Купидон превысила стандарт Ватан (10,0 ц/га) на 4,0 и 7,0 ц/га соответственно.

Заключение

Скорость потепления на территории РТ по сравнению с прошлым веком возросла с 0,10ºС до 0,49ºС за десятилетие. При этом темпы потепления зимнего и вегетационного периодов достигли соответственно 0,52º и 0,48ºС за десятилетие.

Потепление не коснулось февраля. В течение последних 45 лет его среднемноголетняя температура неизменно составляет -11,6ºС. В XXI веке февраль стал самым холодным месяцем зимы.

Теплообеспеченность вегетационного периода на территории РТ в виде суммы эффективных температур воздуха свыше 10ºС в последней четверти XX века составляла 880ºС, а в среднем за два десятилетия XXI века достигла 1080ºС. Установлена 3-х и 6-7-летняя периодичность накопления суммы эффективных температур выше 10ºС, что позволяет делать прогнозы вперед.

В XXI веке промерзание почвы и установление снежного покрова стали происходить на 10-12 дней позже среднемноголетнего срока, а полный сход снега с полей – раньше на 3-5 дней. Полное оттаивание почвы в среднем стало происходить на 22 дня раньше среднемноголетних сроков. Наблюдаются статистически значимые тенденции увеличения мощности снегового покрова (на 70%) и уменьшения глубины промерзания (на 68%) за 1976-2020 гг.

За счет сокращения зимы на 15 дней увеличился период с положительными среднесуточными температурами воздуха. Но более всего – на 21 день – увеличился период активной вегетации со среднесуточной температурой воздуха выше 10ºС.

Тренд годовых осадков на территории РТ за период 1976-2020 гг. статистически незначим, но обнаружилась достоверная тенденция к убыванию вегетационных осадков. Особенно убавились осадки в периоды «май-июнь» (на 6%) и «август-сентябрь» (на 11%).

Тренд гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова за исследуемый период 1976-2020 гг. обнаружил статистически значимую тенденцию к снижению, выйдя из области слабозасушливых (1,0-1,2) и войдя в область засушливых (0,8-0,9) лет, а доля засушливых лет по сравнению с прошлым веком повысилась на 10%.

Сделанные выводы широко востребованы как научными работниками РТ, так и производственниками.

Работа выполнена по гранту Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан на государственную поддержку научных исследований и разработок в области агропромышленного комплекса бюджетным и автономным учреждениям в 2021 году (приказ от 11.10.2021 № 262 2-пр.).

Литература

1. Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. Рокот забытых бурь // Наука и жизнь. – 1987. – № 10. – С. 112-118.
2. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. – М.: Росгидромет, – 2021. – 104 с.
3. Глобальные и региональные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве России // Вестник РАСХН. – 2010. – №5. – С. 4-5.
4. Лосев А.П., Журина Л.Л. Агрометеорология. – М.: КолосС, – 2003. – 301 с.
5. Антропова Н.А. Агроклиматические условия Татарской АССР. – Казань: Таткнигоиздат, – 1959. – 204 с.
6. Агроклиматические ресурсы Татарской АССР. – Л.: Гидрометеоиздат, – 1974. – 128 с.
7. Габдрашитов З.А., Реутов С.П. Климат и урожай. – Казань: Таткнигоиздат, – 1986. – 112 с.
8. Шурхаева К.Д., Фадеева А.Н. Изучение генофонда гороха посевного с применением кластерного анализа // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 1. (33), – С. 16-23. DOI:10.24411/2309-348X-2020-11149.

