

Научный журнал

Учредители
ФГБУ ДВО РАН
ФГБУНО ЦНБ ДВО РАН

Журнал основан в 1932 г.
Издание прекращено в 1939 г.,
возобновлено в 1990 г.

ВЕСТНИК

ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО
ОТДЕЛЕНИЯ

РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ
НАУК

3 (223). 2022

СОДЕРЖАНИЕ

К 80-летию со дня рождения академика РАН А.К. Чайки

| | |
|---|-----|
| Академик РАН А.К. Чайка – организатор и лидер сельскохозяйственной науки на Дальнем Востоке. <i>О.В. МОХАНЬ</i> | 5 |
| А.Н. ЕМЕЛЬЯНОВ, Ю.И. СЛАБКО, Л.Н. ПУРТОВА, О.В. МОХАНЬ. Состояние и трансформация плодородия почв Приморского края | 7 |
| А.Г. КЛЫКОВ, Г.А. МУРУГОВА, О.А. ТИМОШИНОВА, И.В. КОНОВАЛОВА, Ю.В. САМАГИНА. Адаптивный потенциал сортов и линий зерновых и крупяных культур приморской селекции | 18 |
| Л.М. ЛУКЪЯНЧУК, Е.С. БУТОВЕЦ, Е.А. ВАСИНА. Влияние патогена <i>Septoria glycines</i> Hemmi на формирование урожайности и биохимических показателей сои в условиях Приморского края | 33 |
| С.С. ГУЧЕНКО. Оценка линий удвоенных гаплоидов риса по морфобиологическим признакам | 42 |
| В.П. ВОЗНЮК, И.В. КИМ, Т.О. КОРНИЛОВА, А.А. МОРОЗ. Характеристика перспективных генотипов картофеля селекции ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки в условиях муссонного климата Приморского края | 49 |
| А.В. КОСТЮК, Н.Г. ЛУКАЧЁВА, Е.В. ЛЯШЕНКО. Устойчивость биотипов ежовников к гербицидам, применяемым в посевах риса в Приморском крае | 61 |
| В.Н. МОРОХОВЕЦ, З.В. БАСАЙ, Т.В. МОРОХОВЕЦ, Е.С. МАРКОВА, С.С. ВОСТРИКОВА, Н.С. СКОРИК. Способ определения почвенного запаса быстропрастающих семян сорных растений | 70 |
| Р.В. ТИМОШИНОВ, Е.Ж. КУШАЕВА, Л.Е. МАРЧУК, А.А. ДУБКОВ, А.Г. КЛЫКОВ. Изменение содержания основных элементов питания при последствии разных систем удобрений в длительном агрохимическом стационарном опыте | 80 |
| М.А. ШАРОВ. Особенности технологии репродукции пчелиных маток породы Дальневосточная в условиях Приморского края | 93 |
| Н.В. БАРДИНА. Действие направленного отбора на самопроизвольную изменчивость признаков в сортовой популяции тыквы столовой | 101 |
| Т.А. ВОЛОШИНА. Лекарственные растения как медоносные культуры | 112 |

Растениеводство

| | |
|---|-----|
| М.В. ЯКИМЕНКО, А.И. СОРОКИНА. Результаты отбора чистых культур с хозяйственно полезными свойствами из дальневосточных природных популяций ризобий сои | 118 |
| Н.А. СЕЛЕЗНЕВА, Т.А. АСЕЕВА. Естественная и антропогенная трансформация лугово-бурых тяжело-суглинистых почв и ее влияние на продуктивность агроценозов | 128 |
| Т.Н. ФЕДОРОВА, Т.А. АСЕЕВА. Изменение региональных климатических характеристик Среднего Приамурья и их влияние на урожайность сои | 138 |

Животноводство

| | |
|---|-----|
| Н.Ф. КЛЮЧНИКОВА, М.Т. КЛЮЧНИКОВ, Е.М. КЛЮЧНИКОВА. Влияние производителей на жизнеспособность дочерей на молочных фермах Приамурья | 149 |
|---|-----|

Главный редактор вице-президент РАН академик РАН В.И. СЕРГИЕНКО

Заместитель главного редактора В.С. ЖЕРДЕВ

Ответственный секретарь Л.А. РУСОВА

Редакционная коллегия:

- | | |
|---|---|
| акад. РАН А.В. АДРИАНОВ | – научный руководитель (президент) Национального научного центра морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, Владивосток |
| чл.-корр. РАН Д.Л. АМИНИН | – зав. лабораторией Тихоокеанского института биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН, Владивосток |
| акад. РАН П.Я. БАКЛАНОВ | – научный руководитель Тихоокеанского института географии ДВО РАН, Владивосток |
| д-р биол. наук В.Ю. БАРКАЛОВ | – главный научный сотрудник Федерального научного центра биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток |
| акад. РАН В.В. БОГАТОВ (зам. главного редактора) | – главный ученый секретарь ДВО РАН, Владивосток |
| чл.-корр. РАН С.Ю. БРАТСКАЯ | – зав. лабораторией Института химии ДВО РАН, Владивосток |
| чл.-корр. РАН Б.А. ВОРОНОВ | – научный руководитель Института водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск |
| чл.-корр. РАН С.В. ГНЕДЕНКОВ | – директор Института химии ДВО РАН, Владивосток |
| чл.-корр. РАН А.А. ГОНЧАРОВ | – директор Федерального научного центра биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток |
| акад. РАН Е.И. ГОРДЕЕВ | – научный руководитель Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский |
| акад. РАН М.А. ГУЗЕВ | – директор Института прикладной математики ДВО РАН, Владивосток |
| акад. РАН Г.И. ДОЛГИХ | – директор Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток |
| д.г.-м.н. О.В. ДУДАРЕВ | – главный научный сотрудник Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток |
| акад. РАН Ю.Н. ЖУРАВЛЁВ | – научный руководитель Федерального научного центра биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток |
| д.х.н. А.И. КАЛИНОВСКИЙ | – главный научный сотрудник Тихоокеанского института биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН, Владивосток |
| чл.-корр. РАН А.Г. КЛЫКОВ | – зав. отделом Федерального научного центра агробiotехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Уссурийск |
| чл.-корр. РАН П.В. КРЕСТОВ | – директор Ботанического сада-института ДВО РАН, Владивосток |
| акад. РАН Ю.Н. КУЛЬЧИН | – научный руководитель Института автоматки и процессов управления ДВО РАН, Владивосток |
| акад. РАН В.Л. ЛАРИН | – научный руководитель Института истории, археологии и этнографии народов Дальнего Востока ДВО РАН, Владивосток |
| д.б.н. А.С. ЛЕЛЕЙ | – зав. лабораторией Федерального научного центра биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток |
| д.г.-м.н. Ю.А. МАРТЫНОВ | – зав. лабораторией Дальневосточного геологического института ДВО РАН, Владивосток |
| акад. РАН П.А. МИНАКИР | – научный руководитель Института экономических исследований ДВО РАН, Хабаровск |
| д.х.н. А.Г. МИРОЧНИК | – зав. лабораторией Института химии ДВО РАН, Владивосток |
| д.г.-м.н. А.Ю. ОЗЕРОВ | – директор Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский |
| чл.-корр. РАН Ю.М. ПЕРЕЛЬМАН | – зам. директора по научной работе Дальневосточного научного центра физиологии и патологии дыхания, Благовещенск |
| д.ф.-м.н. С.В. ПРАНЦ | – зав. отделом Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток |
| акад. РАН В.А. СТОНИК | – научный руководитель Тихоокеанского института биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН, Владивосток |
| чл.-корр. РАН Е.Я. ФРИСМАН | – научный руководитель Института комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, Биробиджан |
| акад. РАН А.И. ХАНЧУК | – научный руководитель Дальневосточного геологического института ДВО РАН, Владивосток |
| д.г.-м.н. Р.Б. ШАКИРОВ | – зам. директора по научной работе Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток |

Scientific journal

Founders

Far East Branch of RAS

Central Scientific Library, FEB RAS

The journal was found in 1932

The publication was discontinued in 1939,
was resumed in 1990

VESTNIK

OF THE FAR EAST BRANCH

OF THE RUSSIAN
ACADEMY
OF SCIENCES

3 (223). 2022

CONTENTS

| | |
|---|-----|
| On the occasion of 80-th anniversary of A.K. Chaika – member of the Russian Academy of Sciences | |
| Academician of RAS A.K. Chaika – leader and organizer of agriculture science in the Far East. <i>O.V. MOKHAN'</i> . | 5 |
| A.N. EMEL'YANOV, <u>Yu.I. SLABKO</u> , L.N. PURTOVA, O.V. MOKHAN. Status and transformation of soil fertility in Primorye Territory | 7 |
| A.G. KLYKOV, G.A. MURUGOVA, O.A. TIMOSHINOVA, I.V. KONOVALOVA, Yu.V. SAMAGINA. The adaptive potential of varieties and lines of grain and cereal crops bred in Primorye Territory | 18 |
| L.M. LUKYANCHUK, E.S. BUTOVETS, E.A. VASINA. The effect of <i>Septoria glycines</i> Hemmi pathogenic agent on yield and biochemical parameters in soybean under the conditions of Primorye Territory | 33 |
| S.S. GUCHENKO. Evaluation of morphobiological indicators of rice double haploids | 42 |
| V.P. VOZNYUK, I.V. KIM, T.O. KORNILOVA, A.A. MOROZ. Characterization of promising potato genotypes bred in FSC of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika under the conditions of the monsoon climate | 49 |
| A.V. KOSTYUK, N.G. LUKACHEVA, E.V. LYASHENKO. Resistance of barnyard grass biotypes to the herbicides applicable in the rice fields of the Primorye Territory | 61 |
| V.N. MOROKHOVETS, Z.V. BASAI, T.V. MOROKHOVETS, E.S. MARKOVA, S.S. VOSTRIKOVA, N.S. SKORIK. Method for determining the soil stock of rapidly germinating weed seeds | 70 |
| R.V. TIMOSHINOV, E.Zh. KUSHAeva, L.E. MARCHUK, A.A. DUBKOV, A.G. KLYKOV. Changes in the content of the primary macronutrients as an afteraction of different fertilizer management strategies in a long-term stationary agrochemical experiment | 80 |
| M.A. SHAROV. Specific features of a technology for the reproduction of queen bees of the Far-Eastern breed under the conditions of Primorye Territory | 93 |
| N.V. BARDINA. The effect of directed selection by criteria on the spontaneous variability of varying traits in the offspring of the varietal population of squash | 101 |
| T.A. VOLOSHINA. Medicinal plants as nectar source | 112 |
| Crop science | |
| M.V. YAKIMENKO, A.I. SOROKINA. Results of the selection of pure cultures with economically useful properties from the Far Eastern natural populations of soybean rhizobia | 118 |
| N.A. SELEZNEVA, T.A. ASEeva. Natural and anthropogenic transformation of meadow-brown heavy loamy soil and its impact on the productivity of agrocenoses | 128 |
| T.N. FEDOROVA, T.A. ASEeva. Changes in regional climatic characteristics of the Middle Amur Region and their impact on soybean yield | 138 |
| Animal breeding | |
| N.F. KLUCHNIKOVA, M.T. KLUCHNIKOV, E.M. KLUCHNIKOVA. The influence of sires on daughters' viability in the dairy farms of the Amur River Region | 149 |

Chief Editor V. I. SERGIENKO, Academician, Vice-President of RAS

Deputy Chief Editor V.S. ZHERDEV

Executive Secretary L.A. RUSOVA

Editorial staff:

- | | |
|---|---|
| A.V. ADRIANOV, Academician of RAS | – Research Supervisor (President), A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology, FEB RAS, Vladivostok |
| D.L. AMININ, Corresponding Member of RAS | – Chief of Laboratory, G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry, FEB RAS, Vladivostok |
| P.Ya. BAKLANOV, Academician of RAS | – Research Supervisor, Pacific Geographical Institute, FEB RAS, Vladivostok |
| V.Y. BARKALOV, Doctor of Biological Sciences | – Principal Researcher, Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, Vladivostok |
| V.V. BOGATOV, Academician of RAS (Deputy Chief Editor) | – Chief Scientific Secretary, FEB RAS, Vladivostok |
| S.Yu. BRATSKAYA, Corresponding Member of RAS | – Chief of Laboratory, Institute of Chemistry, FEB RAS, Vladivostok |
| G.I. DOLGIKH, Academician of RAS | – Director, V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok |
| O.V. DUDAREV, Doctor of Geological-Mineralogical Sciences | – Chief Researcher, V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok |
| E.Ya. FRISMAN, Corresponding Member of RAS | – Research Supervisor, Institute of Complex Analysis of Regional Problems, FEB RAS, Birobidzhan |
| S.V. GNEDENKOV, Corresponding Member of RAS | – Director, Institute of Chemistry, FEB RAS, Vladivostok |
| A.A. GONCHAROV, Corresponding Member of RAS | – Director, Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, Vladivostok |
| E.I. GORDEEV, Academician of RAS | – Research Supervisor, Institute of Volcanology and Seismology, FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky |
| M.A. GUZEV, Academician of RAS | – Director, Institute of Applied Mathematics, FEB RAS, Vladivostok |
| A.I. KALINOVSKY, Doctor of Chemistry | – Principal Researcher, G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry, FEB RAS, Vladivostok |
| A.I. KHANCHUK, Academician of RAS | – Research Supervisor, Far East Geological Institute, FEB RAS, Vladivostok |
| A.G. KLYKOV, Corresponding Member of RAS | – Head of the Department, Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika, Ussuriysk |
| P.V. KRESTOV, Corresponding Member of RAS | – Director, Botanical Garden-Institute, FEB RAS, Vladivostok |
| Yu.N. KULCHIN, Academician of RAS | – Research Supervisor, Institute of Automation and Control Processes, FEB RAS, Vladivostok |
| V.L. LARIN, Academician of RAS | – Research Supervisor, Institute of History, Archaeology and Ethnography of the Peoples of the Far East, FEB RAS, Vladivostok |
| A.S. LELEJ, Doctor of Biological Sciences | – Chief of Laboratory, Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, Vladivostok |
| Yu.A. MARTYNOV, Doctor of Geological-Mineralogical Sciences | – Chief of Laboratory, Far East Geological Institute, FEB RAS, Vladivostok |
| P.A. MINAKIR, Academician of RAS | – Research Supervisor, Economic Research Institute, FEB RAS, Khabarovsk |
| A.G. MIROCHNIK, Doctor of Chemistry | – Chief of Laboratory, Institute of Chemistry, FEB RAS, Vladivostok |
| A.Yu. OSEROV, Doctor of Geological-Mineralogical Sciences | – Director, Institute of Volcanology and Seismology, FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky |
| Yu.M. PERELMAN, Corresponding Member of RAS | – Deputy Director for Science, Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration, Blagoveshchensk |
| S.V. PRANTS, Doctor of Physical-Mathematical Sciences | – Head of the Department, V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok |
| R.B. SHAKIROV, Doctor of Geological-Mineralogical Sciences | – Deputy Director for Research, V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok |
| V.A. STONIK, Academician of RAS | – Research Supervisor, G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry, FEB RAS, Vladivostok |
| B.A. VORONOV, Corresponding Member of RAS | – Research Supervisor, Institute of Water and Ecological Problems, FEB RAS, Khabarovsk |
| Yu.N. ZHURAVLEV, Academician of RAS | – Research Supervisor, Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, Vladivostok |

Академик РАН А.К. Чайка – организатор и лидер сельскохозяйственной науки на Дальнем Востоке

Анатолий Климентьевич Чайка – заслуженный деятель науки Российской Федерации, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН.

А.К. Чайка родился 8 мая 1942 г. в с. Хороль Приморского края в многодетной семье. В 1964 г. после окончания Приморского сельскохозяйственного института был направлен на работу заведующим Губеровским опытным опорным пунктом Приморской государственной сельскохозяйственной опытной станции в Пожарский район. В 1969 г. переведен на должность директора ОПХ «Степное» Приморской государственной сельскохозяйственной опытной станции, а в 1972 г. назначен директором опытной станции, преобразованной в 1976 г. в Приморский научно-исследовательский институт сельского хозяйства.

Совмещая производственную и научную деятельность, А.К. Чайка в 1974 г. окончил заочную аспирантуру и защитил кандидатскую диссертацию, в 1991 г. – докторскую, получив степень доктора сельскохозяйственных наук. В 1993 г. он стал членом-корреспондентом, в 1997 г. – действительным членом (академиком) Российской академии сельскохозяйственных наук (в 2013 г. – академиком Российской академии наук). В 1994 г. ему присвоено ученое звание профессора.

Практически 45 лет, вплоть до конца 2015 г., Анатолий Климентьевич был бессменным руководителем научного учреждения, ставшего за годы его работы одним из ведущих научно-исследовательских институтов сельскохозяйственного профиля на Дальнем Востоке. Одновременно с руководством институтом в 1997 г. А.К. Чайка возглавил Дальневосточный научно-методический центр, реорганизованный в 2013 г. в Дальневосточный региональный аграрный научный центр.

Анатолий Климентьевич внес значительный вклад в развитие сельскохозяйственной науки региона, долгие годы был организатором и лидером научно-исследовательской деятельности ученых Дальнего Востока. Под его руководством была разработана комплексная программа развития АПК Приморского края. Четкое планирование научной и производственной деятельности Приморского НИИСХ создало условия для ведения исследований на высоком методическом уровне, их материалы явились основой для написания рекомендаций «Система земледелия в Приморском крае», «Система ведения сельского хозяйства в Приморском крае», а



А.К. Чайка (1942–2015)

также были опубликованы в ряде научных трудов. За годы работы А.К. Чайки выведены более 45 сортов полевых культур (с занесением в Государственный реестр селекционных достижений).

Результаты научной деятельности А.К. Чайки опубликованы в 185 печатных работах, в том числе в четырех монографиях.

Большое внимание Анатолий Климентьевич уделял подготовке научных кадров. В 2001–2009 гг. при Приморском НИИСХ под председательством А.К. Чайки функционировал объединенный совет по защите докторских и кандидатских диссертаций. За этот период защищено 39 диссертаций, в том числе четыре работы на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук.

Трудно переоценить вклад А.К. Чайки в становление и развитие сельскохозяйственной науки на Дальнем Востоке в сложный период реформ. Он принимал самое активное участие в укреплении материально-технической базы институтов, их оснащении современными приборами и оборудованием. В этот период усилились связи с научными учреждениями Дальневосточного отделения Российской академии наук, Дальневосточным федеральным университетом и Дальневосточным государственным аграрным университетом.

Анатолий Климентьевич Чайка являлся членом Бюро отделения РАН по сельскохозяйственным наукам, членом президиума ДВО РАН, председателем Объединенного ученого совета ДВО РАН по сельскохозяйственным наукам, членом Общественного экспертного совета по вопросам агропромышленного комплекса при губернаторе Приморского края.

За плодотворную научную и производственную деятельность в области сельского хозяйства А.К. Чайка отмечен правительственными наградами: медалью «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина» (1970), орденом «Знак Почета» (1976), орденом Трудового Красного Знамени (1986). В 2000 г. ему присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки Российской Федерации.

Анатолий Климентьевич ушел из жизни 15 ноября 2015 г. Приказом ФАНО России от 17 января 2018 г. № 11 Приморский НИИСХ был реорганизован в Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроботехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки».

Признанием заслуг Анатолия Климентьевича Чайки в развитии агропромышленного комплекса Дальнего Востока стало учреждение президиумом Дальневосточного отделения Российской академии наук в 2016 г. премии имени академика А.К. Чайки за работы в области сельскохозяйственных наук.

*О.В. МОХАНЬ,
кандидат сельскохозяйственных наук,
заместитель директора по научной работе
(Федеральный научный центр агроботехнологий Дальнего Востока
им. А.К. Чайки, Уссурийск, пос. Тимирязевский)*

Научная статья
УДК 631.45(571.63)
DOI: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_1

Состояние и трансформация плодородия почв Приморского края

А.Н. Емельянов ✉, Ю.И. Слабко, Л.Н. Пуртова, О.В. Мохань

Алексей Николаевич Емельянов

кандидат сельскохозяйственных наук, директор
Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия
emelyanov.prim@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7112-7855>

Юрий Иванович Слабко

доктор биологических наук

Людмила Николаевна Пуртова

доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник
Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО
РАН, Владивосток, Россия
purtova@biosoil.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7776-7419>

Оксана Викторовна Мохань

кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе
Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия
oksana.mohan@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7660-3348>

Аннотация. Охарактеризовано состояние плодородия агрогенных почв, наиболее широко используемых в системе земледелия Приморского края с учетом уровня их агрохимического состояния (АСП). Приведены данные об энергозапасах, связанных с содержанием гумуса, различных по генезису агрогенных почв с различным типом АСП. Показана перспективность использования комплексного интегрального показателя плодородия КАП при разработке рационального применения системы удобрений в почвах агроландшафтов. Разработаны шкалы для оценки состояния плодородия агрогенных почв с различным типом АСП. Обоснована необходимость создания центра агрохимической службы в Приморском крае.

Ключевые слова: агрогенные почвы, плодородие, восстановление, агрохимическое состояние, энергозапасы, оценка, содержание гумуса

© Емельянов А.Н., Слабко Ю.И., Пуртова Л.Н., Мохань О.В., 2022

Для цитирования: Емельянов А.Н., Слабко Ю.И., Пуртова Л.Н., Мохань О.В. Состояние и трансформация плодородия почв Приморского края // Вестн. ДВО РАН. 2022. № 3. С. 7–17. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_1.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (темы № 121031000134-6, № 0812-2019-0022).»

Original article

Status and transformation of soil fertility in Primorye Territory

A.N. Emel'yanov, [Yu.I. Slabko](#), L.N. Purtova, O.V. Mokhan'

Aleksei N. Emel'yanov

Candidate of Sciences in Agriculture

Director

Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,

Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

emelyanov.prim@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7112-7855>

[Yurii I. Slabko](#)

Doctor of Science in Biology

Lyudmila N. Purtova

Doctor of Science in Biology

Leading researcher

Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity of FEB RAS, Vladivostok,

Russia

purtova@biosoil.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7776-7419>

Oksana V. Mokhan'

Candidate of Sciences in Agriculture

Deputy Director for Science

Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,

Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

oksana.moxan@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7660-3348>

Abstract. This paper characterizes the fertility status of agrogenic soils that are the most widely used in the system of agriculture in Primorsky Krai with consideration of their chemical condition (SCC). Data are provided on the humus-associated energy content of arable soils of various genesis and with different types of SCC. The paper shows the potential benefits of using a complex integrated fertility index (CIFI) in the development of rational fertilizer management in soils of agricultural landscapes. Scales were developed for assessing the fertility status of agrogenic soils with different types of SCC. The paper justifies the need for the establishment of an agrochemical service center in Primorye Territory.

Keywords: agrogenic soils, soil fertility, restoration, soil chemical condition, energy content, assessment, humus content

For citation: Emel'yanov A.N., Slabko Yu.I., Purtova L.N., Mokhan' O.V. Status and transformation of soil fertility in Primorye Territory. *Vestnik of the FEB RAS*. 2022;(3):7-17. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_1.

Funding. The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme No. 121031000134-6, theme No. 0812-2019-0022).

Введение

В настоящее время актуальна проблема ограниченности почвенных ресурсов, прежде всего плодородных почв. Особую значимость она приобретает сейчас в связи с изменившимися экологическими условиями. Сохранение и воспроизводство плодородия пахотных почв является важнейшей частью стратегии сбалансированного развития агропромышленного комплекса и обеспечения продовольственной безопасности России [1, 2], поскольку внедрение интенсивных технологий требует создания необходимых условий для увеличения объемов производства высококачественной сельскохозяйственной продукции на основе повышения плодородия почв сельскохозяйственных угодий* [3].

При земледельческом использовании почвы ее плодородие снижается, так как для производства растениеводческой продукции расходуются органическое вещество и элементы минерального питания, ухудшаются условия водно-воздушного режима, фитосанитарное состояние, микробиологическая деятельность и т.д. [4].

Оптимизация свойств и режимов пахотных почв – важнейшая задача повышения их плодородия. При этом под оптимизацией понимается система мероприятий, направленная на изменение свойств и режимов в целях получения максимальной продуктивности культурных растений при минимальных затратах, включая приемы регулирования водно-воздушного режима, баланса элементов питания, физико-химических и биологических свойств. Теоретические и практические основы оптимизации применительно к условиям Приморья рассмотрены в работах Э.П. Синельникова [5, 6].

Наиболее простыми и доступными способами улучшения физико-химических свойств почв, повышения содержания в ней питательных элементов и оптимизации плодородия являются относимые к химизации. Теоретически они должны компенсировать вынос питательных элементов с урожаем и другие потери, т.е. обеспечить их нулевой баланс. Это безопасно с точки зрения получения экологически чистой продукции, но сопровождается снижением плодородия (в связи с возрастанием процессов минерализации органического вещества), а в дальнейшем и продуктивности культур [7, 8].

Деградация и восстановление плодородия почв – прямые следствия выращивания урожая. При выращивании и отчуждении урожая изменяются все свойства плодородия. Эти изменения необходимо контролировать через оценку свойств

* Федеральный закон от 16.07.98 № 101-ФЗ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения». – <https://base.garant.ru/12112328/> (дата обращения: 05.05.2021).

почвы по отношению к возможному оптимальному значению. Из всего комплекса агрохимических свойств почв, которые отражают состояние плодородия и с которыми связана урожайность культур, наибольший интерес представляют показатели, контролируемые агрохимической службой. К таким показателям относятся содержание гумуса, NPK, сумма обменных оснований и гидролитическая кислотность, а также рН солевой суспензии [4, 9]. К сожалению, в Приморском крае в настоящее время центр агрохимической службы прекратил свое существование.

Естественные факторы почвообразования, реализовавшие себя в создании генетических типов почв, и производственная деятельность (обработка, мелиорация, удобрения) сформировали почвы, объединенные согласно их агрохимическому состоянию (АСП) в группы. Э.П. Синельников, Ю.И. Слабко на основании системного анализа данных 5-го тура агрохимических исследований, совпавшего с окончанием применения осушительных, оросительных, химических мелиораций и использованием удобрений, выделили 5 типов АСП. Характеристика АСП наиболее подробно приведена в монографической сводке «Агрогенезис почв Приморья» [10], которая явилась логическим продолжением монографии «Характеристика агроземов Приморья» [11]. В ней сделан упор на более детальное сравнение сложившегося агрохимического состояния пашни применительно к генетическим типам почв и к типам АСП. На основе выделения различных типов АСП с учетом занимаемых площадей почв произведен расчет энергозапасов, связанных с содержанием гумуса в различных гидротермических провинциях Приморского края [12]. Было установлено, что почвы с различным уровнем агрохимического состояния различимы в пределах исследованных генетических типов как по энергетическим условиям формирования, так и по энергозапасам, обусловленным содержанием гумуса.

Цель данной работы – характеристика состояния плодородия агрогенных почв Приморья, находящихся под воздействием антропогенного влияния разной степени.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований явились почвы автоморфного, полугидроморфного, гидроморфного рядов, наиболее используемые в земледелии Приморского края и принадлежащие к разным типам АСП – бурые лесные, буро-отбеленные, лугово-бурые, луговые глеевые, а также пойменные. В работе применены аналитические и расчетные методы исследований. Кислотность почв (рН водный, рН солевой) определяли потенциометрически, поглощенные основания – по Шолленбергу, подвижный фосфор – по Кирсанову, гидролитическую кислотность – по Капшену, калий – по Масловой, содержание общего органического углерода – методом Тюрина. Энергетические показатели формирования почв (затраты энергии на почвообразование) вычисляли по методике, разработанной В.Р. Волобуевым [13]. Энергозапасы ($Q_{\text{Сорг}}$) в почвах для слоя 0–20 см рассчитаны по формуле: $Q_{\text{Собщ}} = 891,7 \cdot C_{\text{общ}} \cdot H \cdot d$ [14], где 891,7 – коэффициент пересчета в млн ккал/га, $C_{\text{общ}}$ – содержание органического углерода в почвах, H – мощность почвенного слоя (м), d – плотность сложения почвы (г/см^3). В работе использованы названия почв согласно классификации, предложенной Г.И. Ивановым [15].

Результаты и обсуждение

Процессы гумусообразования на юге Дальнего Востока России наиболее интенсивно протекают в теплый летне-осенний период, для которого характерны высокая биохимическая активность почв и ускоренный процесс разложения растительных остатков. Резкая смена температур и глубокое промерзание почв зимой ведут к консервации образованных органических веществ. В результате формируется небольшой по мощности гумусово-аккумулятивный горизонт с преобладанием гуминовых кислот над фульвокислотами в составе почвенного гумуса и фульвокислот в нижележащих горизонтах. Это является одной из специфических черт почв региона [12, 16]. Вовлечение почв в систему землепользования приводит к усилению процессов минерализации органического вещества, снижению содержания гумуса. Основным процессом почвообразования на юге Дальнего Востока является буроземообразование [15]. В составе почвенного покрова региона преобладают буроземы (бурые лесные почвы). За редким исключением все типы почв, кроме пойменных, в природном состоянии относятся к мало-мощным средним и тяжелым суглинкам, подстилаемым элювием глин морского и озерного происхождения. Почвы кислые, обедненные подвижными формами питательных веществ, слабоводопроницаемые, влагоемкие. Плотность поверхностных элювиальных горизонтов в течение вегетационного периода колеблется от 1,1 до 1,5 г/см³ при агрономически благоприятной плотности 1,15–1,25 г/см³. Пахотный слой 22–24 см характеризует среднюю степень окультуренности. Состояние плодородия установлено по результатам 5-го и 6-го туров агрохимического обследования сельскохозяйственных угодий площадью 1016 тыс. га (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика плодородия пахотного горизонта почв Приморского края

| Показатель | Тип почвы | | | | |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | БЛ | БО | ЛБ | ЛГ | П |
| Гумус, % | 3,12 ± 1,8 | 3,10 ± 0,97 | 3,58 ± 1,29 | 4,07 ± 1,47 | 3,49 ± 1,37 |
| N _{лг} , мг/кг | 73,2 ± 23,0 | 76,2 ± 21,6 | 79,3 ± 25,4 | 75,6 ± 25,3 | 72,0 ± 24,7 |
| P ₂ O ₅ , мг/кг | 42,5 ± 51,5 | 48,1 ± 48,5 | 50,6 ± 51,8 | 38,6 ± 88,0 | 165,3 ± 115 |
| K ₂ O, мг/кг | 110 ± 39,9 | 108 ± 38,2 | 112 ± 41,7 | 127 ± 43,5 | 122 ± 49,4 |
| S, мг-экв /100 г почвы | 17,9 ± 7,1 | 20,1 ± 6,7 | 22,0 ± 8,3 | 20,1 ± 6,3 | 17,6 ± 6,3 |
| pH _{сол} | 5,26 ± 0,66 | 5,37 ± 0,61 | 5,38 ± 0,67 | 4,96 ± 0,61 | 4,19 ± 2,58 |
| Hг, мг-экв /100 г почвы | 3,70 ± 2,3 | 3,42 ± 2,23 | 3,61 ± 2,52 | 5,31 ± 3,06 | 4,19 ± 2,58 |

Примечание. БЛ – бурые лесные, БО – бурые отбеленные, ЛБ – луговые бурые, ЛГ – луговые глеевые, П – пойменные почвы; N_{лг} – азот легкогидролизуемый, S – сумма поглощенных оснований, Hг – гидролитическая кислотность.

Результаты средних аналитических определений свидетельствуют о их больших вариациях по генетическим типам почв. В пределах типа наблюдаются изменения, вызванные антропогенным влиянием. Все изменения, касающиеся физико-химических показателей почв, прямо или косвенно связаны с применяемой системой удобрений.

На период с 1965 г. по 1990-е годы пришлась интенсификация земледелия за счет химизации и мелиорации. Количество построенных и введенных в эксплуатацию

мелиорируемых пахотных земель превысило 180 тыс. га, включая 90 тыс. га орошаемых. Больших размеров достигло внесение извести и молотых фосфоритов (табл. 2). В результате произошли значительные изменения в показателях плодородия почв разных типов (табл. 3).

Таблица 2

Мероприятия по повышению плодородия пахотных почв в Приморском крае

| | Годы | | | | | | |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1965–1970 | 1971–1975 | 1976–1980 | 1981–1985 | 1986–1990 | 1991–1995 | 1996–2000 |
| Внесение удобрений* | | | | | | | |
| минеральных, тыс. т д.в. | 34,1 | 52,9 | 78,8 | 77,7 | 82,0 | 23,3 | 2,5 |
| органических, млн т | 1,1 | 1,2 | 1,9 | 2,5 | 2,4 | 0,9 | 0,07 |
| Агромелиорация* | | | | | | | |
| известью, тыс. га | 27,9 | 42,2 | 48,9 | 57,8 | 65,1 | 21,2 | 0,02 |
| фосфоритами, тыс. га | – | – | 19,4 | 35,9 | 14,9 | 0,1 | – |

*Приведены среднегодовые объемы внесения по каждому периоду.

Примечание. Прочерк – фосфоритование не проводилось.

Таблица 3

Средневзвешенные показатели плодородия (по периодам обследования) почв Приморского края

| Показатель | Годы | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1964–1970 | 1971–1977 | 1978–1984 | 1985–1989 | 1990–1994 | 1995–2000 |
| Гумус, % | – | – | – | 3,4 | 3,5 | 3,5 |
| P ₂ O ₅ , мг/кг | 17 | 18 | 26 | 34 | 40 | 42 |
| K ₂ O, мг/кг | 100 | 110 | 111 | 109 | 102 | 98 |
| pH _{сол} | 4,8 | 4,8 | 4,9 | 5,1 | 5,2 | 5,2 |

Примечание. Прочерк – нет данных.

Видится целесообразным объединение всех пахотных почв по общности морфологических и химических показателей в классы агроземов, разделенных по величине и соотношению отдельных свойств. Расчет энергетических параметров агрогенных почв с разными АСП показал, что наиболее низкие показатели энергозапасов свойственны автоморфным почвам – буроземам (бурым лесным) и буро-отбеленным (365 и 405 млн ккал/га). Среднее отношение затрат энергии у них на почвообразование (Q_1) и аккумуляцию в гумусе (Q_2) составило 9,8 к 9,1. Это свидетельство интенсивно идущих процессов минерализации органического вещества. Автоморфные почвы с различными АСП [10] существенно различались по величине энергозапасов и показателям Q_1/Q_2 . В бурых лесных почвах 5-го и 3-го типов АСП очень низкие энергозапасы – 191 и 275 млн ккал/га и высокое соотношение Q_1/Q_2 (16,5) по сравнению с почвами 1-го и 2-го типов АСП (440 и 371 млн ккал/га; $Q_1/Q_2 = 7,1$ и $7,9$ соответственно). Тогда как в бурых лесных почвах с 4-м типом АСП энергозапасы возрастали до 542 млн ккал/га, а показатель Q_1/Q_2 снижался до 5,6. В буро-отбеленных почвах основная тенденция изменчивости показателей Q_2 и Q_1/Q_2 с различным типом АСП несколько отличалась от бурых лесных почв. В буро-отбеленных почвах с 1-м и 4-м типами АСП зафиксированы средние показатели энергозапасов (518 и 613 млн ккал/га) и низкое

соотношение Q_1/Q_r (6,3 и 6,5). В буро-отбеленных почвах, все агрохимические показатели которых близки к среднестатистическим значениям (АСП2), энергозапасы низкие (394 млн ккал/га), а $Q_1/Q_r = 8,5$. В почвах с 3-м и 5-м типами АСП, т.е. с минимальными значениями агрохимических показателей (АСП3) и низким содержанием гумуса и питательных элементов (АСП5), энергозапасы низкие (237 и 275 млн ккал/га), а отношение Q_1/Q_r высокое – 13,0 и 12,5. Для лугово-бурых почв наибольшие энергозапасы свойственны почвам с 1-м и 4-м типами АСП (555 и 767 млн ккал/га), у них отношение Q_1/Q_r низкое – 5,6 и 4,5. Очень низкие показатели энергозапасов (275 и 285 млн ккал/га) и высокие Q_1/Q_r (11,4 и 11,6) характерны для почв с АСП3 и АСП5.

В среднем у луговых глеевых почв $Q_r = 416$ млн ккал/га (почти как у лугово-бурых почв), соотношение $Q_1/Q_r = 7,5$, а самые высокие значения среди них – 597 и 575 млн ккал/га – у почв 1-го и 4-го типов АСП, у которых соотношение $Q_1/Q_r = 5,3$, что близко к показателю лугово-бурых почв с АСП1.

Пойменные почвы отличались от ранее рассмотренных высокой вариабельностью показателя Q_r – от очень высоких до низких значений. Средние и высокие значения Q_r присущи пойменным почвам с АСП1 и АСП4. Соотношение Q_1/Q_r составило 6,8 и 4,5. У почв 2-го и 5-го типов АСП очень низкие показатели энергозапасов (280 и 282 млн ккал/га) и высокое соотношение Q_1/Q_r (11,3 и 12,0) [12].

Таким образом, почвы с разным уровнем агрохимического состояния различимы в пределах исследованных генетических типов как по энергетическим условиям формирования, так и по связанным с содержанием гумуса энергозапасам почв. По показателям соотношения затрат энергии на почвообразование и энергии, аккумулированной в гумусе, наиболее резко дифференцируются почвы буроземного (9,3–11,3) и глееземного (5,3–7,4) рядов. Пойменные почвы занимают промежуточное положение (4,5–6,8).

Разработка и детальная характеристика АСП, проведенная на основании результатов 5- и 6-летних туров сплошного агрохимического обследования, позволила решить две основные задачи: систематизировать и оценить данные всех агрохимических свойств, разработать интегральный комплексный показатель плодородия (КАП), необходимый в качестве базы для использования рациональной системы удобрения. По мнению Э.П. Синельникова и Ю.И. Слабко, по своей сути КАП выступает своеобразной моделью определенного уровня плодородия рангом от «недопустимо низкого» до «высокого» [10]. Для его нахождения достаточно данных основных агрохимических свойств почвы, определяемых в системе агрохимслужбы Российской Федерации. Модель высшего порядка помимо агрохимических свойств включает целый ряд дополнительных показателей: биогенность, гидрофизические свойства, микроэлементный состав и др. основополагающим фактором создания модели определенного уровня плодородия, ориентированной на оценку агрохимического состояния почвы, является соотношение двух составляющих: 1) содержание гумуса и подвижных питательных веществ и 2) оптимальность показателей физико-химических свойств почв (ФХС). Данный фактор был положен в основу классификационной схемы плодородия с выработкой критериев для оценки плодородия агроземов по величине КАП (табл. 4) [10].

В этой оценке существенная роль принадлежит доказательной базе по направленности изменений отдельных свойств и интегральных показателей в связи с производственной деятельностью. Кроме того, условия использования пахотных земель включают требования государственного надзора за рациональным

**Критерии оценки модели плодородия агроземов Приморья
по величине комплексного агрохимического показателя (КАП)**

| Тип АСП | Соотношение (Г + NPK) и ФСК | Коэффициент оптимальности | КАП |
|---------|-----------------------------|---------------------------|-------|
| 1 | Оптимальное высокое | 0,60–0,70 | >60 |
| 2 | Оптимальное среднее | 0,80–0,90 | 40–60 |
| 3 | Оптимальное низкое | 0,55–0,65 | 20–40 |
| 4 | (Г + NPK) > ФХС | 0,60–0,70 | 30–40 |
| 5 | (Г + NPK) < ФХС | 0,55–0,65 | 30–40 |

Примечание. Г – гумус.

природопользованием, для чего необходима регистрация исходного АСП с последующей оценкой во времени.

Комплексная оценка АСП основывается на каждом отдельном свойстве, определяемом в системе агрохимической службы. Это содержание гумуса, доступных элементов – азота, фосфора и калия, обменной и гидролитической кислотности, суммы поглощенных оснований. Индивидуальная оценка каждого аналитического показателя выражается через отношение фактического показателя к нормативному оптимальному:

$$B = 100 [(X_{\text{факт}} - X_{\text{мин}}) : (X_{\text{опт}} - X_{\text{мин}})] \text{ (в баллах)}.$$

Обобщенная оценка АСП рассчитывается по сумме индивидуальных показателей, поделенных на их число. За базовое оптимальное свойство принята встречаемость в пределах произвольно установленного диапазона (ранга) в массиве данных. Так, при ранжировании показателей содержания гумуса и графическом их выражении в виде зоны максимальной встречаемости установлены более 60 % данных в пределах 3,2–4,6 %. При этом за оптимум принят верхний предел встречаемости, т.е. 4,6 %. Соответственно для содержания подвижных показателей фосфора и калия приняты оптимальные значения 75 и 175 мг/кг, а для $pH_{\text{сол}}$ – 5,8. Например, содержание гумуса в почве 3,2 %. В баллах оно равно $100 [(3,2 - 0,5) : (4,6 - 0,5)] = 65,9$ (0,5 – нижний предел показателя). Такая же схема расчета принята для показателя $pH_{\text{сол}}$, доступных P_2O_5 и K_2O , а при необходимости и других. Балльная система подсчета позволяет суммировать и усреднять разные показатели, поскольку они выражены в единой системе измерений. За период химизации (1968–2000 гг.) оценка АСП с исходных 46 баллов повысилась до 68.

Современное состояние плодородия почвы зависит от степени окультуренности, т.е. результатов выполнения мероприятий по увеличению мощности пахотного слоя в сочетании с органическими удобрениями, известкованием, фосфоритованием (табл. 5).

Интегральная оценка (КАП) показывает неоднозначный результат в отношении системы удобрений. Так, 39 % всей пашни имеет высокое плодородие. Высокие показатели урожайности могут быть достигнуты с применением небольших доз удобрений при локальном внесении. Иначе обстоит дело с низкой оценкой АСП. Здесь необходимо внести полные расчетные дозы удобрений с поправкой на конкретные индивидуальные оценки свойств, а также использовать приемы периодической подкормки в течение вегетации.

Таблица 5

Современная оценка плодородия пахотных почв Приморского края

| Показатель | Оценка агрохимического состояния почв | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------|--------|
| | высокая | средняя | низкая |
| Гумус, % | 5,06 | 3,45 | 2,18 |
| P ₂ O ₅ , мг/кг | 88 | 47 | 16 |
| K ₂ O, мг/кг | 207 | 109 | 74 |
| pH _{сол} | 6,39 | 5,30 | 4,38 |
| КАП, балл | 87 | 61 | 23 |
| Площадь, % от общей | 39 | 16 | 45 |

Полные дозы удобрений культур установлены эмпирически. Для большинства культур полевого севооборота они составляют 60–90 кг фосфора и калия, а для кукурузы, картофеля и овощных культур они повышаются до 120 кг/га.

Очевидно, система удобрений должна опираться на результаты оценки агрохимического состояния конкретного земельного участка. Документальным подтверждением результатов являются агрохимические карты и картограммы. Поэтому нужны уточненные расчеты рациональных доз удобрений. Например, при среднем содержании фосфора 47 мг/кг (табл. 5) запас его на 1 га составляет 129 кг (0,1 x 47 x 22 x 1,25). Коэффициент использования фосфора из почвенного запаса зависит от агротехники и при разбросном внесении достигает не более 20 %. Следовательно, в лучшем случае использование фосфора из почвы равно 25,8 кг/га. При содержании фосфора в зерне пшеницы 1,2 % возможная урожайность составит 21–22 ц. Содержание фосфора в зерне сои с учетом нетоварной продукции – 1,5 %. Урожайность сои может составить $25,8 / 1,5 = 17,2$ ц зерна. При среднем АСП 67 баллов планируемая урожайность может соответствовать 25 ц. Разницу $25 - 17,2 = 7,8$ ц следует компенсировать фосфорным удобрением в дозе: $7,8 \times 1,5 / 0,3 = 39$ кг/га, где 0,3 – коэффициент использования фосфора из удобрений. Для этого достаточно внести 1 ц на 1 га аммофоса локальным способом.

Заключение

Дана характеристика состояния плодородия почв, наиболее используемых в земледелии Приморского края. Отмечены значительные изменения в показателях плодородия почв разных типов. Рассчитаны энергетические параметры агрогенных почв с разным типом агрохимического состояния почв (АСП). Систематизированы и оценены данные всех агрохимических свойств, разработан комплексный агрохимический показатель плодородия почв (КАП).

Важнейшей задачей в развитии земледелия в Приморском крае является восстановление Центра агрохимической службы, основная функция которого – проведение ежегодных туров агрохимических исследований, необходимых для мониторинга состояния основных физико-химических параметров агрогенных почв края с последующей разработкой рекомендаций по улучшению уровня их плодородия с учетом АСП.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Турусов В.И., Чевердин Ю.И., Титова Т.В., Беспалов В.А. Гумусное состояние сезонно-переувлажненных почв Каменной Степи // *Плодородие*. 2019. № 4. С. 33–36.
2. Лукин С.В. Мониторинг плодородия пахотных почв юго-западной части Центрально-Черноземного района России // *Агрохимия*. 2021. № 3. С. 3–14.
3. Божук С.Г., Евдокимов К.В., Плетнева Н.А., Саморуков В.И. Экологический маркетинг. СПб.: СПбГАУ, 2018. 140 с.
4. Левина О.А., Овчаренко А.А. Результаты агрохимических обследований почв правобережья Саратовской области // *Охрана биоразнообразия и экологические проблемы природопользования*. Пенза, 2021. С. 124–127.
5. Синельников Э.П. Оптимизация свойств и режимов периодически переувлажняемых почв. Уссурийск: ДВО ДОП РАН: ПГСХА, 2000. 296 с.
6. Синельников Э.П., Кравец И.А., Захарова Г.И. Агроэкологическая оценка пахотных земель Уссурийского района // *Аграрная политика и технология производства сельскохозяйственной продукции в странах Азиатско-Тихоокеанского региона*. Уссурийск: ПГСХА, 2001. С. 102–108.
7. Минеев В.Г., Дебречени Б., Мазур Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. М.: Колос, 1993. 414 с.
8. Дорожко Г.Р. Земледелие. Ставрополь: Секвойя, 2017. 230 с.
9. Лапа В.В. Повышение плодородия почв и эффективности применения удобрений – основные приоритеты в развитии агрохимических исследований (на примере Республики Беларусь) // *Плодородие*. 2019. № 3. С. 3–6.
10. Синельников Э.П., Слабко Ю.И. Агрогенезис почв Приморья. М.: ГНУ ВНИИ агрохимии, 2005. 280 с.
11. Характеристика агроземов Приморья: монография / отв. ред. Ю.И. Слабко, Э.П. Синельников, В.И. Ознобихин. Уссурийск: ДВО ДОП РАН, 2002. 172 с.
12. Пуртова Л.Н., Костенков Н.М. Содержание органического углерода и энергозапасы в почвах природных и агрогенных ландшафтов юга Дальнего Востока России: оценка и методы индикации. Владивосток: Дальнаука, 2009. 124 с.
13. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. М.: Наука, 1974. 126 с.
14. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ, 1981. 272 с.
15. Иванов Г.И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. М.: Наука, 1976. 199 с.
16. Хавкина Н.В. Гумусообразование и трансформация органического вещества в условиях переменного-глеевого почвообразования. Владивосток: ПГСХА: ДВО РАН, 2004. 270 с.

REFERENCES

1. Turusov V.I., Cheverdin YU.I., Titova T.V., Bepalov V.A. Gumusnoe sostoyanie sezonno-pereuvlazhnennykh pochv Kamennoi Stepi. *Plodorodie*. 2019;(4):33-36. (In Russ.).
2. Lukin S.V. Monitoring plodorodiya pahotnykh pochv yugo-zapadnoi chasti Central'no-Chernozemnogo raiona Rossii. *Agrohimiya*. 2021;(3):3-14. (In Russ.).
3. Bozhuk S.G., Evdokimov K.V., Pletneva N.A., Samorukov V.I. Ekologicheskii marketing. Saint-Petersburg: Saint-Petersburg State Agrarian Univ.; 2018. 140 p. (In Russ.).
4. Levina O.A., Ovcharenko A.A. Rezul'taty agrokhimicheskikh obsledovaniy pochv pravoberezh'ya Saratovskoi oblasti. In: *Proc. All-Russian Conf. "The conservation of biodiversity and ecological problems of natural resource management"*, 28-29 May 2021, Penza, Russia. Penza: Penza State Agrarian Univ.; 2021. P. 124-127. (In Russ.).
5. Sinel'nikov Eh.P. Optimizatsiya svoistv i rezhimov periodicheskii pereuvlazhnyayemykh pochv. Ussuriysk: FEB RAS: Primorskaya State Agricultural Academy; 2000. 296 p. (In Russ.).
6. Sinel'nikov Eh.P., Kravets I.A., Zakharova G.I. Agroekologicheskaya otsenka pakhotnykh zemel' Ussuriiskogo raiona. In: *Agrarnaya politika i tekhnologiya proizvodstva sel'skhozaystvennoi produktsii v stranah Aziatsko-Tihookeanskogo regiona* = [Proceedings of the International Research-to-Practice Conference "Agrarian politics and the technology of agricultural production in countries of the Asia-Pacific region", 16-18 October 2001, Ussuriysk, Russia]. Ussuriysk: Primorskaya State Agricultural Academy; 2001. P. 102-108. (In Russ.).

7. Mineev V.G., Debretseni B., Mazur G. Biologicheskoe zemledelie i mineral'nye udobreniya = [Biological agriculture and mineral fertilizers]. Moscow: Kolos; 1993. 414 p. (In Russ.).
8. Dorozhko G.R. Zemledelie = [Agriculture]. Stavropol: Sekvoiya; 2017. 230 p. (In Russ.).
9. Lapa V.V. Povyshenie plodorodiya pochv i effektivnosti primeneniya udobrenii – osnovnye priority v razvitii agrohimicheskikh issledovaniy (na primere Respubliki Belarus'). *Plodorodie*. 2019;(3):3-6. (In Russ.).
10. Sinel'nikov E.P., Slabko Yu.I. Agrogenezis pochv Primor'ya = [Agricultural genesis of soils in the Primorye territory]. Moscow: Pryanishnikov Institute of Agrochemistry; 2005. 280 p. (In Russ.).
11. Slabko Yu.I., Sinel'nikov E.P., Oznobikhin V.I. (eds-in-chief). Kharakteristika agrozemov Primor'ya: monografiya = [Characteristics of agricultural lands in the Primorye territory: monograph]. Ussuriysk: FEB RAS; 2002. 172 p. (In Russ.).
12. Purtova L.N., Kostenkov N.M. Soderzhanie organicheskogo ugleroda i ehnergozapasy v pochvakh prirodnykh i agrogennykh landshaftov yuga Dal'nego Vostoka Rossii: otsenka i metody indikatsii = [The content of organic carbon and energy in soils of natural and agricultural landscapes in the south of the Russian Far East: assessment and indication methods]. Vladivostok: Dal'nauka; 2009. 124 p. (In Russ.).
13. Volobuev V.R. Vvedenie v energetiku pochvoobrazovaniya = [Introduction to energetics of soil formation]. Moscow: Nauka; 1974. 126 p. (In Russ.).
14. Orlov D.S., Grishina L.A. Praktikum po khimii gumusa = [Practical course on the chemistry of humus]. Moscow: Moscow State Univ. Publ.; 1981. 272 p. (In Russ.).
15. Ivanov G.I. Pochvoobrazovanie na yuge Dal'nego Vostoka = [Soil formation in the south of the Russian Far East]. Moscow: Nauka; 1976. 199 p. (In Russ.).
16. Khavkina N.V. Gumusoobrazovanie i transformatsiya organicheskogo veshchestva v usloviyakh peremlenno-gleevogo pochvoobrazovaniya = [Humus formation and transformation of the organic matter under the conditions of gley soil formation]. Vladivostok: Primorskaya State Agricultural Academy, FEB RAS; 2004. 270 p. (In Russ.).

Научная статья

УДК 633.1:631.526(571.63)

DOI: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_2

Адаптивный потенциал сортов и линий зерновых и крупяных культур приморской селекции

А.Г. Клыков, Г.А. Муругова , О.А. Тимошинова,
И.В. Коновалова, Ю.В. Самагина

Алексей Григорьевич Клыков

доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, заведующий отделом селекции
и биотехнологии сельскохозяйственных культур

Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия
fe.smc_rf@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-2390-3486>

Галина Александровна Муругова

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, и.о. заведующего
лабораторией селекции зерновых и крупяных культур

Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия
gal.murugova@yandex.ru

<http://orcid.org/0000-0003-4203-851X>

Оксана Анатольевна Тимошинова

младший научный сотрудник

Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия
timoshinova1981@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-7649-3513>

Инна Витальевна Коновалова

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия
konovalovainna@list.ru

<http://orcid.org/0000-0003-1836-5342>

Юлия Викторовна Самагина

младший научный сотрудник

Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия
yuliyasamagina@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0003-1722-7212>

Аннотация. Исследованы адаптивные свойства (пластичность, стабильность, стрессоустойчивость, генетическая гибкость, коэффициент адаптивности) сортов и линий яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) и гречихи (*Fagopyrum esculentum* Moench) конкурсного сортоиспытания в условиях Приморского края. Исследования показали, что к стабильным и пластичным следует отнести сорта яровой пшеницы Приморская 223 ($b_i = 1,2$, $S^2d_i = 0,1$), ярового ячменя Приморский 153 ($b_i = 1,3$, $S^2d_i = 0,8$), гречихи Приморская 432 ($b_i = 1,9$, $S^2d_i = 0,1$) и Приморская 433 ($b_i = 2,0$, $S^2d_i = 0,1$). По урожайности с наибольшим коэффициентом адаптивности и по стрессоустойчивости выделились сорта яровой пшеницы Приморская 225 (5,3 т/га), ярового ячменя Приморский 153 (5,7 т/га), гречихи Уссуручка и Приморская 433 (по 2,3 т/га). Высокие технологические и биохимические качества зерна отмечены у сортов Прима (яровая пшеница), Приморский 153 (яровой ячмень), Приморская 433 (гречиха).

Ключевые слова: яровой ячмень, яровая пшеница, гречиха, адаптивность, пластичность, стабильность, конкурсное сортоиспытание, урожайность

Для цитирования: Клыкков А.Г., Муругова Г.А., Тимошинова О.А., Коновалова И.В., Самагина Ю.В. Адаптивный потенциал сортов и линий зерновых и крупяных культур приморской селекции // Вестн. ДВО РАН. 2022. № 3. С. 18–32. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_2.

Original article

The adaptive potential of varieties and lines of grain and cereal crops bred in Primorye Territory

A.G. Klykov, G.A. Murugova, O.A. Timoshinova,
I.V. Konovalova, Yu.V. Samagina

Aleksei G. Klykov

Doctor of Biology, Corresponding Member of RAS, Head of the Department of Breeding and Biotechnology of Agricultural Crops
Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,
Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia
fe.smc_rf@mail.ru
<http://orcid.org/0000-0002-2390-3486>

Galina A. Murugova

Candidate of Sciences in Agriculture, Senior researcher, Acting Head of the Laboratory of Breeding of Grain and Cereal Crops
Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,
Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia
gal.murugova@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0003-4203-851X>

Oksana A. Timoshinova

Junior researcher
Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,
Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia
timoshinova1981@mail.ru
<http://orcid.org/0000-0002-7649-3513>

Inna V. Konovalova

Candidate of Sciences in Agriculture, Senior researcher

Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,
Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

konovalovainna@list.ru

<http://orcid.org/0000-0003-1836-5342>

Yuliya V. Samagina

Junior researcher

Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,
Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

yuliyasamagina@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0003-1722-7212>

Abstract. This article presents the research results on adaptive traits (plasticity, stability, stress-resistance, genetic flexibility, adaptability coefficient) of varieties and lines of spring wheat (*Triticum aestivum* L.), spring barley (*Hordeum vulgare* L.) and buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) that were evaluated in variety trials under the conditions of Primorsky Krai. The research showed that the following varieties were characterized by stability and plasticity: Primorskaya 223 – $b_1 = 1.2$ and $S^2d_1 = 0.1$ (spring wheat); Primorskii 153 – $b_1 = 1.3$ and $S^2d_1 = 0.8$ (spring barley); Primorskaya 432 – $b_1 = 1.9$ and $S^2d_1 = 0.1$ and Primorskaya 433 – $b_1 = 2.0$ and $S^2d_1 = 0.1$ (buckwheat). Enhanced yield combined with the highest adaptability coefficient (AC) and stress-resistance were observed in varieties Primorskaya 225 – 5.3 t/ha (spring wheat), Primorskii 153 – 5.7 t/ha (spring barley), Ussurochka and Primorskaya 433 – 2.3 t/ha (buckwheat). Varieties Prima (spring wheat), Primorskii 153 (spring barley), Primorskaya 433 (buckwheat) were identified to have high technological and biochemical properties of grain.

Keywords: spring barley, spring wheat, buckwheat, adaptability, plasticity, stability, competitive variety trial, yield

For citation: Klykov A.G., Murugova G.A., Timoshinova O.A., Konovalova I.V., Samagina Yu.V. The adaptive potential of varieties and lines of grain and cereal crops bred in Primorye Territory. *Vestnik of the FEB RAS.* 2022;(3):18-32. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_2.

Введение

Создание сортов зерновых и крупяных культур с достаточно высокой и стабильной урожайностью является одним из важных направлений селекции на Дальнем Востоке [1]. Известно, что продуктивность сельскохозяйственных культур зависит от биологических особенностей сорта, почвенно-климатических условий выращивания и уровня адаптации растений к комплексу биотических и абиотических факторов окружающей среды [2, 3].

Селекция к неблагоприятным факторам среды предполагает наличие экологически пластичного исходного материала, поэтому необходима его комплексная оценка, чтобы получить более полную информацию о реакции сортов на условия [4–7]. Способность сортов зерновых культур сохранять высокую урожайность в различных условиях возделывания высоко ценится сельхозтоваропроизводителями.

При оценке селекционного материала на адаптивность и подборе родительских пар для гибридизации рекомендуется учитывать параметры экологической пластичности и стабильности у создаваемых сортов. Результаты применения статистических методов свидетельствуют о широких возможностях их использования

в селекции, что повышает эффективность работы на конечном этапе, и способствуют оценке и отбору [4, 6, 8]. Несмотря на многие ценные качества и свойства районированных на Дальнем Востоке сортов зерновых культур, каждый из них обладает целым рядом существенных недостатков, которые необходимо улучшать путем целенаправленного и научно обоснованного ведения селекционного процесса. Поэтому при создании сортов оценка по экологической пластичности представляет практический интерес для селекции [1, 5].

В связи с этим актуальной задачей в селекции сельскохозяйственных культур в Дальневосточном регионе является повышение экологической стабильности сортов, их способности обеспечивать высокую и устойчивую урожайность в различных условиях произрастания.

Цель настоящей работы – оценить адаптивные свойства сортов и линий яровой пшеницы, ярового ячменя и гречихи приморской селекции в условиях Приморского края.

Методика

Исследования выполнены в лаборатории селекции зерновых и крупяных культур ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» в 2019–2021 гг. Объектом исследования были сорта и линии яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) – 11, ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) – 10, гречихи (*Fagopyrum esculentum* Moench) – 9. В качестве стандартов взяты районированные в Дальневосточном регионе сорта: Изумруд (гречиха), Восточный (яровой ячмень) и Приморская 39 (яровая пшеница).

Площадь делянок в конкурсном сортоиспытании – 15 м², в трехкратной повторности. Посев проводили сеялкой СКС 6-10, уборку – комбайном «Хеге-125». Фенологические наблюдения и учеты вели по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур и методическим указаниям по изучению коллекционных образцов кукурузы, сорго и крупяных культур¹. Адаптивные свойства сортов определяли по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell в изложении В.А. Зыкина², стрессоустойчивость ($Y_{\min} - Y_{\max}$) сортов и компенсаторную способность $((Y_{\min} + Y_{\max})/2)$ по методике А.А. Rosielle, J. Hamblin в изложении А.А. Гончаренко [3]. Коэффициент адаптивности рассчитывали по методу Л.А. Животкова и др. [9]. Данные статистически обрабатывали по методике Б.А. Доспехова³.

Метеорологические условия за годы исследования (2019–2021 гг.) в вегетационный период культур были различные, что позволило объективно оценить селекционный материал на устойчивость к стрессовым факторам.

Многолетние значения гидротермического коэффициента (ГТК) периода вегетации зерновых культур в условиях Приморского края около 1,8. По среднесуточной температуре воздуха и количеству осадков самым жарким и засушливым был период кущение–колошение в 2021 г. (ГТК 0,4), избыточно увлажненным – от

¹ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2: Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М., 1989. 194 с.

² Методики расчета экологической пластичности сельскохозяйственных растений по дисциплине «Экологическая генетика» / сост. В.А. Зыкин, И.А. Белан, В.С. Юсов, С.П. Корнева. Омск, 2008. 35 с.

³ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.

колошения до полной спелости в 2019 г. (ГТК 4,7), когда (II декада июня – II декада августа) выпало значительное количество осадков (348,2 мм), что привело к переувлажнению почвы и ухудшению состояния посевов, полеганию растений и поражению грибными заболеваниями. В фазу кушения зерновых культур формируется листовая поверхность, образуются узловы корни, появляются боковые побеги, закладывается зачаточный колос. В это время растения испытывают наибольшую потребность во влаге, если ее недостаточно, то образуется много бесплодных колосков. В 2020 г. отмечено наибольшее переувлажнение в июне – 193 мм, что выше среднемноголетней нормы на 41,8 %. В фазу созревания (молочная – полная спелость) осадков выпало 15,9 мм.

По значению гидротермического коэффициента за вегетационный период гречихи 2019 г. был влажный (1,3), 2020 г. – засушливый (0,8), 2021 г. – достаточно влажный (1,0).

Результаты исследований

В селекционной работе в ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К.Чайки» основным методом создания нового исходного материала зерновых культур является внутривидовая гибридизация с последующим индивидуальным отбором, гречихи – гибридизация с использованием методов биотехнологии [5, 10].

В результате селекции созданы новые сорта и линии яровой пшеницы, ярового ячменя и гречихи, которые в настоящее время изучаются в конкурсном сортоиспытании.

Продуктивность растения принято разделять на ряд составляющих ее компонентов, главными из них являются: продуктивная кустистость, озерненность колоса, продуктивность колоса и растения, масса 1000 зерен и др.

Признак «высота растений» имеет важное значение, так как напрямую связан с устойчивостью к полеганию, которая оказывает влияние на урожайность [11, 12]. Высота растений изучаемых сортов яровой пшеницы в годы исследований варьировала от 83,3 до 119,9 см. К низкорослым (80–90 см) можно отнести линии Приморская 223, Приморская 225, Приморская 228, Приморская 230 (табл. 1). По высоте растений сорта и линии ярового ячменя Восточный, Приморец, Приморский 153, Приморский 190, Приморский 221, Приморский 223, Приморский 230, Приморский 100 относятся к среднерослым (80–100 см).

Наибольшая озерненность колоса отмечена у линий яровой пшеницы Приморская 219, Приморская 223, Приморская 228 (35,5–36,8 шт.), многорядных линий ярового ячменя Приморский 100 и Приморский 232 (36,3 и 38,1 шт.). Высокая продуктивная кустистость растений выявлена у сортообразцов ярового ячменя Приморский 153 и Приморский 190. Исследования показали, что по длине колоса (9,4–9,6 см) выделились четыре линии яровой пшеницы: Приморская 219, Приморская 223, Приморская 228 и Приморская 230. По массе зерна с главного колоса выделились линии яровой пшеницы Приморская 219 (1,4 г), Приморская 223 (1,5 г) и Прима (1,5 г). Продуктивность одного растения у изученных сортов и линий яровой пшеницы варьировала от 1,4 до 2,3 г, ярового ячменя – от 1,8 до 2,2 г. Высокую продуктивность растения имели линии яровой пшеницы Приморская 219, Приморская 223, Приморская 225 (по 2,2 г), Прима (2,3 г), яровой ячмень Приморский 223 (2,2 г).

Характеристика сортов и линий яровой пшеницы и ярового ячменя конкурсного сортоиспытания по основным селекционно-хозяйственным признакам

| Сорт, линия | Высота растений, см | Продуктивная кустистость, стеблей | Длина колоса, см | Число зерен в колосе, шт. | Масса зерна с 1 колоса, г | Масса зерна с 1 растения, г |
|-----------------------|------------------------|---|------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Яровая пшеница | | | | | | |
| Приморская 39 (st.) | 115,6 | 2,1 | 8,2 | 30,5 | 1,1 | 1,9 |
| Прима | 100,4 | 1,7 | 8,7 | 32,3 | 1,5 | 2,3 |
| Приморская 216 | 108,5 | 1,8 | 8,9 | 29,7 | 1,2 | 2,4 |
| Приморская 219 | 92,0 | 1,7 | 9,6 | 36,8 | 1,4 | 2,2 |
| Приморская 223 | 88,4 | 1,6 | 9,4 | 36,0 | 1,5 | 2,2 |
| Приморская 225 | 83,8 | 1,9 | 8,1 | 32,2 | 1,2 | 2,2 |
| Приморская 228 | 84,5 | 1,9 | 9,2 | 35,5 | 1,0 | 2,0 |
| Приморская 230 | 84,4 | 1,7 | 9,4 | 30,5 | 1,2 | 2,2 |
| Приморская 240 | 98,8 | 1,7 | 8,6 | 33,8 | 1,4 | 2,2 |
| Приморская 249 | 119,9 | 1,8 | 8,4 | 27,9 | 1,3 | 2,2 |
| Приморская 253 | 109,3 | 2,2 | 8,6 | 25,7 | 1,1 | 2,0 |
| НСР ₀₅ | 7,5 | 0,1 | 0,2 | 2,0 | 0,1 | 0,1 |
| Яровой ячмень | | | | | | |
| Восточный (st.) | 95,5 | 2,3 | 6,7 | 20,1 | 0,9 | 1,8 |
| Тихоокеанский | 78,4 | 3,6 | 6,7 | 19,9 | 0,7 | 2,1 |
| Приморец | 97,3 | 2,2 | 8,6 | 22,8 | 1,0 | 1,9 |
| Приморский 100* | 90,3 | 1,4 | 6,0 | 36,3 | 1,4 | 1,8 |
| Приморский 153 | 88,6 | 2,8 | 7,6 | 21,1 | 0,8 | 2,1 |
| Приморский 190 | 88,1 | 2,8 | 7,5 | 19,4 | 0,8 | 2,1 |
| Приморский 221 | 84,8 | 2,6 | 7,2 | 20,2 | 0,8 | 2,0 |
| Приморский 223 | 88,3 | 2,1 | 7,1 | 20,4 | 1,3 | 2,2 |
| Приморский 230 | 81,7 | 2,4 | 7,3 | 20,8 | 0,9 | 1,9 |
| Приморский 232* | 76,7 | 1,6 | 6,5 | 38,1 | 1,3 | 1,9 |
| НСР ₀₅ | 7,1 | 0,1 | 0,3 | 2,1 | 0,1 | 0,1 |

* Здесь и далее в таблицах – многорядные сорта.

В конкурсном сортоиспытании гречихи изучалось 9 сортов по морфологическим и селекционно-хозяйственным признакам. Потенциал ветвления – важнейший признак, характеризующий приспособленность сортов гречихи к конкретным почвенно-климатическим условиям [11–13]. К определению потенциала ветвления следует подходить исходя из особенностей строения растений и изменчивости признаков ветвления. Стебель гречихи состоит из зон ветвления и плодобразования, а боковые побеги сходны по строению с главным. Зона ветвления – часть системы ветвления, которая участвует в образовании ветвей первого порядка и обеспечивает связь их оснований между собой, а также непосредственно с самой материнской осью. Количество узлов в зоне ветвления стебля определяет потенциальное число ветвей 1-го порядка [11–13].

Высота растений гречихи в зависимости от сорта была от 77,8 до 105,3 см (табл. 2). К низкорослым (60–80 см) относится сорт Уссурочка, к высокорослым (90–100 см) – сорта Изумруд, Приморская 426, Приморская 429, Приморская 427 и Приморская 431. Наибольший потенциал ветвления (19,7 шт.) отмечен у сорта При 7. Число узлов в зоне ветвления главного побега варьировало от 4,3 (Приморская 433) до 4,9 шт. (у Приморской 432 и Приморской 427), в целом число узлов на главном стебле составило от 11,5 (Приморская 433) до 13,0 шт. (При 7 и Приморская 431), количество боковых ветвей было от 1,3 (Изумруд) до 2,4 шт. (Уссурочка) на 1 растении.

Таблица 2

Потенциал ветвления сортов гречихи конкурсного сортоиспытания

| Сорт | Высота растения, см | Число узлов, шт. | | Количество боковых ветвей первого порядка, шт. | Потенциал ветвления, шт. |
|-------------------|---------------------|------------------|----------------|--|--------------------------|
| | | главный стебель | зона ветвления | | |
| Изумруд (st.) | 105,3 | 12,7 | 4,8 | 1,3 | 18,8 |
| При 7 | 99,8 | 13,0 | 4,7 | 2,0 | 19,7 |
| Уссурочка | 77,8 | 12,4 | 4,6 | 2,4 | 19,4 |
| Приморская 426 | 104,0 | 12,7 | 4,7 | 2,0 | 19,4 |
| Приморская 427 | 102,7 | 12,3 | 4,9 | 1,7 | 18,9 |
| Приморская 429 | 101,1 | 12,3 | 4,4 | 1,7 | 18,4 |
| Приморская 431 | 107,1 | 13,0 | 4,4 | 2,0 | 19,4 |
| Приморская 432 | 94,1 | 12,5 | 4,9 | 2,0 | 19,4 |
| Приморская 433 | 89,4 | 11,5 | 4,3 | 1,5 | 17,3 |
| НСР ₀₅ | 6,8 | 1,2 | 0,4 | 0,2 | 1,5 |

Растения гречихи с укороченным первым междоузлем, утолщенным стеблем более устойчивы к полеганию и, как правило, более продуктивны [11–13]. Наименьшая длина первого междоузлия (4,5 см) выявлена у сорта Приморская 433. Толщина первого междоузлия варьировала от 0,31 (Уссурочка) до 0,38 см (Изумруд, Приморская 426 и Приморская 427) (табл. 3).

Таблица 3

Продуктивность и основные морфологические признаки сортов гречихи конкурсного сортоиспытания

| Сорт | Междоузлия, см | | Длина зон, см | | Количество соцветий с 1 растения с плодами, шт. | Продуктивность 1 растения, г |
|-------------------|----------------|---------|---------------|--------------|---|------------------------------|
| | длина | толщина | ветвления | плодоношения | | |
| Изумруд (st.) | 6,5 | 0,38 | 54,0 | 41,8 | 15,3 | 1,7 |
| При 7 | 5,7 | 0,36 | 47,6 | 47,0 | 18,7 | 1,8 |
| Уссурочка | 4,7 | 0,31 | 32,4 | 40,7 | 15,0 | 1,8 |
| Приморская 426 | 5,8 | 0,38 | 54,0 | 41,7 | 19,7 | 2,0 |
| Приморская 427 | 5,6 | 0,38 | 54,5 | 45,2 | 19,3 | 2,0 |
| Приморская 429 | 6,6 | 0,35 | 51,2 | 43,4 | 18,7 | 1,7 |
| Приморская 431 | 6,0 | 0,36 | 50,4 | 50,7 | 20,3 | 2,1 |
| Приморская 432 | 5,6 | 0,36 | 45,8 | 42,9 | 21,5 | 2,1 |
| Приморская 433 | 4,5 | 0,34 | 46,6 | 41,4 | 22,0 | 2,2 |
| НСР ₀₅ | 0,2 | 0,04 | 3,5 | 4,2 | 2,3 | 2,0 |

Продуктивность сельскохозяйственных культур во многом зависит от массы сформировавшихся плодов. Данный показатель характеризуется меньшей изменчивостью, чем озерненность растений [14]. Продуктивность одного растения у изученных сортов варьировала от 1,7 (Изумруд) до 2,2 г (Приморская 433). По количеству соцветий с плодами (более 20 шт.) выделились сорта Приморская 431, Приморская 432 и Приморская 433.

На всех этапах селекционного процесса критерием отбора на качество являются показатели: стекловидность, натура зерна, масса 1000 зерен, содержание клейковины и белка в зерне.

Масса 1000 зерен имеет положительную корреляцию с урожайностью, поэтому является эффективным индикаторным показателем при селекционном отборе на урожайность [15, 16]. За период исследований линии яровой пшеницы формировали массу 1000 зерен от 36,1 (Приморская 228) до 49,2 г (Приморская 253). Стекловидность была от 40,8 (Приморская 253) до 60,2 % (Прима). Высокая натура зерна отмечена у сорта Прима и линии Приморская 240 – по 787 г/л. Количество белка варьировало от 11,6 (Приморская 253) до 13,7 % (Приморская 219) (табл. 4).

Таблица 4

Технологические и биохимические показатели яровой пшеницы конкурсного сортоиспытания

| Сорт, линия | Масса 1000 зерен, г | Натура зерна, г/л | Стекловидность, % | Белок, % | Клейковина, % |
|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|----------|---------------|
| Приморская 39 (st.) | 35,8 | 760 | 46,0 | 14,2 | 29,5 |
| Прима | 45,6 | 787 | 60,2 | 12,8 | 25,0 |
| Приморская 216 | 44,9 | 762 | 55,7 | 13,1 | 26,3 |
| Приморская 219 | 39,6 | 777 | 41,5 | 13,7 | 28,2 |
| Приморская 223 | 41,9 | 760 | 44,3 | 13,0 | 25,9 |
| Приморская 225 | 38,1 | 767 | 51,8 | 13,1 | 25,3 |
| Приморская 228 | 36,1 | 758 | 52,0 | 13,4 | 27,8 |
| Приморская 230 | 40,2 | 768 | 59,5 | 12,3 | 24,0 |
| Приморская 240 | 42,3 | 787 | 50,8 | 13,5 | 27,4 |
| Приморская 249 | 48,2 | 783 | 42,2 | 12,2 | 24,1 |
| Приморская 253 | 49,2 | 768 | 40,8 | 11,6 | 22,0 |

Селекция ячменя проводится в направлении создания сортов для пивоваренных целей и производства кормов. Проблема улучшения качества кормовой базы за счет внедрения высокоурожайных сортов кормового ячменя является особенно актуальной для сельского хозяйства Приморского края. Содержание белка в зерне у образцов ячменя в конкурсном сортоиспытании варьировало от 11,1 (Приморский 221) до 13,3 % (Приморский 232), крахмала – от 53,3 (Восточный) до 56,2 % (Приморский 153) (табл. 5). Изучение амплитуды изменчивости химического состава зерна позволяет установить степень реакции сорта на условия среды, что имеет важное значение для характеристики генотипа в конкретных условиях. По данным показателям все исследуемые линии и сорта ячменя относятся к кормовым.

Пленчатость зерна ячменя у сортообразцов во все годы проведения исследований была в пределах 7,1–9,3 %. Масса 1000 зерен у сортов и линий ячменя варьировала от 37,6 (Приморский 100) до 50,8 г (Приморский 223).

Технологические и биохимические показатели ярового ячменя конкурсного сортоиспытания

| Сорт, линия | Масса 1000 зерен, г | Натура зерна, г/л | Пленчатость, % | Белок, % | Крахмал, % |
|-----------------|------------------------|----------------------|-------------------|----------|---------------|
| Восточный (st.) | 47,2 | 660 | 7,2 | 12,20 | 53,30 |
| Тихоокеанский | 41,2 | 655 | 8,8 | 11,20 | 54,60 |
| Приморец | 42,8 | 660 | 7,1 | 11,60 | 55,50 |
| Приморский 100* | 37,6 | 645 | 9,3 | 13,20 | 54,00 |
| Приморский 153 | 42,4 | 665 | 7,9 | 11,00 | 56,20 |
| Приморский 190 | 45,2 | 640 | 7,4 | 12,30 | 55,30 |
| Приморский 221 | 46,0 | 620 | 7,9 | 11,10 | 54,40 |
| Приморский 223 | 50,8 | 635 | 6,2 | 13,10 | 54,20 |
| Приморский 230 | 38,8 | 610 | 8,5 | 11,20 | 54,80 |
| Приморский 232 | 40,4 | 630 | 9,0 | 13,30 | 55,60 |

Продукты из гречневой крупы имеют высокие диетические, вкусовые и питательные свойства, богаты органическими кислотами и минеральными солями, легкоусвояемыми белками и растворимыми жирами [10, 13]. Жиры гречихи отличаются высокой устойчивостью к окислению и поэтому не прогоркают даже при длительном хранении зерна и крупы, что дает возможность формировать продовольственные запасы. Поэтому гречиха является стратегически важным продуктом питания [10, 13].

Содержание белка в крупе у изученных сортов варьировало от 12,3 (Приморская 432) до 13,6 % (При 7). В зерне гречихи конкурсного испытания жира содержится от 2,2 (Уссурочка, Приморская 427, Приморская 429, Приморская 433) до 2,5 % (Изумруд, Приморская 426, Приморская 432). Наибольший выход крупы 76,8 % и наименьшая пленчатость 23,2 % отмечена у сорта Приморская 429 (табл. 6).

Таблица 6

Технологические и биохимические показатели зерна гречихи конкурсного испытания

| Сорт | Масса 1000 зерен, г | Выход крупы, % | Пленчатость, % | Белок, % | Жир, % |
|----------------|------------------------|----------------|----------------|-------------|--------|
| Изумруд (st.) | 35,8 | 74,4 | 25,6 | 13,2 | 2,5 |
| При 7 | 31,1 | 76,0 | 24,0 | 13,6 | 2,3 |
| Уссурочка | 26,1 | 72,7 | 27,3 | 13,2 | 2,2 |
| Приморская 426 | 33,4 | 73,6 | 26,4 | 12,7 | 2,5 |
| Приморская 427 | 35,7 | 73,4 | 26,6 | 13,3 | 2,2 |
| Приморская 429 | 34,7 | 76,8 | 23,2 | 13,0 | 2,2 |
| Приморская 431 | 34,8 | 73,1 | 26,9 | 12,5 | 2,4 |
| Приморская 432 | 36,6 | 71,7 | 28,3 | 12,3 | 2,5 |
| Приморская 433 | 36,2 | 76,4 | 23,6 | 12,8 | 2,2 |

Об адаптивности сортов к условиям среды в первую очередь судят по пластичности и стабильности урожайности. Оценка образцов возможна путем изучения их в резких контрастных условиях среды в течение нескольких лет, что особенно важно для Приморского края [1, 5, 13]. В табл. 7 приведены результаты оценки образцов по урожайности (т/га) и параметрам адаптивности за три года (2019–2021 гг.). Изученные сорта и линии конкурсного сортоиспытания пшеницы (11), ячменя (10) и гречихи (9), отличающиеся по хозяйственно ценным и

технологическим качествам, характеризовались высоким потенциалом урожайности (но и значительной ее изменчивостью) и стрессоустойчивостью.

Пластичность (коэффициент регрессии b_1) – адаптивная реакция генотипов на изменение условий внешней среды, приводящая к соответствующему изменению продуктивности или других признаков. Если коэффициент пластичности сорта в неблагоприятные и благоприятные годы превышает единицу, то такой сорт, соответственно, потенциально адаптивный или потенциально высокопродуктивный [17, 18].

Таблица 7

Параметры адаптивных свойств сортов и линий яровой пшеницы, ярового ячменя, гречихи конкурсного испытания

| Сорт, линия | Урожайность, т/га | | Коэффициент регрессии b_1 | Стабильность (S^2d) | Стрессоустойчивость $(Y_{\min} - Y_{\max})$ | Генетическая гибкость $((Y_{\min} + Y_{\max})/2)$ | К.А., % |
|-----------------------|-------------------|-----------|-----------------------------|-------------------------|---|---|---------|
| | lim | \bar{x} | | | | | |
| Яровая пшеница | | | | | | | |
| Приморская 39 (st.) | 3,6–5,4 | 4,5 | 1,2 | 0,9 | –1,8 | 4,5 | 89,0 |
| Прима | 4,9–5,6 | 5,2 | 0,6 | 0,2 | –0,7 | 5,3 | 101,5 |
| Приморская 216 | 4,6–5,7 | 5,1 | 0,8 | 0,1 | –1,1 | 5,2 | 100,2 |
| Приморская 219 | 4,8–5,4 | 5,1 | 0,4 | 0,1 | –0,6 | 5,1 | 99,5 |
| Приморская 223 | 4,5–6,1 | 5,2 | 1,2 | 0,1 | –1,6 | 5,3 | 102,8 |
| Приморская 225 | 4,8–6,1 | 5,3 | 1,1 | 0,6 | –1,3 | 5,5 | 103,5 |
| Приморская 228 | 4,7–5,9 | 5,1 | 1,0 | 0,5 | –1,2 | 5,3 | 100,8 |
| Приморская 230 | 4,3–6,2 | 5,1 | 1,3 | 1,1 | –1,9 | 5,3 | 99,5 |
| Приморская 240 | 4,9–5,5 | 5,1 | 0,9 | 0,5 | –0,6 | 5,2 | 100,8 |
| Приморская 249 | 4,1–6,5 | 5,2 | 1,4 | 1,6 | –2,4 | 5,3 | 101,5 |
| Приморская 253 | 4,6–5,9 | 5,1 | 1,0 | 1,3 | –1,3 | 5,3 | 100,8 |
| Яровой ячмень | | | | | | | |
| Восточный (st.) | 3,4–6,0 | 4,9 | 1,7 | 1,2 | –2,6 | 4,7 | 101,8 |
| Тихоокеанский | 4,3–6,4 | 5,6 | 1,6 | 1,1 | –2,1 | 5,3 | 119,4 |
| Приморец | 3,9–6,4 | 5,2 | 1,5 | 2,0 | –2,5 | 5,2 | 108,9 |
| Приморский 100* | 4,9–6,7 | 5,6 | 1,7 | 1,7 | –1,8 | 5,8 | 114,8 |
| Приморский 153 | 4,3–6,5 | 5,7 | 1,3 | 0,8 | –2,2 | 5,4 | 120,6 |
| Приморский 190 | 3,5–6,6 | 5,2 | 0,9 | 3,9 | –3,1 | 5,1 | 108,1 |
| Приморский 221 | 3,5–6,5 | 5,2 | 0,8 | 2,0 | –3,0 | 5,0 | 106,3 |
| Приморский 223 | 3,8–6,4 | 5,2 | 0,9 | 1,3 | –2,6 | 5,1 | 108,6 |
| Приморский 230 | 3,8–6,6 | 5,2 | 0,4 | 0,8 | –2,8 | 5,2 | 108,5 |
| Приморский 232* | 4,8–5,7 | 5,2 | 1,8 | 2,0 | –0,9 | 5,2 | 113,2 |
| Гречиха | | | | | | | |
| Изумруд (st.) | 1,3–2,2 | 1,2 | 0,9 | 3,8 | –0,9 | 1,7 | 99,7 |
| При 7 | 1,2–2,1 | 1,7 | 1,9 | 1,2 | –0,9 | 1,7 | 100,1 |
| Уссурочка | 1,8–2,9 | 2,3 | 1,1 | 0,3 | –1,4 | 2,2 | 133,6 |
| Приморская 426 | 1,3–2,4 | 1,9 | 0,8 | 1,6 | –1,1 | 1,8 | 103,2 |
| Приморская 427 | 1,6–2,6 | 1,8 | 0,9 | 0,2 | –1,0 | 2,1 | 103,7 |
| Приморская 429 | 1,4–2,4 | 1,9 | 1,4 | 0,2 | –1,0 | 1,9 | 115,9 |
| Приморская 431 | 1,6–2,5 | 1,9 | 1,6 | 0,3 | –0,9 | 2,0 | 107,6 |
| Приморская 432 | 2,2–2,3 | 2,2 | 1,9 | 0,1 | –0,1 | 2,3 | 108,1 |
| Приморская 433 | 2,2–2,4 | 2,3 | 2,0 | 0,1 | –0,2 | 2,4 | 110,2 |

Примечание: lim – размах значений, К.А. – коэффициент адаптивности.

К пластичным ($b_i > 1$) относят сорта интенсивного типа, хорошо реагирующие на высокий агрофон, которые максимально реализуют свой генетический потенциал в благоприятных агрометеорологических условиях и при высоком уровне культуры земледелия, они значительно снижают урожайность в неблагоприятных условиях. К этой группе относятся яровая пшеница Приморская 39 ($b_i = 1,2$), Приморская 225 (1,1), Приморская 230 (1,3), Приморская 249 (1,4); ячмень яровой Восточный (1,7), Тихоокеанский (1,6), Приморец (1,5), Приморский 100 (1,7), Приморский 232 (1,8); гречиха При 7 (1,9), Приморская 431 ($b_i = 1,6$) (табл. 8).

Таблица 8

Характеристика выделенных сортов и линий яровой пшеницы, ярового ячменя и гречихи конкурсного испытания по параметрам экологической пластичности и стабильности

| Параметр | | Характеристика сорта, линии | Сорт, линия |
|----------|-------------|--|--|
| b_i | $S^2_{d_i}$ | | |
| 1 | >0 | Хорошо отзывается на улучшение условий, нестабильный | Яровая пшеница: Приморская 228, Приморская 253 Яровой ячмень: Приморский 223 Гречиха: Изумруд, Приморская 426 |
| <1 | 0 | Имеет лучшие результаты в неблагоприятных условиях, стабильный | Яровая пшеница: Приморская 216, Приморская 219, Прима, Приморская 240 Яровой ячмень: Приморский 190, Приморский 221 Гречиха: Уссурочка, Приморская 427 |
| >1 | 0 | Имеет лучшие результаты в благоприятных условиях, стабильный | Яровая пшеница: Приморская 223 Яровой ячмень: Приморский 153 Гречиха: Приморская 432, Приморская 433 |
| >1 | >0 | Имеет лучшие результаты в благоприятных условиях, нестабильный | Яровая пшеница: Приморская 39, Приморская 225, Приморская 230, Приморская 249 Яровой ячмень: Восточный, Тихоокеанский, Приморец, Приморский 100, Приморский 232 Гречиха: При 7, Приморская 431 |

Сорта, коэффициент пластичности которых значительно ниже единицы, относятся к нейтральному типу (широко адаптивные), как правило, они стабильны по урожайности. При неблагоприятных условиях у них меньше снижаются показатели продуктивности в сравнении с сортами экологически пластичными (интенсивного типа), такие сорта лучше использовать на экстенсивном фоне, где они дадут максимум отдачи при минимуме затрат [17, 19]. К ним относятся: яровая пшеница Приморская 216 ($b_i = 0,8$), Приморская 219 (0,4), Прима (0,6), Приморская 240 (0,9); яровой ячмень Приморский 190 (0,9), Приморский 221 (0,8), Приморский 223 (0,9); гречиха Приморская 427 ($b_i = 0,9$).

Величина стабильности сорта $S^2_{d_i}$ показывает степень изменчивости количественного признака, рассчитанного на основе средней урожайности и индекса среды. Чем меньше этот показатель, тем стабильнее сорт, и дисперсия $S^2_{d_i}$ стремится к нулю [19, 20]. Низкий показатель $S^2_{d_i}$ отражает лучшую приспособленность сорта к ухудшению условий произрастания; так, у пшеницы Приморская 216, Приморская 219, Приморская 223 $S^2_{d_i} = 0,1$, у ячменя Приморский 153, Приморский 230 $S^2_{d_i} = 0,8$, у гречихи Приморская 432, Приморская 433 $S^2_{d_i} = 0,1$.

Общепринятым критерием адаптивного потенциала сорта считается уровень его средней урожайности в различных условиях среды. Преимущество следует отдавать адаптивным генотипам, которые обладают максимальной экологической

приспособленностью к условиям, в которых будет возделываться сорт. При изменяемых метеорологических условиях важным показателем сортов является их устойчивость к стрессу, уровень которого определяется по разности между минимальной и максимальной урожайностями ($Y_{\min} - Y_{\max}$). Этот показатель имеет отрицательный знак, и чем меньше разрыв между максимальной и минимальной урожайностями, тем выше стрессоустойчивость сорта и тем шире диапазон его приспособительных возможностей [21]. Наибольшая стрессоустойчивость отмечена у яровой пшеницы Приморская 219 и Приморская 240 (-0,6); ярового ячменя Приморский 100 (-1,8) и Приморский 232 (-0,9); гречихи Приморская 429 и Приморская 427 (-1,0).

Определить реакцию сорта на условия выращивания можно, рассчитав компенсаторную способность (генетическая гибкость), которая классифицируется средней урожайностью сорта [16, 20]. Чем выше степень соответствия между сортом и факторами среды, тем выше этот параметр. Высокие значения данного признака имеют яровая пшеница Приморская 225 (5,5), яровой ячмень Приморский 100 (5,8), гречиха Приморская 433 (2,4).

Определение коэффициента адаптивности (К.А.) изучаемых культур конкурсного испытания показало, что он был наибольший у яровой пшеницы Приморская 225 (103,5 %), ярового ячменя Приморский 153 (120,6 %), гречихи Уссурочка (133,6 %).

Заключение

В результате анализа сортов и линий яровой пшеницы, ярового ячменя и гречихи с использованием математических методов для оценки адаптивного потенциала можно сделать вывод, что селекционный материал для получения полной и объективной характеристики необходимо оценивать несколькими статистическими показателями: коэффициентом регрессии (b_i), дисперсией стабильности (S^2d_i), коэффициентом адаптивности (К.А.), а адаптивность рассматривать с позиций пластичности, стабильности и генетической гибкости сортов.

Проведенные исследования сортов и линий конкурсного испытания яровой пшеницы, ярового ячменя и гречихи позволили выделить наиболее приспособленные линии для условий Приморского края: высокой пластичностью и стабильностью обладают пшеница Приморская 223 ($b_i = 1,2$, $S^2d_i = 0,1$), ячмень Приморский 153 ($b_i = 1,3$, $S^2d_i = 0,8$), гречихи Приморская 432 ($b_i = 1,9$, $S^2d_i = 0,1$) и Приморская 433 ($b_i = 2,0$, $S^2d_i = 0,1$).