9. Occurrence of Three Recombinant Strains of Potato Virus Y in Potato in Kazakhstan / V.T. Khassanov, B. Beisembina, A.B. Shevtsov, A.O. Amirgazin, S.G. Vologin, A.V. Karasev // Plant Disease. – 2020. – Vol. 104. – № 1. – P. 297. (WoSQ1). DOI: 10.1094/PDIS-03-19-0573-PDN.
10. Кокорин А.О. Изменение климата: обзор Пятого оценочного доклада МГЭИК. – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), – 2014. – 80 с.
11. Тагиров М.Ш., Шайтанов О.Л., Захарова Е.И., Лукманов А.А., Крупин Е.О., Ибатуллина Р.П. Татарстан: от интенсивного земледелия – к биологическому: справочник. – Казань: Центр инновационных технологий, 2019. – С. 20-21.
12. Шайтанов О.Л., Тагиров О.Л. Основные тенденции изменения климата Татарстана в XXI веке. – Казань: Фолиант, – 2018. – 64 с.
13. Сотченко В.С., Шайтанов О.Л., Тагиров М.Ш., Садеков Б.С. Технология возделывания кукурузы на зерно и силос в республике Татарстан: научно-практические рекомендации. – Казань; Фолиант, – 2008. – 28 с.
14. Пономарев С.Н., Пономарева М.Л., Маннапова Г.С. Изменение климатических параметров и сроки сева озимой ржи в республике Татарстан // Земледелие. – 2014. – № 6. – С. 26-30.
15. Фадеева И.Д., Газизов И.Н. Влияние изменения метеорологических факторов на сроки посева и урожайность озимой пшеницы // Вестник Казанского ГАУ. – 2016. – № 2 (40). – С. 47-49.
16. Кузьминова О.А., Вологин С.Г., Гимаева Е.А., Гизатуллина А.Т., Сташевски З. Вклад признака устойчивости к Y-вирусу картофеля в формирование продуктивности у гибридной популяции картофеля // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т.30. – № 10. – С. 18-21.
17. Пономарева М.Л., Пономарев С.Н., Фадеева И.Д., Зиннатова Ф.Ф., Захарова Е.И. Каталог сортов озимых культур селекции ТатНИИСХ ФИЦ «КазНЦ РАН». – Казань: Изд-во Академии наук РТ, – 2020. – 48 с.
18. Василова Н.З., Асхадуллин Д-л.Ф., Асхадуллин Д-р. Ф., Блохин В.И., Фадеева А.Н., Зиннатова Е.И., Захарова Е.И. Каталог сортов яровых зерновых и зернобобовых культур селекции ТатНИИСХ ФИЦ «КазНЦ РАН». – Казань: Издательство ФЭН, – 2020. – 60 с.
19. Фадеев Е.А., Фадеева А.Н. Взаимосвязь урожая и составляющих его элементов у растений гороха посевного с беспергаментными бобами // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 1(25). – С. 16-22.