По комплексу ценных хозяйственно-биологических признаков с учетом экологической пластичности, устойчивости к стрессовым факторам, генетической гибкости созданы новые сорта: яровой пшеницы – Никольская и Прима, ярового ячменя – Приморец и Приморский 100, гречихи – Уссурочка. Сорта Никольская, Приморец и Уссурочка в 2021 г. внесены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ, а перспективные сорта Прима и Приморский 100 переданы в государственное сортоиспытание по 12-му региону РФ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Murugova G.A., Pavlova N.A., Klykov A.G. Evaluation of adaptive properties of the spring barley varieties using mathematical analysis // Short Paper Proc. V Intern. Conf. Inform. Technol. and High-perform. Computing / eds S.I. Smagin, A.A. Zatsarinnyy. Khabarovsk, 2019. P. 110–115. (Information Technologies and High-Performance Computing 2019 (ITHPC-2019); vol. 2426). – <http://ceur-ws.org/Vol-2426/paper16.pdf> (дата обращения: 16.03.2020).
2. Асеева Т.А., Зенкина К.В. Адаптивность сортов яровой тритикале в агроэкологических условиях Среднего Приамурья // Рос. с.-х. наука. 2019. № 1. С. 9–11. DOI: 10.31857/S2500-2627201919-11
3. Гончаренко А.А., Макаров А.В., Ермаков С.А. и др. Экологическая устойчивость сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности // Рос. с.-х. наука. 2019. № 3. С. 3–9. DOI: 10.31857/S2500-2627201933-9.
4. Волкова Л.В., Щенникова И.Н. Сравнительная оценка методов расчета адаптивных реакций зерновых культур // Теоретическая и прикл. экология. 2020. № 3. С. 140–146. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-3-140-146.
5. Клыков А.Г., Моисеенко Л.М., Муругова Г.А. Оценка адаптивности сортообразцов ярового ячменя по продуктивности в Приморском крае // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 2. С. 27–29.
6. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51, № 5. С. 617–626. DOI: 10.15389/agrobology.2016.5.617rus.
7. Сапега В.А. Генотип-средовое взаимодействие, урожайность и адаптивный потенциал сортов яровой пшеницы // Рос. с.-х. наука. 2019. № 3. С. 10–15. DOI: 10.31857/S2500-26272019310-15.
8. Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Донцов Д.П., Засыпкина И.М. Оценка экологической пластичности и стабильности перспективных сортов и линий озимого ячменя в конкурсном сортоиспытании // Зерновое х-во России. 2021. № 4. С. 8–14. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-8-14.
9. Животкова Л.А., Морозова З.Н., Секатуева Л.М. Методика выявления потенциала продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайности» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6.
10. Клыков А.Г., Барсукова Е.Н. Биотехнология и селекция гречихи на Дальнем Востоке России. Владивосток: Дальнаука, 2021. 352 с.
11. Амелин А.В., Фесенко А.Н., Чекалин Е.И., Заикин В.В. Адаптивный потенциал фотосинтеза и продукционного процесса у местных форм и сортообразцов гречихи (*Fagopyrum esculentum* Moench) разных периодов селекции // С.-х. биология. 2016. Т. 51, № 1. С. 79–88. DOI: 10.15389-2016-1.79
12. Гасанзаде Ш.Р. Оптимизация технологических приемов возделывания гречихи в условиях Гянджа-Казахской зоны Азербайджана // Аграрная наука. 2018. № 11–12. С. 45–48. DOI: 10.32634/0869-8155-2018-320-11-45-48.
13. Клыков А.Г., Тимошинова А.О., Муругова Г.А. Формирование урожайности, технологических и биохимических качеств зерна гречихи в условиях Приморского края // Дальневост. аграр. вестн. 2020. № 4. С. 32–35. DOI: 10/24411/1999-6837-2020-14045.
14. Глазова З.И., Михайлова И.М. Урожайность и технологические свойства зерна гречихи в зависимости от сорта и удобрений // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 1. С. 87–91. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-10006.
15. Кинчаров А.И., Таранова Т.Ю., Дёмина Е.А., Чекмасова К.Ю. Селекционная оценка признака масса 1000 зерен в засушливых условиях // Успехи соврем. естествознания. 2020. № 5. С. 7–12. DOI: 10.17513/use.37384.
16. Николаев П.Н., Юсова О.А., Васюкевич С.В., Аниськов Н.И., Сафонова И.В. Адаптивный потенциал сортов ярового овса по признаку «масса 1000 зёрен» в условиях Омского Прииртышья // Агрофизика. 2019. № 2. С. 38–44. DOI: 10.25695/AGRPH.2019.02.06.
17. Сапега В.А., Турсумбекова Г.Ш. Урожайность, экологическая пластичность и стабильность сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в южной лесостепи Тюменской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21, № 2. С. 114–123. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.114-123.
18. Щенникова И.Н., Коккина Л.П., Зайцева И.Ю. Экологическая стабильность сортов и селекционных линий ярового ячменя // Вестн. Марийского гос. ун-та. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2018. Т. 4, № 3. С. 85–91. DOI: 10.30914/2411-9687-2018-4-3-85-90.

19. Манукян И.Р., Басиева М.А., Мирошникова Е.С., Абиев В.Б. Оценка экологической пластичности сортов озимой пшеницы в условиях Предгорной зоны Центрального Кавказа // Аграр. вестн. Урала. 2019. № 4. С. 20–26. DOI: 10.32417/article_5cf94f63b4d0f7.46300158.
20. Давыдова Н.В., Казаченко А.О., Широколава А.В. и др. Экологическая оценка стабильности и пластичности сортов яровой мягкой пшеницы различных периодов сортосмены // Изв. ТСХА. 2020. Вып. 3. С. 142–149. DOI: 10.26897/0021-342X-2020-3-142-149.
21. Фатыхов И.Ш., Исламова Ч.М., Колесникова Е.Ю. Экологическая пластичность и стабильность сортов яровой пшеницы на госсортоучастках Удмуртской республики // Вестн. БГАУ. 2020. № 1. С. 44–50. DOI: 10.31563/1684-7628-2020-53-1-44-50.

REFERENCES

1. Murugova G.A., Pavlova N.A., Klykov A.G. Evaluation of adaptive properties of the spring barley varieties using mathematical analysis. In: *Smagin S.I., Zatsarinnyy A.A. (eds). Short Paper Proc. V Inter. Conf. Inform. Technol. and High-Perform. Computing (ITHPC-2019)*, Sept. 16-19, 2019, Khabarovsk; 2019. (Information Technologies and High-Performance Computing 2019. Vol. 2426). P. 110-115.
2. Aseeva T.A., Zenkina K.V. Adaptivnost' sortov yarovoi tritikale v agroekologicheskikh usloviyakh Srednego Priamur'ya = [Adaptivity of spring triticale sorts in agroecological conditions of the Middle Priamurye]. *Rossiyskaya sel'skhozaystvennaya nauka*. 2019;(1):9-11. DOI: 10.31857/S2500-2627201919-11. (In Russ.).
3. Goncharenko A.A., Makarov A.V., Ermakov S.A. et al. Ekologicheskaya ustoichivost' sortov ozimoi rzhi s razlichnym tipom korotkostebel'nosti. *Rossiyskaya sel'skhozaystvennaya nauka*. 2019;(3):3-9. DOI: 10.31857/S2500-2627201933-9. (In Russ.).
4. Volkova L.V., Shhennikova I.N. Sravnitel'naya otsenka metodov rascheta adaptivnykh reaktzii zernovykh kul'tur. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2020;(3):140-146. DOI:10.25750/1995-4301-2020-3-140-146. (In Russ.).
5. Klykov A.G., Moiseenko L.M., Murugova G.A. Otsenka adaptivnosti sortoobraztsov yarovogo yachmenya po produktivnosti v Primorskom krae. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2014;(2):27-29. (In Russ.).
6. Rybas' I.A. Povyshenie adaptivnosti v selektsii zernovykh. *Sel'skhozayaistvennaya biologiya*. 2016;51(5):617-626. DOI:10.15389/agrobiology.2016.5.617rus. (In Russ.).
7. Sapega V.A. Genotip-sredovoe vzaimodeistvie, urozhainost' i adaptivnyi potentsial sortov yarovoi pshenitsy. *Rossiyskaya sel'skhozayaistvennaya nauka*. 2019;(3):10-15. DOI: 10.31857/S2500-26272019310-15. (In Russ.).
8. Filippov E.G., Dontsova A.A., Dontsov D.P., Zasypkina I.M. Otsenka ehkologicheskoi plastichnosti i stabil'nosti perspektivnykh sortov i linii ozimogo yachmenya v konkursnom sortoispytanii. *Zernovoe hozyaistvo Rossii*. 2021;(4):8-14. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-8-14. (In Russ.).
9. Zhivotkova L.A., Morozova Z.N., Sekatueva L.M. Metodika vy'yavleniya potentsiala produktivnosti i adaptivnosti sortov i selektsionny'kh form ozimoi pshenitsy po pokazatelyu «urozhainosti». *Selektsiya i semenovodstvo*. 1994;(2):3-6. (In Russ.).
10. Kly'kov A.G., Barsukova E.N. Biotekhnologiya i selektsiya grechikhi na Dal'nem Vostoke Rossii. Vladivostok: Dal'nauka; 2021. 352 p. (In Russ.).
11. Amelin A.V., Fesenko A.N., Chekalin E.I., Zaikin V.V. Adaptivnyi potentsial fotosinteza i produktionnogo protsessa u mestnykh form i sortoobraztsov grechikhi (*Fagopyrum esculentum* Moench) raznykh periodov. *Sel'skhozayaistvennaya biologiya*. 2016;51(1):79-88. DOI: 10.15389-2016-1.79. (In Russ.).
12. Gasanzade Sh.R. Optimizatsiya tekhnologicheskikh priemov vzdelyvaniya grechikhi v usloviyakh Gyandzha-Kazakhskoi zony Azerbaidzhana. *Agrarnaya nauka*. 2018;(11-12):45-48. DOI: 10.32634/0869-8155-2018-320-11-45-48. (In Russ.).
13. Klykov A.G., Timoshinova A.O., Murugova G.A. Formirovanie urozhainosti, tekhnologicheskikh i biokhimicheskikh kachestv zerna grechikhi v usloviyakh Primorskogo kraya. *Dal'nevostochnyy agrarny-ivestnik*. 2020;(4):32-35. DOI: 10/24411/1999-6837-2020-14045. (In Russ.).
14. Glazova Z.I., Mikhailova I.M. Urozhainost' i tekhnologicheskie svoystva zerna grechikhi v zavisimosti ot sorta i udobrenii. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2018;(1):87-91. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-10006. (In Russ.).

15. Kincharov A.I., Taranova T.Yu., Demina E.A., Chekmasova K.Yu. Seleksionnaya otsenka priznaka massa 1000 zeren v zasushlivykh usloviyakh. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2020;(5):7-12. DOI: 10.17513/use.37384. (In Russ.).
16. Nikolaev P.N., Yusova O.A., Vasyukevich S.V., Anis'kov N.I., Safonova I.V. Adaptivnyi potentsial sortov yarovogo ovsa po priznaku «massa 1000 zeren» v usloviyakh Omskogo Priirtysh'ya. *Agrofizika*. 2019;(2):38-44. DOI: 10.25695/AGRPH.2019.02.06. (In Russ.).
17. Sapega V.A., Tursumbekova G.Sh. Urozhainost', ekologicheskaya plastichnost' i stabil'nost' sortov yarovoi myagkoi i tverdoi pshenitsy v yuzhnoi lesostepi Tyumenskoj oblasti. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2020;21(2):114-123. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.114-123. (In Russ.).
18. Shchennikova I.N., Kokina L.P., Zaitseva I.Yu. Ekologicheskaya stabil'nost' sortov i seleksionnykh linii yarovogo yachmenya. *Vestnik Mariiskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2018;4(3):85-91. DOI: 10.30914/2411-9687-2018-4-3-85-90. (In Russ.).
19. Manukyan I.R., Basieva M.A., Miroshnikova E.S., Abiev V.B. Otsenka ekologicheskoi plastichnosti sortov ozimoi pshenitsy v usloviyakh Predgornoi zony Tsentral'nogo Kavkaza. *Agrarnyi vestnik Urala*. 2019;4:20-26. DOI: 10.32417/article_5cf94f63b4d0f7.46300158. (In Russ.).
20. Davydova N.V., Kazachenko A.O., Shirokolava A.V. et al. Ekologicheskaya otsenka stabil'nosti i plastichnosti sortov yarovoi myagkoi pshenitsy razlichnykh periodov sortosmeny. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skohozyaystvennoi akademii*. 2020;(3):142-149. DOI: 10.26897/0021-342X-2020-3-142-149. (In Russ.).
21. Fatykhov I.Sh., Islamova Ch.M., Kolesnikova E.Yu. Ekologicheskaya plastichnost' i stabil'nost' sortov yarovoi pshenitsy na gossortouchastkakh Udmurtskoj respubliky. *Vestnik Bashkir State Agrarian University*. 2020;(1):44-50. DOI: 10.31563/1684-7628-2020-53-1-44-50. (In Russ.).

Научная статья
УДК 633.853.52:632.4
DOI: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_3

Влияние патогена *Septoria glycines* Hemmi на формирование урожайности и биохимических показателей сои в условиях Приморского края

Л.М. Лукьянчук, Е.С. Бутовец , Е.А. Васина

Людмила Михайловна Лукьянчук
младший научный сотрудник
Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия
otdelsoy@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7584-4652>

Екатерина Сергеевна Бутовец
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник,
Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия
otdelsoy@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2879-3570>

Евгения Александровна Васина
младший научный сотрудник
Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия
otdelsoy@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3385-995X>

Аннотация. Дана оценка влияния патогена *Septoria glycines* Hemmi на формирование хозяйственно ценных признаков и биохимических показателей районированных сортов сои в условиях Приморского края. Установлены закономерности влияния погодных условий на интенсивность развития септориоза на сое. Корреляционный анализ выявил сильную прямую связь степени поражения септориозом с содержанием белка в семенах ($r = 0,83$) и обратную – с накоплением масла ($r = -0,84$). Максимальному развитию *S. glycines* на листовой пластинке сои и формированию белка в семени способствовали благоприятные внешние условия. Коэффициент корреляции ($r = 0,19$) между урожайностью и устойчивостью сортов к заболеванию свидетельствует о незначительном воздействии патогена на формирование урожая. Установлено негативное воздействие грибного заболевания на развитие и образование репродуктивных органов растений сои, подавляющее генетический потенциал сортов. Увеличение степени поражения листьев сои привело к незначительному повышению показателя массы 1000 семян сои.

Ключевые слова: Приморский край, соя, сорт, септориоз, урожайность, содержание белка и масла, корреляция

Для цитирования: Лукьянчук Л.М., Бутовец Е.С., Васина Е.А. Влияние патогена *Septoria glycines* Hemmi на формирование урожайности и биохимических показателей сои в условиях Приморского края // Вестн. ДВО РАН. 2022. № 3. С. 33–41. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_3.

Original article

The effect of *Septoria glycines* Hemmi pathogenic agent on yield and biochemical parameters in soybean under the conditions of Primorye Territory

L.M. Lukyanchuk, E.S. Butovets, E.A. Vasina

Ljudmila M. Lukyanchuk

Junior researcher

Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika, Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

otdelsoy@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7584-4652>

Ekaterina S. Butovets

Candidate of Sciences in Agriculture, Senior Research Scientist

Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika, Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

otdelsoy@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2879-3570>

Evgeniya A. Vasina

Junior researcher

Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika, Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

otdelsoy@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3385-995X>

Abstract. This paper examines how *Septoria glycines* Hemmi pathogenic agent affects economically valuable traits and biochemical parameters in released soybean varieties under the conditions of Primorsky Krai. The correlation between weather conditions and the development of Septoria brown spot was revealed for soybean by monitoring the fungal infection process. The correlation analysis showed that there was a strong relationship between the disease severity and the protein content in seeds ($r = 0.83$). As for the oil content, an inverse relationship was revealed ($r = -0.84$). Both the development of *S. glycines* on leaves and the synthesis of proteins in seeds were maximal under favorable growth conditions. A low coefficient of the correlation ($r = 0.19$) between yield and resistance to Septoria brown spot proves that *S. glycines* does not have a significant effect on the yield formation. It was observed that Septoria brown spot negatively affected the development of the reproductive organs in soybean plants suppressing the genetic potential of the studied varieties. Worsening disease severity of soybean leaves led to a slight increase in the 1000 kernel weight.

Keywords: Primorsky Krai, soybean, variety, Septoria brown spot, protein and oil content, correlation

For the citation: Lukyanchuk L.M., Butovets E.S., Vasina E.A. The effect of *Septoria glycines* Hemmi pathogenic agent on yield and biochemical parameters in soybean under the conditions of Primorye Territory. *Vestnik of the FEB RAS*. 2022;(3):33-41. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_3.

Введение

В настоящее время на Дальнем Востоке стабильно увеличиваются посевные площади и валовые сборы зерна сои, обусловленные использованием новых урожайных сортов с высокой адаптационной способностью к условиям возделывания [1, 2]. Особую значимость для стабилизации высокой продуктивности и качественного состава зерна сои представляют защитные мероприятия от болезней в агрофитоценозе [3]. Для снижения пестицидного прессинга на агроценозы необходимо использование сортов, устойчивых к вредоносным патогенам (грибным, бактериальным и вирусным), так как уровень урожайности некоторых генотипов сои напрямую зависит от их способности противостоять заболеванию, а фитоиммунитет, как известно, во многом определяет ростовые процессы, развитие и реализацию потенциала растения [4].

В большей степени негативное влияние на сортовые, посевные и качественные показатели культуры сои оказывают различные болезни [5]. Среди них в условиях Приморского края наиболее распространенным из группы наземно-воздушных или листостеблевых фитопатогенов считается септориоз – ржавая пятнистость, вызываемая грибом *Septoria glycines* Hemmi [6, 7]. Патоген характеризуется широкой органотропностью, т.е. легко переходит с одних органов на другие, поражая практически все надземные части сои. Симптомы поражения вначале появляются на семядолях, затем на парных (примордиальных) листьях, далее на тройчатых листьях в виде мелких красновато-бурых пятен. При эпифитотийном развитии заболевания происходит преждевременное массовое опадение листьев [8].

Цель исследований – оценить влияние *S. glycines* на формирование хозяйственно ценных признаков и биохимические показатели семян районированных сортов сои в условиях Приморского края.

Материал и методы

Изучение сортов сои проводилось в 2019–2021 гг. на полях лаборатории селекции сои ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки», расположенных вблизи г. Уссурийск. Район характеризуется как наиболее теплый в крае, влажный, с суровой зимой. Сумма активных температур (выше 10 °С) колеблется в пределах 2400–2600 °С, гидротермический коэффициент (ГТК) – 1,6–2,0. В годы проведения опытов метеорологические условия были контрастными.

По данным агрометеостанции «Тимирязевский», в мае 2019 г. сумма осадков составила 77,0 мм, августе – 226,5 мм. Низкий температурный фон в июне и июле не способствовал активному развитию сои, что привело к формированию низкорослых растений и невысокой продуктивности. Недостаток солнечной энергии, обусловленный преобладанием пасмурных дней, также отразился на урожайности.

Погодные условия 2020 г. отличались от среднегодовой нормы повышенным температурным режимом и периодами избыточного увлажнения. Сумма осадков в июне составила 193,5 мм (среднегодовое значение 81,0), третьей декаде августа – 75,6 мм (45,0), сентябре – 129,2 мм (104,0). Благоприятное сочетание влаги и тепла способствовало активному росту и развитию сои, растения смогли сформировать полноценные продуктивные завязи бобов, что позитивно отразилось на урожайности культуры. Погодные условия 2021 г. резко отличались от среднегодовой нормы несколько повышенным температурным режимом и продолжительными периодами отсутствия осадков. Сочетание повышенной температуры воздуха и отсутствия осадков с третьей декады июня по вторую декаду августа негативно отразилось на процессе развития сои (формирование низкорослых растений, низкий процент завязываемости бобов), отрицательно повлияв на уровень урожайности культуры.

Почва опытного участка – лугово-буряя отбеленная с тяжелым механическим составом. Агрохимическая характеристика пахотного слоя следующая: рН солевой вытяжки 5,1 (ГОСТ 26483-85), гидролитическая кислотность 3,63 мг экв/кг почвы, N (легкогидролизующий) – 60,0 мг/кг почвы (ГОСТ Р 58596-2019), P₂O₅ – 78,0 мг/кг почвы и K₂O – 109,0 мг/кг почвы (ГОСТ Р 54650-2011), органическое вещество – 2,45 % (ГОСТ 2623-91). Мощность корнеобитаемого слоя 20–25 см, пахотный горизонт подстилается тяжелыми водонепроницаемыми суглинками [9].

Объектами исследований являлись районированные и допущенные к использованию по дальневосточной зоне возделывания сорта сои российской (Батя, Иван Караманов, Приморская 4, Приморская 96, Сфера, Муссон) и канадской (Киото, Опус) селекции. Тестируемые сорта занимают наибольшую площадь посевов сои в Приморском крае и относятся по спелости к средней группе.

Закладку опыта осуществляли согласно методике полевого опыта по Б.А. Доспехову [10]. Сою выращивали в соответствии с принятой для Приморского края агротехникой [11]. Норма высева семян – 500 тыс. шт./га. Площадь делянки 22,0 м², повторность – двукратная, посев и уборка – механизированные. Визуальная оценка и учет пораженности листовой пластинки септориозом проводили на стадии развития растений V5 и R5 на основе методических указаний [12]. Оценку продуктивности и учеты по основным хозяйственно ценным признакам осуществляли согласно методическим указаниям по селекции и семеноводству сои [13]. Содержание белка и масла в семенах сои определяли на приборе Inframatic 9200 в лаборатории агрохимических анализов ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки. Экспериментальные данные обрабатывали методом парного корреляционного анализа по Б.А. Доспехову [10].

Результаты и обсуждение

Для установления закономерности влияния погодных условий на степень развития грибной листостеблевой инфекции, вызываемой *S. glycines*, был проведен мониторинг с 2016 по 2021 г. За данный период проявление вредоносности септориоза в посевах сои экологического питомника было относительно умеренным и существенно не отличалось по годам, эпифитотийное развитие отсутствовало.

Проявление грибных болезней на растениях сои зависит не только от иммунного статуса генотипа, но и, в большей степени, от влияния целого ряда внешних факторов, основным из которых являются гидротермические условия в период вегетации культуры [14]. Для оценки влияния климатического фактора на развитие *S. glycines* на листовой пластинке сои использовали гидротермический коэффициент (ГТК), характеризующий усредненное состояние термовлагообеспеченности территории в период формирования репродуктивных органов культуры (III декада июля, I и II – августа) (рис. 1).



Рис. 1. Влияние гидротермического коэффициента на степень поражения сои патогеном *Septoria glycines*, 2016–2021 гг.

В фазу формирования репродуктивных органов сои имели место периоды избыточного увлажнения (ГТК от 2,9 до 5,5), что оказало благоприятное влияние на степень развития септориоза: поражение было выше 40,0 %. Слабое проявление патогена наблюдалось в 2021 г., который характеризовался выраженным недостатком увлажнения, повышенным температурным фоном и низким значением ГТК (0,4).

При оценке биохимических показателей семян сои в экологическом испытании отмечено наибольшее накопление белка у сортов Опус, Киото и Муссон (рис. 2). Высокие показатели одновременно по белку и поражению септориозом выявлены только у канадского сорта Опус. По результатам корреляционного анализа выявлены прямые сильные достоверные связи степени поражения септориозом с содержанием белка в семенах ($r = 0,83$). При этом патоген абсолютно противоположно коррелировал с накоплением в них масла ($r = -0,84$). Более высокой масличностью характеризовались сорта российской селекции Сфера, Приморская 4 и Приморская 96.

Учитывая, что периоды максимального развития *S. glycines* на листовой пластинке сои и формирования белка в семени совпадают, можно предположить влияние одних и тех же благоприятных внешних условий на увеличение обоих показателей и поставить под сомнение выводы о том, что септориоз способствует большему накоплению белка в зерне сои.

По иммунологической характеристике, согласно шкале определения болезнеустойчивости, тестируемые сорта сои были отнесены к группе среднеустойчивых,

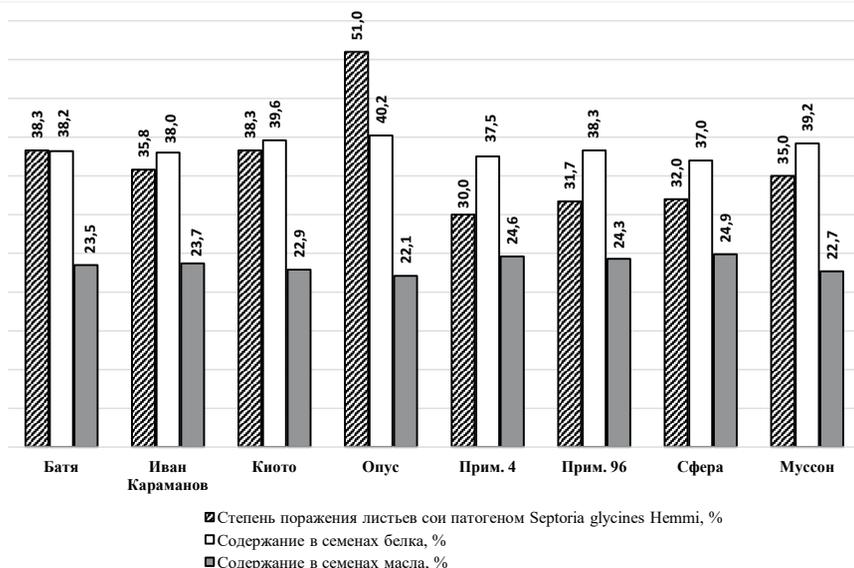


Рис. 2. Влияние *Septoria glycines* на содержание белка и масла в семенах сортов сои, средние значения за 2019–2021 гг.

за исключением образца Опус, проявившего восприимчивость к инфекции (рис. 3). Отмечено варьирование величины урожайности в зависимости от уровня генетической устойчивости сортов сои к *S. glycines*. За три года испытания наибольшая урожайность зафиксирована у сортов Сфера и Муссон (20,7 и 20,5 ц/га соответственно), более высокий уровень устойчивости к болезни – у российских сортов приморской селекции (Приморская 4, Приморская 96, Сфера и Муссон).

Выявлена слабая прямая связь ($r = 0,19$) между урожайностью и устойчивостью сортов к заболеванию, что свидетельствует о незначительном воздействии патогена на формирование урожая.

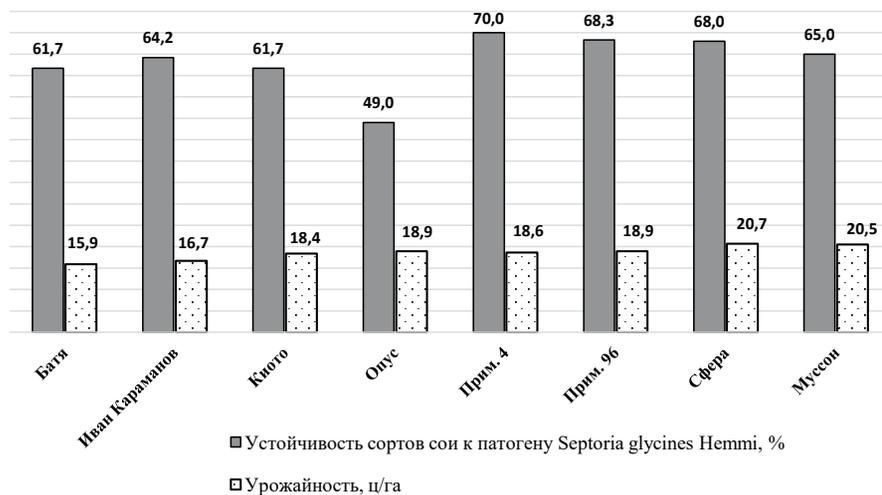


Рис. 3. Урожайность сортов сои в зависимости от устойчивости к септориозу, средние показатели за 2019–2021 гг.

Далее был проведен детальный анализ влияния *S. glycinis* на элементы структуры урожая сортов сои, опираясь на корреляционные связи (см. таблицу). Обнаружены обратные средние достоверные связи некоторых элементов структуры урожая со степенью поражения растений сои, показатель r составлял от $-0,54$ до $-0,65$. Обнаруженная связь доказывает негативное воздействие грибного заболевания на развитие и образование репродуктивных органов растений сои и подавление генетического потенциала сортов.

Коэффициенты корреляции (r) между хозяйственно ценными признаками сои и степенью воздействия патогена *Septoria glycinis* Hemmi, 2019–2021 гг.

| Показатель | Число, шт./раст. | | Продуктивность, г | Масса 1000 семян, г |
|------------------------|------------------|-------------|-------------------|---------------------|
| | бобов | семян | | |
| Степень поражения, % | $-0,54$ | $-0,65^*$ | $-0,62^*$ | 0,32 |
| Число бобов, шт./раст. | – | $0,97^{**}$ | $0,84^{**}$ | $-0,86^{**}$ |
| Число семян, шт./раст. | – | – | $0,92^{**}$ | $-0,80^{**}$ |
| Продуктивность, г | – | – | – | $-0,59^*$ |

* Коэффициент корреляции достоверен на уровне значимости $p \leq 0,05$.

** Коэффициент корреляции достоверен на двух уровнях значимости ($p \leq 0,05$ и $p \leq 0,001$).

Установлено, что при увеличении степени поражения листьев сои происходит незначительное повышение показателя массы 1000 семян за счет образования меньшего числа бобов и семян на растении ($r = -0,86$ и $-0,80$ соответственно), что способствовало формированию более крупного зерна.

Заключение

В результате мониторинга грибной инфекции септориоз на сое установлены закономерности влияния погодных условий на интенсивность развития болезни. Периоды избыточного увлажнения в фазу формирования репродуктивных органов сои (ГТК от 2,9 до 5,5) усиливали развитие септориоза. Одновременно высокие показатели по белку и поражению септориозом в условиях Приморского края выявлены у канадского сорта Опус. По результатам корреляционного анализа обнаружены прямая сильная достоверная связь степени поражения септориозом с содержанием белка в семенах ($r = 0,83$) и обратная связь – с накоплением масла ($r = -0,84$). Более высокой масличностью характеризовались сорта российской селекции Сфера, Приморская 4 и Приморская 96. По иммунологической характеристике тестируемые сорта сои были отнесены к группе среднеустойчивых. Наибольшая урожайность зафиксирована у сортов Сфера и Муссон. Коэффициент корреляции между урожайностью и устойчивостью сортов к заболеванию представляет слабую прямую связь ($r = 0,19$), что свидетельствует о незначительном воздействии патогена на формирование урожая. Установлено негативное воздействие грибного заболевания на развитие и образование репродуктивных органов растений сои, подавляющее генетический потенциал сортов. Увеличение степени поражения листьев сои приводило к незначительному повышению показателя массы 1000 семян.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Фокина Е.М., Беляева Г.Н., Титов С.А. Новые сорта сои для Дальневосточного региона // Дальневост. аграр. вестн. 2020. № 3. С. 68–75. DOI:10.24411/1999-6837-2020-13035.
2. Зайцев Н.И., Ревенко В.Ю., Устарханова Э.Г. Влияние погодных факторов на продуктивность перспективных линий сои в зоне неустойчивого увлажнения // Масличные культуры. 2020. Вып. 2. С. 62–69. DOI: 10.25230/2412–608X–2020–2–182–62–69.
3. Савченко И.В. Генетические ресурсы – основа продовольственной безопасности России // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 9. С. 5–8. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10607.
4. Butovets E., Lukyanchuk L., Vasina E. Comparative assessment of promising soybean varieties at the final selection stage // Lecture notes in networks and systems. Vol. 353. Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021). Cham: Springer, 2022. P. 219–229. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_26.
5. Лаврентьева С.И., Тарасова О.Н., Кузнецова В.А. и др. Биохимический состав семян и проростков сои, зараженных *Septoria glycines* Hemmi // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 6. С. 38–42. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10607.
6. Chalfoun N.R., Durman S.B., González-Montaner J. et al. Elicitor-Based Biostimulant PSP1 Protects Soybean Against Late Season Diseases in Field Trials // Front Plant Sci. 2018. Vol. 9. Article 763. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00763>
7. Заостровных В.И., Кадуров А.А., Дубовицкая Л.К., Рязанова О.А. Мониторинг видового состава болезней сои в различных зонах соеосаждения // Дальневост. аграр. вестн. 2018. № 4. С. 51–67. DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14081.
8. Веремейчик Г.Н., Бродовская Е.В., Бутовец Е.С., Лукьянчук Л.М. Устойчивость культурной и дикой сои при искусственном заражении патогеном *Septoria glycines* Hemmi // Дальневост. аграр. вестн. 2020. № 4. С. 5–11. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-14041.
9. Иванов Г.И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. М.: Наука, 1976. 200 с.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.
11. Адаптивные и прогрессивные технологии возделывания сои и кукурузы на Дальнем Востоке: метод. рекомендации / А.К. Чайка, В.А. Тильба, А.А. Моисеенко и др. Владивосток: Дальнаука, 2009. 139 с.
12. Методические указания по изучению устойчивости сои к грибным болезням / сост. Н.И. Корсаков, А.М. Овчинникова, В.М. Мизева; ВАСХНИЛ, ВИР. Л., 1979. 46 с.
13. Соя. Методические указания по селекции и семеноводству / сост. Н.И. Корсаков, Ю.П. Мякушко. Л.: ВИР, 1975. 159 с.
14. Шепель О.Л., Асеева Т.А., Зволимбовская М.П. Зависимость хозяйственно-биологических признаков сои от гидротермических условий Среднего Приамурья // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 8. С. 16–22. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10802.

REFERENCES

1. Fokina E.M., Belyaeva G.N., Titov S.A. Novye sorta soi dlya Dal'nevostochnogo regiona. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2020;(3):68-75. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-13035. (In Russ.).
2. Zaitsev N.I., Revenko V.Yu., Ustarkhanova E.G. Vliyanie pogodnykh faktorov na produktivnost' perspektivnykh linii soi v zone neustoichivogo uvlazhneniya. *Maslichnye kul'tury*. 2020;(2):62-69. DOI: 10.25230/2412–608KH–2020–2–182–62–69. (In Russ.).
3. Savchenko I.V. Geneticheskie resursy – osnova prodovol'stvennoi bezopasnosti Rossii. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2016;30(9):5-8. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10607. (In Russ.).
4. Butovets E., Lukyanchuk L., Vasina E. Comparative assessment of promising soybean varieties at the final selection stage. *Lecture notes in networks and systems*. 2022. Vol. 353. P. 219-229. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_26.
5. Lavrent'eva S.I., Tarasova O.N., Kuznetsova V.A. et al. Biokhimicheskii sostav semyan i prorostkov soi, zarazhennykh *Septoria glycines* Hemmi. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2020;34(6):38-42. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10607. (In Russ.).

6. Chalfoun N.R., Durman S.B., González-Montaner J. et al. Elicitor-Based Biostimulant PSP1 Protects Soybean Against Late Season Diseases in Field Trials. *Front Plant Sci.* 2018;9:763. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00763>.

7. Zaoistrovnykh V.I., Kadurov A.A., Dubovitskaya L.K., Ryazanova O.A. Monitoring vidovogo sostava boleznei soi v razlichnykh zonakh sooseyaniya. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik.* 2018;(4):51-67. DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14081. (In Russ.).

8. Veremeichik G.N., Brodovskaya E.V., Butovets E.S., Luk'yanchuk L.M. Ustoichivost' kul'turnoi dikoï soi pri iskusstvennom zarazhenii patogenom *Septoria glycines* Hemmi. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik.* 2020;(4):5-11. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-14041. (In Russ.).

9. Ivanov G.I. Pochvoobrazovanie na yuge Dal'nego Vostoka. Moscow: Nauka; 1976. 200 p. (In Russ.).

10. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniï). M.: Kniga po trebovaniyu; 2012. 352 p. (In Russ.).

11. Chaika A.K., Til'ba V.A., Moiseenko A.A. et al. (comp.). Adaptivnye i progressivnye tekhnologii vzdelyvaniya soi i kukuruzy na Dal'nem Vostoke: metodicheskie rekomendatsii. Vladivostok: Dal'nauka; 2009. 139 p. (In Russ.).

12. Korsakov N.I., Ovchinnikova A.M., Mizeva V.M. (comp.). Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu ustoichivosti soi k gribnym boleznyam. Leningrad: VASHNIL, VIR; 1979. 46 p. (In Russ.).

13. Korsakov N.I., Myakushko Yu.P. (comp.). Soya. Metodicheskie ukazaniya po selektsii i semenovodstvu. Leningrad: VIR; 1975. 159 p. (In Russ.).

14. Shepel' O.L., Aseeva T.A., Zvolimbovskaya M.P. Zavisimost' khozyaistvenno-biologicheskikh priznakov soi ot gidrotermicheskikh uslovii Srednego Priamur'ya. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK.* 2020;34(8):16-22. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10802. (In Russ.).

Научная статья

УДК 633.18:631.527:581.143.6

DOI: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_4

Оценка линий удвоенных гаплоидов риса по морфобиологическим признакам

С.С. Гученко

Светлана Сергеевна Гученко

и.о. заведующего лаборатории селекции риса

младший научный сотрудник

Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,

Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия

lana_svet8@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3492-8934>

Аннотация. Проведена оценка удвоенных гаплоидов риса по хозяйственно ценным признакам. Объектами изучения являлись линии четвертого и пятого поколений, полученные из шести гибридных комбинаций: Hejiang 20 x KT-3, Хазар x Дарий 23, Луговой x Вираж, № 24 x Долинный, Долинный x Szarvasi 70, Romanico x б/н 9167. Использование линий удвоенных гаплоидов в качестве исходного гомозиготного материала повышает эффективность селекции, позволяет сократить временные и трудовые затраты. Выделены продуктивные, низкорослые, скороспелые линии с высокими технологическими качествами крупы для дальнейшего использования в селекционном процессе с целью получения нового сорта.

Ключевые слова: рис, удвоенные гаплоиды, *in vitro*, продуктивность, урожайность, технологические качества

Для цитирования: Гученко С.С. Оценка линий удвоенных гаплоидов риса по морфобиологическим признакам // Вестн. ДВО РАН. 2022. № 3. С. 42–48. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_4.

Evaluation of morphobiological indicators of rice double haploids

S.S. Guchenko

Svetlana S. Guchenko

Acting manager of the Laboratory for rice selection,

Junior researcher

Federal Scientific Centre of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,

Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

lana_svet8@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3492-8934>

Abstract. Rice is a key crop in the south of the Russian Far East. Adoption of biotechnological methods combined with traditional plant breeding enhances effectiveness of the breeding process. Rice double haploid were evaluated according to economically valuable traits. The objects of the research were double haploid lines of the fourth (R_4) and fifth (R_5) generation obtained from six hybrid combinations: Hejiang 20 x KT-3, Khazar x Dariy 23, Lugovoy x Virazh, № 24 x Dolinny, Dolinny x Szarvasi 70, Romanico x w/n 9167. Using double haploid lines as starting homozygous material, increase efficiency of a breeding program and help to save time and effort. The goal of this research was to evaluate of rice double haploid plants from among hybrids of the fourth and fifth generation to select plants for the breeding process. After the evaluation, we selected short productive early-maturing lines with good technological properties of cereals. These lines will be used in the further breeding process to create a new rice variety.

Keywords: rice, double haploids, in vitro, productivity, yield, technological properties

For citation: Guchenko S.S. Evaluation of morphobiological indicators of rice double haploids. *Vestnik of the FEB RAS.* 2022;(3):42-48. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_4.

Введение

Рис (*Oryza sativa* L.) – одна из самых важных в мире зерновых продовольственных культур, которая кормит более половины населения Земли [1] и выращивается практически повсеместно [2]. Среди рисосеющих районов нашей страны Приморский край является самой северной территорией.

Повышение потенциальной урожайности риса в различных условиях является первостепенной задачей для рисоводов [3]. В современных условиях одним из путей повышения урожайности риса и сокращения затрат на производство зерна является правильный подбор сортов [4]. Вследствие этого основными задачами в селекции риса являются разработка методов и приемов отбора ценных генотипов для ускоренного создания высокопродуктивных сортов с коротким периодом вегетации, высоким качеством зерна и устойчивостью к неблагоприятным факторам среды.

На создание новых сортов методами традиционной селекции требуется 12–15 лет, из которых 5–7 лет затрачивается для достижения гомозиготности, обеспечивающей отличимость будущего сорта и стабильность его признаков [5]. Для достижения этих целей в традиционную селекцию для создания новых сортов должны быть включены новые стратегии и инновационные подходы, такие как биотехнологии *in vitro*, разработанные для риса [6].

Андрогенез *in vitro* является важным компонентом биотехнологии растений. Гаплоидные и удвоенные гаплоиды, полученные в результате андрогенеза, уже давно признаны ценным инструментом в селекции растений [7]. Метод культуры пыльников используется для ускорения селекционных программ целого ряда сельскохозяйственных культур, в первую очередь кукурузы, пшеницы, риса и ячменя [3]. Техника культивирования пыльников была впервые разработана на рисе Ниидзеки и Ооно (1968 г.). Культура пыльников – это процедура культивирования тканей, которая может быть применена для ускорения селекции [8]. Удвоенные гаплоиды имеют ряд преимуществ, этот метод позволяет получать гомозиготные линии в 2–3 поколениях, в отличие от 6–7 поколений путем обычной селекции, и сокращает время, необходимое для выведения нового сорта, тем самым экономя труд и финансовые ресурсы [9, 10].

Цель данного исследования заключалась в оценке линий удвоенных гаплоидов риса четвертого и пятого поколений по хозяйственно ценным признакам для включения их в селекционный процесс.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в лаборатории селекции риса ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки в 2021 г. Опыты располагались на экспериментальной рисовой системе ФНЦ в почвенно-климатической зоне Уссурийска. Посев проведен в оптимальные для данной зоны сроки 22–24 мая.

Объектами изучения являлись линии удвоенных гаплоидов четвертого (R_4) и пятого (R_5) поколений, полученные лабораторией биотехнологии ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» методом культуры пыльников *in vitro* из шести гибридных комбинаций: Hejiang 20 x КТ-3, Хазар x Дарий 23, Луговой x Виразж, № 24 x Долинный, Долинный x Szarvasi 70, Romanico x б/н 9167. Потомство R_0 каждого растения в отдельности представляло собой 1 линию, которая была отселектирована на стабильность фенотипических признаков. Стандартом был районированный сорт риса Долинный.

Растения-регенеранты изучали в селекционном питомнике на делянках 1,5 м². Почва опытного участка – луговая глеевая тяжелосуглинистая, характерная для многих рисовых систем [11]. В пахотном слое почвы содержание фосфора повышенное, обменного калия – высокое, кислотность средне- и слабокислая. Возделывание риса проводили согласно разработанной для Приморского края технологии [12]. Предшественник – сидерально-занятый пар (соя на зеленое удобрение). В качестве основного удобрения использовали диаммофоску (10 : 26 : 26 %) в дозе $N_{30}P_{75}K_{75}$ д.в. на 1 га, подкормки в фазу кущения (3–4 листа) – карбамид (46 %) в дозе N_{45} д.в. на 1 га. Режим орошения – укороченное затопление.

Учеты и наблюдения проведены по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур¹, математическая обработка результатов урожайности – по Б.А. Доспехову².

Результаты исследований

В результате анализа удвоенных гаплоидов по элементам продуктивности в течение нескольких поколений было выделено шесть линий по комплексу признаков.

Основная часть исследуемых линий (235-2, 237-2, 239-1, 243-2), как и стандарт, была представлена низкорослыми образцами (60,1–80 см), две линии: 231-1 и 234-1 – среднерослыми (80,1–100 см). Что касается признаков, контролирующих продуктивность – главный критерий эффективности селекционной работы, то у линий 234-1, 239-1, 243-2 в главной метелке было от 115,6 до 168,9 зерен, масса зерна с 1 растения – 5,8–8,0 г; у линий 239-1 и 243-2 отмечена сильная продуктивная кустистость (3,3 и 3,7 стеблей); все изучаемые линии характеризуются длинным колосом (16,0–19,1 см) (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика морфобиологических признаков дигаплоидных линий риса четвертого (R₄) и пятого (R₅) поколений

| Линия | Высота растений, см | Длина метелки, см | Главная метелка | | Кущение, стеблей | Масса зерна / 1 раст., г |
|------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-----------------|------------------|--------------------------|
| | | | кол-во зерен, шт. | стерильность, % | | |
| Долинный (St) | 75,7 | 15,5 | 83,5 | 13,4 | 1,7 | 3,0 |
| Romanico x б/н 9167 | | | | | | |
| 231-1 – R ₅ | 91,9* | 17,0 | 73,0 | 14,5 | 2,6 | 3,7 |
| Хазар x Дарий 23 | | | | | | |
| 234-1 – R ₅ | 94,8* | 19,1 | 168,9* | 7,9 | 1,9 | 7,4* |
| Луговой x Вираз | | | | | | |
| 235-2 – R ₅ | 73,1 | 18,5 | 94,3 | 11,8 | 2,6 | 3,7 |
| № 24 x Долинный | | | | | | |
| 237-2 – R ₄ | 74,5 | 17,5 | 92,3 | 12,7 | 2,4 | 4,3 |
| Долинный x Szarvasi 70 | | | | | | |
| 239-1 – R ₄ | 75,6 | 16,0 | 115,6* | 16,8 | 3,3 | 5,8 |
| Hejiang 20 x КТ-3 | | | | | | |
| 243-2 – R ₄ | 73,6 | 17,5 | 120,0* | 13,3 | 3,7 | 8,0* |

* Достоверно при уровне значимости $p = 0,05$.

Продолжительность вегетационного периода является важным адаптационным признаком, от него зависят и урожайность, и устойчивость сорта к стрессовым факторам. Общая длительность вегетационного периода определяется сортовыми

¹ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. Общая часть / под общ. ред. М.А. Федина. М., 1985. 263 с.

² Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е, доп. и перераб. Стер. изд. М.: Альянс, 2014. 351 с.

особенностями и условиями прохождения фаз вегетации [13]. Создание скороспелых сортов для почвенно-климатических условий нашего региона является приоритетным в селекционной работе. Стандартный сорт Долинный и 5 изучаемых линий относятся к скороспелой группе (100–110 дней), линия 231-1 созрела на 7 дней позже, чем стандарт. Растения-регенеранты линии 243-3 показали себя как среднеспелые (111–115 дней) (табл. 2).

Таблица 2

Хозяйственно-биологические особенности линий удвоенных гаплоидов риса

| Линия | Вегетационный период, дни | Масса 1000 зерен, г | Урожайность, ц/га |
|------------------------|---------------------------|---------------------|-------------------|
| Долинный (St) | 100 | 29,9 | 47,6 |
| Romanico x б/н 9167 | | | |
| 231-1 – R ₅ | 107 | 29,0 | 46,9 |
| Хазар x Дарий 23 | | | |
| 234-1 – R ₅ | 103 | 30,8 | 55,1 |
| Луговой x Вираз | | | |
| 235-2 – R ₅ | 101 | 29,2 | 43,1 |
| № 24 x Долинный | | | |
| 237-2 – R ₄ | 103 | 27,3 | 51,8 |
| Долинный x Szarvasi 70 | | | |
| 239-1 – R ₄ | 100 | 27,9 | 39,1 |
| Hejiang 20 x КТ-3 | | | |
| 243-2 – R ₄ | 111 | 28,9 | 45,2 |

Одним из важнейших элементов оценки семенной продуктивности является масса 1000 зерен. Дигаплоидная линия 234-1 превысила стандарт по этому показателю на 1 г. Высокой урожайностью характеризовались линии 234-1 и 237-2, они сформировали урожай зерна, превышающий стандарт на 4,2 и 7,5 ц/га.

Ценность сорта важна при сочетании комплексной адаптивности с урожайностью и качеством зерна, поэтому были изучены технологические свойства зерна линий удвоенных гаплоидов. В результате выделили линии с низкой, менее 17,0 %, пленчатостью (чем ниже пленчатость, тем выше выход крупы): 237-2 и 243-2. У всех изучаемых образцов отмечен низкий показатель трещиноватости –

Таблица 3

Характеристика дигаплоидных линий риса по технологическим показателям качества зерна, %

| Линия | Стекловидность | Пленчатость | Трещиноватость |
|---------------|----------------|-------------|----------------|
| Долинный (St) | 96,5 | 17,2 | 4 |
| 231-1 | 95,5 | 21,5 | 5 |
| 234-1 | 95,0 | 21,6 | 8 |
| 235-2 | 93,5 | 19,2 | 7 |
| 237-2 | 94,5 | 16,5 | 12 |
| 239-1 | 92,5 | 17,7 | 6 |
| 243-2 | 84,5 | 16,4 | 4 |

до 12 %. Стекловидный эндосперм зерновки обуславливает высокие потребительские достоинства крупы. Высокая стекловидность (92,5–95,5 %) была у зерна всех линий, кроме 243-2 (табл. 3).