References

1. Borisenkov E.P., Paseckij V.M. Rokotzabytyh bur [The roar of forgotten storms]. *Naukaizhizn'*, 1987, no.10, pp. 112-118. (In Russian).
2. Doklad ob osobennostjah klimata na territorii Rossijskoj federaciiza 2020 god [Report on the peculiarities of the climate in the territory of the Russian Federation]. Moscow: Rosgidromet, 2021, 104 p. (In Russian).
3. Global'nye I regional'nye izmenenija klimata I prognoz riskov v sel'skomhozjajstve Rossii [Global and Regional Climate Changes and Risk Forecast in Agriculture in Russia]. *Vestnik RASHN*, 2010, no. 5, pp. 4-5. (In Russian).
4. Losev A.P., Zhurina L.L. Agrometeorologija [Agrometeorology]. Moscow: *Kolos*, 2003, 301 p.
5. Antropova N.A. Agroklimaticheskie uslovija Tatarskoj ASSR [Agro-climatic conditions of the Tatar ASSR]. Kazan': *Tatknigoizdat*, 1959, 204 p. (In Russian).
6. Agroklimaticheskie resursyTatarskoj ASSR [Agro-climatic resources of the Tatar ASSR]. St. Petersburg: *Gidrometeoizdat*, 1974, 128 p. (In Russian).
7. Gabdrashitov Z.A., Reutov S.P. Klima i urozhaj [Climate and harvest]. Kazan': *Tatknigoizdat*, 1986, 112 p. (In Russian).
8. Shurhaeva K.D., Fadeeva A.N. Izuchenie genofonda goroha posevnogo s primeneneim klasternogo analiza [Study of the seed pea gene pool using cluster analysis]. *Zernobobovye I krupjanye kul'tury*, 2020, no. 1, pp. 16-23. DOI:10.24411/2309-348X-2020-11149. (In Russian).
9. Khassanov V.T., Beisembina B., Shevtsov A.B., Amirgazin A.O., Vologin S.G., Karasev A.V. Occurrence of Three Recombinant Strains of Potato Virus Y in Potato in Kazakhstan. *Plant Disease*, 2020, Vol. 104, no. 1, P. 297. (WoSQ1). DOI: 10.1094/PDIS-03-19-0573-PDN.
10. Kokorin A.O. Izmenenie klimata: obzor Pjatogo ocenochnogo doklada MGJeIK [Climate change: a review of the Fifth Assessment Report Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)]. Moscow: *Vsemirnyj fond dikojprirody* (WWF), 2014, 80 p. (In Russian).
11. TagirovM.Sh., Shajtanov O.L., Zaharova E.I., Lukmanov A.A., Krupin E.O., Ibatullina R.P. Tatarstan: ot intensivnogo zemledelija – k biologicheskomu: spravochnik [Tatarstan: from intensive farming to biological: a reference book]. Kazan: Centr innovacionnyh tehnologij, 2019, pp. 20-21. (In Russian).
12. Shajtanov O.L., Tagirov O.L. Osnovnye tendencii izmenenija klimata Tatarstana v XXI veke [The main trends in climate change in Tatarstan in the XXI century]. Kazan': Foliant, 2018, 64 p. (In Russian).
13. Sotchenko V.S., Shajtanov O.L., TagirovM.Sh., Sadekov B.S. Tehnologija vozdelyvanija kukuruzy na zerno i silos v Respublike Tatarstan: nauchno-prakticheskie rekomendacii [Technology of corn cultivation for grain and silage in the Republic of Tatarstan: scientific and practical recommendations]. Kazan': Foliant, 2009, 28 p. (In Russian).
14. Ponomarev S.N., Ponomareva M.L., Mannapova G.S. Izmenenie klimaticheskih parametrov I sroki seva ozimoj rzhi v respublike Tatarstan [Changes in climatic parameters and sowing dates for winter rye in the Republic of Tatarstan]. *Zemledelie*, 2014, no. 6, pp. 26-30. (In Russian).
15. Fadeeva I.D., Gazizov I.N. Vlijanie izmenenija meteorologicheskih faktorov na sroki poseva i urozhajnost' ozimoj pshenicy [The influence of changes in meteorological factors on the sowing time and yield of winter wheat]. *Vestnik Kazanskogo GAU*, 2016, no. 2 (40), pp. 47-49. (In Russian).

16. Kuz'minova O.A., Vologin S.G., Gimaeva E.A., Gizatullina A.T., Stashevski Z. Vklad priznaka ustojchivosti k Y-virusu kartofelja v formirovanie produktivnosti u gibridnoj populjacii kartofelja [Contribution of the resistance trait to potato Y-virus to the formation of productivity in a hybrid potato population]. *Dostizhenija nauki I tehniki APK*, 2016, V.30, no. 10, pp. 18-21. (In Russian).
17. Ponomareva M.L., Ponomarev S.N., Fadeeva I.D., Zinnatova F.F., Zaharova E.I. Katalog sortov ozimyh kul'tur selekcii TatNIISH FIC KazNC RAN [Catalog of varieties of winter crops bred of Tatar Research Institute of Agriculture FRC KazSC RAS]. Kazan': *Izd-vo Akademiinauk RT*, 2020, 48 p. (In Russian).
18. Vasilova N.Z., Ashadullin D-l.F., Ashadullin D-r.F., Blohin V.I., Fadeeva A.N., Zinnatova E.I., Zaharova E.I. Katalog sortov jarovyh zernovyh I zernobobovyh kul'tur selekcii TatNIISH FIC KazNC RAN [Catalog of varieties of spring grain and leguminous crops of selection of Tatar Research Institute of Agriculture FRC KazSC RAS]. Kazan': *Izdatel'stvo FJeN*, 2020, 60 p. (In Russian).
19. Fadeev E.A., Fadeeva A.N. Vzaimosvjaz' urozhaja i sostavljajushhih ego jelementov u rastenij goroha posevnogo s bespergamentnymi bobami [The relationship between the yield and its constituent elements in plants of seed peas with seedless beans]. *Zernobobovye I krupjanye kul'tury*, 2018, no. 1(25), pp. 16-22. (In Russian).

ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ИВАНОВИЧА ЛЕТУНОВСКОГО
(1932-2021 гг.)

10 октября 2021 года после продолжительной болезни скончался Владимир Иванович Летуновский, доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе и заведующий лабораторией технологии возделывания зернобобовых культур ВНИИ зернобобовых и крупяных культур.

Владимир Иванович родился в 1932 году в Тамбовской области. После окончания с отличием в 1955 году Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева работал главным агрономом на производстве в Амурской области. По окончании аспирантуры в ТСХА защитил кандидатскую диссертацию «Совместные посевы кукурузы с зернобобовыми культурами». С 1963 по 1965 годы работал старшим научным сотрудником ВНИИ зернобобовых и крупяных культур (г. Орёл), затем в учхозе «Михайловский» ТСХА, а с 1967 по 1975 годы – в Главном управлении сельскохозяйственной науки и пропаганды МСХ СССР.

С 1975 года его жизнь была связана с работой во ВНИИЗБК, вначале заместителем директора по науке (1975-1979), а затем заведующим лабораторией технологии возделывания зернобобовых культур (1979-2005).

Как заместитель директора по науке, основное внимание Владимир Иванович уделял повышению уровня и эффективности научно-исследовательской работы, разработке государственных отраслевых научно-технических программ, укреплению материально-технической базы института, оснащению лабораторий современным оборудованием, высокоточными приборами, малогабаритной техникой для проведения селекционных и технологических работ.

Проводимые лично им исследования по технологии возделывания гороха, фасоли, сои выполнены на уровне изобретений, получено семь патентов. Вместе с коллегами им разработано и издано 15 рекомендаций федерального, регионального, областного уровней по возделыванию зернобобовых культур и в 1999 году он защитил докторскую диссертацию на тему: «Научно-технологические основы увеличения производства зернобобовых культур».

Владимир Иванович автор более 70 научных публикаций, особое внимание уделял производственной проверке научных разработок. Он обладал большими организаторскими способностями и масштабным видением целостности решаемых проблем. Его отличали настойчивость и умение вести диалог, как с учеными, так и специалистами сельхозпредприятий и фермерских хозяйств. Своими научными исследованиями В.И. Летуновский внес существенный вклад в научное обеспечение производства зернобобовых культур России.

Владимир Иванович был человеком талантливым, эрудированным, с разносторонними интересами, глубоко порядочным, настоящим патриотом российской науки. Таким он и останется в памяти тех, кто его знал. Светлая ему память!

Коллектив Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ В ЖУРНАЛ «ЗЕРНОБОБОВЫЕ И КРУПЯНЫЕ КУЛЬТУРЫ»

Структура статьи

УДК ххх.ххх:(ххх.ххх+ххх.ххх)

Название статьи (по центру, 12 пт)

Инициалы и фамилии авторов (по центру, заглавные буквы12 пт)

ORCID ID, E-mail:

Официальное название организации, город, страна (по левому краю, 12 пт).

Реферат (200-250 слов, по ширине страницы, 12 пт). Реферат должен быть четким и информативным (не содержать общих фраз, второстепенной информации), оригинальным, содержательным (отражать основное содержание статьи), структурированным (написанным как один абзац текста, но следовать последовательности описания результатов в статье). Реферат должен содержать цель, краткое описание методов проведения исследований, описание основных результатов и лаконичные выводы.

В тексте необходимо применять терминологию, которую применяют в профильных международных англоязычных журналах по тематике исследований. Реферат сам по себе должен быть понятным без ознакомления с основным содержанием статьи. Рекомендовано строить большинство предложений по образцу: «Обнаружено…», «Установлено…», «Выяснено…», «Оценено влияние…», «Охарактеризованы закономерности…», «Рассмотрено…» и т. д.

Ключевые слова (4-6 слов, по ширине страницы, 12 пт).

Введение («Introduction»)

Введение может содержать характеристику изученности проблемы в мировой научной литературе. Историей вопроса. Постановкой проблемы. Завершается введение характеристикой цели работы: «выявить…», «охарактеризовать…», «выяснить…», «описать…»; целью работы не может быть «изучить…» или «исследовать…».