Заключение

Таким образом, с использованием метода культуры пыльников *in vitro* были получены ценные линии удвоенных гаплоидных растений из шести гибридных комбинаций риса. В результате оценки выделены продуктивные, низкорослые, скороспелые линии с высокими технологическими качествами крупы, которые в дальнейшем будут участвовать в селекционном процессе, с целью получения нового сорта. Из шести линий по комплексу хозяйственно ценных признаков выделена наиболее перспективная линия 234-1.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Tripathy S.K., Lenka D., Prusti A.M., Mishra D., Swain D., Suraj K.B. Anther culture in rice: Progress and breeding perspective // *Appl. Biol. Res.* 2019. Vol. 21, iss. 2. P. 87–104. DOI: 10.5958/0974-4517.2019.00012.0.
2. Bajaj Y.P.S. Biotechnology in rice improvement // *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. Vol. 14. Rice / ed. Y.P.S. Bajaj. Berlin: Heidelberg: Springer-Verl., 1991. P. 3–19. DOI: 10.1007/978-3-642-83986-3.
3. Osman K.A., Kang K.-H., El-Siddig A.A., Ahmed Ya.M., Abdalla S.M. Assessment of genetic variability for yield and attributed traits among rice doubled haploid (DH) lines in semi-arid zone Sudan // *African J. Agr. Res.* 2020. Vol. 16, iss. 7. P. 939–946. DOI: 10.5897/AJAR2019.14496.
4. Гученко С.С. Вариабельность количественных признаков дигаплоидных линий риса // *Состояние и перспективы селекции и семеноводства основных сельскохозяйственных культур*. Уссурийск: Полицентр, 2019. С. 125–129.
5. Дьячук Т.И., Акинина В.Н., Хомякова О.В., Кибкало И.А., Поминов А.В. Эффективность метода культуры пыльников для ускоренного создания гомозиготных линий тритикале // *Успехи соврем. естествознания*. 2017. № 11. С. 24–29. DOI: 10.17513/use.36576.
6. Ali J., Nicolas K.L.C., Akther S., Torabi A., Ebadí A.A., Marfori-Nazarea C.M., Mahender A. Improved anther culture media for enhanced callus formation and plant regeneration in rice (*Oryza sativa* L.) // *Plants*. 2021. Vol. 10, iss. 5. Article 839. <https://doi.org/10.3390/plants10050839>.
7. Mishra R., Rao G.J.N. *In vitro* androgenesis in rice: Advantages, constraints and future prospects // *Rice Sci.* 2016. Vol. 23, iss. 2. P. 57–68. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rsci.2016.02.001>.
8. Serrat X., Cardona M., Gil J., Brito A.M., Moysset L., Nogués S., Lalanne E. A Mediterranean japonica rice (*Oryza sativa*) cultivar improvement through anther culture // *Euphytica*. 2014. Vol. 195. P. 31–44. DOI: 10.1007/s10681-013-0955-6.
9. Samantaray S., Ali J., Nicolas K.L.C., Katara J.L., Verma R.L., Parameswaran C., Devanna B.N., Kumar A., Dash B., Bhuyan S.S. Doubled haploids in rice improvement: Approaches, applications, and future prospects // *Rice Improvement, Physiological, Molecular Breeding and Genetic Perspectives* / eds J. Ali, S.H. Wani. L.: Springer, 2021. P. 425–447. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66530-2_12.
10. Sarao N.K., Gosal S.S. *In vitro* androgenesis for accelerated breeding in rice // *Biotechnologies of Crop Improvement*. Vol. 1 / eds S.S. Gosal, S.H. Wani. L.: Springer, 2018. P. 407–435. https://doi.org/10.1007/978-3-319-78283-6_12.
11. Иванов Г.И. Почвы Приморского края. Владивосток: Прим. кн. изд-во, 1964. 107 с.
12. Памятка рисоводу Приморья / сост. Л.Г. Белоус, Б.А. Калитвинцев, Б.А. Крыжко и др.; Прим. фил. ВНИИ риса. Владивосток, 1984. 101 с.
13. Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Донцов Д.П., Буланова А.А. Результаты экологического испытания сортов озимого ячменя // *Аграр. вестн. Урала*. 2017. № 5. С. 75–83.

REFERENCES

1. Tripathy S. K., Lenka D., Prusti A. M., Mishra D., Swain D., Suraj K.B. Anther culture in rice: progress and breeding perspective. *Appl. Biol. Res.* 2019;21(2):87-104. DOI: 10.5958/0974-4517.2019.00012.0.
2. Bajaj Y.P. S. Biotechnology in Rice Improvement. In: *Y.P.S. Bajaj (ed.). Biotechnology in Agriculture and Forestry.* Vol. 14. Rice. Berlin: Heidelberg: Springer-Verlag; 1991. P. 3-19. DOI: 10.1007/978-3-642-83986-3.
3. Osman K.A., Kang K.-H., El-Siddg A.A., Ahmed Ya.M., Abdalla S.M. Assessment of genetic variability for yield and attributed traits among rice doubled haploid (DH) lines in semi-arid zone Sudan. *African J. Agr. Res.* 2020;16(7):939-946. DOI: 10.5897/AJAR2019.14496.
4. Guchenko S.S. Variabel'nost' kolichestvennykh priznakov digaploidnykh linii risa. In: *Sostoyanie i perspektivy seleksii i semenovodstva osnovnykh sel'skokhozyaistvennykh kul'tur.* Ussuriisk: Politsentr; 2019. P. 125-129. (In Russ.).
5. D'yachuk T.I., Akinina V.N., Khomyakova O.V., Kibkalo I.A., Pominov A.V. Ehffektivnost' metoda kul'tury pyl'nikov dlya uskorennoogo sozdaniya gomozigotnykh linii tritikale. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya.* 2017;(11):24-29. DOI: 10.17513/use.36576. (In Russ.).
6. Ali J., Nicolas K.L.C., Akther S., Torabi A., Ebadi A.A., Marfori-Nazarea C.M., Mahender A. Improved anther culture media for enhanced callus formation and plant regeneration in rice (*Oryza sativa* L.). *Plants.* 2021;(10(839)):1-16. <https://doi.org/10.3390/plants10050839>.
7. Mishra R., Rao G.J.N. *In vitro* androgenesis in rice: Advantages, constraints and future prospects. *Rice Sci.* 2016;23(2):57-68. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rsci.2016.02.001>.
8. Serrat X., Cardona M., Gil J., Brito A.M., Moysset L., Nogue's S., Lalanne E. A Mediterranean japonica rice (*Oryza sativa*) cultivar improvement through anther culture. *Euphytica.* 2014;195:31-44. DOI: 10.1007/s10681-013-0955-6.
9. Samantaray S., Ali J., Nicolas K.L.C., Katara J.L., Verma R.L., Parameswaran C., Devanna B.N., Kumar A., Dash B., Bhuyan S.S. Doubled haploids in rice improvement: Approaches, applications, and future prospects. In: *Ali J., Wani S.H. (eds). Rice Improvement, Physiological, Molecular Breeding and Genetic Perspectives.* London: Springer; 2021. P. 425-447. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66530-2_12.
10. Sarao N.K., Gosal S.S. *In vitro* androgenesis for accelerated breeding in rice. In: *Gosal S.S., Wani S.H. (eds). Biotechnologies of Crop Improvement.* Vol. 1. London: Springer; 2018. P. 407-435. https://doi.org/10.1007/978-3-319-78283-6_12.
11. Ivanov G.I. Pochvy Primorskogo kraya. Vladivostok: Primorskoe knizhnoe izdatel'stvo; 1964. 107 p. (In Russ.).
12. Belous L.G., Kalitvintsev B.A., Kryzhko B.A. et al. (comp.). Pamyatka risovodu Primor'ya. Vladivostok: Primorskii filial VNII risa; 1984. 101 p. (In Russ.).
13. Filippov E.G., Dontsova A.A., Dontsov D.P., Bulanova A.A. Rezul'taty ekologicheskogo ispytaniya sortov ozimogo yachmenya. *Agrarnyi vestnik Urala.* 2017;(05):75-83. (In Russ.).

Научная статья

УДК 635.21:631.527(571.63)

DOI: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_5

Характеристика перспективных генотипов картофеля селекции ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки в условиях муссонного климата Приморского края

В.П. Вознюк, И.В. Ким ✉, Т.О. Корнилова, А.А. Мороз

Валентина Петровна Вознюк

научный сотрудник

Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия

voznyuk.57@list.ru

<http://orcid.org/0000-0001-9385-9145>

Ирина Вячеславовна Ким

кандидат сельскохозяйственных наук,

ведущий научный сотрудник

Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия

kimira-80@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-0656-0645>

Татьяна Олеговна Корнилова

лаборант-исследователь

Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия

korlidf@yandex.ru

<http://orcid.org/0000-0001-9701-3569>

Александра Алексеевна Мороз

инженер

Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия

aleksana_abrk@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0001-5384-3165>

Аннотация. В результате многолетней работы получены два перспективных гибрида – При-14-4-2 Очарование × Gala и При-14-36-3 Ручеек × Gala с урожайностью 35,3–48,9 т/га, массой товарного клубня 130–140 г, товарностью 93,4–94,5 %. Клубни выделенных генотипов содержат сухое вещество (23,0 и 21,3 % соответственно), крахмал (15,7 и 14,6 %), витамин С (21,5 и 18,9 мг/100 г). Образцы обладают полевой устойчивостью к основным фитопатогенам Дальнего Востока. Отмеченные гибриды успешно проходят Государственное испытание на устойчивость к раку картофеля (*S. endobioticum*, Далемский патотип) и золотистой цистообразующей картофельной нематодой (*Globodera rostochiensis*, патотип Rol).

Ключевые слова: Картофель, селекция, гибриды, урожайность, вкусовые качества, биохимический состав

Для цитирования: Вознюк В.П., Ким И.В., Корнилова Т.О., Мороз А.А. Характеристика перспективных генотипов картофеля селекции ФНЦ агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки в условиях муссонного климата Приморского края // Вестн. ДВО РАН. 2022. № 3. С. 49–60. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_5.

Финансирование. Работа выполнена в рамках Государственного задания № 0812-2019-0024.

Original article

Characterization of promising potato genotypes bred in FSC of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika under the conditions of the monsoon climate

V.P. Voznyuk, I.V. Kim, T.O. Kornilova, A.A. Moroz

Valentina P. Voznyuk

Researcher

Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,
Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

voznyuk.57@list.ru

<http://orcid.org/0000-0001-9385-9145>

Irina V. Kim

Candidate of Sciences in Agriculture, leading researcher

Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,
Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

kimira-80@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-0656-0645>

Tatiana O. Kornilova

Research assistant

Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,
Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

korlidf@yandex.ru

<http://orcid.org/0000-0001-9701-3569>

Alexandra A. Moroz

Engineer

Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,
Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

aleksana_abrk@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0001-5384-3165>

Abstract. After many years of research, we identified two promising hybrids Pri-14-4-2 Ocharovanie × Gala and Pri-14-36-3 Rucheek × Gala with a yield of 35.3–48.9 t/ha, the mass of a marketable tuber 130–140 g and the percentage of marketable tubers 93.4–94.5%. Tubers of the identified genotypes contained 23.0 % and 21.3 % of a dry matter, 15.7 % and 14.6 % of starch, 21.5 and 18.9 mg of vitamin C per 100 g, respectively. The samples had field resistance to the main plant pathogens of the Russian Far East. The State test showed that the identified genotypes were resistant to the potato wart disease (*S. endobioticum*, the pathotype of Dahlem) and the potato cyst nematode (*Globoderarostochiensis*, the Rol pathotype).

Keywords: potato, breeding, hybrids, yield, palatability traits, biochemical composition

For citation: Voznyuk V.P., Kim I.V., Kornilova T.O., Moroz A.A. Characterization of promising potato genotypes bred in FSC of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika under the conditions of the monsoon climate. *Vestnik of the FEB RAS*. 2022;(3):49-60. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_5.

Funding. The work was carried out within the framework of State Assignment No. 0812-2019-0024.

Введение

Картофель – важнейшее культурное растение разностороннего использования. Обладая высокой продуктивностью, «феноменальной пластичностью», эта культура лежит в основе решения проблемы продовольственной безопасности во многих регионах нашей планеты [1]. Картофель является ценным источником многих полезных для человека веществ. Его клубни в зависимости от сорта содержат от 13 до 37 % сухого вещества, в том числе 8–29 % крахмала, 0,7–4,5 % белка, 1,0 % сахара, 0,15 % жира, около 1,0 % солей и 0,6 % органических кислот. По калорийности картофель вдвое превосходит помидоры, в 3 раза – капусту и в 4 раза – морковь. По производству белка с единицы площади с учетом высокой урожайности картофель с успехом конкурирует даже с бобовыми культурами. Кроме того, клубни картофеля обладают диетическими и лечебными свойствами [2].

Эффективность картофелеводства основывается на использовании адаптивных сортов, высококачественного семенного материала и современных технологий возделывания и хранения. Задачи селекции картофеля включают в себя создание новых сортов ранней и среднеранней групп спелости, обладающих комплексом хозяйственно полезных признаков [3].

С помощью сортов, созданных в конкретных почвенно-климатических условиях и отвечающих современным требованиям, возможно значительно увеличить производство картофеля. Селекционной ценностью местных сортов являются их высокий адаптационный потенциал относительно определенного региона и соответствующий комплекс потребительских свойств [4].

С учетом специфики природно-климатических условий Дальнего Востока, в том числе Приморского края, необходимо создавать генотипы картофеля,

устойчивые к стрессовым факторам, особенно к переувлажнению почвы [5]. Крайне важно изучать и выращивать сорта с ранним накоплением продуктивности и способностью формировать урожайность до наступления периода циклонов и тайфунов [6].

Для создания новых перспективных генотипов в отделе картофелеводства и овощеводства ФНЦ агробiotехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки ведется всестороннее изучение большого объема исходного селекционного материала.

Цель исследования – изучить и выделить перспективные гибриды картофеля с высокой урожайностью, ценными потребительскими качествами и устойчивостью к наиболее вредоносным болезням.

Материал и методика исследований

Изучение сортов и гибридов картофеля проводилось в 2018–2021 гг. в полевом севообороте отдела картофелеводства и овощеводства ФНЦ агробiotехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки. Образцы высаживали на 2- и 3-рядковых делянках, в ряду по 10–60 растений. Схема посадки 90 × 30 см. Площадь делянки в конкурсном сортоиспытании составляла 27,0–32,4 м².

Объектами исследований послужили генотипы картофеля из питомника конкурсного сортоиспытания (КСИ). Объем питомника КСИ – 24 образца. В качестве контрольных сортов были использованы районированные образцы различных групп спелости Дачный (среднеспелый), Янтарь (среднепоздний), Sante (среднеранний). Исследования проводили по методикам ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха [7] и ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР) [8].

Биохимические исследования образцов картофеля проводили в лаборатории агрохимических анализов ФНЦ агробiotехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки. Содержание сухого вещества определяли методом высушивания навески свежего измельченного картофеля в сушильном шкафу при температуре 105 °С до достижения постоянной массы¹. Количество крахмала определяли поляриметрическим методом. В основу метода положен предварительный гидролиз крахмала 25%-м раствором соляной кислоты, после чего в полученном гидролизате измеряется угол вращения поляризованного луча света на поляриметре (сахариметре) [9]. Витамин С определяли в свежих клубнях путем гомогенизации навески в фарфоровой ступке и экстрагирования 2%-м раствором соляной кислоты с последующим титрованием раствором 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия до установления светло-розовой окраски².

Учет урожая осуществляли путем взвешивания клубней с делянки. Столовые качества гибридов оценивали по методике ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха [10]. Различия между показателями считали достоверными при $p \leq 0,05$. В тексте данные представлены в виде среднего и стандартного отклонений ($\bar{x} \pm S_x$) [11].

¹ ГОСТ 33977-216. Продукты переработки фруктов и овощей. Методы определения общего содержания сухих веществ (с поправками). М.: Изд-во стандартов, 2017. 13 с.

² ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. М.: Изд-во стандартов, 2003. 13 с.

Метеоусловия в вегетационные периоды 2018–2021 гг. характеризовались существенными различиями в распределении осадков и температурном режиме (табл. 1).

Таблица 1

Метеорологические условия (2018–2021 гг.) по данным АМС «Тимирязевский»

| Месяц | Температура воздуха, °С | | | | | Сумма осадков, мм | | | | |
|----------|-------------------------|------|------|------|-----------------|-------------------|-------|-------|-------|-----------------|
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | Средне-голетняя | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | Средне-голетняя |
| Апрель | 7,1 | 6,8 | 5,6 | 7,1 | 5,9 | 21,9 | 6,3 | 43,9 | 32,2 | 35 |
| Май | 12,7 | 13,8 | 12,8 | 13,0 | 11,9 | 110,9 | 77,0 | 52,1 | 65,3 | 63 |
| Июнь | 16,1 | 15,7 | 17,2 | 17,7 | 15,9 | 75,4 | 65,4 | 193,5 | 78,7 | 84 |
| Июль | 21,6 | 20,2 | 20,8 | 23,7 | 20,1 | 138,8 | 61,9 | 75,6 | 15,9 | 93 |
| Август | 20,5 | 21,3 | 22,0 | 22,1 | 20,8 | 347,7 | 226,5 | 140,1 | 79,7 | 121 |
| Сентябрь | 15,4 | 16,6 | 16,4 | 16,9 | 14,9 | 79,6 | 38,4 | 129,2 | 49,2 | 106 |
| Всего | | | | | | 774,3 | 475,5 | 634,4 | 321,0 | 502 |

В 2018 г. влагообеспеченность растений была неравномерной и превышала показатели нормы. В целом за вегетационный период сумма осадков превысила среднеголетние значения на 272,3 мм. Обильные осадки в июле и августе (138,8 и 347,7 мм соответственно) негативно повлияли на накопление продуктивности клубней картофеля. Температура воздуха несущественно отличалась от показателей нормы.

В 2019 г. температурный режим был в основном благоприятным для роста и развития растений картофеля на протяжении всего вегетационного периода. Влагообеспеченность образцов в питомниках в июне и июле была достаточной в период массовых всходов, бутонизации и цветения. В августе наблюдалось чрезмерное переувлажнение почвы (сумма осадков составила 226,5 мм). Это способствовало сильному подтоплению селекционных питомников, вследствие чего произошла значительная потеря урожая.

В 2020 г. температура воздуха в среднем за вегетационный период (с мая по сентябрь) была на 0,2–1,3 °С выше среднеголетних значений. В июне наблюдалось избыточное выпадение осадков – 193,5 мм (с превышением нормы на 109,5 мм), что затрудняло проведение фенологических и морфологических наблюдений в период массовых всходов и бутонизации. Значительное переувлажнение в августе (сумма осадков 140,1 мм) и сентябре (129,2 мм) способствовало снижению урожайности и развитию болезней.

2021 г. характеризовался аномальной засухой, за период вегетации с апреля по сентябрь сумма осадков была на 181 мм ниже среднеголетних значений. Недостаток влаги сопровождался повышенными температурами воздуха (в среднем на 1,2–3,6 °С выше среднеголетних значений). Сложившиеся погодные условия снизили потенциальные возможности сортообразцов картофеля.

Существенные различия в климатическом режиме по годам обеспечили возможность объективно оценить гибридный материал и охарактеризовать выделенные генотипы.

Результаты и обсуждение

В результате исследований за 2018–2021 гг. выделились два перспективных гибрида: При-14-4-2 Очарование × Gala и При-14-36-3 Ручеек × Gala. Генотипы прошли жесткий отбор и оценены по хозяйственно важным показателям: урожайность, скороспелость, дегустационные качества, лежкоспособность клубней, устойчивость к основным фитопатогенам Дальнего Востока.

Особенности дальневосточного климата предполагают выведение сортов ранних групп спелости. Такие сорта успевают накопить раннюю продуктивность – до периода наводнений и тайфунов. В связи с этим ценным потребительским признаком является так называемая скороспелость, т.е. раннее образование клубней товарной величины (свыше 40 г). Хозяйственной скороспелостью могут характеризоваться не только раннеспелые сорта, но и сорта, относящиеся по созреванию к более поздним группам [12].

Динамику накопления продуктивности сортообразцов осуществляли в 2020–2021 гг. (табл. 2).

Таблица 2

Динамика накопления продуктивности сортообразцов картофеля (среднее за 2020–2021 гг.)

| Сортообразец | Период пробной копки, день после посадки | Средняя продуктивность, г/куст | Период пробной копки, день после посадки | Средняя продуктивность, г/куст |
|-------------------------------|--|--------------------------------------|--|--------------------------------------|
| | 2020 г. | | 2021 г. | |
| Дачный (st) | 60-й | 524,2 ± 0,32 | 60-й | 475,8 ± 0,30 |
| | 70-й | 996,7 ± 0,41 | 70-й | 642,5 ± 0,35 |
| | 80-й | 1294,2 ± 0,52 | 80-й | 766,5 ± 0,39 |
| Янтарь (st) | 60-й | 441,7 ± 0,30 | 60-й | 337,5 ± 0,29 |
| | 70-й | 673,4 ± 0,35 | 70-й | 570,0 ± 0,32 |
| | 80-й | 899,2 ± 0,40 | 80-й | 814,2 ± 0,40 |
| Sante (st) | 60-й | 560,0 ± 0,30 | 60-й | 476,7 ± 0,30 |
| | 70-й | 900,9 ± 0,40 | 70-й | 731,7 ± 0,39 |
| | 80-й | 1290,8 ± 0,53 | 80-й | 753,4 ± 0,39 |
| При-14-4-2 Очарование×Gala | 60-й | 600,5 ± 0,33 | 60-й | 513,3 ± 0,35 |
| | 70-й | 898,4 ± 0,42 | 70-й | 745,8 ± 0,38 |
| | 80-й | 1109,2 ± 0,51 | 80-й | 806,7 ± 0,40 |
| При-14-36-3 Ручеек×Gala | 60-й | 590,9 ± 0,30 | 60-й | 585,9 ± 0,33 |
| | 70-й | 995,8 ± 0,41 | 70-й | 795,0 ± 0,39 |
| | 80-й | 953,4 ± 0,42 | 80-й | 948,3 ± 0,41 |
| НСР _{0,05} | | 39,3 | | 41,2 |

В 2020 г. при анализе контрольных сортов наблюдалось постепенное увеличение урожайности картофеля от первого учета до третьего. Разница в продуктивности между 60-м и 80-м днями составила, г/куст: у сорта Дачный – 770, Янтарь – 457,5, Sante – 730,8. Стандарты Дачный и Sante проявили себя как образцы с ранним накоплением продуктивности, на 60-й день их урожайность с одного куста была в пределах 524,2 и 560,0 г. Стандарт Янтарь среднепозднего срока созревания накапливал массу клубней небольшой прибавкой и равномерно, при этом продуктивность к 80-му дню после посадки у него была самой низкой – 899,2 г/куст. В 2021 г. показатели продуктивности были гораздо меньше по всем трем срокам копок, что объясняется засушливым летом и высокими температурами. Разница

по годам в продуктивности на 60-й день была в пределах 48,4–104,2 г/куст. Максимальное отличие в массе клубней на куст было у сорта Sante на 80-й день пробной копки – 573 г/куст.

В 2021 г. у перспективного гибрида При-14-4-2 на 60-й день масса клубней была самая высокая по сравнению с другими сортообразцами – 600,5 г/куст. Он проявил себя как генотип со способностью раннего накопления продуктивности, несмотря на физиологическую спелость в 104 дня. Образец При-14-36-3 по физиологической спелости является среднепоздним (115 дней), однако его продуктивность на 60-й день после посадки составила 590,9 г/куст, что выше, чем у контрольных сортов со среднеранним и среднеспелым сроками созревания. В связи с этим по способности накапливать товарно-значимую продукцию в ранние сроки выделенные гибриды можно отнести к среднеранней или среднеспелой группе созревания. В 2021 г. у гибридов, как и у стандартных сортов, наблюдалась разница в продуктивности в сторону уменьшения – от 5,1 до 537,4 г/куст.

Путем анализа средней продуктивности клубней за два года на 60-й день после посадки установлено варьирование этого признака от 389,6 до 588,4 г/куст. Наибольший показатель в эти сроки имели сорта Дачный (500,0 г/куст) и Sante (518,4 г/куст). Максимальная масса продуктивности в ранние сроки получена у гибридов При-14-4-2 (556,9 г/куст) и При-14-36-3 (588,4 г/куст) (рис. 1).

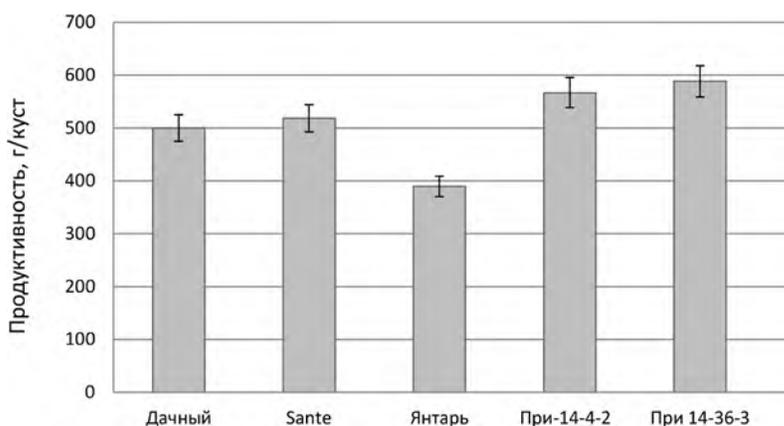


Рис. 1. Средняя продуктивность клубней картофеля различных сортообразцов на 60-й день после посадки

Урожайность – интегральный показатель хозяйственной ценности любого сорта, его устойчивости к неблагоприятным условиям среды, болезням и вредителям [13]. По данным исследований за 2018–2021 гг. средняя урожайность контрольных сортов составила, т/га: Дачный – 34,0, Янтарь – 37,2, Sante – 36,9. Высокий показатель урожайности (45,4 т/га) зафиксирован у гибридного образца При-14-36-3, что выше стандартов Дачного на 33,5 %, Янтаря – на 22,0, Sante – на 23,0 %. Генотип При-14-4-2 характеризовался урожайностью на уровне 38,5 т/га (на 3,5–13,2 % выше стандартов) (рис. 2).

Среди многочисленных грибных патогенов, поражающих картофель, сегодня самым вредоносным и представляющим интерес для картофелеводов в мире является фитофтора (*Phytophthora in festans* (Mont) de Bary) [14, 15]. При визуальной оценке селекционных образцов на устойчивость к фитофторозу у них выявлена устойчивость к данному заболеванию средней степени (5,0 и 8,0 баллов) (табл. 3).

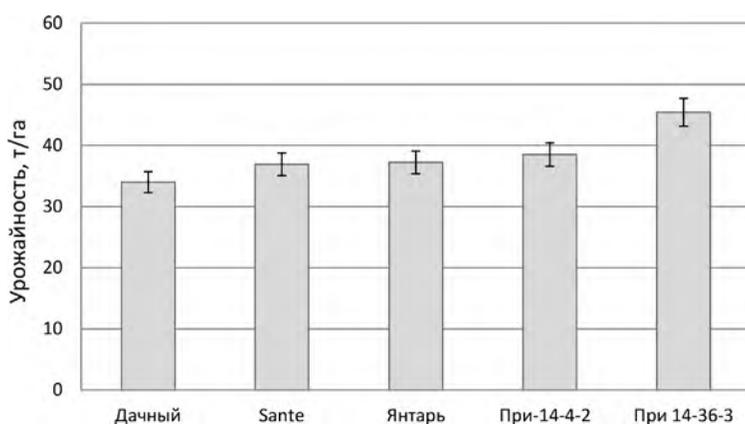


Рис. 2. Средняя урожайность сортообразцов (2018–2021 гг.)

Таблица 3

Структура урожайности и устойчивость к фитофторозу сортообразцов картофеля (среднее за 2018–2021 гг.)

| Сортообразец | Вегетация, сут. | Масса товарного клубня, г | Товарность, % | Урожайность, т/га | | Устойчивость к фитофторозу по ботве, баллы |
|---------------------|-----------------|---------------------------|---------------|-------------------|------|--|
| | | | | min | max | |
| Дачный (st) | 106 | 130 | 89,6 | 25,2 | 42,8 | 8 |
| Янтарь (st) | 108 | 140 | 93,1 | 33,7 | 41,9 | 8 |
| Sante (st) | 110 | 130 | 89,6 | 31,4 | 45,9 | 8 |
| При-14-4-2 | 104 | 130 | 93,4 | 35,3 | 44,3 | 5 |
| Очарование × Gala | | | | | | |
| При-14-36-3 | 115 | 140 | 94,5 | 36,5 | 48,9 | 8 |
| Ручеек × Gala | | | | | | |
| НСР _{0,05} | | | 0,4 | | | |

Продолжительность вегетации представленных сортов и гибридов варьировала от 106 до 115 сут. Выявлен позднеспелый образец – При-14-36-3 (период вегетации 115 сут.). Остальные генотипы характеризовались средним и среднепоздним физиологическим созреванием – 104–110 сут. от фазы массовых всходов до отмирания наземной части растений.

Масса товарного клубня у сортообразцов была в пределах 130–140 г. Гибрид При-14-36-3 имел самый высокий показатель – 140 г, что на уровне стандарта Янтарь. У образца При-14-4-2 масса клубня товарной фракции составляла 130 г – на уровне контрольных сортов Дачный и Sante. Товарность клубней стандартов и гибридных образцов варьировала от 89,6 до 94,5 %. Высоким показателем – 94,5 % – отличился сортообразец При-14-36-3. Гибрид При-14-4-2 имел товарность 93,4 %, что на уровне контрольного сорта Янтарь (93,1 %).

Изучение биохимического состава клубней и других потребительских качеств картофеля представляет исключительный интерес в его селекции [16]. Главным показателем качества и ценности картофеля является его химический состав, т.е. содержание в нем основных питательных веществ. Химический состав клубней варьирует в довольно широких пределах и зависит от ряда факторов: сорта,

степени зрелости, почвенных и климатических условий, количества и качества удобрений и т.д. [17].

Один из основных показателей качества картофеля, влияющих на его пищевые достоинства, выход и качество различных картофельных продуктов, – количество в клубнях сухого вещества. Благодаря его высокому содержанию упрощается переработка и повышается качество готовой продукции, уменьшается расход жира на обжаривание картофеля и его количество в готовом продукте [18].

Содержание сухого вещества в клубнях в зависимости от сортов и гибридов изменялось от 19,2 до 23,6 %, крахмала – от 13,0 до 16,4 %. У перспективных генотипов При-14-4-2, При-14-36-3 содержание сухого вещества составило 23,0 и 21,3 % соответственно, что на уровне стандартов Дачный (23,6 %) и Sante (22,5 %). Средний показатель крахмалистости (более 14,0 %) – у контрольных сортов Дачный (16,3 %) и Sante (15,5 %), а также у образцов При-14-4-2 (15,7%) и При-14-36-3 (14,6 %). Контрольный сорт Янтарь характеризовался как низкокрахмалистый (13,0 %) (табл. 4).

Таблица 4

Биохимические показатели сортообразцов картофеля (среднее за 2018–2021 гг.)

| Сортообразец | Сухое вещество, % | Крахмал, % | Витамин С, мг/100 г |
|---------------------------------|-------------------|-------------|---------------------|
| Дачный (st) | 23,6 ± 0,03 | 16,3 ± 0,02 | 24,4 ± 0,03 |
| Янтарь (st) | 19,2 ± 0,01 | 13,0 ± 0,01 | 16,3 ± 0,01 |
| Sante (st) | 22,5 ± 0,02 | 15,5 ± 0,02 | 18,6 ± 0,02 |
| При-14-4-2 Очарование × Gala | 23,0 ± 0,03 | 15,7 ± 0,02 | 21,5 ± 0,03 |
| При-14-36-3 Ручеек × Gala | 21,3 ± 0,02 | 14,6 ± 0,02 | 18,9 ± 0,02 |
| НСР _{0,05} | 0,9 | 0,7 | 0,9 |

Картофель – один из основных источников витамина С, особенно зимой и ранней весной. При ежедневном употреблении 300 г этого продукта суточная потребность человека в витамине С удовлетворяется на 70–75 %. Витамин С – водорастворимый витамин, сильный антиоксидант и кофактор многих ферментов. Человеческий организм не способен синтезировать витамин С, поэтому его источником для нас является пища. Аскорбиновая кислота – важнейшее питательное вещество в рационе человека, она участвует во многих важных ферментативных реакциях, связанных с окислительно-восстановительными превращениями триптофана [19, 20].

Высокое накопление аскорбиновой кислоты (более 20 мг/100 г) отмечено у сорта Дачный (24,4 мг/100 г) и гибрида При-14-4-2 (21,5 мг/100 г). Клубни генотипа При-14-36-3 содержали аскорбиновую кислоту на уровне стандарта Sante (18,9 и 18,6 мг/100 г соответственно).

При дегустационной оценке вареных клубней по 9-балльной шкале гибрид При-14-4-2 характеризовался отличным вкусом (9,0 баллов), остальные сортообразцы имели хороший вкус (7,0 баллов).

Заклучение

В результате многолетней селекционной работы получены перспективные для выращивания гибриды При-14-4-2 Очарование × Gala, При-14-36-3 Ручеек × Gala с высокой стабильной урожайностью (35,5–45,4 т/га), хорошими потребительскими и кулинарными качествами. В настоящее время выделенные образцы проходят Государственное испытание на устойчивость к раку (*S. endobioticum*, Далецкий патотип) и золотистой цистообразующей нематоды картофеля (*Globodera rostochiensis*, патотип RoI).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кокшарова М.К., Лепп Ф.Р., Келик Л.П. Влияние света на образование микроклубней картофеля в культуре *in vitro* // Теория и практика мировой науки. 2018. № 5. С. 36–38.
2. Актуальные проблемы и приоритетные направления развития картофелеводства / А.В. Коршунов, Е.А. Симаков, Ю.Н. Лысенко, Б.В. Анисимов, А.В. Митюшкин, М.Ю. Гаитов // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32, № 3. С. 12–20.
3. Зональная система возделывания картофеля в Челябинской области: монография / А.А. Васильев, О.В. Гордеев, В.П. Дергилев и др. Челябинск. 2020. 163 с.
4. Сравнительный анализ сортов картофеля коллекционного питомника в зависимости от географического происхождения / Е.П. Шанина, Е.М. Клюкина, М.А. Стафеева и др. // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 6. С. 75–78. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10614.
5. Ким И.К., Волков Д.И., Клыков А.Г. Особенности формирования продуктивности сортов картофеля в условиях муссонного климата // Рос. сельскохозяйств. наука. 2021. № 4. С. 33–37.
6. Ким И.В., Клыков А.Г. Перспективы развития картофелеводства на Дальнем Востоке // Вестн. ДВО РАН. 2018. № 3 (199). С. 12–15.
7. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля / сост. Е.А. Симаков, Н.П. Склярова, И.М. Яшина. М.: ВНИИКХ. 2006. 72 с.
8. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля / сост. С.Д. Киру, Л.И. Костина, Э.В. Трускинов, Н.М. Зотева и др. СПб.: ВИР, 2010. 32 с.
9. Ягодин Б.А. и др. Практикум по агрохимии. М.: Агропромиздат, 1987. С. 197–198.
10. Методические указания по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению / К.А. Пшеченков, О.Н. Давыденкова, В.И. Седова и др. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: ВНИИКХ, 2008. 39 с.
11. McDonald J.H. Handbook of biological statistics. Ed. 3. Baltimore; Maryland, USA: Sparky House Publishing, 2014. 305 p.
12. Костина Л.И. Ранний картофель в Нечерноземье. СПб., 1993. 28 с.
13. Марухленко А.В., Борисова Н.П., Молявко А.А., Еренкова Л.А. Адаптивность сортов картофеля на юго-западе нечерноземной зоны // Картофелеводство: материалы науч.-практ. конф. «Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля», 9–10 июля 2018 г. / ФГБНУ ВНИИКХ; под ред. С.В. Жеворы. М., 2018. С. 100–105.
14. Ramakrishnan A.P., Ritland C.E., Blas Sevillano R.H., Riseman A.A. Review of potato molecular markers to enhance trait selection // Amer. J. Potato Res. 2015. Vol. 92. P. 455–472.
15. Simakov E., Anisimov B., Yashina L., Uskov A., Yurlova S., Oves E. Potato breeding and seed production system development in Russia // Potato Research. 2008. Vol. 51. P. 313–326.
16. Ким И.В., Новоселова Л.А., Ильяшик Т.М., Волик Н.М. Характеристика исходного материала и результаты его использования в селекции картофеля в Приморском крае // Картофелеводство: сб. науч. ст. / под ред. Е.А. Симакова. М., 2009. С. 69–76.
17. Пискун Г.И. Роль сорта в инновационном развитии картофелеводства // Картофелеводство. 2010. Т. 17. С. 66–75.
18. Гареев Г.Г., Арсентьев О.С., Блохин В.И. Влияние сорта, температуры и срока хранения на кулинарные качества картофеля: руководство по апробации сортовых посевов. Казань: Мастер-Лайн, 2002. 27 с.

19. Гумеров Т.Ю., Решетник О.А. Особенности изменения биохимических показателей в продуктах питания: монография / Министерство образования и науки России, Казан. нац. исслед. техн. ун-т. Казань: Изд-во КНИТУ, 2016. 228 с.
20. Ладыгина Е.А., Кирюхин В.П. Изменение содержания витаминов в клубнях различных сортов картофеля при выращивании и хранении // Технология производства картофеля: науч. тр. / МСХ, ВНИИКХ. М., 1975. Вып. 21. С. 44–45.

REFERENCES

1. Koksharova M.K., Lepp F.R., Kelik L.P. Vliyanie sveta na obrazovanie mikroklubnei kartofelya v kul'ture *in vitro* = [Influence of light on the formation of potato microtubers in the in-vitro culture]. *Teoriya i praktika mirovoi nauki*. 2018;(5):36-38. (In Russ.).
2. Korshunov A.V., Simakov E.A., Lysenko Yu.N., Anisimov B.V., Mityushkin A.V., Gaitov M.Yu. Actual problems and priority directions of development of potato growing. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2018;32(3):12-20. (In Russ.).
3. Vasil'ev A.A., Gordeev O.V., Dergilev V.P. et al. Zonal'naya sistema vozdeleyvaniya kartofelya v Chelyabinskoi oblasti: monografiya = [Zonal system of potato production in Chelyabinsk oblast: monograph]. Chelyabinsk; 2020. 163 p. (In Russ.).
4. Shanina E.P., Klyukina E.M., Stafeeva M.A et al. The comparative geographical analysis of potato varieties from a collection nursery. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2020;34(6):75-78. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10614. (In Russ.).
5. Kim I.K., Volkov D.I., Klykov A.G. Features of the formation of productivity of potato varieties in the monsoon climate. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka*. 2021;(4):33-37. (In Russ.).
6. Kim I.V., Klykov A.G. Prospects for the development of potato growing in the Far East. *Vestnik of the FEB RAS*. 2018;(3(199)):12-15. (In Russ.).
7. Simakov E.A., Sklyarova N.P., Yashina I.M. (eds.) Metodicheskie ukazaniya po tekhnologii selektsionnogo protsessa kartofelya = [Guidelines on the technology of the breeding process of potato]. Moscow: VNIKKH; 2006. P. 72. (In Russ.).
8. Kiru S.D., Kostina L.I., Truskinov E.H.V., Zoteeva N.M. et al. (eds.) Metodicheskie ukazaniya po podderzhanii i izucheniiu mirovoi kolleksitsii kartofelya = [Guidelines on the preservation and study of the global potato collection]. Saint-Petersburg: VIRPubl; 2010. P. 32. (In Russ.).
9. Yagodin B.A. et al. Praktikum po agrokhimii = [Practical course in agricultural chemistry]. Moscow: Agropromizdat; 1987. P. 197-198. (In Russ.).
10. Pshechenkov K.A., Davydenkova O.N., Sedova V.I. et al. Metodicheskie ukazaniya pootsenesortovkartofelyanaprigodnost' k pererabotkeikhraneniuyu = [Guidelines on the evaluation of potato varieties suitable for processing and storage]. Moscow: VNIKKH Publ.; 2008. P. 39. (In Russ.).
11. McDonald J.H. Handbook of biological statistics. Ed. 3. Baltimore, Maryland, USA: Sparky House Publishing. 2014. 305 p.
12. Kostina L.I. Ranniikartofel' v Nechernozem'e = [Early potato in the non-Black Earth zone]. Saint-Petersburg; 1993. P. 28. (In Russ.).
13. Marukhlenko A.V., Borisova N.P., Molyavko A.A., Erenkova L.A., Zhevora S.V. (ed.). Adaptivnost' sortov kartofelya na yugo-zapade nechernozemnoi zony = [Adaptability of potato varieties in the South-West of the non-Black Earth zone]. In: *Kartofelevodstvo: Materialy nauchno-prakticheskoi konf. «Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya selektsii i semenovodstva kartofelya» 9-10 iyulya 2018 g.* Moscow: FGBNU VNIKKH; 2018. P. 100-105. (In Russ.).
14. Ramakrishnan A.P., Ritland C.E., Blas Sevillano R.H., Riseman A.A. Review of Potato Molecular Markers to Enhance Trait Selection. *Amer. J. Potato Res.* 2015;(92):455-472.
15. Simakov E., Anisimov B., Yashina L., Uskov A., Yurlova S., Oves E. Potato breeding and seed production system development in Russia. *Potato Research*. 2008;51:313-326.
16. Kim I.V., Novoselova L.A., Il'yashik T.M., Volik N.M., Simakov E.A. (ed.). Kharakteristika iskhodnogo materiala I rezul'taty ego ispol'zovaniya v selektsii kartofelya v Primorskom krae = [Characterization of the starting material and the results of its usage in potato breeding in Primorskii kraj]. *Kartofelevodstvo: sbor. nauch. statei*. Moscow; 2009. P. 69-76. (In Russ.).
17. Piskun G.I. Rol' sorta v innovatsionnom razvitii kartofelevodstva = [The role of variety in the innovative development of potato production]. *Kartofelevodstvo*. 2010;17:66-75. (In Russ.).

18. Gareev G.G., Gareev R.R., Arsent'ev O.S., Blokhin V.I. Vliyanie sorta, temperatury i sroka khraneniya na kulinarnye kachestva kartofelya: rukovodstvo po aprobatsii sortovykh posevov = [The influence of variety, temperature and storage time on culinary qualities of potato : guidelines on the variety survey]. Kazan: Master-Lain;2002. P. 27. (In Russ.).

19. Gumerov T.YU., Reshetnik O.A. Osobennosti izmeneniya biokhimicheskikh pokazatelei v produktakh pitaniya: monografiya = [Specifics of changes in biochemical parameters of food products : monograph]. Kazan';2016. 228 p. (In Russ.).

20. Ladygina E.A., Kiryukhin V.P. Izmenenie soderzhaniya vitaminov v klubnyakh razlichnykh sortov kartofelya privyashchivani i khraneni = [Change in the content of vitamins in tubers of different potato varieties during growth and storage]. *Tekhnologiya proizvodstva kartofelya: nauch. tr. / MSKH, VNIKKH*. Moscow; 1975.(21). P. 44-45. (In Russ.).

Научная статья
УДК 632.95.025.8.954:633.18
DOI: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_6

Устойчивость биотипов ежовников к гербицидам, применяемым в посевах риса в Приморском крае

А.В. Костюк ✉, Н.Г. Лукачёва, Е.В. Ляшенко

Александр Васильевич Костюк

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений – филиал
Федерального научного центра агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки.
Приморский край, с. Камень-Рыболов, Россия
Kostiuk.55@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6068-6719>

Надежда Григорьевна Лукачёва

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений – филиал
Федерального научного центра агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки.
Приморский край, с. Камень-Рыболов, Россия
lukacheva52@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9564-7787>

Елена Владимировна Ляшенко

младший научный сотрудник
Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений – филиал
Федерального научного центра агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки.
Приморский край, с. Камень-Рыболов, Россия
elena.lyashenko@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2976-8403>

Аннотация. Сокращение посевных площадей риса в Приморском крае связано с сильной засоренностью сорняками рода *Echinochloa*, а также выработкой ими устойчивости к разрешенным к применению в Российской Федерации на этой культуре гербицидам. Семена устойчивых популяций *Echinochloa* (*E. crusgalli*, *E. occidentalis* и *E. phyllopogon*) были собраны в 2012–2020 гг. на 6 рисовых оросительных системах на участках с многолетним использованием гербицидов Сегмент, Номини и Цитадель. Исследования проводили на опытной базе ДВНИИЗР – филиал ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки. Дан анализ динамики развития устойчивости растений биотипов *Echinochloa* к гербицидам на оросительных системах Приморского края и в целом по региону. Накопление резистентности у популяций ежовников развивалось быстрыми темпами в тех хозяйствах, в которых были обнаружены биотипы, изначально устойчивые к гербициду Фацет. Резистентность сорняков рода *Echinochloa* к гербицидам Сегмент, Номини и Цитадель является перекрестной, она развивается у биотипов, исходно устойчивых к Фацету.

© Костюк А.В., Лукачёва Н.Г., Ляшенко Е.В., 2022

Ключевые слова: ежовник, биотип, резистентность, гербицид, уровень толерантности, показатель резистентности

Для цитирования: Костюк А.В., Лукачева Н.Г., Ляшенко Е.В. Устойчивость биотипов ежовников к гербицидам, применяемым в посевах риса в Приморском крае // Вестн. ДВО РАН. 2022. № 3. С. 61–69. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_6.

Original article

Resistance of barnyard grass biotypes to the herbicides applicable in the rice fields of the Primorye Territory

A. V. Kostyuk, N.G. Lukacheva, E.V. Lyashenko

Aleksandr V. Kostyuk

Candidate of Science in Agriculture, leading researcher

Far Eastern Research Institute of Plant Protection – Branch Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East names after A.K. Chaika, Kamen-Rybolov, Primorsky Territory, Russia

Kostiuk.55@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0001-6068-6719>

Nadegzda G. Lukacheva

Candidate of Science in Agriculture, senior researcher

Far Eastern Research Institute of Plant Protection – Branch Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East names after A.K. Chaika, Kamen-Rybolov, Primorsky Territory, Russia

lukacheva52@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0001-9564-7787>

Elena V. Lyashenko

Junior researcher

Far Eastern Research Institute of Plant Protection – Branch Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East names after A.K. Chaika, Kamen-Rybolov, Primorye Territory, Russia

elena.lyashenko@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0003-2976-8403>

Abstract. The reduction of rice acreage in Primorsky Territory is associated with a strong contamination by *Echinochloa* weeds, as well as their development of resistance to herbicides allowed in the Russian Federation for use. Seeds of resistant populations of *Echinochloa* (*E. crusgalli*, *E. occidentalis* and *E. phyllopogon*) were collected in 2012–2020 on 6 rice irrigation systems in areas with long-term use of herbicides Segment, Nomini and Tsitadel. The research was carried out at the experimental base of Far Eastern Research Institute of Plant Protection-branch Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika. The dynamics of the development of resistance of plants of *Echinochloa* biotypes to herbicides on irrigation systems of Primorsky Territory and in the whole region is analyzed. The accumulation of resistance in populations of barnyard grass developed rapidly in those farms in which biotypes initially resistant to the herbicide Facet were found. The resistance of *Echinochloa* weeds to the herbicides Segment, Nomini and Tsitadel is cross-developing in biotypes initially resistant to Facet.

Keywords: barnyard grass, biotype, resistance, herbicide, tolerance level, resistance index

For citation: Kostyuk A.V., Lukacheva N.G., Lyashenko E.V. Resistance of barnyard grass biotypes to the herbicides applicable in the rice fields of the Primorye Territory. *Vestnik of the FEB RAS*. 2022;(3):61-69. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_6.

Рис – приоритетная для населения Дальнего Востока культура. Площади его посева в 1984 г. достигали 49,4 тыс. га, к 1996 г. сократились до 10,4 тыс. га. Приморский край – единственный регион, в котором создан потенциал рисосеяния с мощнейшими насосными станциями, полной инфраструктурой и переработкой [1, 2]. В 2020 г. было посеяно 7,5 тыс., в 2021 г. – 5,3 тыс. га риса.

Одной из причин снижения посевных площадей риса является сильная засоренность посевов. Наиболее вредоносные сорняки в посевах риса в Приморском крае – ежовники, а также клубнекамыш приморский. Видами ежовников засорено 100 % посевов в средней и сильной степени (до 2000 шт./м²). Проведенными в Дальневосточном НИИ защиты растений исследованиями установлено, что достоверное снижение урожая зерна риса на 33–41 % (1,02–1,5 т/га) получено при произрастании в посевах 80 шт./м² растений ежовников. При увеличении плотности их стояния до 160–240 шт./м² недобор урожая возрастает до 1,9–2,41 т/га [3].

Другая причина сокращения посевных площадей, занятых под рисом, – выработка сорняками рода Ежовники устойчивости к гербицидам. В 2021 г. в «Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» в посевах риса было включено всего 8 наименований, в том числе 5 противозлаковых гербицидов: Номини, СК (д.в. биспирибак натрия), Нарис, СК (д.в. биспирибак кислота), Сегмент, ВДГ (д.в. азимсульфурон), Цитадель 25, МД (д.в. пеноксилам), Номини Суприм, СЭ (д.в. биспирибак натрия + метафифоп) [4]. Несмотря на разные действующие вещества (д.в.) все эти препараты имеют один и тот же принцип действия и являются ингибиторами ацетолактатсинтазы (ALS-ингибиторы).

Устойчивость сорных растений к действию гербицидов – стабильное состояние, при котором влияние гербицида на популяцию сорняков приводит к доминированию генотипов, способных выживать и расти после обработки гербицидом в тех концентрациях, которые при нормальных условиях губительны для популяции. Первоначально устойчивость к применяемому гербициду проявляется у отдельных, наименее восприимчивых к нему сорных растений, число которых тем выше, чем больше гетерогенность популяции. Повторное применение данного гербицида либо гербицида с иным действующим веществом, но идентичным механизмом действия приводит к селективному отбору резистентных сорных растений. В отсутствие других методов борьбы, кроме химических, а также при нарушении севооборотов такие растения быстро увеличивают численность популяции [5].

Различают два основных вида резистентности: групповую, или перекрестную, и множественную. При перекрестной резистентности растения устойчивы к двум или нескольким действующим веществам, относящимся к одной химической группе и близким по строению и механизму действия. Такая устойчивость обусловлена одним и тем же генетическим фактором. При этом возврат чувствительности растений возможен при чередовании препаратов различных химических групп. Перекрестная устойчивость может возникать между действующими веществами с одинаковым механизмом действия или даже между действующими веществами разных механизмов действия [6].

В зарубежной литературе немало сведений о резистентности видов ежовников к гербицидам, применяемым в посевах риса. Так, на рисовых полях Уругвая выявлена устойчивость *E. crusgalli*, а в Греции – *E. Phyllopogon* к д.в. пеноксулам [7, 8]. Резистентность к этому же действующему веществу приобрели *E. crusgalli* и *E. phyllopogon* в Китае [9, 10]. Устойчивые популяции этих видов ежовников были зафиксированы на рисовых полях Южной Кореи; растения этих видов проявили перекрестную устойчивость к действующим веществам азимсульфурон, пеноксулам и биспирибак натрия [11]. К последнему из них приобрел резистентность биотип *E. phyllopogon* в Юго-Восточной Азии [12]. Однако, к сожалению, об устойчивых биотипах сорняков семейства мятликовые в России известно мало; это объясняется слабой изученностью проблемы, а не ее отсутствием [13]. На рисовых полях Краснодарского края были выявлены устойчивые к гербициду Цитадель растения трех видов ежовников: *E. crusgalli*, *E. Oryzoides* и *E. phyllopogon* [14].

В Приморском крае в 2010 г. специалистами ДВНИИЗР выявлены три биотипа ежовников (*E. crusgalli*, *E. Occidentalis* и *E. Phyllopogon*), устойчивых к широко применявшемуся в то время гербициду Фацет (д.в. квинкlorак) [15], позже – к препаратам Цитадель, Номини и Сегмент. Доказано, что устойчивость ежовников к этим препаратам является перекрестной и развивается у биотипов с ранее выработанной резистентностью к гербициду Фацет [16–18]. Основной способ проведения теста на устойчивость сорного растения следующий: на полях отбирают семена предположительно резистентных растений сорняка, которые не погибли после правильно проведенной химпрополки, причем на поле ранее много лет использовали гербициды с одним механизмом действия. Для сравнения отбирают семена того же вида на необработанных гербицидами площадях. Собранные семена выращивают в лаборатории искусственного климата. Растения обрабатывают, используя сетку дозировок препарата (не менее пяти). Для чувствительного и устойчивого биотипов сетка дозировок может существенно различаться [19].

Цель исследований – дать оценку динамики развития резистентности биотипов сорняков рода *Echinochloa* к гербицидам, применяемым в посевах риса в Приморском крае.

Материалы и методика исследований

Исследования проводили в 2013–2021 гг. на рисовых полях Приморского края и в условиях вегетационного домика на базе Дальневосточного научно-исследовательского института защиты растений – филиал «ФНЦ агроботехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» с использованием известных методик [20, 21].

Семена устойчивых популяций *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. (ежовник обыкновенный), *E. occidentalis* (Wiegand) Rybd. (ежовник западный, или спиральный) и *E. Phyllopogon* (Stapf.) Kossenko (ежовник бородчатый) собраны на полях 6 оросительных систем, которые много лет обрабатывались препаратами Сегмент, Цитадель и Номини. Для идентификации растений ежовников использовали определитель Н.С. Пробатовой [22]. За данный промежуток времени обследованы 12 хозяйств, расположенных на оросительных системах (о.с.) Мельгуновской, Новодевичанской, Петровичанской, Арсеньевской, Новосельской и бывшего совхоза «Авангард». Семена чувствительных (природных, эталонных) популяций взяты с участков, где гербициды ранее никогда не применяли.

Для определения устойчивости видов ежовников к гербицидам Цитадель, Номини и Сегмент использовали биологический тест. Для этого лугово-глебовую почву, просеянную через сито с ячейками размером 5 мм, набивали в пластмассовые стаканчики емкостью 300 г. Предварительно пророщенные семена высаживали в стаканчики. Почву увлажняли до 60–70 % полевой влагоемкости. Повторность опытов 5-кратная. Одновременно по той же схеме закладывали семена чистых (природных) популяций, которые в опытах были использованы как эталоны сравнения. При достижении растениями фазы 2–3 листьев проводили обработку гербицидами Сегмент, Номини и Цитадель в дозах соответственно: 0,025–0,030–0,040–0,050 кг/га; 0,045–0,060–0,075–0,090 л/га; 0,8–1,0–1,6–2,0 л/га. К препарату Сегмент добавляли поверхностно-активное вещество Тренд-90 (0,2 л/га), к Номини – адьювант А-100 в соотношении 1:1. Обработку осуществляли с помощью изготовленного во Всероссийском научно-исследовательском институте фитопатологии лабораторного опрыскивателя ОЛ-5. На следующие сутки после нанесения растворов гербицидов стаканчики с почвой заливали водой слоем 1,0–1,5 см, который поддерживали до окончания опыта.

Степень устойчивости популяций ежовников к препаратам Сегмент, Номини и Цитадель оценивали по снижению сырой массы растений в процентах к безгербицидному варианту (контроль), а также к эталону. По данным регрессионного анализа «доза – эффект» определяли $СД_{50}$ (количество препарата, снижающее массу растений на 50 %) для обладающих и не обладающих устойчивостью видов, рассчитывали показатель резистентности ПР (отношение $СД_{50}$ устойчивого вида к $СД_{50}$ чувствительного вида).

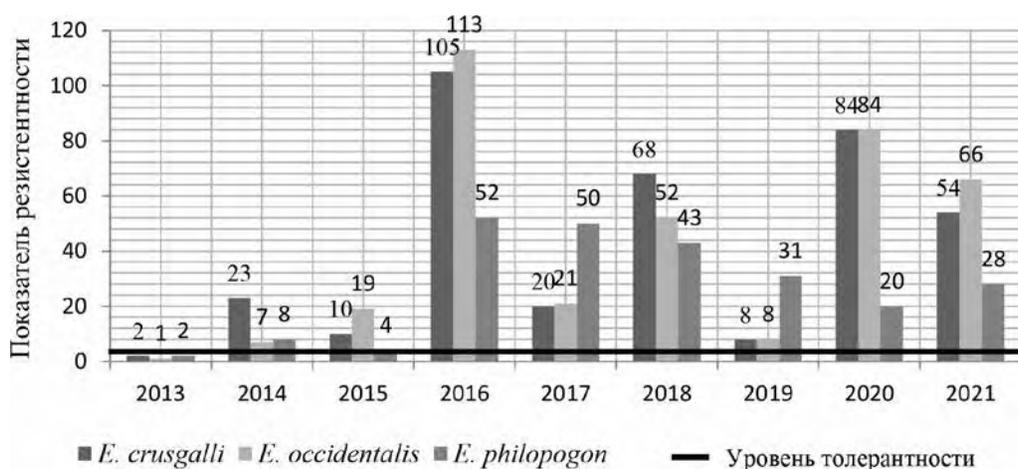
Результаты и обсуждение

В 2011 г. в связи с окончанием срока регистрации гербицида Фацет его перестали завозить в Российскую Федерацию. Для преодоления устойчивости к этому препарату в Приморском крае начали применять препараты с другим механизмом действия (Сегмент, Цитадель, Номини, Нарис), которые эффективно уничтожали сорняки рода *Echinochloa*. Однако со временем степень засоренности полей ежовниками постепенно стала возрастать, в посевах появились растения, устойчивые к действию указанных препаратов.

В популяциях вида есть вероятность нахождения растений, генетически устойчивых к тому или иному гербициду. Выжившие после слабой обработки растения вырастают и дают семена. На следующий год в популяции сорного растения появляется больше устойчивых форм. Обработка гербицидом сходного типа действия увеличивает количество таких форм. Устойчивые растения дают потомство, и на третий год в популяции становится еще больше устойчивых к действию гербицидов растений.

На рисунке показана динамика развития устойчивости биотипов *Echinochloa* к гербицидам, применяемым в посевах риса в Приморском крае.

В 2013 г. используемые препараты эффективно уничтожали однолетние злаковые сорняки в посевах риса. В 2014 г. активность гербицидов против биотипов *E. occidentalis* и *E. Phyllopogon* находилась примерно на уровне толерантности (ПР = 4), а против биотипа *E. crusgalli* превышала этот уровень почти в 6 раз. В 2015 г. показатель резистентности биотипа *E. occidentalis* равнялся 19, а биотипа *E. crusgalli* снизился до 10. В 2016 г. зарегистрированы максимальные за все



Уровень устойчивости биотипов *Echinochloa* к гербицидам в посевах риса в Приморском крае (2013–2021 гг.)

годы исследований значения показателя резистентности – 52–113 для всех биотипов ежовников, что превысило уровень толерантности в 13–28 раз. Соблюдение севооборота (выращивание риса по рису в течение не более 3 лет, исключение из севооборота наиболее засоренных полей), а также чередование препаратов из разных классов, различающихся по механизму действия, позволили в 2019 г. снизить устойчивость биотипов *E. crusgalli* и *E. Occidentalis* (ПР = 8). Однако показатель резистентности *E. phyllopogon* все еще почти в 8 раз превышал уровень толерантности. Казалось бы, ситуация с устойчивостью ежовников к применяемым гербицидам стабилизировалась. Но в 2020 и 2021 гг. показатель резистентности *E. Crusgalli* и *E. occidentalis* вновь стал превышать уровень толерантности в 13,5–21, а *E. phyllopogon* – в 5–7 раз. Было установлено, что устойчивость сорняков рода *Echinochloa* к гербицидам Сегмент, Номини и Цитадель развивалась быстрыми темпами в тех хозяйствах, в которых были обнаружены ранее резистентные биотипы, изначально устойчивые к гербициду Фацет. Это доказывает, что резистентность ежовников в Приморском крае является перекрестной.

Первые устойчивые популяции *Echinochloa* к новым в то время гербицидам появились в 2014 г. на посевах риса Мельгуновской (ПР = 26–51) и Новодевичанской (ПР = 6–10) оросительных систем (см. таблицу).

В 2015 г. существенное увеличение устойчивых форм (ПР = 130) отмечено у биотипа *E. occidentalis* на Мельгуновской о.с. (ООО «Агро Десун Ханка»).

Во все годы исследований на Мельгуновской о.с. отмечался самый высокий уровень устойчивости сорняков рода *Echinochloa*. Даже, казалось бы, в благоприятные для Приморья 2017 и 2019 гг. показатель резистентности изучаемых биотипов в 6–14 раз превышал уровень толерантности. В 2021 г. в ООО «АПК Альянс» ПР биотипа *E. Crusgalli* был равен 145. Начиная с 2016 г. тяжелая ситуация сохраняется на Новодевичанской о.с. (ООО «Новодевичанское», СХПК «Луговое», ООО «ЛегендаАгро»), за исключением 2019 г. В 2021 г. показатель резистентности трех биотипов ежовников превышал уровень толерантности в 10–43 раза. На Петровчанской о.с. (ООО «Смена») первые устойчивые формы появились в 2016 г. у биотипа *E. phyllopogon* с ПР = 28, а с 2017 г. – и у *E. Crusgalli* и *E. occidentalis* с ПР = 22 и 15 соответственно. В настоящее время на данной оросительной системе

Показатель резистентности биотипов *Echinochloa* к гербицидам на рисовых оросительных системах Приморского края (2013—2021 гг.)

| Оросительная система | Годы | | | | | | | | |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
| <i>E. crusgalli</i> | | | | | | | | | |
| Мельгуновская | 2 | 51 | 31 | 28 | 3 | 317 | 25 | 19 | 145 |
| Новодевичанская | 2 | 10 | 7 | 358 | 16 | 28 | 6 | 126 | 75 |
| Петровичанская | 1 | 2 | 2 | 4 | 22 | 66 | 10 | 199 | 14 |
| Новосельская | 1 | 3 | 3 | 188 | 4 | 3 | 0 | 2 | 10 |
| Арсеньевская | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 8 | 4 | 5 | – |
| Совхоз «Авангард» | 1 | – | – | 6 | 69 | 33 | 5 | 11 | 7 |
| <i>E. occidentalis</i> | | | | | | | | | |
| Мельгуновская | 1 | 29 | 130 | 466 | 9 | 136 | 24 | 61 | 9 |
| Новодевичанская | 2 | 6 | 5 | 267 | 14 | 75 | 3 | 87 | 172 |
| Петровичанская | 1 | 2 | 2 | 3 | 15 | 14 | 14 | 151 | 32 |
| Новосельская | 1 | 7 | 2 | 18 | 4 | 3 | 3 | 144 | 7 |
| Арсеньевская | 2 | 1 | 1 | 16 | 6 | 4 | 3 | 3 | – |
| Совхоз «Авангард» | 1 | – | – | 4 | 92 | 39 | 2 | 116 | 5 |
| <i>E. phyllopogon</i> | | | | | | | | | |
| Мельгуновская | 2 | 26 | 4 | 208 | 56 | 121 | 8 | 45 | 9 |
| Новодевичанская | 2 | 7 | 9 | 46 | 17 | 65 | 8 | 13 | 39 |
| Петровичанская | 1 | 3 | 2 | 28 | 19 | 17 | 25 | 3 | 31 |
| Новосельская | 1 | 6 | 2 | 22 | 4 | 3 | 12 | 24 | 24 |
| Арсеньевская | 1 | 2 | 1 | 22 | 4 | 4 | 2 | 1 | – |
| Совхоз «Авангард» | 2 | – | – | 22 | 268 | 47 | 155 | 16 | 31 |

Примечание. Прочерк – мониторинг не проводился.

показатель резистентности к гербицидам Сегмент, Цитадель и Номини превышает уровень толерантности в 3,5–10 раз.

Существенное привыкание растений биотипа *E. Crusgalli* к гербицидам отмечено в 2016 г. на Новосельской о.с., где ПР = 188, у *E. occidentalis* и *E. phyllopogon* на тот момент он равнялся соответственно 18 и 22. ПР биотипа *E. Occidentalis* в 2020 г. превышал уровень толерантности в 36 раз, а биотипа *E. Phyllopogon* в 2021 г. – в 6 раз.

На Арсеньевской о.с. только в 2016 г. были выявлены устойчивые популяции *E. occidentalis* и *E. phyllopogon* с ПР = 16 и 22 соответственно. В этом же году на рисовой оросительной системе бывшего совхоза «Авангард» (Ханкайский район) зарегистрирована устойчивость биотипа *E. phyllopogon* с ПР = 22; уже на следующий год он вырос до 268. В 2017 г. биотипы *E. Crusgalli* и *E. occidentalis* тоже выработали устойчивость, ПР для них превышал уровень толерантности в 17–23 раза. В 2020 г. ПР *E. Occidentalis* составлял 116, что в 29 раз превышало уровень толерантности.

Выводы

В настоящее время ситуация с устойчивостью сорняков рода *Echinochloa* в Приморском крае критическая. Чтобы избежать дальнейшего сокращения посевов риса, «зеленый пожар», который вновь разгорелся в 2014 г., нужно

погасить. Соблюдение севооборота решает эту проблему только временно. Необходимо ускорить процедуру регистрации в Российской Федерации гербицидов с другим механизмом действия. Испытания таких препаратов проводятся, и они дают неплохие результаты.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мизенин А.И. Культура риса в Приморском крае и проблемы ее развития // Дальневост. аграр. вестн. 2015. № 4 (36). С. 17–20.
2. Ким А.В., Вдовенко А.В., Назарова А.А. Перспективы инновационного развития Дальнего Востока // Дальневост. аграр. вестн. 2016. № 1 (37). С. 24–32.
3. Костюк А.В., Лукачева Н.Г., Гиневский Н.К. Вредоносность сорняков в посевах риса в Приморском крае // Земледелие. 2006. № 2. С. 42–43.
4. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. 2021 год: справ. изд. (Приложение к журналу «Защита и карантин растений»; № 4). М., 2021. 816 с.
5. Зеленская О.В. Экологический риск распространения на рисовых полях сорных растений устойчивых к гербицидам: обзор // Рисоводство. 2021. № 1 (50). С. 76–87. DOI: 10.33775/1684-2464-2021-50-1-76-87.
6. Устойчивость сорных растений к гербицидам // Наше сельское хозяйство. 2019. № 13. С. 52–58.
7. Marchesi C., Saldain N.E. First report of herbicide – resistant *Echinochloa crusgalli* in Uruguayan rice fields // Agronomy. 2019. N 9 (12). P. 790. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120790>.
8. Kaloumenos N.S., Chatzilaridou S.L., Mylona P.V., Polidoros A.N., Elef the rohorinos I.C. Target-site mutation associated with cross-resistance to ALS-inhibiting herbicides in late water-grass (*Echinochloa oryzicola* Vasing) // Pest Management Science. 2013. N 69. P. 865–873.
9. Fang J., Liu T., Zhang Y., Li J., Dong L. Target site-based penoxsulam resistance in barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli*) from China // Weed Science. 2019. Vol. 67, N 3. P. 281–287. <https://doi.org/10.1017/wsc.2019.5>.
10. Liu J., Fand J., He Z., li G., Dong L. Target site-based resistance to penoxsulam in late watergrass (*Echinochloa phyllopogon*) from China // Weed Science. 2019. Vol. 67, N 4. P. 380–388. <https://doi.org/10.1017/wsc.2019.14>.
11. Song J.-S., Lim S.-H., Yook M.-J., Kim J.-W., Kim D.-S. Cross-resistance of *Echinochloa* species to acetolactate synthase inhibitor herbicides // Weed Biology and Management. 2017. Vol. 17, N 2. P. 91–102.
12. Fischer A.J., Bayer D.E., Carriere M.D., Ateh C.M., Yim K.-O. Mechanisms of resistance to bispyribac-sodium in an *Echinochloa phyllopogon* accession // Pestic. Biochem. Physiol. 2000. N 68. P. 156–165.
13. Кулагин О.В. Устойчивость однолетних мятликовых сорняков к гербицидам // Защита и карантин растений. 2012. № 11. С. 12–15.
14. Брагина О.А. О резистентности сорняков к гербицидам // Рисоводство. 2016. № 1/2 (30/31). С. 46–49.
15. Лукачева Н.Г., Костюк А.В. Резистентность ежовников в посевах риса и пути ее преодоления // Проблемы экологии агроэкосистем: пути и методы их решения: материалы Всерос. науч. конф. Новосибирск, 2009. С. 70–73.
16. Лукачева Н.Г., Костюк А.В. Формирование резистентности к гербициду Сегмент в популяциях ежовников *Echinochloa* // Вестн. ДВО РАН. 2019. № 3. С. 97–102. DOI:10.25808/08697698.2019.205.3.017.
17. Лукачева Н.Г., Костюк А.В. Устойчивость ежовников к гербициду Цитадель в посевах риса в Приморском крае // Вестн. ДВО РАН. 2020. № 4. С. 100–104.
18. Лукачева Н.Г., Костюк А.В. Формирование устойчивости биотипами сорняков рода *Echinochloa* к гербициду Номини, СК на рисовых полях Приморского края // Вестн. ДВО РАН. 2021. № 3 (217). С. 63–69. DOI: 10.37102/0869-7698.2021.217.0310.
19. Колупаев М.В. Резистентность сорняков к гербицидам нарастает // Защита и карантин растений. 2021. № 4. С. 15–16.

20. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973. 336 с.
21. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве / РАСХН – ВНИИФ. Голицыно, 2004. 243 с.
22. Пробатова Н.С. Сем. мятликовые // Сосудистые растения Советского Дальнего Востока: в 8 т. / под ред. С.С. Харкевича. Л.: Наука, 1985. Т. 1. С. 89–382.

REFERENCE

1. Mizenin A.I. Rice culture in Primorsky Krai and problems of its development. *Far Eastern agrarian bulletin*. 2015;(4 (36)):17-20. (In Russ.).
2. Kim A.V., Vdovenko A.V., Nazarova A.A. Prospects for innovative development of the southern territories of the Far East. *Far Eastern agrarian bulletin*. 2016;(1 (37)):24-32. (In Russ.).
3. Kostyuk A.V., Lukacheva N.G., Ginevsky N.K. The harmfulness of weeds in rice sowing in the Primorsky Territory. *Agriculture*. 2006;(2):42-43. (In Russ.).
4. List of pesticides and agrochemicals approved for use on the territory of the Russian Federation in 2021. Appendix to the journal «Plant Protection and Quarantine». Moscow. 2021;(4):816. (In Russ.).
5. Zelenskaya O.V. Ecological risk of herbicide – resistant weeds distribution in rise fields. *Rice growing*. 2021;(1(50)):76-87. (In Russ.).
6. Weed resistance to herbicides. *Our agriculture*. 2019;(13):52-58. (In Russ.).
7. Marchesi C., Saldain N.E. First report of herbicide – resistant *Echinochloa crusgalli* in Uruguayan rice fields. *Agronomy*. 2019;(9 (12)):790. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120790>.
8. Kaloumenos N.S., Chatzilazaridou S.L., Mylona P.V., Polidoros A.N., Eleftherohorinos I.C. Target-site mutation associated with cross-resistance to ALS-inhibiting herbicides in late water-grass (*Echinochloa oryzicola* Vasing). *Pest management Science*. 2013;(69):865-873.
9. Fang J., Liu T., Zhang Y., Li J., Dong L. Target site-based penoxsulam resistance in barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli*) from China. *Weed Science*. 2019;(67 (3)):281-287. <https://doi.org/10.1017/wsc.2019.5>.
10. Liu J., Fang J., He Z., Li G., Dong L. Target site-based resistance to penoxsulam in late watergrass (*Echinochloa aphyllopogon*) from China. *Weed Science*. 2019;67(4):380-388. <https://doi.org/10.1017/wsc.2019.14>.
11. Song J.-S., Lim S.-H., Yook M.-J., Kim J.-W., Kim D.-S. Cross-resistance of *Echinochloa* species to acetolactate synthase inhibitor herbicides. *Weed Biology and Management*. 2017;17(2):91-102.
12. Fischer A.J., Bayer D.E., Carriere M.D., Ateh C.M., Yim K.-O. Mechanisms of resistance to bispyribac-sodium in an *Echinochloa aphyllopogon* accession. *Pestic. Biochem. Physiol.* 2000;(68):156-165.
13. Kulagin O.V. Resistance of annual bluegrass weeds to herbicides. *Plant Protection and Quarantine*. 2012;(11):12-15. (In Russ.).
14. Bragina O.A. Weeds resistance to herbicides. *Rice growing*. 2016;(1/2 (30/31)):46-49. (In Russ.).
15. Lukacheva N.G., Kostyuk A.V. Resistant *Echinochloa* in rice and ways of renewal. *Ecologic problems of agroecosystems: Proceedings of the Russian Scientific. conf.* Novosibirsk, 2009:70-73. (In Russ.).
16. Lukacheva N.G., Kostyuk A.V. Formation of resistance to Segment herbicide in populations of *Echinochloa*. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2019;(3):97-102. (In Russ.).
17. Lukacheva N.G., Kostyuk A.V. Resistant *Echinochloa* to Tsitadel herbicide in rice sowing in Primorsky Territory. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2020;(4):100-104. (In Russ.).
18. Lukacheva N.G., Kostyuk A.V. Formation of resistant ecotypes of weeds of the genus *Echinochloa* to herbicide Nomini, SC in the rice fields of the Primorsky Krai. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2021;(3(217)):63-69. (In Russ.).
19. Kolupaev M.V. Resistant weeds buildup to herbicides. *Plant Protection and Quarantine*. 2021;(4):15-16. (In Russ.).
20. Dospikhov B.A. Methodology of field experience. М.: Kolos, 1973. 336 p. (In Russ.).
21. Spiridonov Yu.Ya., Larina G.E., Shestakov V.G. Methodological guide for the study of herbicides used in crop production / RACHN–VNIIF. Golitsino; 2004:243 p.
22. Kharkevich S.S. (ed.), Probatova N.S. Plant Poa. *Vascular plant of the Soviet Far East: in 8 r.* Leningrad: Nauka; 1985; Vol. 1. P. 89-382. (In Russ.).

Научная статья

УДК 632.954:633.853.52:632.51

DOI: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_7

Способ определения почвенного запаса быстропрорастающих семян сорных растений

В.Н. Мороховец✉, З.В. Басай, Т.В. Мороховец, Е.С. Маркова,
С.С. Вострикова, Н.С. Скорик

Вадим Николаевич Мороховец

кандидат биологических наук, директор

Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений – филиал
Федерального научного центра агроботехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Приморский край, Ханкайский район, с. Камень-Рыболов, Россия
dalniizr@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4220-2466>

Зоя Викторовна Басай

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений – филиал
Федерального научного центра агроботехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Приморский край, Ханкайский район, с. Камень-Рыболов, Россия
dalniizr@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1428-7535>

Тамара Викторовна Мороховец

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений – филиал
Федерального научного центра агроботехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Приморский край, Ханкайский район, с. Камень-Рыболов, Россия
dalniizr@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4258-6268>

Елена Сергеевна Маркова

младший научный сотрудник

Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений – филиал
Федерального научного центра агроботехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Приморский край, Ханкайский район, с. Камень-Рыболов, Россия
dalniizr@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9593-0352>

Светлана Сергеевна Вострикова

научный сотрудник

Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений – филиал
Федерального научного центра агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Приморский край, Ханкайский район, с. Камень-Рыболов, Россия
dalniizr@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6817-0204>

Нина Сергеевна Скорик

младший научный сотрудник

Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений – филиал
Федерального научного центра агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Приморский край, Ханкайский район, с. Камень-Рыболов, Россия
dalniizr@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9327-5828>

Аннотация. При проведении исследований последствий гербицидов Флекс и Фюзилад Форте, осуществленных в 2020–2021 гг. в условиях вегетационного домика, успешно испытан упрощенный способ определения почвенного запаса быстропрастающих семян сорных растений, который рекомендуется в качестве альтернативы стандартному биологическому методу. Учет способных к прорастанию семян предлагается проводить по количеству всходов сорняков, появившихся в ходе реализации экспериментов по оценке безопасности почвенных остатков гербицидов для сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: гербицид, сорные растения, быстропрастающие семена, всходы, последствие, способ, метод

Для цитирования: Мороховец В.Н., Басай З.В., Мороховец Т.В., Маркова Е.С., Вострикова С.С., Скорик Н.С. Способ определения почвенного запаса быстропрастающих семян сорных растений // Вестн. ДВО РАН. 2022. № 3. С. 70–79. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_7.

Original article

Method for determining the soil stock of rapidly germinating weed seeds

V.N. Morokhovets, Z.V. Basai, T.V. Morokhovets, E.S. Markova,
S.S. Vostrikova, N.S. Skorik

Vadim N. Morokhovets

Candidate of Sciences in Biology, Director

Far Eastern Research Institute of Plant Protection – Branch of Federal Scientific Center of
Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika, Primorsky Territory, Khankai
district, Kamen-Rybolov village, Russia
dalniizr@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4220-2466>

Zoya V. Basai

Candidate of Science in Agriculture, senior researcher

Far Eastern Research Institute of Plant Protection – Branch of Federal Scientific Center of

Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika, Primorsky Territory, Khankai district, Kamen-Rybolov village, Russia
dalniizr@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1428-7535>

Tamara V. Morokhovets

Candidate of Science in Agriculture, leading researcher
Far Eastern Research Institute of Plant Protection – Branch of Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika, Primorsky Territory, Khankai district, Kamen-Rybolov village, Russia
dalniizr@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4258-6268>

Elena S. Markova

Junior researcher
Far Eastern Research Institute of Plant Protection – Branch of Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika, Primorsky Territory, Khankai district, Kamen-Rybolov village, Russia
dalniizr@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9593-0352>

Svetlana S. Vostrikova

Researcher
Far Eastern Research Institute of Plant Protection – branch of Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika, Primorsky Territory, Khankai district, Kamen-Rybolov village, Russia
dalniizr@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6817-0204>

Nina S. Skorik

Junior researcher
Far Eastern Research Institute of Plant Protection – branch of Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika, Primorsky Territory, Khankai district, Kamen-Rybolov village, Russia
dalniizr@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9327-5828>

Abstract. When conducting studies of the aftereffect of Flex and Fusilade Forte herbicides carried out in 2020–2021 in a growing house, a simplified method for determining the soil stock of fast-germinating weed seeds was successfully tested, which is recommended as an alternative to the standard biological method. It is proposed to take into account seeds capable of germination by the number of weed seedlings that appeared during the implementation of experiments to assess the safety of soil residues of herbicides for agricultural crops.

Keywords: herbicide, weeds, fast-germinating seeds, seedlings, aftereffect, technique, method

For citation: Morokhovets V.N., Basai Z.V., Morokhovets T.V., Markova E.S., Vostrikova S.S., Skorik N.S. Method for determining the soil stock of rapidly germinating weed seeds. *Vestnik of the FEB RAS*. 2022;(3):70-79. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_7.

Введение

В настоящее время применение гербицидов – единственный радикальный способ борьбы с сорняками в промышленных масштабах [1, 2]. Но необходимо

учитывать, что гербициды не обладают абсолютной избирательностью действия, и их остатки в почве могут нанести непоправимый урон культуре, которая будет выращиваться на этом поле на следующий год [3–9]. Поэтому химическая защита от сорняков является тем элементом интенсификации растениеводства, вокруг которого в последнее время ведутся дискуссии социального, экологического и экономического характера [10, 11]. Некоторые исследователи утверждают, что даже при самой тщательной процедуре применения химической защиты сорных растений целевого организма достигает не более 1 % препарата. Остальная часть пестицида распределяется в объектах окружающей среды [12, 13]. Слабо изученными остаются аспекты использования баковых смесей пестицидов. На практике очень часто использование научно необоснованных баковых гербицидных композиций приводит к отрицательным фитосанитарным и экономическим последствиям [14, 15]. Пролонгированное действие гербицидов имеет и положительное значение – засоренность обработанного поля снижается на длительное время [16, 17]. Например, в результате пролонгированного действия на сорные растения гербицидов с действующим веществом С-метолахлор посевы сои остаются чистыми весь вегетационный период. Отмечаются лучшее очищение агроценозов от сорной растительности, снижение общей засоренности угодий под следующую культуру [18–20]. Так, на орошаемых землях Нижнего Поволжья на фоне последствия трехлетнего внесения гербицидов численность сорняков в посевах суданской травы была на 40–52 % ниже, чем в контроле. Для Приморского края предложена схема возделывания риса в коротком ротационном севообороте с соей, во время ухода за которой уничтожаются многие сорняки, благодаря чему на рисовом поле можно избежать применения гербицидов [21]. Ранее сотрудниками нашего института было установлено, что гербициды Фабиан 0,1 кг/га и Лазурит 0,5–1,0 кг/га, примененные в посевах сои, на следующий год на 32–63 % снижают запас в почве семян сорных растений, способных к быстрому прорастанию [22, 23].

Таким образом, анализ литературных и собственных данных свидетельствует о том, что зачастую гербициды не только снижают засоренность посевов в сезон применения, но и очищают от сорняков поля под следующие культуры. Количественная оценка очищающего действия гербицидов (по снижению запаса жизнеспособных семян сорняков в почве) традиционно реализуется путем проведения специальных экспериментов в условиях теплицы или вегетационного домика.

Цель исследований – сравнить стандартный биологический метод определения почвенного запаса быстропрорастающих семян сорных растений и предложенный нами способ подсчета всходов сорняков в процессе изучения последствия гербицидов на сельскохозяйственные культуры.

Материал и методы

Опыты по сравнению двух способов количественного определения всхожих семян сорных видов растений проведены по одной схеме в 2020 и 2021 гг. в условиях вегетационного домика. Оценивали последствие на сельскохозяйственные культуры гербицидов и изменение почвенного запаса быстропрорастающих семян сорных растений после применения препаратов Флекс, ВР (д.в. фомесафен, 250 г/л) 1,5 л/га + ПАВ Тренд 90, Ж (90%-й водный раствор этоксилата изодецилового спирта) 0,2 л/га, через трое суток – Фюзилад

Форте, ВР (д.в. флуазифоп-П-бутил, 150 г/л) 1,5 л/га в посевах сои в 2019 и 2020 гг.

Образцы почвы объемом примерно по 2 л отбирали в пяти точках на четырех опытных участках (делянках) из горизонта 0–20 см после уборки сои, через 3,5 мес. после применения гербицидов. Почва лугово-бурая оподзоленная, по механическому составу – средняя глина, содержание органического вещества (ГОСТ 26213-91) – 3,8 %, подвижного фосфора и обменного калия (ГОСТ 54650-2011) – 16 и 120 мг/кг почвы соответственно, $pH_{\text{сол}}$ (ГОСТ 26483-85) – 5,3. Для оценки возможного действия почвенных остатков гербицидов на культуру использовали разработанный во ВНИИ фитопатологии метод биотестирования (метод количественной оценки содержания гербицидов в среде)¹. Образцы почвы высушивали в тени до воздушно-сухого состояния, просеивали через сито с ячейками диаметром 5 мм и помещали в пластмассовые вегетационные сосуды (стаканы) высотой 6 см, емкостью 250 см³, с площадью открытой поверхности 57 см². При посеве снимали верхний (2 см) почвенный слой в стакане, оставшуюся почву слегка уплотняли, раскладывали семена тестируемых культур (томаты, морковь, рис) на ее поверхности и засыпали возвращаемым верхним слоем почвы. Одновременно по той же схеме закладывали контрольные варианты с чистой почвой, отобранной с участков, не обработанных гербицидами. Полив вегетационных сосудов осуществляли ежедневно водопроводной водой до уровня 60–70 % от полной влагоемкости (ПВ). Повторность опытов 10-кратная. Продолжительность выращивания в сосудах томатов, моркови и риса – 30 сут. после посева. До срезки и взвешивания растений тест-культур проводили регулярные наблюдения за их ростом и развитием в опытных и контрольных вариантах. Одновременно в течение всего эксперимента фиксировали появление всходов сорных растений. Количественные учеты сорняков с определением видового состава с удалением подсчитанных всходов выполняли через каждые 10–15 сут. и продолжали осуществлять в течение 2 мес. после срезки растений тест-культур. Об очищающем действии препаратов, изменении степени засоренности почвы быстропрастающими семенами сорных растений судили по снижению суммарного количества всходов сорняков в опытных вариантах в сравнении с контролем (почва с участков, на которых гербициды в 2019–2020 гг. не применяли).

Стандартную оценку почвенного запаса быстропрастающих семян сорных растений проводили общепринятым биологическим методом, который основан на учете проросших семян сорняков по количеству появившихся в динамике всходов^{2,3}. В соответствии с данной методикой воздушно-сухие образцы почвы тщательно перетирали, чтобы вывести из состояния покоя семена с плотной оболочкой, и засыпали по 250 см³ (400 г) в плоскодонные растильни площадью 134 см². Повторность каждого опыта 5-кратная. Влажность почвы в растильнях поддерживали на уровне 60–70 % от ПВ систематическим поливом. Для

¹ Спиридонов Ю.Я., Ларина Е.Г., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве. М.: Печатный город, 2009. 252 с.

² Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М. Практикум по земледелию. М.: Агропромиздат, 1987. 383 с.

³ Захаренко А.В. Теоретические основы управления сорным компонентом агрофитоценоза в системе земледелия. М.: Изд-во МСХА, 2000. 468 с.

предотвращения быстрого пересыхания тонкого почвенного слоя растительными накрывали прозрачными стеклами. Всходы сорняков по видам учитывали (с удалением) каждые 7–9 сут. в течение 3 мес.

Результаты исследований

При изучении возможного последствия гербицидов было выяснено, что почвенные остатки препаратов Флекс и Фюзилад Форте токсичны для тестируемых культур. Снижение надземной биомассы риса, моркови и томатов в опытных вариантах было существенным и в сравнении с контролем в среднем за два года исследований составило 12, 28 и 38 % соответственно. В контрольных сосудах за 90 сут., вне зависимости от того, какая выращивалась тест-культура, в среднем за два года исследований было получено 20,7 шт. всходов сорных растений 10 видов, включая наиболее широко и массово распространенные в посевах сои и других культур Приморского края ежовник обыкновенный, амброзию полыннолистную и акалифу южную (см. таблицу). В общем количестве полученных в вегетационных сосудах всходов эти сорные виды в среднем составили 86 %.

Снижение засоренности почвы быстропрорастающими семенами сорняков в результате применения в посевах сои гербицидов Флекс и Фюзилад Форте, среднее за 2020–2021 гг.

| Вид сорняка | Кол-во всходов в контроле | | Снижение кол-ва всходов сорняков в опытных вариантах, % к контролю | |
|--|---------------------------|-----------------|--|----------------|
| | шт./вегетационный сосуд | шт./растительно | в вегетационных сосудах | в растительных |
| Ежовник обыкновенный <i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Beauv. | 14,4 | 26,3 | 80,1 | 89,8 |
| Амброзия полыннолистная <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L. | 2,3 | 10,1 | 60,4 | 59,1 |
| Акалифа южная <i>Acalypha australis</i> L. | 1,1 | 7,1 | 65,4 | 73,7 |
| Марь белая <i>Chenopodium album</i> L. | 0,3 | 1,5 | 28,6 | 28,7 |
| Шерстняк мохнатый <i>Eriochloa villosa</i> (Thunb. ex Murray) Kunth | 1,1 | 0,8 | 77,2 | 83,8 |
| Коммелина обыкновенная <i>Commelina communis</i> L. | 0,2 | 0,7 | 10,0 | 24,3 |
| Щирица запрокинутая <i>Amaranthus retroflexus</i> L. | 0,2 | 0,5 | 66,7 | 46,0 |
| Жерушник болотный <i>Rorippa palustris</i> (L.) Bess. | 0,8 | 0,4 | 67,5 | 67,5 |
| Щавельник курчавый <i>Rumex crispus</i> L. | 0,2 | 0,3 | 20,0 | 33,3 |
| Осот полевой <i>Sonchus arvensis</i> L. | 0,1 | 0,1 | 12,5 | 0 |
| Всего | 20,7 | 47,8 | 73,7 | 76,7 |

В растильнях за счет размещения почвы более тонким слоем общее контрольное количество сорняков превысило количество всходов в сосудах в 2,3 раза, но на долю ежовника обыкновенного, амброзии полыннолистной и акалифы южной пришлось примерно столько же – 91 %. Близкими оказались и данные о динамике всходов в стаканах и растильнях. В вегетационных сосудах 96 % всех сорняков появилось в течение 60 сут., в том числе 99 % всходов ежовника обыкновенного, 100 % – амброзии полыннолистной и 94 % всходов акалифы южной. В растильнях за 60 сут. получено 93 % всех всходов, 100 % всходов ежовника обыкновенного, 93 % – амброзии полыннолистной и 83 % – акалифы южной. В токсикологических исследованиях сравнение контрольных данных с результатами учета сорняков в опытных сосудах показало, что общее количество быстропрорастающих жизнеспособных семян в почве в среднем сократилось на 74 % (см. таблицу). Снижение количества всходов ежовника обыкновенного, амброзии полыннолистной и акалифы южной на почве с остатками гербицидов составило 80, 60 и 65 % соответственно. Количество всходов всех однолетних двудольных сорняков уменьшилось на 56 %, однолетних сорных злаков – на 80 %. В специализированных опытах положительное, очищающее действие гербицидов выразилось в снижении общего почвенного запаса быстропрорастающих семян сорняков в среднем на 77 %. Для тройки доминирующих видов снижение количества всходов, полученных за 90 сут. в опытных растильнях, составило от 59 до 90 % в сравнении с контролем. Количество всхожих семян однолетних злаковых сорняков в почве сократилось на 90 %, всех однолетних двудольных видов – на 62 %. Препараты на 46,0–89,8 % уменьшили количество способных к прорастанию семян щирицы запрокинутой, амброзии полыннолистной, жерушника болотного, акалифы южной, шерстняка мохнатого, ежовника обыкновенного.

Выводы

Таким образом, сравнение традиционного биологического метода определения почвенного запаса быстропрорастающих семян сорных растений и предложенного нами способа подсчета всходов сорняков в процессе изучения последствия гербицидов на сельскохозяйственные культуры показало, что в обоих случаях мы получаем аналогичные данные об очищающем действии ранее примененных гербицидов. Упрощенный способ учета всходов не требует закладки специальных достаточно трудоемких опытов и позволяет получать объективную информацию о видовом разнообразии однолетних сорняков и преобладающих видах, сохранивших максимальный запас семян в почве. Более 70 % способных к прорастанию семян сорняков в оптимальных условиях дают всходы за 30 сут. (до срезки растений тест-культур), еще примерно 25 % – в следующие три декады, поэтому общую продолжительность учетов всходов сорняков можно без ущерба для информативности сократить с 90 до 60 сут.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Спиридонов Ю.Я., Будынков Н.И., Стрижков Н.И., Суминова Н.Б., Сайфуллина Л.Б., Ленович Д.Р., Султанов А.С. Последствие гербицидов и динамика их разложения в различных агроландшафтах // Аграр. науч. журн. 2019. № 2. С. 27–31.