Материал и методы исследований («Materials and methods»)

Раздел должен давать возможность повторить весь объем проведенных исследований для проверки полученных автором статьи данных. Он по необходимости может делиться на подразделы. Раздел должен создавать целостное представление о том, что автору работы известны все возможные источники ошибок, которые могут повлиять на результаты исследований.

Результаты и их обсуждение («Results» и «Discussion»)

Раздел при необходимости может делиться на подразделы.

1. Латинские названия и связанная с ними информация (например, фамилии авторов или год описания) должны иметь одинаковые элементы форматирования.

2. Нельзя приводить ссылки на таблицу или рисунок в виде отдельного предложения.

3. Единицы измерения системы СИ приводятся без точки (м, г, а, моль), а нестандартизированные единицы – с сокращениями (экз./м^2 и т. д.).

4. В статье нельзя использовать сокращение научных терминов.

5. Названия таблиц и рисунков (а также примечания к ним) должны быть «исчерпывающими». Читатель не должен дополнительно перечитывать «Материал и методы исследований» или название работы, чтобы разобраться в содержании таблицы или рисунка, определить повторность исследований.

Выводы («Conclusion»)

Выводы – 5–10 предложений. Можно в виде списка, можно сплошным текстом.

Благодарности (если необходимы) («Acknowlegements»)

Благодарности подаются после выводов перед библиографическими ссылками.

Библиографические ссылки («References»)

Список литературы должен включать в себя ссылки на современные исследования, опубликованные за последние пять лет. Приветствуются ссылки на статьи из

высокоцитируемых зарубежных и российских журналов. Проверку цитируемости автора или журнала необходимо осуществлять по базам: WoS (http://apps.webofknowledge.com/), SCOPUS (http://apps.webofknowledge.com/), РИНЦ (https://elibrary.ru/authors.asp).

Ссылки на статьи из журнала, в котором публикуется данная статья, не должны превышать 10% от общего количества всех источников из списка литературы статьи.

Примеры оформления библиографических ссылок. ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

Вариант References (для зарубежных баз данных) приводится полностью отдельным блоком, повторяя список литературы к русскоязычной части, независимо от того, имеются ли в нем иностранные источники. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они полностью повторяются в списке.

Для получения транслитерированного списка литературы необходимо воспользоваться программой транслитерации русского текста в латиницу **в системе BSI (British Standard Institute)** на сайте http://translit.ru, http://transliteration.pro/bsi, или на других сайтах, где есть онлайн транслитерация в системе BSI.

Транслитерируются: фамилия (и) И.О. автора(ов), название статьи и русскоязычные названия источников. Название источника выделяется курсивом.

Переводятся на английский язык: названия статей, монографий, сборников статей, конференций. После выходных данных указывается язык (in Russian).

• Перевод названия статьи, книги, сборника и журнала на английский язык дается в квадратных скобках, после транслитерированного названия.

• Из транслитерированного варианта ссылки нужно убрать знак «//», заменив его точкой.

• Место издания необходимо раскрыть. Например, вместо М. указать Moscow.

• Количество страниц в виде «s» (123 s.) из транслитерированного варианта ссылки нужно заменить на «p» (123 p. – в случае указания общего количества страниц в источнике) или pp. (pp. 23-35 – при указании диапазона страниц статьи в журнале или сборнике статей).

• Значок номера № в References заменяется на no.

Примерная схема представления статей из русскоязычных источников для References:

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Author D.D. (Перечисляются все авторы в транслитерации) Title of article. (Транслитерация + перевод). Title of Journal (Транслитерация курсивом или транслитерация курсивом + перевод курсивом), 2019, vol. 5, no. 2, pp. 49-53. (In Russian)

Debelyi G.A. Zernobobovye kul'tury v mire i Rossiiskoi Federatsii [Legumes in the World and in Russian Federation]. Zernobobovye i krupyanye kul'tury – Legumes and Groat Crops, 2012, no 2, pp. 31-35. (In Russian)

Подробное описание обработки различных видов ссылок для References находится по адресу https://bibliotekovedenie.rsl.ru/jour/pages/view/References

В список литературы не включаются учебные пособия, ГОСТы, диссертации и авторефераты диссертаций, а также другие, труднодоступные для зарубежных читателей, источники.