2. Спиридонов Ю.Я., Чичварина О.А., Босак Г.С., Селютин О.Ю., Поляков Н.Д., Варламова А.И., Федоровский О.Ю., Чкаников Н.Д., Халиков С.С. Инновационный подход в создании про-травителей с антидотным действием против почвенных остатков гербицидов сульфонилмочевинно-го ряда // *Агрохимия*. 2019. № 5. С. 35–47. DOI:10.1134/S0002188119050089.
3. Голубев А.С., Коротов Н.А., Федоровский О.Ю., Спиридонов Ю.Я., Чкаников Н.Д. Фторсо-держащие аналоги промышленного антидота Фурилазол // *Агрохимия*. 2017. № 6. С. 62–67.
4. Ольшевская В.А., Черепанов И.А., Спиридонов Ю.Я., Спиридонова Г.С., Макаренков А.В., Самарская А.С., Пономарев А.Б., Моисеев С.К. Гербицидная активность производных карборанов, сидномина, ферроцена // *Агрохимия*. 2017. № 4. С. 16–21.
5. Захаренко В.А. Анализ рисков химического загрязнения, связанных с химизацией защитных меро-приятий при интегрированном управлении фитосанитарным состоянием агроэкосистем // *Аг-рохимия*. 2017. № 9. С. 3–24.
6. Захаренко В.А. Особенности проявления рисков химического загрязнения, связанных с при-менением пестицидов // *Защита и карантин растений*. 2017. № 6. С. 3–7.
7. Дворянкин Е.А. Продуктивность сахарной свеклы, поврежденной гербицидами гормонопод-обного действия в сублетальных и изнеживающих посевах дозах // *Агрохимия*. 2021. № 1. С. 49–54. DOI:10.31857 / S0002188121010051.
8. Дворянкин Е.А. Влияние загрязнения опрыскивателя остаточными количествами сульфонил-мочевинки и имидазолинона на продуктивность сахарной свеклы // *Агрохимия*. 2021. № 4. С. 62–69. DOI:10.31857 / S0002188121040037.
9. Филиппов А.В., Спиридонов Ю.Я. Гербицидные токсикозы картофеля // *Защита и карантин растений* 2014. № 3. С. 44–46.
10. Санин С.С. Защита растений и устойчивое земледелие в XXI столетии // *Защита и карантин растений*. 2020. № 4. С. 9–16.
11. Филипчук О.Д. Системное биотестирование компонентов агроценоза на экологическую без-опасность // *Агрохимия*. 2018. № 9. С. 84–92. DOI:10.1134//S0002188118090065.
12. Odukkathil G., Vasudevan N. Toxicity and bioremediation of pesticides in agricultural soil // *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 2013. Vol. 12. P. 421–444.
13. Данилова А.А. Контроль остаточных количеств гербицидов в объектах окружающей среды // *Агрохимия*. 2021. № 6. С. 49–56. DOI:10.31857/S0002188121030042.
14. Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем: Материалы 3-го Всероссийского съезда по за-щите растений в 3-х томах / редкол.: В.А. Павлюшин (гл. ред.) и др. Т. 3: Резистентность вредных организмов к пестицидам: материалы симпозиума / сопред. Г.И. Сухорутченко, И.Н. Яковлева, В.Г. Коваленков, Г.В. Беньковская. СПб: ВИЗР, 2013. 56 с.
15. Санин С.С. Проблемы фитосанитарии России на современном этапе // *Защита и карантин растений*. 2016. № 4. С. 3–6.
16. Стецов Г.Я. Последствие гербицидов в Западной Сибири // *Защита и карантин растений*. 2015. № 3. С. 17–19.
17. Стецов Г.Я. О последствии гербицидов в засушливом земледелии // *Аграрный сектор*. 2014. № 2 (20). С. 74–77.
18. Шадских В.А., Пешкова В.О., Кижаяева В.Е., Рамазанов Д.Ш. Особенности агротехнических приемов борьбы с сорной растительностью на орошаемых землях // *Орошаемое земледелие*. 2020. № 2. С. 29–32. DOI:10.35809/2618-8279-2020-2-6.
19. Байрамбеков Ш.Б. Влияние гербицидов и удобрений на засоренность овощных культур // *Защита и карантин растений*. 2004. № 2. С. 40–41.
20. Гумаев В.В., Матвейчук П.В. Значение почвенных гербицидов в системе защиты сахарной свеклы от сорняков // *Сахарная свекла*. 2008. № 3. С. 16–17.
21. Чайка А.К. Научное обеспечение производства основных сельскохозяйственных культур в Дальневосточном регионе // *Достижения науки и техники АПК*. 2010. № 11. С. 32–33.
22. Мороховец В.Н., Басай З.В., Яковец В.П. Последствие гербицида Лазурит, примененного в посевах сои // *Современные проблемы исследований в биологии: сб. науч. трудов. Благовещенск, 2009*. С. 84–88.
23. Мороховец В.Н., Басай З.В., Мороховец Т.В. Оценка безопасности возделывания зерновых культур после применения Фабиана в посевах сои // *Земледелие*. 2014. № 7. С. 36–38.

REFERENCES

1. Spiridonov Yu.Ya., Budynkov N.I., Strizhkov N.I., Suminova N.B., Saifullina L.B., Lenovich D.R., Sultanov A.S. Posledeistvie gerbitsidov i dinamika ikh raz-lozheniya v razlichnykh agrolandshaftakh = [Aftereffect of herbicides and the dynamics of their decomposition in various agricultural landscapes]. *Agrarian Scientific Journal*. 2019;(2):27-31. (In Russ.).
2. Spiridonov Yu.Ya., Chichvarina O.A., Bosak G.S., Selyutina O.Yu., Polyakov N.D., Varlamova A.I., Fedorovskii O.Yu., Chkanikov N.D., Khalikov S.S. Innovatsionnyi podkhod v sozdanii protravitelei s antidotnym deistviem protiv pochvennykh ostatkov gerbitsidov sul'fonilmochevinnogo ryada = [Innovative approach in development of disinfectants with antidote action against soil residues of herbicides of sulfonylurea series]. *Agrokimiya*. 2019;(5):35-47. (In Russ.). DOI: 10.1134/S00021881190500893.
3. Golubev A.S., Korotov N.A., Fedorovskii O.Yu., Spiridonov Yu.Ya., Chkanikov N.D. Ftorsoderzhashchie analogi promyshlennogo antidota Furilazol = [The Fluorinated analogues of the industrial antidote furilazole]. *Agrokimiya*. 2017;(6):62-67. (In Russ.).
4. Ol'shevskaya V.A., Cherepanov I.A., Spiridonov Yu.Ya., Spiridonova G.S., Ma-karenkov A.V., Samarskaya A.S., Ponomarev A.B., Moiseev S.K. Gerbitsidnaya aktivnost' proizvodnykh karboranov, sidnonimina, ferrotsena = [Herbicidal activity of carboranes, sydnone imine and ferrocene derivatives]. *Agrokimiya*. 2017;(4):16-21. (In Russ.).
5. Zakharenko V.A. Analiz riskov khimicheskogo zagryazneniya, svyazannykh s khimizatsiei zashchitnykh meropriyatiy pri integrirovannom upravlenii fitosanitarnym sostoyaniem agroekosistem = [Risk Analysis of chemical contamination associated with the chemicalisation of protective measures in the integrated management of phytosanitary status of agroecosystems]. *Agrokimiya*. 2017;(9):3-24. (In Russ.).
6. Zakharenko V.A. Osobennosti proyavleniya riskov khimicheskogo zagryazneniya, svyazannykh s primeneniem pestitsidov = [Features of occurrence of the risks of chemical contamination as a result of the pesticides use]. *Zashchita i karantin rastenii*. 2017;(6):3-7. (In Russ.).
7. Dvoryankin E.A. Produktivnost' sakharnoi svekly, povrezhdennoi gerbitsida-mi gormonopodobnogo deistviya v subletal'nykh i izezhivayushchikh posev dozakh = [Productivity of sugar beet damaged by hormone-like herbicides in sublethal and thinning doses]. *Agrokimiya*. 2021;(1):49-54. (In Russ.). DOI:10.31857/S0002188121010051.
8. Dvoryankin E.A. Vliyanie zagryazneniya opryskivatelya ostatochnymi koliche-stvami sul'fonilmocheviny i imidazolinona na produktivnost' sakharnoi svekly = [Influence of a sprayer pollution with sulfonyl-urea and lmidazolinone residuals on sugar beet productivite]. *Agrokimiya*. 2021;(4):62-69. (In Russ.). DOI:10.31857/S0002188121040037.
9. Filippov A.V., Spiridonov Yu.Ya. Gerbitsidnye toksikozy kartofelya = [Potato herbicidal toxicosis]. *Zashchita i karantin rastenii*. 2014;(3):44-46. (In Russ.).
10. Sanin S.S. Zashchita rastenii i ustoychivoe zemledelie v XXI stoletii = [Plant protection and sustainable agriculture in the XXI century]. *Zashchita i karantin rastenii*. 2020;(4):9-16. (In Russ.).
11. Filipchuk O.D. Sistemnoe biotestirovanie komponentov agrotsenoza na ekologicheskuyu bezopasnost' = [System biotesting of agrocenosis components for environmental safety]. *Agrokimiya*. 2018;(9):84-92. (In Russ.). DOI: 10.1134/S0002188118090065.
12. Odukkathil G., Vasudevan N. Toxicity and bioremediation of pesticides in agricultural soil. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol*. 2013;12:421-444.
13. Danilova A.A. Kontrol' ostatochnykh kolichestv gerbitsidov v ob'ektakh okruzhayushchei sredy = [Control of pesticide residuals in the environment]. *Agrokimiya*. 2021;(6):49-56. (In Russ.). DOI:10.31857/S0002188121030042.
14. Pavlyushin V.A. Fitosanitarnaya optimizatsiya agroekosistem: Materialy 3-go Vserossiiskogo s'ezda po zashchite rastenii V.A. Pavl'ushin (ge. red.) i dr. Redkol: v 3-h tomah. T. 3: Rezistentnost' vrednykh organizmov k pestitsidam = [Resistance of harmful organisms to pesticides]: materialy simpoziuma. Sukhorutchenko G.I., Yakovleva I.N., Kovalenkov V.G., Ben'kovskaya G.V. / sopred. St. Petersburg: VISR. 2013; 56 p.
15. Sanin S.S. Problemy fitosanitarii Rossii na sovremennom etape = [Phytosanitary problems of Russia at the present stage]. *Zashchita i karantin rastenii*. 2016;(4):3-6. (In Russ.).
16. Stetsov G.Ya. Posledeistvie gerbitsidov v Zapadnoi Sibiri = [Aftereffect of herbicides in Western Siberia]. *Zashchita i karantin rastenii*. 2015;(3):17-19. (In Russ.).

17. Stetsov G.Ya. O posledestvii gerbitsidov v zasushlivom zemledelii = [On the aftereffect of herbicides in arid agriculture]. *Agrarnyi sektor*. 2014;(2(20)):74-77. (In Russ.).
18. Shadskikh V.A., Peshkova V.O., Kizhaeva V.E., Ramazanov D.Sh. Osobennosti agrotekhnicheskikh priemov bor'by s sornoi rastitel'nost'yu na oroshaemykh zemlyakh = [Features of agrotechnical methods of combatinsg weed vegetation on irrigated lands]. *Oroshaemoe zemledelie*. 2020;(2):29-32. (In Russ.). DOI: 10.35809/2618-8279-2020-2-6.
19. Bairambekov Sh.B. Vliyanie gerbitsidov i udobrenii na zasorennost' ovoshch-nykh kul'tur = [The influence of herbicides and fertilizers on the contamination of vegetable crops]. *Zashchita i karantin rastenii*. 2004;(2):40-41. (In Russ.).
20. Gumaev V.V., Matvichuk P.V. Znachenie pochvennykh gerbitsidov v sisteme za-shchity sakharnoi svekly ot sornyakov = [The value of soil herbicides in the protection system of sugar beets from weeds]. *Sakharnaya svekla*. 2008;(3):16-17. (In Russ.).
21. Chaika A.K. Nauchnoe obespechenie proizvodstva osnovnykh sel'skokhozyai-stvennykh kul'tur v Dal'nevostochnom regione = [Scientific support of the main crops production in Far East region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2010;(11):32-33. (In Russ.).
22. Morokhovets V.N., Basai Z.V., Yakovets V.P. Posledeistvie gerbitsida Lazurit, primennogo v posevakh soi = [Aftereffect of the herbicide Lapis lazuli used in soybean crops]. In: *Sovremennye problemy issledovaniy v biologii*: sb. nauch. trudov. Blagoveshchensk; 2009. 84-88 p. (In Russ.).
23. Morokhovets V.N., Basai Z.V., Morokhovets T.V. Otsenka bezopasnosti vozdeleyvaniya zernovykh kul'tur posle primeneniya Fabiana v posevakh soi = [Evaluation of safety of the cereal crops cultivation after usage of Fabian in soybean sowings]. *Zemledelie*. 2014;(7):36-38. (In Russ.).

Научная статья

УДК 631.582:631.41:631.8(571.63)

DOI: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_8

Изменение содержания основных элементов питания при последствии разных систем удобрений в длительном агрохимическом стационарном опыте

Р.В. Тимошинов✉, Е.Ж. Кушаева, Л.Е. Марчук, А.А. Дубков, А.Г. Клыков

Роман Витальевич Тимошинов

кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом земледелия и агрохимии
Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия
o.zemledelia@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0003-3934-396X>

Елена Жоржевна Кушаева

научный сотрудник
Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия
o.zemledelia@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0003-2010-8003>

Людмила Евгеньевна Марчук

младший научный сотрудник
Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия
o.zemledelia@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0002-1279-7534>

Александр Алексеевич Дубков

научный сотрудник
Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия
o.zemledelia@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0002-1871-9713>

Алексей Григорьевич Клыков

доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, заведующий отделом селекции
и биотехнологии сельскохозяйственных культур
Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия

Аннотация. Представлен анализ изменения основных элементов плодородия лугово-бурых отбеленных почв за девять ротаций полевого севооборота в длительном агрохимическом стационарном опыте, заложенном в 1941 г., при применении различных систем удобрений. Исследования показали, что наиболее благоприятный фосфатный режим почвы формируется при использовании комплексных систем с одинарной и двойной дозой NPK и минеральной системы $N_2P_2K_2$. После прекращения внесения удобрений происходит снижение фосфора во всех системах удобрений. Установлено снижение содержания подвижного фосфора с VII по VIII ротацию в комплексной системе Н + И + 2NPK (на 8 %) и в минеральной $N_2P_2K_2$ (на 27,5 %), и с VIII по IX ротацию (на 56 и 65,5 % соответственно). Применение разных систем удобрений оказало положительное влияние на содержание обменного калия в почве до IV ротации, в дальнейшем наблюдается снижение его содержания по всем системам удобрений и в контроле, достигая к IX ротации севооборота наименьших значений за все время исследований (122–152 мг/кг). Исследованиями установлено, что за девять ротаций полевого севооборота произошло заметное снижение содержания гумуса во всех системах удобрений. Потери гумуса в контроле за 71 год исследования составили 87 т/га (1,2 т/га в год). Почва, характеризовавшаяся повышенным содержанием гумуса при закладке опыта, перешла в разряд среднеобеспеченных. Перед закладкой опыта почва имела слабокислую реакцию среды. Наибольшая кислотность почвы отмечена на фоне минеральной системы и в контроле. Применение извести в системе удобрений способствовало уменьшению почвенной кислотности, и к IX ротации почва перешла в разряд близких к нейтральным.

Ключевые слова: система удобрений, известь, навоз, севооборот, фосфор, калий, гумус, агрохимический стационар

Для цитирования: Тимошинов Р.В., Кушаева Е.Ж., Марчук Л.Е., Дубков А.А., Клыков А.Г. Изменение содержания основных элементов питания при последствии разных систем удобрений в длительном агрохимическом стационарном опыте // Вестн. ДВО РАН. 2022. № 3. С. 80–92. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_8.

Original article

Changes in the content of the primary macronutrients as an afteraction of different fertilizer management strategies in a long-term stationary agrochemical experiment

R. V. Timoshinov, E. Zh. Kushaeva, L. E. Marchuk, A. A. Dubkov, A. G. Klykov

Roman V. Timoshinov

Candidate of Sciences in Agriculture

Head of the Department of Farming and Agrochemistry Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after. A. K. Chaika, Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

fe.smc_rf@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0003-3934-396X>

Elena Zh. Kushaeva

Researcher

Federal Scientific Centre of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,
Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

fe.smc_rf@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0003-2010-8003>

Lyudmila E. Marchuk

Junior researcher

Federal Scientific Centre of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,
Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

fe.smc_rf@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-1279-7534>

Alexander A. Dubkov

Researcher

Federal Scientific Centre of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,
Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

fe.smc_rf@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-1871-9713>

Alexey G. Klykov

Doctor of Science in Biology, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences
Head of the Department of Breeding and Biotechnology of Agricultural Crops

Federal Scientific Centre of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,
Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

fe.smc_rf@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0003-2537-9865>

Abstract. This article presents an analysis of changes in the main components of fertility in bleached meadow-brown soils during nine crop rotations. This long-term agrochemical experiment was set up in 1941. Over its course, different fertilizer management strategies were employed. The most favorable phosphate regime of soil was discovered to form when the following management strategies were used: complex strategies with a single and a double dose of NPK and a strategy with the mineral treatment $N_2P_2K_2$. A decrease in the amount of phosphorus was observed in all fertilizer management strategies after the cessation of fertilizer application. The amount of mobile phosphorus decreased in a complex management strategy $M + L + 2NPK$ and in the strategy with the mineral treatment $N_2P_2K_2$ from the 7th to the 8th crop rotation by 8 % and 27.5 %, respectively, and from the 8th to 9th crop rotation by 56 % and 65.5 %, respectively. The use of different fertilizer management strategies had a beneficial effect on the amount of exchangeable potassium in soil until the 4th crop rotation. In the following years, the amount of exchangeable potassium was decreasing in all strategies and in the control variant. By the beginning of the 9th crop rotation, it reached the lowest values ever recorded in this experiment (122–152 mg/kg). The conducted research identified a significant reduction in the humus content in all fertilizer management strategies over the course of nine crop rotations. 87 tons of humus per hectare were lost in the control variant over the 71-year period of the experiment (1.2 t/ha per year). The soil, which was characterized by a high humus content in the beginning of the experiment, became moderately fertile. Before the experiment was set up, the soil was slightly acidic. The highest soil acidity was detected in the strategy with the mineral treatment and in the control variant. Application of agricultural lime resulted in a decrease in the soil acidity. The soil was close to neutral pH by the beginning of the 9th crop rotation.

Keywords: fertilizer management, agricultural lime, manure, crop rotation, phosphorus, potassium, humus, agrochemical stationary experiment

For citation: Timoshinov R.V., Kushaeva E.Zh., Marchuk L.E., Dubkov A.A., Klykov A.G. Changes in the content of the primary macronutrients as an afteraction of different fertilizer management strategies in a long-term stationary agrochemical experiment. *Vestnik of the FEB RAS*. 2022;(3):80-92. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_8.

Одним из основных факторов повышения урожайности сельскохозяйственных культур являются удобрения. В среднем в России минеральные удобрения вносят в дозе 39–40 кг д.в./га. При этом 53 % площади пашни остаются неудобренными [1]. По данным Всемирного банка внесение удобрений в мире составило 136,8 кг на 1 га пахотных земель, в США – 128,8, в Германии – 166,5, в Белоруссии – 156,2, в Японии – 253,7, в Китае – 393,2, в Корее – 369,7 кг [2]. Изменение агрохимических свойств различных агрогенных почв под влиянием удобрений зависит от вида и количества применяемых удобрений [3]. Известно, что наиболее объективную информацию об эффективности удобрений обеспечивают исследования в многолетних стационарных опытах. Они дают возможность оценить не только прямое действие, но и последствие вносимых питательных веществ [4, 5]. Длительные стационарные эксперименты являются уникальной основой для проведения исследований по изучению эффективности удобрений и их влиянию на почвенное плодородие [6, 7].

Целью данного исследования является изучение влияния длительного применения различных систем удобрений и их последствия на изменение плодородия лугово-бурой отбеленной почвы Приморского края.

Материалы и методы исследований

Исследования проведены на поле № 3 агрохимического стационара, założенного в 1941 г. на базе девятипольного севооборота ФНЦ агроботехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки на лугово-бурой отбеленной почве. I ротация на данном поле началась в 1948 г., в 2022 г. идет четвертый год IX ротации. В работе представлены результаты анализов почвенных образцов, отобранных в начале IV, VII–IX ротаций севооборота, когда проводилось наиболее полное агрохимическое обследование почвы. Периоды прохождения ротаций следующие: I. 1948–1956 гг.; IV. 1974–1982 гг.; VII. 2001–2009 гг.; VIII. 2010–2018 гг.; IX. 2019–2027 гг. Системы удобрений, взятые для изучения, включали раздельное внесение навоза, извести и минеральных удобрений (в одинарных и двойных дозах), а также их различные сочетания. Схема опыта: 1. Контроль (без удобрений); 2. Навоз; 3. Навоз + известь; 4. Навоз + известь + 1NPK; 5. Навоз + известь + 2NPK; 6. Известь + 1NPK; 7. 2NPK. Навоз и известь вносили в занятом пару (т/га) в начале каждой ротации севооборота, минеральные удобрения (кг д.в.) – ежегодно под предпосевную культивацию. В VII ротации применение навоза, извести и минеральных удобрений было исключено, а в севооборот было дополнительно введено поле бобовых многолетних трав (клевера лугового). В результате поступление органического вещества в почву стало осуществляться за счет заправки зеленой массы клевера на сидерат (одно поле), пожнивных и корневых остатков клевера (второе поле), пшеницы и сои (табл. 1).

С VIII ротации начато изучение длительности последствие различных систем удобрений, применяемых в течение семи ротаций севооборота (удобрения не вносятся). Общий объем внесенных удобрений за весь период наблюдений см. в табл. 2.

Чередование культур в севообороте по ротациям в агрохимическом стационаре

| Год ротации | Ротация | | | | | |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|
| | I | II | III-IV | V-VII | VIII-IX | |
| 1-й | Пар черный | Пар сидеральный соевый | Пар сидеральный клеверный | Пар занятый | Пар сидеральный клеверный | |
| 2-й | Пшеница | Пшеница + подсев многолетних трав | Кукуруза | Кукуруза | Соя | |
| 3-й | Овес + травы | Многолетние травы 1-го года | Пшеница + подсев многолетних трав | Пшеница (овес) | Пшеница | |
| 4-й | Многолетние травы 1-го года | Многолетние травы 2-го года | Многолетние травы 1-го года | Соя | Соя | |
| 5-й | Многолетние травы 2-го года | Соя | Многолетние травы 2-го года | Пшеница + подсев многолетних трав | Пшеница + подсев многолетних трав | |
| 6-й | Пшеница | Пшеница | Соя | Многолетние травы 1-го года | Пар клеверный | |
| 7-й | Соя | Соя | Пшеница | Соя | Пшеница | |
| 8-й | Пшеница | Пшеница | Соя | Ячмень | Соя | |
| 9-й | Овес | Овес + многолетние травы | Пшеница | Соя | Пшеница + подсев многолетних трав | |

Количество внесенных на 1 га удобрений с I по VII ротацию севооборота (1948–2001 гг.)

| Вариант | Навоз, т | Известь, т | N, кг д.в. | P, кг д.в. | K, кг д.в. |
|--|----------|------------|------------|------------|------------|
| Контроль (без удобрений) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Навозная система, N ₄₀ | 260 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Навозно-известковая система, N ₄₀ + И _{4,5} | 260 | 18 | 0 | 0 | 0 |
| Комплексная система с одинарной дозой NPK, N ₄₀ + И _{4,5} + 1NPK | 260 | 18 | 1489 | 1995 | 1305 |
| Комплексная система с двойной дозой NPK, N ₄₀ + И _{4,5} + 1NPK | 260 | 18 | 2978 | 3985 | 2610 |
| Известково-минеральная система, И _{4,5} + 1NPK | 0 | 18 | 1399 | 1865 | 1215 |
| Минеральная система, 2NPK | 0 | 0 | 2933 | 2990 | 2630 |

Результаты исследований

Фосфор

По данным большинства отечественных ученых, содержание подвижного фосфора в почве является характерным признаком ее плодородия, а повышение обеспеченности фосфором (вычисляется в пересчете на P₂O₅) – показателем роста окультуренности [8].

Проведенными ранее исследованиями установлено, что в почвах дерново-подзолистого типа Приморья содержание фосфора мало. При этом основная часть кислоторастворимых фосфатов, 80–90 %, представлена в форме связанных полуторных оксидов, и только 10–20 % – в растворимой и доступной для растений форме. Поэтому на дерново-подзолистых почвах сельскохозяйственные культуры так остро нуждаются в фосфорном питании.

Известно, что наряду с прямым действием удобрений, т.е. в год внесения, они обладают значительным последствием, которое может продолжаться не один год. Установлено, что среди минеральных удобрений наибольшее последствие свойственно фосфорным удобрениям, эффективность и продолжительность которого определяются содержанием подвижного фосфора в почве [8].

До закладки агрохимического стационарного опыта в 1948 г. содержание P₂O₅ в почве было низким – 26,2 мг/кг (рис. 1). К IV ротации севооборота в контрольном варианте (без внесения удобрений) оно снизилось в 2,2 раза и оценивалось как очень низкое. В дальнейшем, в VII–IX ротациях, отмечена относительная стабилизация этого показателя: использование в севообороте клевера лугового, запашка его зеленой массы на сидерат, а также корневых и пожнивных остатков клевера, сои и пшеницы позволяют поддерживать содержание подвижного фосфора. Органическая система удобрений (N₄₀) не обеспечивала повышения содержания P₂O₅, отмечено незначительное его увеличение под действием органо-известковой системы удобрений к IV ротации севооборота, а под действием известково-минеральной системы наблюдается положительная динамика накопления доступных форм фосфора до повышенного уровня. Наиболее благоприятный фосфатный режим почвы к VII ротации формируется при использовании комплексной системы с одинарной дозой NPK (высокое содержание P₂O₅), комплексной системы

с двойной дозой NPK и минеральной $N_2P_2K_2$ (очень высокое содержание P_2O_5). Однако после прекращения внесения удобрений к VIII ротации происходит снижение его содержания в органо-известковой системе Н + И, в комплексной Н + И + 2NPK и в минеральной $N_2P_2K_2$, а в IX ротации – резкое снижение во всех без исключений системах удобрений. Снижение содержания подвижного фосфора от VII к VIII ротации в комплексной системе Н + И + 2NPK и в минеральной $N_2P_2K_2$ составило 8 и 27,5 % соответственно, а от VIII к IX – 56 и 65,5 % соответственно.

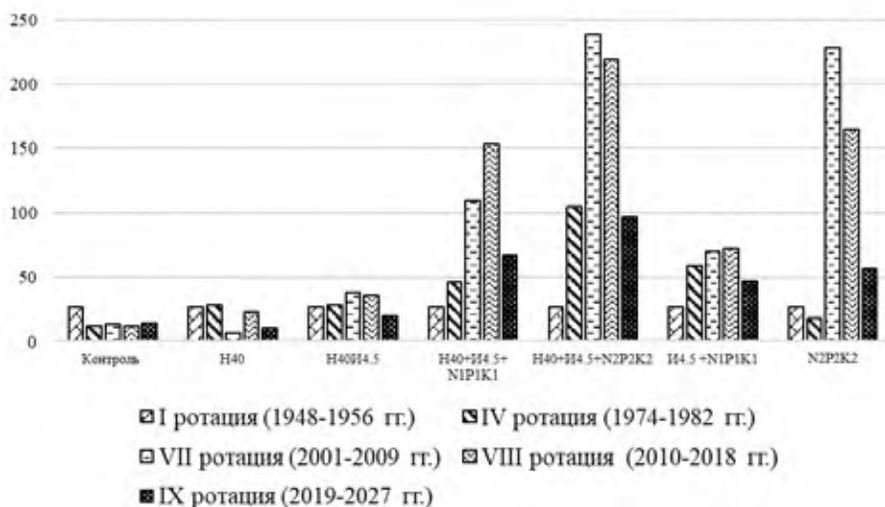


Рис. 1. Изменение содержания P_2O_5 в почве по ротациям севооборота, мг/кг почвы

Фосфор в почве находится в органических и минеральных малоподвижных соединениях. В процессе минерализации органического вещества часть фосфора переходит в доступную для растений форму, поэтому органическое вещество почвы является потенциальным резервом подвижного фосфора. Установлено, что применение в качестве основного удобрения навоза не способствует расширенному воспроизводству P_2O_5 в пахотном слое почвы, а лишь поддерживает его баланс на стабильном уровне. Такая же закономерность характерна для органо-известковой системы удобрений [9].

Последствие минеральных удобрений прослеживается до настоящего времени. В тех вариантах, где в течение семи ротаций севооборота вносились удобрения, содержание подвижного фосфора было выше, в отличие от очень низкого в варианте без внесения минеральных удобрений. Можно предположить, что последствие минеральных удобрений будет продолжаться до тех пор, пока содержание подвижного фосфора не снизится до одинаковых значений во всех вариантах.

Калий

Калий – важный элемент питания, который играет ключевую роль в различных физиологических и биохимических функциях растений. В тяжелых почвах калия больше, так как он входит в минералы, представленные главным образом в глинистых частицах. Основу калийного фонда образует калий почвенного скелета, который входит в состав труднорастворимых почвенных минералов. Все калийсодержащие минералы в той или иной степени могут служить источником питания

растений [10–12]. По уровню потребления основных питательных элементов калию принадлежит первое место [13].

Почвы дерново-подзолистого типа наиболее богаты доступным для растений калием. При этом следует отметить, что чем выше кислотность, тем больше его содержится в почве пахотного слоя и, наоборот, с понижением кислотности почвенного раствора уменьшается и количество доступного калия [14].

Первоначальное содержание K_2O в почве в контрольном варианте без удобрений было достаточно высоким – 148 мг/кг (рис. 2).

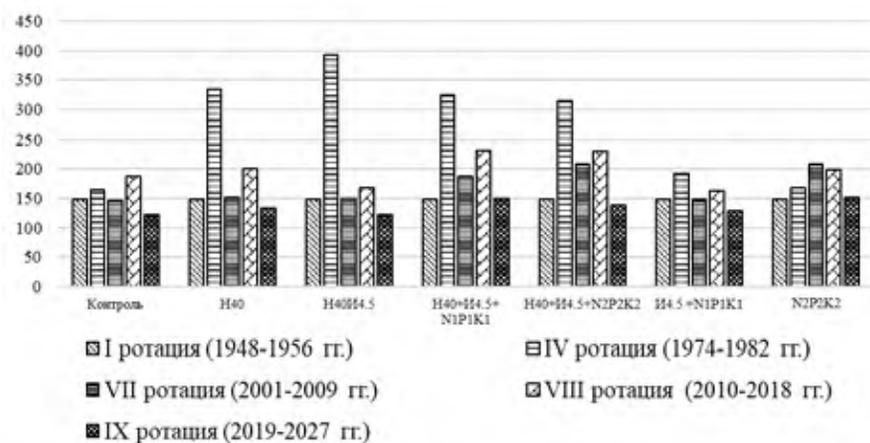


Рис. 2. Изменение содержания K_2O в почве по ротациям севооборота, мг/кг почвы

По шкале оценки агрохимических показателей почва с повышенным содержанием K_2O (121–170 мг/кг) относится к 4-му классу. К IV ротации севооборота его содержание в контроле повысилось до 164 мг/кг (что в пределах того же класса), к VII – вернулось к первоначальному значению, к VIII – увеличилось до высокого, а к IX стало ниже на 34,8 %, чем в предыдущую ротацию, или на 17,6 % по сравнению с первоначальным значением.

Применение разных систем удобрений оказало положительное влияние на содержание обменного калия в почве вплоть до VIII ротации, несмотря на то что в VII ротации было прекращено внесение удобрений, вероятно, благодаря тому, что запасы обменного калия находились в динамическом равновесии с его необменными формами в почве. По мере потребления обменного калия растениями его запасы пополняются за счет необменных форм [15, 16]. Максимальное его содержание было достигнуто в IV ротации. В дальнейшем наблюдалось снижение содержания калия по всем системам удобрений, достигая к IX ротации севооборота наименьших значений за все время исследований (122–152 мг/кг), приблизившись к первоначальному содержанию до закладки опыта (4-й класс почв – с повышенным содержанием K_2O).

Гумус

Гумус считают одним из главных показателей плодородия почв. Благодаря уникальному сочетанию комплекса органических веществ, взаимодействующих между собой и минеральной частью почвы, он влияет на агрофизические, химические

и водно-физические свойства почв. Содержание гумуса в пахотном горизонте всегда меньше, чем в целинных почвах. Анализ многочисленных исследований органического вещества почв свидетельствует о снижении содержания гумуса в связи с распашкой и сельскохозяйственным использованием земель практически по всем почвенно-климатическим зонам Приморского края. Считается, что после 50–75 лет сельскохозяйственного использования без применения органических удобрений и травосеяния почвы утрачивают запасы гумуса на 20–50 % [17].

Исследования, проведенные в условиях многолетнего агрохимического стационарного опыта, позволили детально проанализировать изменения содержания гумуса в антропогенно преобразованной почве в процессе ее использования. Так, перед закладкой опыта почва характеризовалась достаточно высоким содержанием гумуса – 5,99 % (рис. 3). В соответствии с грациями агрохимических свойств почв Приморского края, по этому показателю она относилась к 5-му классу, к IV ротации севооборота без дополнительного внесения удобрений содержание гумуса в пахотном горизонте в контрольном варианте снизилось на 1,93 % до 4,06 %. То есть за три ротации сельскохозяйственного использования почвы потери гумуса составили 57,9 т/га (2,14 т/га в год). За следующий 27-летний период (IV–VI ротации) значительных изменений не произошло, и к VII ротации во всех изучаемых вариантах наблюдается выравнивание содержания гумуса, который находится в пределах 4,04–4,18 %. Основными источниками восстановления гумуса пахотных почв в условиях полевого севооборота являются клеверный сидерат, послеуборочные остатки и корневая масса возделываемых сельскохозяйственных культур. В VIII и IX ротациях в контроле наблюдается уменьшение содержания гумуса на 0,44 и 0,51 % (потери 13,2 и 15,3 т/га соответственно).

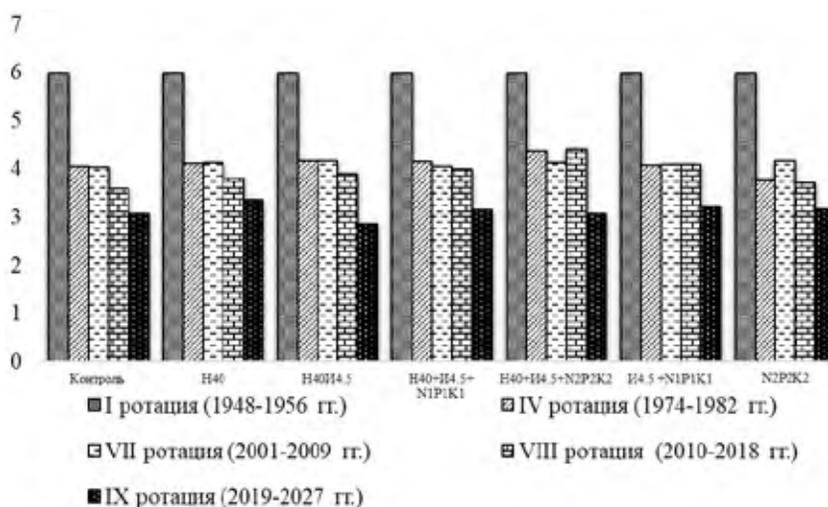


Рис. 3. Изменение содержания гумуса в почве по ротациям севооборота, %

В VIII ротации севооборота наибольшее снижение содержания гумуса произошло на фоне минеральной системы (до 3,7 %, в контрольном варианте до 3,6 %). Более заметное снижение произошло в IX ротации, через 18 лет после прекращения применения удобрений, во всех изучаемых вариантах наибольшее снижение – на 1,32 % по сравнению с VIII ротацией – отмечено в комплексной системе удобрений.

В целом анализ действия разных систем удобрений свидетельствует о снижении содержания гумуса за период исследований вне зависимости от применения разных систем удобрения. Почва, характеризовавшаяся повышенным содержанием гумуса при закладке опыта, перешла в разряд среднеобеспеченных.

Кислотность почв

Почвы Приморского края в основном относятся к кислым и слабокислым, что является одним из главных факторов, тормозящих получение высоких и стабильных урожаев. От реакции почвенной среды зависит доступность многих питательных веществ, особенно подвижного фосфора и обменного калия, а также органического вещества [18]. Перед закладкой опыта почва имела слабокислую реакцию среды $pH_{\text{кол}} 5,2$ (рис. 4). К IV ротации севооборота отмечено значительное увеличение почвенной кислотности в контроле и на фоне минеральной системы (на 0,8 единиц pH) за счет использования физиологически кислых минеральных удобрений, выноса и вымывания кальция и магния из почвы и замещения их ионами водорода. Применение извести в системе удобрений способствовало уменьшению почвенной кислотности на 0,7–1,1 единицы pH. К VII ротации во всех вариантах наблюдается некоторое снижение почвенной кислотности по сравнению с IV ротацией севооборота. В VIII ротации отмечены незначительные изменения $pH_{\text{кол}}$. В IX ротации севооборота во всех вариантах опыта наблюдается снижение почвенной кислотности. Наибольшая кислотность отмечена на фоне минеральной системы и в контроле. Положительное действие извести прослеживается во всех вариантах опыта с ее применением в течение всего периода исследований и после прекращения ее внесения, в этих вариантах почва в IX ротации из разряда слабокислых перешла в разряд близких к нейтральным. Следует отметить, что на изменение кислотности почвы влияют не только применяемые минеральные и органические удобрения, но и природно-климатические условия, так как в контрольном варианте отклонение от первоначального значения доходило до 0,8 единиц pH в IV ротации севооборота с последующим возвращением к первоначальному значению в IX ротации севооборота.

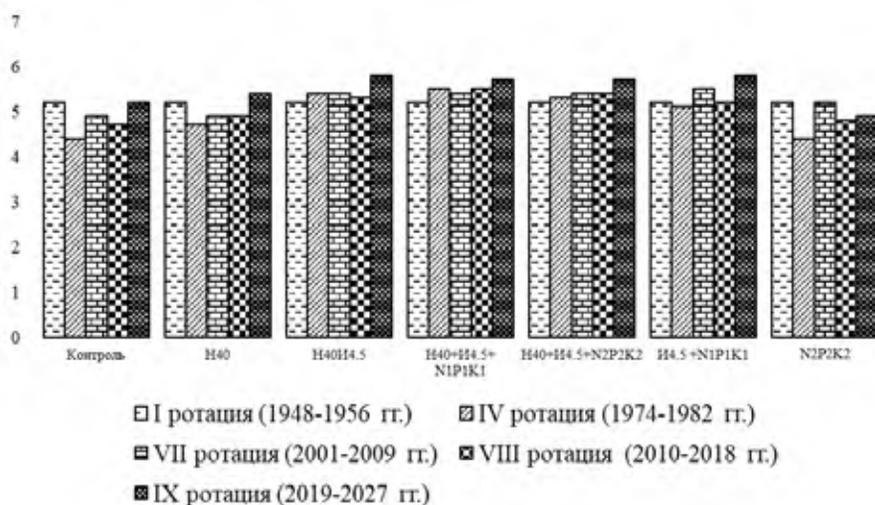


Рис. 4. Изменение содержания $pH_{\text{кол}}$ в почве по ротациям севооборота, ед. pH

Заклучение

Результаты длительного полевого агрохимического стационарного опыта с изучением 53-летнего действия и 18-летнего последействия систем удобрений (органической, органо-известковой, комплексных, известково-минеральной и минеральной) на лугово-бурой отбеленной почве в условиях Приморского края показали, что в контроле без внесения удобрений в течение 27 лет (I–III ротации) в почве происходит снижение в 2,2 раза содержания подвижного фосфора, в дальнейшем наблюдается относительная стабильность. Использование в севообороте клевера лугового, запашка его зеленой массы на сидерат, а также корневых и пожнивных остатков клевера, сои и пшеницы позволяют сохранять содержание подвижного фосфора на стабильном уровне. Органическая система удобрений (H_{40}) не обеспечивает повышения содержания фосфора в почве, а под действием известково-минеральной системы (известь + 1NPK) наблюдается положительная динамика накопления доступных форм фосфора до повышенного уровня. При этом наиболее благоприятный фосфатный режим почвы формируется при использовании комплексной системы с одинарной дозой NPK (высокое содержание P_2O_5), комплексной системы с двойной дозой NPK и минеральной $N_2P_2K_2$ (очень высокое содержание P_2O_5).

Применение систем удобрений оказало положительное влияние на содержание обменного калия в почве, а максимум (очень высокое содержание) был достигнут в IV ротации. После прекращения внесения удобрений происходит снижение содержания калия по всем системам удобрений и в контрольном варианте, достигая к IX ротации севооборота наименьших значений за все время исследований (122–152 мг/кг) и приближаясь к первоначальному его содержанию до закладки опыта.

Проведенный анализ действия и последействия разных систем удобрений свидетельствует о снижении содержания гумуса за период исследований вне зависимости от применения разных систем удобрения. Почва, характеризовавшаяся повышенным содержанием гумуса при закладке опыта, перешла в разряд среднеобеспеченных. К IV ротации севооборота, т.е. за три ротации сельскохозяйственного использования почвы, количество гумуса в почве без дополнительного внесения удобрений уменьшилось на 1,93 %, а его потери составили 57,9 т/га. В VIII и IX ротациях в контроле наблюдалось уменьшение содержания гумуса на 0,44 и 0,51 %, а потери гумуса составили 13,2 и 15,3 т/га соответственно. Наибольшее снижение гумуса произошло в IX ротации, через 18 лет после прекращения применения удобрений, во всех изучаемых вариантах.

Применение извести в системе удобрений способствует уменьшению почвенной кислотности. В контроле и на фоне минеральной системы к IV ротации севооборота происходит значительное увеличение почвенной кислотности за счет использования физиологически кислых минеральных удобрений. На изменение кислотности почвы влияют не только применяемые минеральные и органические удобрения, но и природно-климатические условия и возделываемые в севообороте сельскохозяйственные культуры.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Волянкина О.В. Предельные прибавки урожайности сельскохозяйственных культур от азота и его окупаемость на среднесуглинистом выщелоченном черноземе. Сообщ. 1 // Плодородие. 2021. № 2. С. 9–13. DOI: 10.25680/S19948603.2021.119.03.

2. Показатели мирового развития. – <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?dsid=2&series=AG.CON.FERT.ZS> (дата обращения 10.02.2022).
3. Шеуджен А.Х., Нешадим Н.Н., Онищенко Л.М. Органическое вещество почвы и его экологические функции. Краснодар: Куб. ГАУ, 2011. 202 с.
4. Шеуджен А.Х., Онищенко Ю.А., Исупова Ю.А. Агрохимические свойства чернозема выщелоченного при длительном применении удобрений // Состояние и пути повышения эффективности исследований в системе географической сети опытов с удобрениями: материалы Всерос. конф. учреждений-участников Географ. сети опытов с удобрениями, 26–27 июня 2012 г. М.: ВНИИА, 2012. С. 10–13.
5. Моисеенко А.А., Тимошинов Р.В., Кушаева Е.Ж. Изменение свойств почвы и продуктивности севооборота в результате длительного применения разных систем удобрений в условиях Приморского края // Результаты длительных исследований в системе географической сети опытов с удобрениями Российской Федерации. Вып. 2 / под ред. В.Г. Сычева. М.: Россельхозакадемия: ВНИИА, 2012. С. 221–246.
6. Налиухин А.Н. 80 лет Географической сети опытов с удобрениями // Плодородие. 2021. № 3. С. 6–8.
7. Timoshinov R., Kushaeva E., Marchuk L., Dubkov A., Klykov A. The dynamics of the main fertility elements content in a long-term agrochemical stationary experiment // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 353. P. 469-478. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_53.
8. Бюллетень Географической сети опытов с удобрениями. Вып. 10. Эффективность фосфорных удобрений на почвах России и основные направления исследований Геосети по агрохимии фосфора. М.: ВНИИА, 2010. 48 с.
9. Шевченко В.А., Соловьев А.М., Бондарева Г.И., Попова Н.П. Динамика содержания подвижного фосфора в зависимости от системы удобрения и предшественников при освоении залежных земель // Плодородие. 2020. № 5. С. 3–7. DOI: 10.25680/S19948603.2020.116.01.
10. Якименко В.Н. Формы калия в почве и методы его определения // Почвы и окружающая среда. 2018. Т. 1, № 1. С. 25–31.
11. Якименко В.Н. Изменение содержания калия и магния в профиле почвы длительного полевого опыта // Агрохимия. 2019. № 3. С. 19–29.
12. Завьялова Н.Е., Васбиева М.Т., Шишков Д.Г., Дир Е.С. Калийное состояние дерново-подзолистой почвы длительного стационарного опыта в условиях Предуралья // Плодородие. 2021. № 4. С. 43–47. DOI: 10.25680/S19948603.2021.121.13.
13. Белослудцев Д.В., Исупов А.Н., Башков А.С. Изменение калийного состояния почвы при длительном применении минеральных удобрений на фоне последовательного известкования // Плодородие. 2021. № 1. С. 33–36. DOI: 10.25680/S19948603.2021.118.10.
14. Гришун А.Т. Применение удобрений в Приморском крае. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1964. 439 с.
15. Жукова Л.М., Никитина Л.В. Калийный режим почв степной, сухостепной и пустынной зон // Агрохимия. 1986. № 12. С. 24–29.
16. Чуб М.П., Сайфулина Л.Б., Пронько В.В., Ярошенко Т.М., Климова Н.Ф. Плодородие чернозема южного и продуктивность зернопарового севооборота при длительном применении минеральных удобрений // Агрохимия. 2010. № 7. С. 3–13.
17. Синельников Э.П. Оптимизация свойств и режимов периодически переувлажняемых почв: монография / ДВО ДОП РАН, Приморская ГСХА. Уссурийск, 2000. 296 с.
18. Гладышева О.В., Свирина В.А., Артюхова О.А. Изменение плодородия почвы и продуктивности севооборота при длительном применении минеральных удобрений с известкованием // Плодородие. 2021. № 1. С. 27–29. DOI: 10.25680/S19948603.2021.118.08.

REFERENCES

1. Voly`nkina O.V. Predel`nye pribavki urozhainosti sel`skokhozyaistvenny`kh kul`tur ot azota i ego okupaemost` na srednesuglinistom vy`shchelochennom chernozeme. 1. *Ploodorodie*. 2021;(2):9-13. DOI: 10.25680/S19948603.2021.119.03. (In Russ.).
2. Pokazateli mirovogo razvitiya. – <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?dsid=2&series=AG.CON.FERT.ZS> (cited 2022 Feb 10).

3. Sheudzhen A.X., Neshhadim N.N., Onishhenko L.M. Organicheskoe veshchestvo pochvy i ego ekologicheskie funktsii. Krasnodar: Kuban State Agrarian Univ.; 2011. 202 p. (In Russ.).
4. Sheudzhen A.X., Onishhenko Yu.A., Isupova Yu.A. Agrokhimicheskie svoystva chernozema vyshchelochennogo pri dlitel'nom primenenii udobrenii. In: *Sostoyanie puti povysheniya effektivnosti issledovaniy v sisteme geograficheskoi seti opytov s udobreniyami*. M.: All-Russian Research Institute of Agrochemistry; 2012. P. 10-13. (In Russ.).
5. Moiseenko A.A., Timoshinov R.V., Kushaeva E.Zh. Izmenenie svoystv pochvy i produktivnosti sevooborota v rezul'tate dlitel'nogo primeneniya raznykh system udobrenii v usloviyakh Primorskogo kraya. In: *Sychev V.G. (ed.). Rezul'taty dlitel'nykh issledovaniy v sisteme geograficheskoi seti opytov s udobreniyami Rossiiskoi Federatsii*. Iss. 2. Moscow: Russian Academy of Agricultural Sciences: All-Russian Research Institute of Agrochemistry; 2012. P. 221-246. (In Russ.).
6. Naliuxin A.N. 80 let Geograficheskoi seti opytov s udobreniyami. *Plodorodie*. 2021;(3):6-8. (In Russ.).
7. Timoshinov R., Kushaeva E., Marchuk L., Dubkov A., Klykov A. The dynamics of the main fertility elements content in a long-term agrochemical stationary experiment. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022;353:469-478. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_53.
8. Byulleten' Geograficheskoi seti opytov s udobreniyami. Iss. 10. Effektivnost' fosfornykh udobrenii na pochvax Rossii i osnovnye napravleniya issledovaniy Geoseti po agrokhimii fosfora. Moscow: All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry; 2010. 48 p. (In Russ.).
9. Shevchenko V.A., Solov'ev A.M., Bondareva G.I., Popova N.P. Dinamika sodержaniya podvizhnogo fosfora v zavisimosti ot sistemy udobreniya i predshestvennikov pri osvoenii zaleznykh zemel. *Plodorodie*. 2020;(5):3-7. DOI: 10.25680/S19948603.2020.116.01. (In Russ.).
10. Yakimenko V.N. Formy' kaliya v pochve I metody ego opredeleniya. *Pochvy i okruzhayushchaya sreda*. 2018;1(1):25-31. (In Russ.).
11. Yakimenko V.N. Izmenenie sodержaniya kaliya i magniya v profile pochvy dlitel'nogo polevogo opyta. *Agrokhiimiya*. 2019;(3):19-29. (In Russ.).
12. Zav'yalova N.E., Vashieva M.T., Shishkov D.G., Dir E.S. Kaliinoe sostoyanie derno-podzolistoi pochvy dlitel'nogo statsionarnogo opyta v usloviyakh Predural'ya. *Plodorodie*. 2021;(4):43-47. DOI: 10.25680/S19948603.2021.121.13. (In Russ.).
13. Belosludcev D.V., Isupov A.N., Bashkov A.S. Izmenenie kaliinogo sostoyaniya pochvy pri dlitel'nom primenenii mineral'nykh udobrenii na fone posledeystviya izvestkovaniya. *Plodorodie*. 2021;(1):33-36. DOI: 10.25680/S19948603.2021.118.10. (In Russ.).
14. Griczun A.T. Primenenie udobrenii v Primorskom krae. Vladivostok: Dal'nevostochnoe knizhnoe izdatel'stvo; 1964. 439 p. (In Russ.).
15. Zhukova L.M., Nikitina L.V. Kaliinyi rezhim pochv stepnoi, sukhostepnoi i pustynnoi zon. *Agrokhiimiya*. 1986;(12):24-29. (In Russ.).
16. Chub M.P., Saifulina L.B., Pron'ko V.V., Yaroshenko T.M., Klimova N.F. Plodorodie chernozema yuzhnogo i produktivnost' zernoparovogo sevooborota pri dlitel'nom primenenii mineral'nykh udobrenii. *Agrokhiimiya*. 2010;(7):3-13. (In Russ.).
17. Sinel'nikov E.P. Optimizatsiya svoystv i rezhimov periodicheskii pereuvlazhnyayemykh pochv: monogr. Ussurijsk; 2000. 296 p. (In Russ.).
18. Gladysheva O.V., Svirina V.A., Artyuxova O.A. Izmenenie plodorodiya pochvy i produktivnosti sevooborota pri dlitel'nom primenenii mineral'nykh udobrenii s izvestkovaniem. *Plodorodie*. 2021;(1):27-29. DOI: 10.25680/S19948603.2021.118.08 (In Russ.).

Научная статья
УДК 638.147.28(571.63)
DOI: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_9

Особенности технологии репродукции пчелиных маток породы Дальневосточная в условиях Приморского края

М.А. Шаров

Максим Александрович Шаров
кандидат сельскохозяйственных наук
и.о. заведующего лабораторией животноводства
Федеральный научный центр агробiotехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия
sharov.imker@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0001-5533-8197>

Аннотация. Рассмотрен способ получения плодных пчелиных маток в условиях Приморского края с использованием пенополиуретанового четырехместного нуклеуса на стандартную рамку (435 x 300 мм). Предлагаемое решение положительно повлияло как на количественные, так и на качественные изменения. Расположение четырех секций в одном улье, разделенных между собой тонкими глухими перегородками, позволило не только увеличить пропускную способность на 15,2 %, но и повысить плодовитость маток на 19,3 %, соответственно снижая затраты труда на производство одной матки.

Ключевые слова: пчелиная матка, яйценоскость, четырехместный нуклеус, одноместный нуклеус, семья-воспитательница, прививочная рамка

Для цитирования: Шаров М.А. Особенности технологии репродукции пчелиных маток породы Дальневосточная в условиях Приморского края // Вестн. ДВО РАН. 2022. № 3. С. 93–100. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_9.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 0812-2018-0019).

Specific features of a technology for the reproduction of queen bees of the Far-Eastern breed under the conditions of Primorye Territory

M.A. Sharov

Maksim A. Sharov

Candidate of Sciences in Agriculture

Acting Head of the Laboratory of Animal Husbandry

Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika, Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

sharov.imker@yandex.ru

<http://orcid.org/0000-0001-5533-8197>

Abstract. This article describes a method for producing mated queens under the conditions of Primorsky Krai using a four-chamber polyurethane foam nucleus with a standard frame (435 x 300 mm). The proposed method resulted both in positive quantitative and qualitative changes. The division of one nucleus hive in four chambers by thin solid partitions allowed not only to increase the rearing capacity of the nucleus by 15.2 % but also to enhance the fecundity of queen bees by 19.3 %. Consequently, less labor was required to produce one queen.

Keywords: queen, fecundity, four-chamber nucleus, single-chamber nucleus, rearing colony, grafting frame

For citation: Sharov M.A. Specific features of a technology for the reproduction of queen bees of the Far-Eastern breed under the conditions of Primorye Territory. *Vestnik of the FEB RAS*. 2022;(3):93-100. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_9.

Funding. The work has been effected within the state order of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (subject No. 0812-2018-0019).

Введение

Успех современного пчеловодства полностью зависит от своевременного снабжения пазек молодыми качественными матками. Недостаток их не только сдерживает прирост семей, но и приводит к необходимости использования старых родоначальниц, что отрицательно сказывается на эффективности пчеловодства в целом.

Продуктивные и племенные качества пчелиной семьи определяются наследственностью матки и степенью ее физиологического развития, особенно репродуктивных органов. Одним из важных хозяйственно полезных признаков пчелиной матки является яйценоскость, которая влияет на медовую продуктивность и зимостойкость пчелиной семьи [1, 2]. При выборе родоначальницы учитывают такие признаки, как порода, продуктивность, ройливость, устойчивость к заболеваниям, масса, форма брюшка, отсутствие дефектов тела, количество и качество расплода [3, 4].

В пчеловодстве существует несколько способов вывода маток для практического их использования: естественный (роение) [5], искусственный и комбинированный. Последний сочетает в себе элементы искусственного и естественного [6].

При естественном способе пчелы возводят роевые мисочки из воска, в которые матки откладывают яйца. Из них в дальнейшем развиваются роевые матки. Положительной стороной таких родоначальниц является их хорошее развитие и высокое качество, а отрицательной – стихийность и неплановость вывода, что затрудняет своевременное формирование новых нуклеусов.

Искусственный способ основан на инстинкте пчел при потере матки выводить себе новых из оставшихся личинок. Он имеет то преимущество, что пчеловод может получать маток в любое время сезона точно к намеченному сроку. Данный способ включает несколько этапов: выращивание неплодных маток (семья-воспитательница), выращивание трутней (отцовские семьи) и получение плодных маток (нуклеусы) [7].

В обеспечении высокой плодовитости маток и жизнеспособности пчелиных семей важная роль принадлежит мужским особям – трутням. От их физиологического состояния зависит возможность передачи по наследству признаков, обеспечивающих успешную адаптацию семей к изменяющимся условиям среды [8]. Подготовка отцовских семей при производстве ранних плодных маток имеет решающее значение. Они обеспечивают к определенному времени нужное количество трутней и дают возможность контролировать их качество. Так, нормальной продолжительностью жизни и яйценоскостью обладают те матки, которым во время брачного вылета удается спариться с не менее чем 10 трутнями [9]. В период выращивания полноценных мужских особей одним из главных факторов является поступление в пчелиную семью пыльцы и нектара, независимо от имеющихся в гнезде кормовых запасов. В безмедосборный период проводится подкормка медовой сытой или сахарным сиропом с добавлением пыльцы растений [10].

Качество выращиваемых маток во многом зависит от правильного выбора и подготовки семьи-воспитательницы. Она должна быть племенной, совершенно здоровой, с большим содержанием пчел и расплода всех возрастов, иметь хорошие запасы меда и перги. Большое влияние на вес выращиваемых пчелиных маток оказывает породная принадлежность семьи-воспитательницы [11, 12].

Дальнейшей задачей является формирование индивидуальных нуклеусов. Это небольшие семейки пчел, в которых содержат неплодных маток в течение всего периода полового созревания и спаривания до начала откладки яиц. Для получения биологически полноценных маток в нуклеусах должны быть созданы комфортные условия содержания и питания пчел, а именно полноценная устойчивая кормовая база с богатым биоразнообразием нектаропыльценосов и оптимальный температурный режим в гнездах – 33...34 °С [13–15]. Существуют различные техники формирования нуклеусов и их заселения [13, 16], конструкционные особенности [17] и материалы изготовления самого нуклеуса [15, 18].

Цель исследований – изыскать оптимальные способы получения ранних плодных маток в условиях Приморского края.

Задачи исследования:

изучение разных типов нуклеусных ульев по количеству полученных плодных маток в течение сезона;

оценка репродуктивных качеств полученных женских особей.

Научная новизна: впервые в условиях Приморского края проведена оценка различных типов нуклеусных ульев.

Материалы и методы

Работа выполнена на научно-производственной пасеке ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки в 2020–2021 гг. Объект исследований – медоносная пчела (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758) породы Дальневосточная. Для разработки технологии репродукции пчелиных маток учитывали: число вышедших маток; начало яйцекладки; число дней от постановки маточника до отбора плодной матки; яйценокость – два обмера через 12 и 24 дня после появления первых яиц в ячейках сота; пропускную способность одноместного (рис. 1, *a*) и четырехместного (рис. 1, *б*) нуклеусов из пенополиуретана на стандартную рамку 435 x 300 мм.

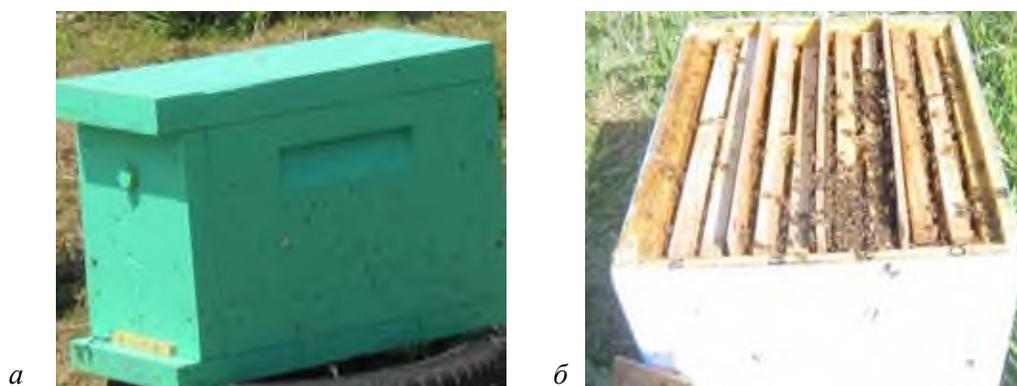


Рис. 1. Нуклеусы: *a* – одноместный, *б* – четырехместный

Для репродукции маток отбирали высокопродуктивные пчелиные семьи с наилучшими показателями по продуктивности, зимостойкости, росту и развитию за два предыдущих сезона. Неплодных маток получали искусственным способом, перенося 12–20-часовых личинок прививочным шпателем в заранее подготовленные мисочки, закрепленные на прививочной рамке (рис. 2).



Рис. 2. Перенос суточных личинок прививочным шпателем

Общее количество устанавливаемых личинок на выкармливание составляло не больше 25 шт. Пчелы способны выкормить и большее количество, но качество маток в этом случае снижается. Затем рамку помещали в семью-воспитательницу без матки, имеющую 10–12 улочек пчел, 8–9 рамок разновозрастного расплода, 8–10 кг меда и не менее двух сотов с пергой.

Результаты

К производству пчелиных маток приступали ежегодно во второй половине апреля, когда в ульях заканчивалась замена старых пчел молодыми. Наличие большого количества цветущих медоносных и пыльценосных растений, таких как одуванчик монгольский, ивы, клены, черемуха Маака, жимолости и др., способствовало появлению в отцовских ульях трутневого расплода [19].

Большое внимание в матководстве уделяется формированию нуклеусов, для этого необходимо создать такие условия, которые будут препятствовать слету пчел, а это наличие расплода и разновозрастных особей. В этом случае пчелы, обогревая расплод, не покидают свое новое жилище и уделяют большое внимание воспитанию полноценных родоначальниц [13, 14].

Первое заселение нуклеусов проводили в конце апреля, помещая в них расплодную рамку с пчелами и кормовую. Для этого заранее из общего числа пчелиных семей пасеки выделяли необходимое количество сильных ульев. Затем за 7–8 дней до расстановки маточников от каждой из них отсаживали плодных маток вместе с сотом в новый улей, добавляя 400–500 г разновозрастных пчел, обеспечивали кормами и уносили на новое место. Через 10 дней после прививки личинок из семьи-воспитательницы в вечернее время изымали зрелые маточники (рис. 3) и распределяли в сформированные нуклеусы.



Рис. 3. Зрелые маточники перед расстановкой в нуклеусы

В течение двух сезонов мы наблюдали за эффективностью работы двух типов нуклеусов (см. таблицу).

Эффективность нуклеусов разных конструкций (2020–2021 гг.)

| Тип нуклеуса | Количество нуклеусов, шт. | Подставлено маточников, шт. | Принято на воспитание, шт. | Получено плодных маток, шт. | Число осемененных маток, % |
|----------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Одноместный | 8 | 48 | 42 | 35 | 83,3 |
| Четырехместный | 2 x 4 (8)* | 48 | 47 | 46 | 97,9 |

* Два нуклеуса по четыре матко-места (всего 8 мест).

Установлено, что в нуклеусах разной конструкции матки спаривались с трутнями не одинаково успешно. Так, лучший выход плодных маток отмечен в четырехместных нуклеусах с показателем 46 плодных маток, что составляет 97,9 % от принятых на воспитание. В одноместных выход плодных маток ниже – 35 особей, или 83,3 %.

Известно, что спаривание маток с трутнями происходит на 7–10-й день после их выхода из маточников. На этот процесс влияет не только погода, но и условия содержания молодых маток в нуклеусах [12]. Мы проследили продолжительность периода от выхода маток из маточников до начала яйцекладки. Так, первые плодные яйца были обнаружены в четырехместных нуклеусах через 11 дней, а в одноместных только через три последующих дня.

Также необходимо отметить, что матки из четырехместных нуклеусов обладали высокой яйценоскостью – в среднем по 1295 ± 134 яиц в сутки, превысив показатель одноместных нуклеусов (1045 ± 112 яиц в сутки) на 19,3 % (рис. 4).



Рис. 4. Влияние конструкции нуклеуса на репродуктивные способности маток

Установлено, что охлаждение маток в период их развития негативно отражается на плодовитости и способности к воспроизводству [20]. Это объясняет наличие разницы между группами в воспитании молодых маток. Так, в одноместных нуклеусах во время перепада температур в дневное и ночное время пчелиным особям было сложно контролировать микроклимат внутри гнезда и, как следствие, наблюдались низкая яйценоскость и малое количество зрелых пчелиных маток.

Заключение

Для получения высококачественных маток на пасеках Приморского края рекомендуется использовать четырехместный нуклеус из пенополиуретана на стандартную рамку (435 x 300 мм). Данная конструкция способствует сохранению положительных количественных и качественных изменений при репродукции пчелиных маток. Это возможно благодаря расположению в одном улье четырех секций, разделенных тонкой глухой перегородкой. В этом случае пчелы меньше расходуют энергии на поддержание оптимального микроклимата внутри гнезда при неблагоприятных погодных условиях. Данная конструкция повышает пропускную способность одного матко-места на 15,2 % и способствует увеличению яйценоскости на 19,3 %, соответственно уменьшаются затраты труда на обслуживание одного нуклеуса для получения одной матки.

В дальнейшем, после отбора плодных маток, четырехместный нуклеус можно использовать или для дальнейшего производства маток, или, объединив пчел, использовать на медосборе.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Брандорф А.З., Ивойлова М.М. Яйценоскость маток в оценке мёдопродуктивности и зимостойкости семей // Пчеловодство. 2012. № 6. С. 16–18.
2. Шапкина А.А. Аспекты вывода маток // Пчеловодство. 2020. № 1. С. 44–46.
3. Биляш Г. Способы вывода маток и их качество // Пчеловодство. 1963. № 6. С. 8–12.
4. Бородачев А.В., Савушкина Л.Н., Бородачев В.А. Биологические параметры особей пчелиных семей пород и типов, разводимых в России // Пчеловодство. 2016. № 2. С. 8–11.
5. Шаров М.А. Ройливость и роение медоносной пчелы дальневосточной породы в условиях Приморского края // Вестн. ДВО РАН. 2021. № 3. С. 81–84. DOI: 10.37102/0869-7698_2021_217_03_13.
6. Левичева А. Величина маточников и качество маток // Пчеловодство. 1964. № 6. С. 28–29.
7. Малков В.В. Племенная работа на пасеке. М.: Россельхозиздат, 1985. 176 с.
8. Буртов В.Я. Промышленный вывод маток // Пчеловодство. 1971. № 1. С. 4–7.
9. Черевко Ю.А., Оганесян П.М., Назарова Е.И. Подготовка отцовских семей и качество трутней // Пчеловодство. 1977. № 7. С. 12–13.
10. Бутримова А.С. Подкормка семей-воспитательниц // Пчеловодство. 1978. № 8. С. 7.
11. Круль А.Л. Влияние породы семьи-воспитательницы на признаки пчелиных маток // Пчеловодство. 1978. № 12. С. 32–33.
12. Хидешели А.А. Испытания нуклеусов // Пчеловодство. 1970. № 9. С. 13–15.
13. Костоев М.М., Костоев М.М., Савушкина Л.Н. Технология производства пчелиных маток в Республике Ингушетия // Пчеловодство. 2015. № 8. С. 16–18.
14. Лукоянов В.Д. Нуклеусы среднерусских пчёл // Пчеловодство. 1977. № 12. С. 22–23.
15. Маннапов А.Г., Ларионова О.С., Залилова З.А. Биологические и технологические возможности пенополиуретановых ульев // Пчеловодство. 2011. № 1. С. 12–14.
16. Грушинская Т.А., Маннапов А.Г. Биологические, технологические особенности в производстве плодных пчелиных маток // Тез. докл. XXII Междунар. конгр. «Апиславия», Москва, 9–13 сент. 2018. М.: Лаб Принт, 2018. С. 27–28.
17. Пилипенко В. Оценка нуклеусов разных типов // Пчеловодство. 1976. № 6. С. 10–12.
18. Седых А.В. Нуклеусные улья из пенопласта // Пчеловодство. 1974. № 3. С. 14–15.
19. Sharov M. Reproduction of bee and drone brood in bee colonies of the Far Eastern honey bee (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758) in the conditions of Primorsky Krai // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 353. P. 460–468. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_52.
20. Еськов Е.К., Еськова М.Д. Влияние охлаждения на репродуктивную функцию маток // Пчеловодство. 2013. № 2. С. 12–14.

REFERENCES

1. Brandorf A.Z., Ivoilova M.M. Yaitsenoskost' matok v otsenke medoproduktivnosti i zimostoikosti semei = [The fecundity of queens in the evaluation of honey productivity and overwintering ability of bee colonies]. *Pchelovodstvo*. 2012;(6):16-18. (In Russ.).
2. Shakshina A.A. Aspekty vyvoda matok = [Aspects of queen rearing]. *Pchelovodstvo*. 2020;(1):44-46. (In Russ.).
3. Bilash G. Sposoby vyvoda matok i ikh kachestvo = [Methods for queen rearing and their quality]. *Pchelovodstvo*. 1963;(6):8-12. (In Russ.).
4. Borodachev A.V., Savushkina L.N., Borodachev V.A. Biologicheskie parametry osobei pchelinykh semei porod i tipov, razvodimyykh v Rossii = [Biological parameters of individuals from bee colonies belonging to different breeds and types that are produced in Russia]. *Pchelovodstvo*. 2016;(2):8-11. (In Russ.).
5. Sharov M.A. Swarming and swarm ability of honey bee of the Far Eastern breed in the conditions of Primorsky Krai. *Vestnik of the FEB RAS*. 2021;(3):81-84. DOI: 10.37102/0869-7698_2021_217_03_13. (In Russ.).
6. Levicheva A. Velichina matochnikov i kachestvo matok = [The size of a queen cell and the quality of queens]. *Pchelovodstvo*. 1964;(6):28-29. (In Russ.).
7. Malkov V.V. Plemennaya rabota na paseke = [Breeding work in an apiary]. Moscow: Rossel'khozizdat Publ.; 1985. P. 176. (In Russ.).
8. Burtov V.Ya. Promyshlennyi vyvod matok = [Industrial queen rearing]. *Pchelovodstvo*. 1971;(1):4-7. (In Russ.).
9. Cherevko Yu.A., Oganesyanyan P.M., Nazarova E.I. Podgotovka otsovskikh semei i kachestvo trutnei = [Preparation of drone rearing colonies and the quality of drones]. *Pchelovodstvo*. 1977;(7):12-13. (In Russ.).
10. Butrimova A.S. Podkormka semei-vospitatel'nits = [Supplemental feeding for rearing bee colonies]. *Pchelovodstvo*. 1978;(8):7. (In Russ.).
11. Krul' A. Vliyanie porody sem'i-vospitatel'nitsy na priznaki pchelinykh matok = [The influence of the breed of a rearing bee colony on traits of queen bees]. *Pchelovodstvo*. 1978;(12):32-33. (In Russ.).
12. Khidesheli A.A. Ispytaniya nukleusov = [Testing of nucleus hives]. *Pchelovodstvo*. 1970;(9):13-15. (In Russ.).
13. Kostoev M.M., Kostoev M.M. (Jr), Savushkina L.N. Tekhnologiya proizvodstva pchelinykh matok v Respublike Ingushetiya = [The technology for the production of queen bees in the Republic of Ingushetia]. *Pchelovodstvo*. 2015;(8):16-18. (In Russ.).
14. Lukoyanov V.D. Nukleusy srednerusskikh pchel = [Nuclei of the European dark bee]. *Pchelovodstvo*. 1977;(12):22-23. (In Russ.).
15. Mannapov A.G., Larionova O.S., Zalilova Z.A. Biologicheskie i tekhnologicheskie vozmozhnosti penopoliuretanovykh ul'ev = [Biological and technological capabilities of polyurethane foam nucleus hives]. *Pchelovodstvo*. 2011;(1):12-14. (In Russ.).
16. Grushinskaya T.A., Mannapov A.G. Biologicheskie, tekhnologicheskie osobennosti v proizvodstve plodnykh pchelinykh matok = [Specific biological and technological features in the production of mated queen bees]. In: *Collection of abstracts: Proceedings of the 22nd International Apicultural Congress "Apislavia"*, 09-13 September, 2018. Moscow: Lab Print Publ.; 2018. P. 27-28. (In Russ.).
17. Pilipenko V. Otsenka nukleusov raznykh tipov = [The evaluation of different types of nucleus hives]. *Pchelovodstvo*. 1976;(6):10-12. (In Russ.).
18. Sedykh A.V. Nukleusnye ul'ya iz penoplasta = [Nucleus hives from plastic foam]. *Pchelovodstvo*. 1974;(3):14-15. (In Russ.).
19. Sharov M.A. Reproduction of Bee and Drone Brood in Bee Colonies of the Far Eastern Honey Bee (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758) in the Conditions of Primorsky Krai. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022;353:460-468. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_52. (In Russ.).
20. Es'kov E.K., Es'kova M.D. Vliyanie okhlazhdeniya na reproduktivnyuyu funktsiyu matok = [The influence of cooling on the reproductive function of queens]. *Pchelovodstvo*. 2013;(2):12-14. (In Russ.).

Научная статья
УДК 635.62:631.527
DOI: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_10

Действие направленного отбора на самопроизвольную изменчивость признаков в сортовой популяции тыквы столовой

Н.В. Бардина

Наталья Викторовна Бардина

научный сотрудник

Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия

bardina1977@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6992-1666>

Аннотация. Приведены результаты испытания сортовой популяции 945 тыквы столовой по спонтанно генетически изменчивым (гетерозиготным) признакам повторяющегося направленного отбора по одним и тем же критериям в течение ряда поколений. Коэффициент вариации по показателю «индекс формы плода» у вариантов F_7 данной популяции находился в пределах от 5,5 до 12,5 %. Внутрелинейная изменчивость по этому признаку была низкой и средней. У испытанных вариантов F_8 коэффициент вариации по признаку «индекс формы плода» свидетельствует о средней степени изменчивости данного признака ($V = 10,2-15,0$ %). Диапазон изменчивости признака у вариантов F_8 был наименьшим. Коэффициент выравнивания формы плода вариантов F_7 составил 87,5–94,5 %, вариантов F_8 – от 85,0 до 88,2 %. Коэффициент вариации по признаку «содержание сахаров» у вариантов F_7 колебался от 9,5 до 27,0 %, выравнивание – от 73,0 до 90,5 %. Изменчивость по признаку «содержание сахаров» незначительная, средняя и высокая. У вариантов F_8 по признаку «содержание сахаров» установлен средний коэффициент вариации (12,3–18,5 %), который в общем указывает на лучшую выравниваемость вариантов F_8 сортовой популяции 945 по данному признаку. Коэффициент выравнивания содержания сахаров вариантов F_8 находился в пределах от 81,5 до 87,7 %. Диапазон изменчивости этого признака у вариантов F_8 наименьший. Используя тип направленного отбора для увеличения адаптивного потенциала, резистентности и жизнеспособности сортовой популяции 945, были отобраны 66 частично гомогенных (однородных) вариантов (линий) F_9 с определенным уровнем гетерозиготности по признакам, определяющим гетерозис, и по основным хозяйственно ценным признакам (сердцевидная форма плода, серо-зеленая окраска коры, оранжевая мякоть плода, содержание сахаров от 9,0 до 11,4 %).

Ключевые слова: тыква столовая, сортовая популяция, тип отбора, поколения, варьирующие признаки, гомо- и гетерозиготность признаков, химический состав плодов, технологические показатели

Для цитирования: Бардина Н.В. Действие направленного отбора на самопроизвольную изменчивость признаков в сортовой популяции тыквы столовой // Вестн. ДВО РАН. 2022. № 3. С. 101–111. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_10.

Original article

The effect of directed selection by criteria on the spontaneous variability of varying traits in the offspring of the varietal population of squash

N.V. Bardina

Natalia V. Bardina

Researcher

Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika, Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

bardina1977@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6992-1666>

Abstract. The article presents the results of testing a varietal population of 945 squashes on spontaneously genetically variable (heterozygous) signs of repeated directional selection according to the same criteria over a number of generations. The coefficient of variation in the indicator “fetal shape index” in the F7 variants of this population ranged from 5.5 to 12.5 %. Intra-linear variability on this basis was low and medium. In the tested variants of F8, the coefficient of variation on the basis of the “fetal shape index” indicates an average degree of variability of this trait ($V = 10.2\text{--}15.0\%$). The range of variability of the trait in the F8 variants was the smallest. The coefficient of alignment of the fetal shape of variants F7 was 87.5–94.5 %, variants F8 – from 85.0 to 88.2 %. The coefficient of variation on the basis of “sugar content” in variants F7 ranged from 9.5 to 27.0 %, alignment - from 73.0 to 90.5 %. Variability on the basis of “sugar content” is insignificant, medium and high. The F8 variants on the basis of “sugar content” have an average coefficient of variation (12.3–18.5 %), which generally indicates the best alignment of the F8 variants of the 945 varietal population on this basis. The coefficient of equalization of the sugar content of the F8 variants ranged from 81.5 to 87.7 %. The range of variability of this trait in F8 variants is the smallest. Using the type of directed selection to increase the adaptive potential, resistance and viability of the varietal population 945, 66 partially homogeneous variants (lines) F9 with a certain level of heterozygosity were selected according to the characteristics that determine heterosis and the main economically valuable characteristics (heart-shaped fruit, gray-green bark color, orange fruit pulp, sugar content from 9.0 to 11.4 %).

Keywords: squash, varietal population, type of selection, generations, varying traits, homo- and heterozygosity of traits, chemical composition of fruits, technological indicators

For citation: Bardina N.V. The effect of directed selection by criteria on the spontaneous variability of varying traits in the offspring of the varietal population of squash. *Vestnik of the FEB RAS*. 2022;(3):101–111. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_10.

Плоды тыквы – богатый витаминами, сочный и хорошо перевариваемый продукт. Они широко используются для пищевых целей, в том числе в свежем виде, а также в качестве сырья для консервной, кондитерской и витаминной промышленности [1, 2]. Питательные и биологические свойства делают возможным использовать тыкву для коррекции пищевого статуса человека [3]. Хозяйственная ценность данной культуры обуславливает интерес к ней со стороны селекционеров.

Выделение лучших растений из исходного материала проводят на основе запланированных показателей в течение всей вегетации. Окончательно элитные растения определяют по сумме всех критериев отбора после их проявления. Перекрестный характер опыления создает большие трудности при отборе [4]. У перекрестноопыляющихся растений потомство, как правило, гетерозиготно по большинству генов, гомозиготность возможна только по отдельным генам.

Сортовые и гибридные популяции, в том числе различных видов тыквы, по количественным и качественным признакам представлены особями (индивидуумами или морфобиотипами), которые обладают определенным уровнем гомо- / гетерозиготности. В процессе отбора структура популяции изменяется, действие одних генов усиливается, а других ослабевает.

Отбор основан на использовании признаков с генетически обусловленной изменчивостью (гетерозиготностью) [5]. Гетерогенность популяций обуславливает высокую адаптивность и способность формировать достаточно высокие урожаи в широком спектре условий выращивания. Однако та же гетерогенность играет отрицательную роль в процессе улучшающего семеноводства, затрудняя проведение стабилизирующего отбора на выравненность популяции по морфотипу и темпам развития растений. Последнее является необходимым условием для успешной конкуренции сортов с отечественными и зарубежными гибридами [6].

В экспериментах, проведенных учеными с цветковыми растениями, было обнаружено явление, сущность которого состоит в спонтанной продолжающейся генетической изменчивости одного и того же количественно варьирующего признака растения в поколениях при повторяющихся индивидуальных отборах. Отбираемый количественный признак в зависимости от направления отбора продолжает генетически изменяться как в сторону увеличения, так и уменьшения. Повторяющийся индивидуальный отбор в направлении усиления (увеличения) признака может переводить его в категорию доминантного или промежуточно наследуемого, а при отборах на ослабление признака – в категорию рецессивного по отношению к исходному.

Большой комплекс качественных признаков растений при таком отборе не изменяется, что создает возможность, сохраняя достигнутый уровень селекции качественных признаков, вести направленную селекцию только по заданным хозяйственно ценным количественным признакам. Открытый тип генетической изменчивости количественного признака отличается от известной однократной случайной генетической изменчивости качественных признаков. Обнаруженное явление вносит существенные изменения в уровень понимания сущности процесса, происходящего при отборе растений на определенные количественно-варьирующие признаки растительных организмов при спонтанной генетической изменчивости в условиях искусственного отбора [7].

В линии, являющейся потомством возникшей гетерозиготы – делеция/дупликация, неизбежно должны возникать расщепление по варьирующему признаку и

возможность отбора гомозигот по дупликациям, то есть закрепления в потомстве иной выраженности признака [7].

Цель исследований – провести испытание вариантов (линий) седьмого (F_7) и восьмого (F_8) поколений отбора в сортовой популяции 945 тыквы столовой на сохранение гомозиготности по значимым селекционным признакам (при разной степени гетерозиготности конкретных варьирующих признаков).

Материалы и методы

Исследования проводили на опытном поле отдела картофелеводства и овощеводства ФНЦ агроботехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки в с. Пуциловка Уссурийского района Приморского края в 2019–2020 гг. Объект исследований – 8 линий F_7 и F_8 сортовой популяции 945 тыквы столовой. Площадь опытной делянки 79,2 м². Посев проводили на гребнях с междурядьями 180 см, расстояние между растениями в ряду 110 см. Количество отбираемых линий – не менее 30 % от общего количества высеянных. Количество отбираемых растений для последующей работы в каждой отобранной линии – не менее 15 [8]. Оценку морфологических признаков проводили по классификатору СЭВ [9] и методике ООС¹, хозяйственную характеристику – по ГОСТ 7975-2013². Определяли биохимический состав плодов: содержание сахара по рефрактометру, сухого вещества методом высушивания, каротина по Сапожникову, витамина С по Мурри [10]. Кроме обычных оценок по признакам была проведена оценка самопроизвольной генетической изменчивости расщепляющихся признаков в линиях у F_7 , F_8 сортовой популяции 945 [11].

Погодные условия вегетационного периода 2019 г. характеризовались достаточно большой температурой воздуха и неравномерным распределением осадков. В 2020 г. были отмечены довольно высокий температурный режим и избыток влаги в отдельные фазы вегетации растений.

Почва опытного участка пойменная с содержанием: N л.г. – 53,0 мг/кг почвы, P₂O₅ – 375,0 мг/кг, K₂O – 187,0 мг/кг, гумуса – 2,3 %; рН_{KCl} 5,0.

Результаты и обсуждение

В 2011 г. была начата работа по выделению линейного материала из сортопопуляции тыквы столовой Бананная 42. В процессе отбора индивидуально-семейственного без изоляции, с использованием метода половинок, группового и методического, целенаправленного из линий была сформирована сортовая популяция 945. Главным критерием отбора была фенотипическая вариация признаков, его целью – выделение биотипов, линий (семей), морфологических типов, не имеющих резких различий потомства по комплексу хозяйственно ценных признаков: урожайность 25,0–30,0 т/га, сердцевидная форма плода, оранжевая окраска

¹ Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность по тыкке крупноплодной: офиц. бюл. / Гос. ком. РФ по испытанию и охране селекционных достижений при Минсельхозпроду России. М., 2011. № 12-06/55. С. 1–10.

² ГОСТ 7975-2013. Тыква продовольственная свежая. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2018. 6 с.

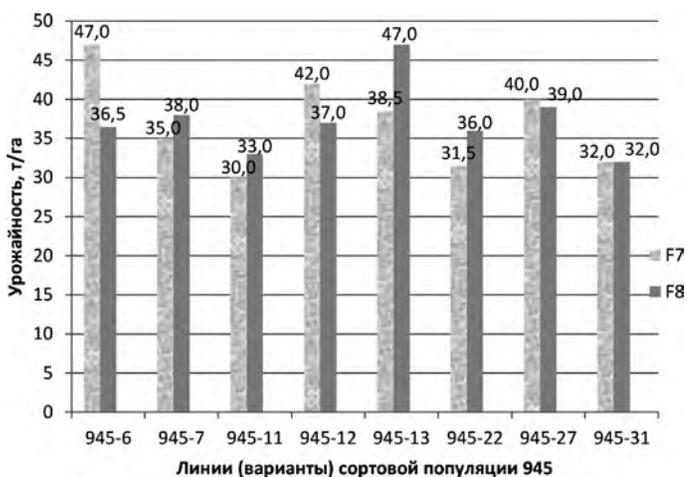
мякоти, тонкая кора, повышенное содержание сахаров – 9,0–11,0 %. Частичная гомогенность сортовой популяции 945 появилась в пятом поколении.

В малой сортовой популяции 945 отбор уклоняющихся генотипов привел к изменению частот генов из поколения в поколение, фактически в ней развернулись дисперсные процессы, приводящие к разделению популяции на варианты, линии, а также уменьшению генетической изменчивости и возрастанию уровня гомозиготности в них. В вариантах при скрещивании сходных между собой особей наблюдаются уменьшение генетической изменчивости, фиксация одних и элиминация других генов, рост и отбор гомозигот. Параллельно с увеличением гомозиготности в линиях сортовой популяции 945 идет их морфологическое выравнивание. При закреплении и усилении желательных качеств, сохранении устойчивости генотипов, а также увеличении численности растений желательного типа идет сужение их адаптационных возможностей и снижение жизнеспособности. В связи с этим в сортовой популяции 945, применяя направленный повторяющийся отбор постоянно варьирующих признаков растений в поколениях, сохранили определенную гетерозиготность по локусам, которая обогащает ее генотип и усиливает вариабельность признаков (самопроизвольная генетическая изменчивость), т.е. повышает эффективность отбора, а также увеличивает резистентность и жизнеспособность популяции растений. Таким образом, гомогенный отбор включает элементы гетерогенного отбора. Происходит разделение (случайный дрейф) между линиями в последующих поколениях.

Основной показатель ценности сорта – его урожайность. Урожайность – это сложное сочетание многих хозяйственно-биологических признаков и свойств растения. Она является одним из основных факторов, определяющих целесообразность возделывания сорта в том или ином регионе. В основе урожайности находится продуктивность растения (наиболее варьируемый признак), которая складывается из количества плодов на растении и средней массы плода.

Общая урожайность сортовой популяции 945 в линиях F_7 варьировала от 30,0 до 47,0 т/га, F_8 – от 31,5 до 47,0 т/га. Установлено, что варианты 945-6, 945-12 по урожайности в F_7 превосходили F_8 на 10,5 и 5,0 т/га соответственно. Варианты 945-7, 945-11, 945-13, 945-22 в F_7 показали урожайность ниже, чем в F_8 , на 3,0, 3,0, 4,5 и 8,5 т/га соответственно. Показатели вариантов 945-27, 945-31 в F_7 были такими же, как в F_8 . Выделены варианты с повышенным общим урожаем в F_7 и F_8 : 945-6, 945-12, 945-27, 945-13, 945-7 (см. рисунок).

Изменение урожайности линий сортовой популяции 945 тыквы столовой в поколениях отбора F_7 и F_8 , 2019–2020 гг.



Продуктивность в F_7 изменялась от 6,0 до 9,4, в F_8 – от 6,4 до 9,4 кг плодов с одного растения. По средней массе одного плода линии имели незначительные различия между поколениями: F_7 – от 4,2 до 5,2 кг, F_8 – от 4,0 до 4,8 кг. Количество плодов, сформировавшихся на одном растении, в F_7 менялся от 1,2 до 2,0 шт., в F_8 – от 1,4 до 2,1 шт. Наибольшее число плодов на одном растении тыквы было у 945-12 в F_7 (2,0 шт.), у 945-13 в F_8 (2,1 шт.) (табл. 1).

Таблица 1
Структура урожая линий сортовой популяции 945 тыквы столовой, 2019–2020 гг.

| Линия | Год | Поколение отбора | Количество плодов, шт./растение | Средняя масса плода, кг | Продуктивность, кг/растение |
|--------|------|------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 945-6 | 2019 | F_7 | 1,8 | 5,2 | 9,4 |
| | 2020 | F_8 | 1,7 | 4,3 | 7,3 |
| 945-7 | 2019 | F_7 | 1,4 | 5,0 | 7,0 |
| | 2020 | F_8 | 1,9 | 4,0 | 7,6 |
| 945-11 | 2019 | F_7 | 1,2 | 5,0 | 6,0 |
| | 2020 | F_8 | 1,4 | 4,7 | 6,6 |
| 945-12 | 2019 | F_7 | 2,0 | 4,2 | 8,4 |
| | 2020 | F_8 | 1,9 | 3,9 | 7,4 |
| 945-13 | 2019 | F_7 | 1,5 | 5,1 | 7,7 |
| | 2020 | F_8 | 2,1 | 4,5 | 9,4 |
| 945-22 | 2019 | F_7 | 1,5 | 4,2 | 6,3 |
| | 2020 | F_8 | 1,5 | 4,8 | 7,2 |
| 945-27 | 2019 | F_7 | 1,7 | 4,7 | 8,0 |
| | 2020 | F_8 | 1,9 | 4,1 | 7,8 |
| 945-31 | 2019 | F_7 | 1,5 | 4,3 | 6,4 |
| | 2020 | F_8 | 1,6 | 4,0 | 6,4 |

Спонтанно изменчивые (гетерогенные) признаки сортовой популяции 945, отбираемые в течение ряда поколений, отличались слабой, средней и высокой вариабельностью.

Индекс формы плода (табл. 2) у линий F_7 изменялся от 0,5 до 1,3, а его коэффициент вариации (V) находился в пределах от 5,5 до 12,5 %. Внутрелинейная изменчивость по этому признаку была средней и низкой, средняя наблюдалась у вариантов 945-6, 945-7, 945-22, 945-31 (коэффициент вариации до 11,1 %), 945-27 (до 12,5 %), слабая – у 945-12, 945-11, 945-13 (5,5, 7,8, 8,9 % соответственно).

В следующем поколении размах значений индекса формы плода был от 0,5 до 1,4, его коэффициент вариации свидетельствовал о средней степени изменчивости данного признака ($V = 10,2–15,0$ %), диапазон изменчивости признака был наименьшим.

Коэффициент выравненности (B) по индексу формы плода у вариантов F_7 находился в пределах от 87,5 до 94,5 %, F_8 – от 85,0 до 89,8 %.

Фенотипическая изменчивость признака «индекс формы плода», согласно коэффициенту вариации, увеличилась у трех вариантов F_8 : 945-13, 945-11, 945-12 – с 8,9, 7,8 и 5,5 % до 12,8, 10,2 и 15,0 % соответственно, у остальных пяти вариантов она осталась постоянной (на уровне средней).

Данные по химическому составу плодов сортовой популяции 945 тыквы столовой в линиях F_7 , F_8 представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 2

Степень изменчивости лучших линий сортовой популяции 945 в процессе отбора по признаку «форма плода», 2019–2020 гг.

| Линия | Год | Поко- ление | Критерии изменчивости по индексу формы плода | | | | | | | |
|--------|------|----------------|--|------------|-----------|-----------------------|-------|------|------|---------------|
| | | | X_{\min} | X_{\max} | \bar{X} | $X_{\max} - X_{\min}$ | S^2 | V, % | B, % | $S_{\bar{x}}$ |
| 945-6 | 2019 | F ₇ | 0,6 | 1,3 | 0,9 | 0,7 | 0,02 | 11,1 | 88,9 | 0,0001 |
| | 2020 | F ₈ | 0,6 | 1,0 | 0,8 | 0,4 | 0,009 | 11,8 | 88,2 | 0,01 |
| 945-7 | 2019 | F ₇ | 0,6 | 1,2 | 0,9 | 0,6 | 0,02 | 11,1 | 88,9 | 0,0002 |
| | 2020 | F ₈ | 0,7 | 1,1 | 0,8 | 0,4 | 0,01 | 12,5 | 87,5 | 0,01 |
| 945-11 | 2019 | F ₇ | 0,6 | 1,3 | 0,9 | 0,7 | 0,005 | 7,8 | 92,2 | 0,00004 |
| | 2020 | F ₈ | 0,6 | 1,1 | 0,8 | 0,5 | 0,007 | 10,2 | 89,8 | 0,01 |
| 945-12 | 2019 | F ₇ | 0,7 | 1,1 | 0,9 | 0,4 | 0,003 | 5,5 | 94,5 | 0,00002 |
| | 2020 | F ₈ | 0,6 | 1,1 | 0,8 | 0,5 | 0,01 | 15,0 | 85,0 | 0,01 |
| 945-13 | 2019 | F ₇ | 0,5 | 1,2 | 0,9 | 0,7 | 0,008 | 8,9 | 91,1 | 0,00007 |
| | 2020 | F ₈ | 0,5 | 1,4 | 0,8 | 0,9 | 0,02 | 12,8 | 87,2 | 0,01 |
| 945-22 | 2019 | F ₇ | 0,6 | 1,1 | 0,9 | 0,5 | 0,04 | 11,1 | 88,9 | 0,00009 |
| | 2020 | F ₈ | 0,6 | 1,2 | 0,8 | 0,6 | 0,01 | 12,7 | 87,3 | 0,01 |
| 945-27 | 2019 | F ₇ | 0,7 | 1,2 | 0,8 | 0,5 | 0,01 | 12,5 | 87,5 | 0,00007 |
| | 2020 | F ₈ | 0,5 | 1,2 | 0,8 | 0,7 | 0,01 | 14,1 | 85,9 | 0,01 |
| 945-31 | 2019 | F ₇ | 0,6 | 1,1 | 0,9 | 0,5 | 0,01 | 11,1 | 88,9 | 0,00009 |
| | 2020 | F ₈ | 0,5 | 1,1 | 0,8 | 0,6 | 0,01 | 12,5 | 87,5 | 0,01 |

Примечание. Здесь и в табл. 4: \bar{X} – среднее арифметическое значение, S^2 – дисперсия, V – коэффициент вариации, B – коэффициент выравненности, $S_{\bar{x}}$ – ошибка среднего.