Авторы полностью несут ответственность за точность библиографических источников, в том числе в переводе на английский язык.

Все библиографические ссылки необходимо проверить на наличие DOI, обязательно его указать. Ответственность за проверку наличия DOI в библиографических ссылках несут авторы статьи.

Критерии авторства. Авторы статьи должны в письменном виде подтвердить, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат).

Конфликт интересов. Авторы должны заявить об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об авторах. Имя Отчество Фамилия, организация, степень, звание, должность, E-mail, ORCID (для индивидуальных исследователей доступ к реестру ORCID предоставляется бесплатно: https://orcid.org/signin. Вы можете получить ORCID ID,

управлять записью результатов своей деятельности и искать в реестре других научных работников. Очень важно предоставлять код ORCID каждый раз, когда вы отправляете рукопись в журнал).

Все авторы должны прочитать и одобрить окончательный вариант рукописи.

Рекомендации по набору и оформлению текста

Рукописи печатаются на одной стороне листа А4 с 1,0 междустрочным интервалом. Шрифт Times New Roman, размер – 12 пт. Абзацный отступ – 1,0 см.

Объем экспериментальных статей – от 5 до 10 страниц; объем обзорных статей – не более 15 страниц. Количество рисунков не должно превышать 5.

Таблицы и рисунки должны быть пронумерованы в соответствии с содержанием статьи. Статистическая и другие виды детализации приводятся под таблицей в примечаниях. Табличные материалы размещаются в тексте статьи непосредственно после первого упоминания о них.

Рисунки нумеруются в порядке их обсуждения в тексте. Все элементы текста в изображениях (графиках, диаграммах, схемах), если это возможно, должны иметь гарнитуру Times New Roman. Изображение после сканирования при печати должно быть четким, под стать четкости основного текста. Все названия рисунков и таблиц должны быть представлены на русском и английском языках.

Ссылки в тексте приводятся по образцу (фамилия, год), например: 1 автор – (Vinson, 1997); 2 автора – (Vargo and Laurel, 1994; Vargo and Hulsey, 2000); 3 и более авторов – (Jones et al., 1978; Davis et al., 1989).

Рукопись должна быть подписана авторами и иметь заверенное печатью направление от учреждения, подтверждающее, где проводилось исследование и что материалы публикуются впервые.

Все статьи, поступающие в редакцию, проверяются на наличие заимствований в системе АНТИПЛАГИАТ.

Правила опубликования

1. В одном номере журнала может быть напечатана только одна статья автора.

2. За точность воспроизведения имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

3. Присланные рукописи обратно не возвращаются.

4. Не допускается направление в редакцию работ, которые направлены в другие издания или напечатаны в них.

Редакция оставляет за собой право сокращать и исправлять рукопись по согласованию с автором.

Авторские права. Авторы, публикующие в данном журнале, соглашаются со следующим:

1. Авторы сохраняют за собой авторские права на работу и предоставляют журналу право первой публикации работы на условиях лицензии Creative Commons Attribution License, которая позволяет другим распространять данную работу с обязательным сохранением ссылок на авторов оригинальной работы и оригинальную публикацию в этом журнале.

2. Авторы сохраняют право заключать отдельные контрактные договорённости, касающиеся неэксклюзивного распространения версии работы в опубликованном здесь виде (например, размещение ее в институтском хранилище, публикацию в книге), со ссылкой на ее оригинальную публикацию в этом журнале.

3. Авторы имеют право размещать их работу в сети Интернет (например, в институтском хранилище или персональном сайте) до и во время процесса рассмотрения ее данным журналом, так как это может привести к продуктивному обсуждению и большему количеству ссылок на данную работу (См. The Effect of Open Access).

Приватность. Имена и адреса электронной почты, введенные на сайте этого журнала, будут использованы исключительно для целей, обозначенных этим журналом, и не будут использованы для каких-либо других целей или предоставлены другим лицам и организациям.