Таблица 3

Химический состав мякоти сортовой популяции 945 тыквы столовой, 2019–2020 гг.

| Линия | Сухое вещество, % | | Каротин, мг% | | Витамин С, мг% | |
|--------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | F ₇ | F ₈ | F ₇ | F ₈ | F ₇ | F ₈ |
| 945-6 | 7,2–18,1 | 10,9–14,5 | 3,0–12,0 | 2,0–5,0 | 10,2–27,4 | 9,7–20,3 |
| 945-7 | | 10,3–16,2 | | 1,0–4,0 | | 10,8–20,3 |
| 945-11 | | 13,2–15,5 | | 2,0–9,0 | | 10,8–20,3 |
| 945-12 | | 10,3–13,0 | | 2,0–6,0 | | 8,7–20,3 |
| 945-13 | | 14,2–17,0 | | 4,0–6,0 | | 17,1–24,4 |
| 945-22 | | 13,5–15,1 | | 2,0–5,0 | | 15,6–23,4 |
| 945-27 | | 13,4–15,7 | | 2,0–5,0 | | 14,6–26,6 |
| 945-31 | | 14,6–17,2 | | 4,0–6,0 | | 16,0–23,9 |

Примечание. Для F₇ приведены средние значения.

Показатели по витамину С линий в F₇ соответствовали технологическим требованиям, предъявляемым к столовым сортам тыквы (не менее 10,0 мг%).

В F₈ содержание сухих веществ в вариантах составляет 10,3–17,2 %, сахаров – 5,6–13,4 %, каротина – 1,0–9,0 мг%, витамина С – 8,7–26,6 мг%. Наибольшее количество сухого вещества содержалось в плодах вариантов 945-31 (14,6–17,2 %), 945-13 (14,2–17,0 %). Сахаров больше всего обнаружено в плодах варианта 945-31 (7,8–13,4 %). По содержанию каротина выделились варианты 945-13 (4,0–6,0 мг%), 945-31 (4,0–6,0), 945-11 (2,0–9,0 мг %), витамина С – 945-7, 945-13, 945-27, 945-11,

945-22, 945-31 (выше 10,0 %). По всем четырем показателям выделился вариант 945-31.

Наиболее значимым хозяйственным признаком для тыквы является стабильное содержание сахаров в мякоти плода (табл. 4).

Таблица 4

Содержание сахаров в плодах линий тыквы сортовой популяции 945, 2019–2020 гг.

| Линия | Год | Покорление | Критерии изменчивости по содержанию сахаров | | | | | | | |
|--------|------|----------------|---|----------------|---------------|---------------------------|-------|------|------|---------------|
| | | | X_{\min} , % | X_{\max} , % | \bar{X} , % | $X_{\max} - X_{\min}$, % | S^2 | V, % | B, % | $S_{\bar{x}}$ |
| 945-6 | 2019 | F ₇ | 5,4 | 10,0 | 7,7 | 4,6 | 1,9 | 16,8 | 83,2 | 0,09 |
| | 2020 | F ₈ | 6,2 | 12,0 | 8,6 | 5,8 | 2,2 | 17,4 | 82,6 | 0,30 |
| 945-7 | 2019 | F ₇ | 4,8 | 10,8 | 7,7 | 6,0 | 2,8 | 20,7 | 79,3 | 0,10 |
| | 2020 | F ₈ | 5,6 | 12,0 | 8,4 | 6,4 | 2,3 | 17,8 | 82,2 | 0,30 |
| 945-11 | 2019 | F ₇ | 6,4 | 12,2 | 8,3 | 5,8 | 2,0 | 16,8 | 83,2 | 0,10 |
| | 2020 | F ₈ | 6,0 | 12,0 | 9,5 | 6,0 | 2,8 | 16,8 | 83,2 | 0,30 |
| 945-12 | 2019 | F ₇ | 4,8 | 10,4 | 8,0 | 5,6 | 2,5 | 20,0 | 80,0 | 0,10 |
| | 2020 | F ₈ | 6,4 | 10,6 | 8,5 | 4,2 | 1,7 | 15,3 | 84,7 | 0,20 |
| 945-13 | 2019 | F ₇ | 3,6 | 12,4 | 7,4 | 8,8 | 4,2 | 27,0 | 73,0 | 0,20 |
| | 2020 | F ₈ | 6,0 | 12,2 | 9,2 | 6,2 | 3,1 | 18,5 | 81,5 | 0,30 |
| 945-22 | 2019 | F ₇ | 6,4 | 10,4 | 8,3 | 4,0 | 1,1 | 12,0 | 88,0 | 0,05 |
| | 2020 | F ₈ | 6,0 | 12,4 | 9,2 | 6,4 | 3,1 | 18,5 | 81,5 | 0,30 |
| 945-27 | 2019 | F ₇ | 4,6 | 14,0 | 8,4 | 9,4 | 0,7 | 9,5 | 90,5 | 0,03 |
| | 2020 | F ₈ | 5,6 | 13,0 | 8,9 | 7,4 | 1,3 | 12,3 | 87,7 | 0,20 |
| 945-31 | 2019 | F ₇ | 5,8 | 13,0 | 9,5 | 7,2 | 2,4 | 15,7 | 84,3 | 0,10 |
| | 2020 | F ₈ | 7,8 | 13,4 | 10,5 | 5,6 | 2,8 | 15,2 | 84,8 | 0,30 |

У вариантов F₇ сортовой популяции 945 содержание сахаров в плодах варьировало от 3,6 до 14,0 %; изменчивость признака была незначительная (945-27; V = 9,5 %), средняя (945-6, 945-11, 945-12, 945-22, 945-31; V = 12,0–20,0 %) или высокая (945-7, 945-13; V = 20,7 и 27,0 %), выравненность – 73,0–90,5 %.

У вариантов F₈ содержание сахаров находилось в интервале от 5,6 до 13,4 %. Средний коэффициент вариации (12,3–18,5 %) в общем указывает на лучшую выравненность вариантов F₈ по данному признаку. Коэффициент выравненности был в пределах от 81,5 до 87,7%. Диапазон изменчивости признака у вариантов F₈ – наименьший.

От F₇ к F₈ фенотипическая изменчивость этого признака у варианта 945-27 повысилась с 9,5 до 12,3 %, у 945-13 снизилась с 27,0 до 18,5 %, как и у 945-7 – с 20,7 до 17,8 %. У остальных 5 вариантов он остался константным (на уровне средней изменчивости).

Основные признаки, определяющие технологические качества плодов тыквы, – это форма плода, окраска коры, окраска мякоти, толщина коры и мякоти, содержание сахаров (не менее 9,0 %). У отобранных плодов линий F₈ тыквы сортовой популяции 945 форма плода сердцевидная, окраска мякоти оранжевая, толщина мякоти от средней (3,0–5,0 см) до толстой (6,5 см), окраска коры серозеленая, кора тонкая (<1 см), содержание сахаров (9,0–11,4 %) (табл. 5).

Технологические показатели отобранных плодов вариантов F₈ сортовой популяции 945, 2020 г.

| Вариант | Форма плода | Толщина, см | | Окраска | | Содержание сахаров, % |
|---------|--------------|-------------|---------|--------------|-----------|-----------------------|
| | | коры | мякоти | коры | мякоти | |
| 945-6 | Сердцевидная | 0,1–0,7 | 3,0–5,0 | Серо-зеленая | Оранжевая | 9,0–10,0 |
| 945-7 | -«- | 0,3 | 3,5 | -«- | -«- | 9,2 |
| 945-11 | -«- | 0,1–0,6 | 3,0–6,0 | -«- | -«- | 9,0–11,0 |
| 945-12 | -«- | 0,2–0,6 | 4,0–5,0 | -«- | -«- | 9,0–11,2 |
| 945-13 | -«- | 0,2–0,6 | 3,0–5,3 | -«- | -«- | 9,0–11,0 |
| 945-22 | -«- | 0,2–0,8 | 3,5–6,5 | -«- | -«- | 9,0–11,4 |
| 945-27 | -«- | 0,2–0,5 | 3,7–5,0 | -«- | -«- | 9,0–10,0 |
| 945-31 | -«- | 0,2–0,9 | 3,5–5,0 | -«- | -«- | 9,0–10,4 |

Выводы

1. В процессе селекционной работы были отобраны лучшие частично гомогенные варианты (линии) сортовой популяции 945 тыквы столовой: 945-6, 945-7, 945-11, 945-12, 945-13, 945-22, 945-27, 945-31.

2. При анализе потомства в линиях F₇ по варьирующим критериям – выравненность материала по форме плода, содержание сахаров – установлена следующая изменчивость признаков:

слабая – по индексу формы плода (V = 5,0–8,9 %) у линий 945-12, 945-11, 945-13, по содержанию сахаров (V = 9,5 %) у 945-27;

средняя – по индексу формы плода (V = 10,0–12,5 %) у 945-6, 945-7, 945-27, 945-22, 945-31, по содержанию сахаров (V = 12,0–20,0 %) у 945-6, 945-11, 945-12, 945-22, 945-31;

значительная – по содержанию сахаров (V = 20,7–27,0 %) у линий 945-7, 945-13.

3. У вариантов F₇ урожайность составила 30,0–47,0 т/га.

4. Варианты F₇ отличились высоким содержанием витамина С (10,2–27,4 мг%).

5. В F₇ отобраны по выравненности признаков: «форма плода» (V = 5,5–11,1 %) – варианты 945-6, 945-7, 945-31, 945-11, 945-12, 945-13, 945-22 с содержанием углеводов 9,0–13,0%; «форма плода» (V = 12,5 %) и «содержание сахаров» (V = 9,5 %) – 945-27 с содержанием углеводов 14,0 %.

6. Испытание вариантов F₈ 945-6, 945-7, 945-13, 945-27, 945-11, 945-12, 945-22, 945-31 сортовой популяции 945 позволило выявить среднюю фенотипическую изменчивость количественных признаков «индекс формы плода» (V = 10,2–15,0 %), «содержание сахаров» (V = 12,3–18,5 %).

7. Внутрипопуляционная изменчивость признаков «индекс формы плода», «содержание сахаров» была средней.

8. У вариантов F₈ урожайность изменялась от 31,5 до 47,0 т/га.

9. Варианты 945-31 и 945-13 отличились наибольшим количеством сухого вещества в плодах (14,6–17,2 и 14,2–17,0 % соответственно), при этом более высоким содержание сахаров было в плодах варианта 945-31 (7,8–13,4 %). Наибольшее содержание каротина выявлено в плодах вариантов 945-13, 945-31, 945-11 (4,0–6,0, 4,0–6,0, 2,0–9,0 мг% соответственно), витамина С – вариантов 945-7, 945-13, 945-27, 945-11, 945-22, 945-31 (выше 10,0 мг%). Вариант 945-31 выделялся по группе признаков: содержанию в плодах сухого вещества (14,6–17,2 %), сахаров (7,8–13,4 %), каротина (4,0–6,0 мг%) и витамина С (16,0–23,9 мг%).

10. Направленным отбором, благодаря среднему спектру спонтанной генетической изменчивости существенных количественных признаков, в вариантах F₈ сортовой популяции 945 были определены 66 частично гомогенных (однородных) вариантов F₉ с определенным уровнем гетерозиготности по признакам, определяющим гетерозис, и по основным хозяйственно ценным признакам (сердцевидная форма плода, серо-зеленая окраска коры, оранжевая мякоть плода, содержание сахаров от 9,0 до 11,4 %), что представляет интерес для работы по увеличению адаптивного потенциала, резистентности и жизнеспособности данной популяции.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лящева Л.В. Оценка хозяйственных признаков сортов тыквы, выращенных в условиях лесостепи Северного Зауралья // Изв. Оренбург. ГАУ. 2019. № 1. С. 59–62.
2. Якимова О.В., Лазько В.Э. Оценка и характеристика хозяйственно ценных признаков линий тыквы мускатной и крупноплодной порционного размера // Овощи России. 2020. № 5. С. 49–53.
3. Линда Л.П., Каражия В.Ф., Соболева И.М. и др. Оценка сортов и гибридов тыквы столовой, районированных в Молдове, на пригодность к переработке // Овощи России. 2012. № 3. С. 62–67.
4. Чайкин В.В., Тороп Е.А., Тороп А.А., Филатова И.А. Способ отбора перекрестноопыляющихся растений с ограниченными способностями к самоопылению // Вестн. Рос. акад. с./х. наук. 2013. № 2. С. 27–31.
5. Хлебородов А.Я., Провоторова О.С., Карбанович Т.М. Морфобиотипы гибридных популяций голосемянно-кустовой разновидности твердокорой тыквы (*Cucurbita pepo* L. var. *styriaca*) белорусской селекции // Вестн. Белорус. ГСХА. 2019. № 4. С. 60–63.
6. Хатнянский В.И., Васильева Т.А., Хатит А.Б., Бойко Ю.Г., Илюк Г.Н. Возможность улучшения сортов-популяций подсолнечника по признаку одновременность зацветания растений // Масличные культуры. 2016. № 1. С. 38–42.
7. Авдеев Ю.И., Кигашпаева О.П., Авдеев А.Ю. Влияние направления повторяющихся отборов на спонтанную генетическую изменчивость количественно-варьирующего признака в поколениях растений // Селекция, семеноводство и технологии выращивания овощных, бахчевых, технических и кормовых культур. 2014. № 1. С. 125–135.
8. Бунин М.С., Пивоваров В.Ф., Павлов Л.В. Положение о производстве семян элиты овощных, бахчевых культур, кормовых корнеплодов и кормовой. М., 2008. 28 с.
9. Широкий Унифицированный классификатор СЭВ культурных видов рода *Cucurbita* L. (тыква) / сост. Л. Юлдашева, В. Корнейчук, Е. Пекаркова; ВИР. Л., 1989. 20 с.
10. Практикум по агрохимии. 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
11. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М., 2011. 648 с.

REFERENCES

1. Lyashcheva L.V. Otsenka khozyaistvennykh priznakov sortov tykvy, vyrashchennykh v usloviyakh lesostepi Severnogo Zaural'ya. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2019;(1):59-62. (In Russ.).
2. Yakimova O.V., Laz'ko V.E. Otsenka i kharakteristika hozyajstvenno cennykh priznakov linii tykvy muskatnoi i krupnoplodnoi portsiionnogo razmera. *Ovoshchi Rossii*. 2020;(5):49-53. (In Russ.).

3. Linda L.P., Karazhiya V.F., Soboleva I.M. et al. Otsenka sortov i gibridov tykvy stolovoi, raionirovannyh v Moldove, na prigodnost' k pererabotke. *Ovoshchi Rossii*. 2012;(3):62-67. (In Russ.).
4. Chaikin V.V., Torop E.A., Torop A.A., Filatova I.A. Sposob otbora perekrestnoopylyayushchikhsya rastenii s ogranichennymi sposobnostyami k samoopyleniyu. *Vestnik Rossiiskoj Akademii sel'skokhozyajstvennyh nauk*. 2013;(2):27-31. (In Russ.).
5. Hleborodov A.Ya., Provotorova O.S., Karbanovich T.M. Morfobiotipy gibridnykh populyatsii golosemyanno-kustovoi raznovidnosti tverdokoroi tykvy (*Cucurbita pepo* L. var. *styriaca*) belorusskoi selektsii. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyajstvennoi akademii*. 2019;(4):60-63. (In Russ.).
6. Hatnyanskii V.I., Vasil'eva T.A., Hatit A.B., Bojko Yu.G., Ilyuk G.N. Vozmozhnost' uluchsheniya sortov-populyatsii podsolnechnika po priznaku odnovremennost' zatsvetaniya rastenii. *Maslichnye kul'tury*. 2016;(1):38-42. (In Russ.).
7. Avdeev Yu.I., Kigashpaeva O.P., Avdeev A.Yu. Vliyanie napravleniya povtoryayushchikhsya otborov na spontannuyu geneticheskuyu izmenchivost' kolichestvenno-var'iruyushchego priznaka v pokoleniyakh rastenii. *Selektsiya, semenovodstvo i tekhnologii vyrashchivaniya ovoshchnykh, bakhchevykh, tekhnicheskikh i kormovykh kul'tur*. 2014;(1):125-135. (In Russ.).
8. Bunin M.S., Pivovarov V.F., Pavlov L.V. (comp.). Polozhenie o proizvodstve semyan elity ovoshchnykh, bakhchevykh kul'tur, kormovykh korneplodov i kormovoi kapusty. Moscow; 2007. 28 p. (In Russ.).
9. Yuldasheva L., Korneichuk V., Pekarkova E. (comp.). Shirokii Unifitsirovannyi klassifikator SEV kul'turnykh vidov roda *Cucurbita* L. (tykva). Leningrad: VIR; 1989. 20 p. (In Russ.).
10. Mineev V.G. (ed.). Praktikum po agrokhimii. Moscow: Moscow State Univ. Press; 2011. 689 p. (In Russ.).
11. Litvinov S.S. Metodika polevogo opyta v ovoshchevodstve. Moscow; 2011. 648 p. (In Russ.).

Научная статья

УДК 633.88:638.132

DOI: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_11

Лекарственные растения как медоносные культуры

Т.А. Волошина

Татьяна Алексеевна Волошина

научный сотрудник

Федеральный научный центр агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия

miss.voloshina@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-8611-0571>

Аннотация. В статье изложены данные визуальных наблюдений за посещаемостью пчелами 8 видов лекарственных растений в коллекционном питомнике. Описан сезонный ритм развития, продуктивность лекарственного сырья и семян, другие хозяйственно полезные качества медоносных культур. Выявлено, что для полевого возделывания в качестве медоносов предпочтительны многоколосник морщинистый (*Agastache rugosa*) и иссоп лекарственный (*Hyssopus officinalis*). Помимо меда они являются источником лекарственного сырья в виде сухой вегетативной массы и семян. Имеют отличную зимостойкость.

Ключевые слова: лекарственные растения, фенология, пчелопосещаемость, продуктивность, лекарственное сырье, семена

Для цитирования: Волошина Т.А. Лекарственные растения как медоносные культуры // Вестн. ДВО РАН. 2022. № 3. С. 112–117. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_11.

Original article

Medicinal plants as nectar source

T.A. Voloshina

Tatiana A. Voloshina

Researcher

Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,
Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

miss.voloshina@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-8611-0571>

Abstract. The current article presents visual observations of the bee visitation of eight medicinal plant species in a collection nursery. Furthermore, it describes the seasonal rhythm of development, the productivity of crude plant drugs and seeds, and other economically valuable traits of these nectar source plants. It was discovered that Korean mint (*Agastache rugosa*) and Hyssop (*Hyssopus officinalis*) have an advantage as a nectar source in field cultivation. In addition to the honey harvest, they can provide plant crude drugs in the form of dry green biomass, and seeds. They are characterized by high resistance to low temperatures.

Keywords: Medicinal plants, phenology, bee visitation rate, productivity, plant crude drug, seeds

For citation: Voloshina T.A. Medicinal plants as nectar source. *Vestnik of the FEB RAS.* 2022;(3):112-117. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_11.

Введение

Медоносные растения встречаются на территории России крайне неравномерно. Большинство из них сосредоточено в европейской части страны, в основном в зоне интенсивного земледелия. На Дальнем Востоке преобладают дикорастущие медоносы (до 90 %). Они представлены более чем 300 видами травянистых, лиановых, кустарниковых, древесных пыльценосных и медоносных растений [1]. Естественная кормовая база пчеловодства может обеспечить получение товарного меда с более низкой себестоимостью и меньшими затратами труда, но этот колоссальный медовый ресурс пока использован очень слабо. Препятствием является недостаточность сведений об ареалах распространения и объемах активных медоносов, их нектаро- и медопродуктивности, распределении в растительных сообществах. Также отсутствуют данные сроков и продолжительности цветения дикоросов [2]. Зачастую медоносные плантации расположены в труднодоступных отдаленных местах, что затрудняет сбор меда. В связи с этим многие фермеры-пчеловоды ориентируются на организацию медоносной базы за счет использования своих земельных угодий, для чего на значительных площадях высевают гречиху, горчицу, донник, клевер, фацелию и другие энтомофильные культуры. Тем самым они получают не только стабильный медосбор, но и семена медоносных культур, а в некоторых случаях – еще и зерно, корм для скота, лекарственное сырье для удовлетворения собственных потребностей и с целью их реализации [3].

За последние годы система земледелия на Дальнем Востоке претерпела значительные перемены. Сокращение поголовья купного рогатого скота неизбежно повлекло за собой снижение кормовых севооборотов и, как следствие, уменьшение разнообразия кормовых культур, одновременно являющихся медоносами. В связи с этим хозяйствам, дополнительно занимающимся пчеловодством, для более полной отдачи севооборота необходимо насыщать его новыми экономически выгодными энтомофильными культурами. Нужно подбирать такие культуры, которые помимо основной продукции могли бы обеспечить полноценный медосбор, а также выход попутной продукции в виде семян для восполнения плантаций лекарственного или эфиромасличного сырья [4].

Цель наших исследований – помимо широко распространенных культурных энтомофильных растений подобрать для полевого возделывания экономически выгодные дикорастущие медоносные виды, активно посещаемые пчелами и не только обеспечивающие хороший медосбор, но и дающие дополнительную продукцию в виде лекарственного сырья, семян, корма для скота и др.

Основные задачи на данном этапе – провести первичное изучение видовой коллекции лекарственных растений и выявить их перспективный состав, включающий адаптированные к местным условиям виды, для дальнейшего полевого возделывания.

Материалы и методы

Исследования проводились в 2020–2021 гг. на полевых землях ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки в коллекционном питомнике в качестве сопутствующих наблюдений при изучении многолетних лекарственных растений. Объектом исследований служили образцы лекарственных растений дикорастущих видов и культивируемых популяций, наиболее посещаемых пчелами.

Коллекция многолетников из 80 образцов была заложена в 2019 г. посевом семян и клонами на делянках площадью 2,8 м² без повторений.

Посещаемость пчел определяли по Н.В. Бондаренко¹. Для этого у многолетних видов лекарственных растений в фазу полного цветения подсчитывали количество пчел, посещающих 1 растение за 1 мин. Учет проводили в солнечную, безветренную погоду днем, в 11–12 ч. Фенологические наблюдения вели по методике А.А. Хотина (1981 г.)². Полегаемость и зимостойкость определяли визуально по 5-балльной шкале в соответствии с методикой интродукционного изучения лекарственных растений (2007 г.)³, по этой же методике проводили учеты продуктивности сырья и семян.

Результаты исследований

Как известно, почти все лекарственные растения – одновременно отличные медоносы. Посещаемость пчелами медоносных растений является косвенным показателем их нектарной продуктивности и находится в прямой зависимости от обилия в их цветках нектара. Чем больше нектара выделяют цветки, тем большее количество пчел их посещают, а следовательно, выше и продуктивность меда. Наши исследования носят рекогносцировочный характер и служат для выявления новых медоносных растений, которые в местных условиях не являются компонентом кормовой базы пчеловодства, так как мало изучены. Для выявления таких медоносов в коллекционном питомнике лекарственных растений выбрали 8 видов многолетников, на которых визуально отмечена наибольшая посещаемость пчелами, совпавшая с благоприятными погодными условиями. При подсчете брали во внимание только пчел, без учета других насекомых-опылителей. Данные наблюдений приведены в табл. 1.

¹ Бондаренко Н.В. Практикум по пчеловодству. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Колос. Ленингр. отделение, 1981. 176 с.

² Проведение полевых опытов с лекарственными культурами / А.А. Хотин, А.Ш. Баджелидзе, Н.Н. Гиндич и др. М., 1981. 60 с. (Серия «Лекарственное растениеводство» / ЦБНТИ; № 1).

³ Методы интродукционного изучения лекарственных растений / сост. И.В. Шилова, А.В. Панин, А.С. Кашин, Н.В. Машурчак и др. Саратов: Наука, 2007. 45 с.

**Посещаемость пчелами лекарственных растений в коллекционном питомнике
(фаза массового цветения)**

| Вид | Дата начала цветения | Период цветения, сут. | Дата учета | Посещаемость пчелами, шт./мин |
|--|----------------------|-----------------------|------------|-------------------------------|
| Медуница лекарственная <i>Pulmonaria officinalis</i> | 01.06 | 30 | 12.06 | 3,7 ± 0,66 |
| Многоколосник морщинистый <i>Agastache rugosa</i> | 30.06 | 33 | 26.07 | 10,0 ± 1,53 |
| Валериана лекарственная <i>Valeriana officinalis</i> | 1.06 | 36 | 20.06 | 6,3 ± 1,20 |
| Синюха голубая <i>Polemonium coeruleum</i> | 17.05 | 31 | 28.05 | 12,7 ± 3,66 |
| Арника горная <i>Arnica montana</i> | 1.06 | 45 | 20.06 | 11,3 ± 2,85 |
| Зопник клубненосный <i>Phlomis tuberosa</i> | 4.06 | 28 | 10.06 | 9,7 ± 0,88 |
| Иссоп лекарственный <i>Hyssopus officinalis</i> | 8.07 | 38 | 14.07 | 10,7 ± 0,88 |
| Воробейник лекарственный <i>Lithospermum officinale</i> | 1.06 | 34 | 25.06 | 2,0 ± 0,88 |

Данные табл. 1 показывают, что высокая посещаемость пчелами отмечена у синюхи голубой, несколько ниже этот показатель был у арники горной, иссопа лекарственного и многоколосника морщинистого – на 1,4–2,7 шт./мин, низкий – у воробейника и медуницы лекарственной.

У синюхи голубой массовое цветение наступало на 12–59 сут. раньше других изучаемых видов. В этот период наблюдается недостаток легкодоступных для медосбора цветущих растений, чем объясняется высокая посещаемость пчелами этого растения. Наиболее позднее цветение начиналось у многоколосника морщинистого – III декада июня. Самое продолжительное цветение отмечено у арники горной (45 сут.). Учитывая продолжительность ее цветения и высокую посещаемость пчелами, можно прогнозировать у нее более высокий медосбор. Следуя этой закономерности, также хороший медосбор можно ожидать у иссопа лекарственного и многоколосника морщинистого.

Для того чтобы рекомендовать медоносные виды дикорастущих трав для введения в культуру, необходимо обратить внимание не только на их продуктивность, но и на технологичность возделывания. Культивирование этих видов должно быть экономически выгодным, обеспечивающим малые затраты при выполнении агротехнических приемов, посевы медоносных дикорастущих трав должны быть удобными для возделывания и механизированной уборки. Важную роль при выборе культур-медоносов играют их высота, полегаемость, осыпаемость семян и другие свойства. В табл. 2 приведены основные показатели хозяйственно полезных качеств изучаемых видов лекарственных растений, представленных в качестве медоносов.

Учитывая весь комплекс положительных качеств изучаемых растений, для посева на участках при пасеке или пчеловодческих хозяйствах в специализированных севооборотах предпочтительнее возделывать многоколосник морщинистый и иссоп лекарственный. От этих видов помимо меда можно получить дополнительную продукцию в виде лекарственного сырья и семени, также они устойчивы

Хозяйственно полезные качества медоносных растений (2020–2021 гг.)

| Вид | Высота растений, см | Урожайность семян, ц/га | Зимостойкость, баллы | Устойчивость к полеганию, баллы | Сухая масса лекарственного сырья, ц/га | Морфологические особенности семян |
|---------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|---------------------------------|--|---|
| Медуница лекарственная | 40,6 | 2,0 | 5 | 3,5 | 5,0 | Сильно осыпаются |
| Многоколосник морщинистый | 103,9 | 3,6 | 4,8 | 5 | 21,5 | Мелкие, хорошо вымолачиваются |
| Валериана лекарственная | 119,2 | 0,1 | 4 | 5 | – | Мелкие, хорошо вымолачиваются |
| Синюха голубая | 75,4 | 2,0 | 5 | 4,8 | – | Очень мелкие, осыпаются, период созревания растянут |
| Арника горная | 38,3 | 1,6 | 5 | 4,2 | 2,9 | Очень мелкие, имеют трудноотделимые «летучки», созревание растянуто |
| Зопник клубненосный | 88,7 | 3,2 | 5 | 4,9 | 39,1 | Мелкие, осыпаются умеренно |
| Иссоп лекарственный | 37,9 | 3,1 | 5 | 5 | 42,3 | Мелкие, хорошо вымолачиваются, мало осыпаются |
| Воробейник лекарственный | 34,6 | 2,8 | 5 | 4,9 | 9,6 | Мелкие, период созревания сильно растянут |

Примечание. Прочерк – нет данных. Лекарственным сырьем у этих растений служат корни, чтобы не навредить коллекции, учет сырья не проводили.

к полеганию, зимостойки и пригодны для механизированной уборки. Арника горная и синюха голубая, несмотря на хорошую посещаемость пчелами, менее предпочтительны для полевого возделывания, так как имеют недостатки. Так, у синюхи голубой семена мелкие, сильно осыпаются, период созревания растянут. Лекарственным сырьем являются корни, их заготовка проводится поздней осенью и требует дополнительных материальных и технических затрат. Этот вид можно рекомендовать для выводных полей вблизи пасек, непосредственно для медосбора в весенний период. Арника горная также является отличным медоносом, но получение собственных семян для восполнения плантации затруднительно.

Заключение

В результате исследований выделены перспективные виды дикорастущих растений для полевого возделывания в качестве лекарственных и медоносных культур. Получены данные о посещаемости пчелами 8 видов лекарственных растений, среди которых предпочтение имеют многоколосник морщинистый и иссоп лекарственный. От этих видов помимо меда дополнительно можно получить 21,5–42,3 ц/га лекарственного сырья в виде сухой вегетативной массы, 3,1–3,6 ц/га семян, они имеют отличную зимостойкость и легкотехнологичны.

Синюху голубую и арнику горную можно рекомендовать для выводных полей специализированного севооборота непосредственно для медосбора в весенний период.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сухомиров Г.И. Пчеловодство на Дальнем Востоке: Развитие и перспективы // Современные проблемы пчеловодства: I Междунар. науч.-практ. конф. по пчеловодству в Чеченской Республике. Грозный, 2017. С. 229–236.
2. Прогунков В.В. Ресурсы медоносных растений юга Дальнего Востока: монография. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1988. 228 с.
3. Наумкин В.П., Велкова Н.И. Модели севооборотов для улучшения медоносной базы // Пчеловодство. 2021. № 3. С. 28–31.
4. Бурмистров А.Н. Организация медоносной базы фермерских хозяйств: Сб. науч. трудов / Орлов. ГАУ. Орел, 2002. Вып. 7. С. 22–29.

REFERENCES

1. Sukhomirov G.I. Pchelovodstvo na Dal'nem Vostoke: Razvitie i perspektivy = [Apiculture in the Russian Far East : Development and opportunities]. In: *Sovremennye problemy pchelovodstva: Pervaya Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya po pchelovodstvu v Chechenskoj Respublike. Groznyj*; 2017. P. 229-236. (In Russ.).
2. Progunkov V.V. Resursy medonosnykh rastenii yuga Dal'nego Vostoka: monografiya = [Resources of nectar source plants in the South of the Russian Far East : thesis]. Vladivostok: Izdatel'stvo Dal'nevostochnogo universiteta; 1988. 228 p. (In Russ.).
3. Naumkin V.P., Velkova N.I. Modeli sevooborotov dlya uluchsheniya medonosnoi bazy = [Crop rotation schemes to improve productivity of nectar source plants]. *Pchelovodstvo*. 2021;(3):28-31. (In Russ.).
4. Burmistrov A.N. Organizaciya medonosnoi bazy fermerskikh khoziaistv = [Organizing honey flow on farms]. *Sbornik nauchnyh trudov po pchelovodstvu / Orlovskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet. Orel*; 2002;(7):22-29. (In Russ.).

Научная статья

УДК 633.853.52:631.847.211(571.6)

DOI: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_12

Результаты отбора чистых культур с хозяйственно полезными свойствами из дальневосточных природных популяций ризобий сои

М.В. Якименко✉, А.И. Сорокина

Мария Владимировна Якименко

кандидат биологических наук

ведущий научный сотрудник

Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», Благовещенск, Россия

mariy-y@yandex.ru

<http://orcid.org/0000-0002-1141-1900>

Арина Игоревна Сорокина

кандидат ветеринарных наук

ведущий научный сотрудник

Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», Благовещенск, Россия

sai@vniisoi.ru

<http://orcid.org/0000-0003-4611-767x>

Аннотация. Исследования проводили в 2019–2020 гг. во Всероссийском научно-исследовательском институте сои с целью изучения эффективности штаммов *Bradyrhizobium japonicum* (Jordan, 1982) и *Sinorhizobium fredii* (Scholla, Elkan, 1984), устойчивых к концентрации молибдата аммония 10 г/л, применяемой в производстве для обработки семян сои (*Glycine max* (L.) Merr.). Объекты исследований – чистые культуры ризобий сои двух видов, соя сортов Евгения, Персона, Топаз, Китросса селекции ВНИИ сои. В лабораторных условиях изучена устойчивость чистых культур ризобий сои *B. japonicum* и *S. fredii*, хранящихся в лабораторной коллекции ФГБНУ ВНИИ сои, к различным дозам молибдата аммония в питательной среде. В результате установлено, что при повышении концентрации молибдата аммония в питательной среде до 10 г/л 66 % чистых культур *B. japonicum* и 9 % – *S. fredii* прекратили свой рост, выявлены штаммы ризобий, устойчивые к повышенной концентрации соли молибдена в среде. Эффективность отобранных штаммов изучали в полевых опытах на луговой черноземовидной почве Амурской области. По результатам двух лет испытаний выбраны перспективные штаммы ризобий *B. japonicum* (ТМ-455, ТМ-469, БМ-91, БД-14) и *S. fredii* (ББ-49, ТБ-589 СБ-38, СБ-43, 071), повышающие семенную продуктивность сои амурских сортов на 0,07–0,4 т/га.

Ключевые слова: штамм, вид, *Bradyrhizobium japonicum*, *Sinorhizobium fredii*, инокуляция, молибдат аммония, соя, урожайность, эффективность

Для цитирования: Якименко М.В., Сорокина А.И. Результаты отбора чистых культур с хозяйственно полезными свойствами из дальневосточных природных популяций ризобий сои // Вестн. ДВО РАН. 2022. № 3. С. 118–127. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_12.

Благодарности: Бегуну Степану Алексеевичу – самоотверженному исследователю, безгранично преданному делу изучения дальневосточных природных популяций клубеньковых бактерий сои, создателю коллекции ВНИИ сои чистых культур этих микроорганизмов.

Финансирование: проект № 18-5-032 программы «Приоритетные научные исследования в интересах комплексного развития Дальневосточного отделения РАН».

Original article

Results of the selection of pure cultures with economically useful properties from the Far Eastern natural populations of soybean rhizobia

M.V. Yakimenko, A.I. Sorokina

Mariya V. Yakimenko

Candidate of Science in Biology

Leading researcher

Federal Research Center «All-Russian Scientific Research Institute of Soybean»,
Blagoveschensk, Russia

mariy-y@yandex.ru

<http://orcid.org/0000-0002-1141-1900>

Arina I. Sorokina

Candidate of Science in Veterinary Medicine

Leading researcher

Federal Research Center «All-Russian Scientific Research Institute of Soybean»,
Blagoveschensk, Russia

sai@vniisoi.ru

<http://orcid.org/0000-0003-4611-767x>

Abstract. The studies were carried out in 2019–2020 at the All-Russian Soybean Research Institute in order to investigate the effectiveness of strains *Bradyrhizobium japonicum* (Jordan, 1982) and *Sinorhizobium fredii* (Scholla, Elkan, 1984), resistant to ammonium molybdate in the concentration of 10 g/l used for soybean seed (*Glycine max* (L.) Merr.) treatment. The objects of the studies were pure cultures of two soybean rhizobia species, soybean varieties were Evgeniya, Persona, Topaz, Kitrossa of the All-Russian Soybean Research Institute of soybean. The resistance of pure cultures of soybean rhizobia *B. japonicum* and *S. fredii*, stored in the laboratory collection of the All-Russian Research Institute of Soybean, to various doses of ammonium molybdate in the nutrient medium was studied under laboratory conditions. As a result, it was found that with an increase in the ammonium molybdate concentration in the nutrient medium up to 10 g/l, 66 % of pure cultures of *B. japonicum* and 9 % of *S. fredii*

ceased their growth, strains of rhizobia resistant to an increased concentration of molybdenum salt in the medium were identified. The efficiency of the selected strains was studied in field experiments on the meadow chernozem-like soil of the Amur Region. Based on the results of two years of testing, promising strains of rhizobia – *B. japonicum* (TM-455, TM-469, BM-91, BD-14) and *S. fredii* (BB-49, TB-589 SB-38, SB-43, 071), which increase the seed productivity of the Amur soybean varieties by 0.07-0.4 t/ha were selected.

Keywords: strain, species, *Bradyrhizobium japonicum*, *Sinorhizobium fredii*, inoculation, ammonium molybdate, soybean, productivity, efficiency

For citation: Yakimenko M.V., Sorokina A.I. Results of the selection of pure cultures with economically useful properties from the Far Eastern natural populations of soybean rhizobia. *Vestnik of the FEB RAS*. 2022;(3):118-127. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_12.

Acknowledgments. To Begun Stepan Alekseevich, a selfless researcher, infinitely devoted to the study of the Far Eastern natural populations of nodule bacteria of soybean, creator of the All-Russian Research Institute of soybean collection of pure cultures of these microorganisms.

Funding. Project No. 18-5-032 of the program “Priority scientific research in the interests of the integrated development of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences”.

На современном этапе развития сельского хозяйства в России из-за постоянного роста цен на удобрения, средства защиты растений, энергоносители, сельскохозяйственную технику актуальным является вопрос о стабильно высоком урожае хорошего качества с наиболее низкими затратами для его получения [1]. Кроме того, нерациональное применение агрохимикатов, низкий коэффициент их использования растениями приводит к деградации почв, нарушает экологическое равновесие природных систем [2–4]. В связи с этим перспективно использование в сельскохозяйственном производстве бактериальных препаратов [5–7]. Например, многолетний опыт искусственной инокуляции бобовых культур свидетельствует о том, что это наиболее простой, экономичный и экологичный способ увеличения их урожая в среднем на 10–15 %, а в новых районах возделывания – на 40–50 % и более [8–10]. Для достижения максимального эффекта от ризобияльных препаратов необходимо постоянно вести поиск новых высокоэффективных, обладающих повышенной конкурентной способностью штаммов клубеньковых бактерий, на основе которых готовят инокулянты [11–13].

Дальневосточный регион – единственный в России и самый северный в мире ареал распространения природных популяций ризобий сои. Их высокая активность дает возможность отбора наиболее ценных по хозяйственно полезным свойствам штаммов [14–16] – например, штаммов, устойчивых к повышенным концентрациям молибдена в питательной среде. Применение молибденовых удобрений для предпосевной обработки семян сои – обязательный элемент технологии ее возделывания, но рекомендуемые дозы этого микроэлемента могут отрицательно влиять на выживаемость чистых культур ризобий сои, на основе которых производятся инокулянты [17–19]. Проводимые нами ранее исследования показали возможность отбора штаммов ризобий, устойчивых к молибдену в среде, и позволили выявить наименее токсичную для чистых культур концентрацию молибдата аммония (10 г/л), используемую в производстве.

Цель исследований – оценка эффективности выделенных из дальневосточных природных популяций штаммов *B. japonicum* и *S. fredii*, устойчивых к повышенной концентрации молибдена в питательной среде, на сое новых сортов селекции ФНЦ ВНИИ сои.

Материал и методы

Эксперименты проводили в 2019–2020 гг. во Всероссийском научно-исследовательском институте сои (г. Благовещенск). Объектами исследований служили чистые культуры ризобий сои *Bradyrhizobium japonicum* (Jordan, 1982) и *Sinorhizobium fredii* (Scholla, Elkan, 1984), выделенные из природных популяций Дальнего Востока, растения сои сортов амурской селекции Персона, Евгения, Топаз, Китросса.

Устойчивость штаммов ризобий к соли молибдена изучали на минерально-растительной среде (МРС) следующего состава, г/л: K_2HPO_4 – 0,5; KH_2PO_4 – 0,5; $MgSO_4$ – 0,1; $CaSO_4$ – 0,1; $NaCl$ – 0,2; маннит – 20,0; соевая мука – 10,0; агар-агар – 20,0 с использованием молибдата аммония в количествах 1,0 и 10 г/л соли в среде. При проведении экспериментов с ризобиями питательные среды разливали по пробиркам и стерилизовали в автоклаве. Далее пробирки со средами выставляли на штативы для скашивания и через 30–40 минут маркировали. На подготовленную МРС микробиологической петлей, соблюдая стерильность, высевали чистую культуру ризобий. Пробирки с засеянными культурами термостатировали при температуре +27...+28 °С. Каждый штамм оценивали в двух пробирках на 13-е сутки после посева по показателям интенсивности роста штриха визуальным по балльной шкале: 0 – нет роста, 1 – скудный, 2 – умеренный, 3 – хороший, 4 – обильный рост [20].

Полевые исследования проводили на опытном поле ФНЦ ВНИИ сои (Амурская область, Тамбовский район, с. Садовое). Почва опытного участка луговая черноземовидная среднесиловатая (гумусовый слой (А+В) составляет 20–30 см), характеризующаяся следующими показателями: содержание гумуса (ГОСТ 26 213-84) – 4,3 %; подвижного фосфора P_2O_5 и калия K_2O (по Кирсанову) – соответственно 37 и 211 мг/кг почвы; минерального азота $NO_3 + NH_4$ – 18,6 мг/кг; реакция почвенного раствора слабокислая (pH_{KCl} 5,2 ед.); гидролитическая кислотность (Нг) – 2,52 мг-экв. / 100 г почвы. Особенностью данного вида почвы является то, что при значительных валовых запасах азота и фосфора доступных для растений форм этих элементов недостаточно.

Метеорологические условия в зоне проведения полевых исследований характеризуются как типичные для муссонного климата. Наиболее теплым месяцем является июль. Наибольшее количество осадков выпадает в июле и августе. Так, по среднесуточным данным доля осадков в эти месяцы составляет 48 % от годовой суммы, тогда как сумма осадков за ноябрь–март не превышает 5 %. В годы закладки опытов наблюдалось существенное отклонение показателей количества осадков от среднесуточных данных. Так, если среднемесячная температура воздуха в апреле–сентябре 2019 г. была на уровне среднесуточных показателей и количество осадков в апреле, июне, августе, сентябре не превышало норму, то в мае и июле 2019 г. осадков выпало значительно выше нормы (в мае – в 1,7, в июле – в 2,3 раза). В 2020 г. в зоне исследований среднесуточная температура воздуха в апреле–октябре была на 0,9 °С выше среднесуточных показателей. Избыточное количество осадков отмечали на протяжении всего периода вегетации. Исключение составил июль – осадков выпало 42,7 мм при норме 106 мм. В остальные месяцы наблюдений сумма осадков превысила среднесуточные показатели в 2,5 раза.

Семена сои сортов селекции ФНЦ ВНИИ сои Персона, Евгения, Топаз, Китросса высевали ручным способом по 2 семени в точку с интервалом через 10 см

на глубину 4–5 см. Посев широкорядный с междурядьями 45 см. Площадь учетной деланки 2,7 м² (длина – 3 м, ширина – 0,9 м), повторность опыта четырехкратная. Предшественник – пшеница. В день посева семена сои обрабатывали бактериально-молибденовой суспензией из расчета 10 г/л молибдата аммония +100 тыс. клеток на 1 семя. Агротехника возделывания сои в мелкоделаночных опытах включала осеннюю вспашку с боронованием почвы, весеннюю культивацию зяби, допосевное внесение гербицида в почву, боронование, прикатывание, маркирование опытного участка. За вегетационный период проводили ручные прополки. Урожай сои с учетной площади убирали сплошным методом вручную с последующим обмолом снопов на стационарной молотилке и пересчетом урожайности на 14%-ю влажность и 100%-ю чистоту. Закладку, проведение полевых опытов, учет урожая, статистическую обработку урожайных данных проводили по методике Б.А. Доспехова [21]. Статистическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа с использованием программы Statistica 10 (StatSoftInc., США).

Результаты и обсуждение

На первоначальном этапе в лабораторных условиях была определена устойчивость чистых культур *B. japonicum* и *S. fredii* селекции ФНЦ ВНИИ сои (91 штамм) к различным дозам молибдата аммония в питательной среде. На МРС без молибдена хороший и обильный рост штриха чистой культуры показали 85 % изучаемых штаммов *B. japonicum* и 95,5 % штаммов *S. fredii*. При добавлении в питательную среду молибдата аммония в количестве 1,0 г/л интенсивность роста штриха исследуемых чистых культур *B. japonicum* снижалась до 74 %, *S. fredii* – до 93 %. При повышении концентрации молибдата аммония в питательной среде до 10 г/л 66 % чистых культур ризобий *B. japonicum* и 9 % чистых культур ризобий *S. fredii* прекратили свой рост (рис. 1).

Эксперименты показали, что добавление молибдата аммония в питательную среду, даже в небольшом количестве, приводит к снижению интенсивности роста чистых культур клубеньковых бактерий сои. Кроме того, было установлено, что исследуемые штаммы ризобий сои существенно отличаются по чувствительности к присутствию соли молибдена в среде, что позволило выявить чистые культуры, устойчивые к повышенной концентрации этого микроэлемента.



Рис. 1. Интенсивность роста штаммов *B. Japonicum* и *S. fredii* на агаризованной питательной среде с молибдатом аммония в концентрации 10 г/л

Эффективность штаммов ризобий *B. japonicum* (648а, ТМ-455, БМ-88, БМ-91, ТМ-469, МС-63, БД-14) и *S. fredii* (ББ-49, ТБ-496, ТБ-589, СБ-38, СБ-43, ОБ-46, 071), устойчивых к концентрации 10 г/л молибдата аммония в питательной среде, изучали в полевых опытах на луговых черноземовидных почвах Амурской области на сое сортов Евгения, Персона, Топаз, Китросса селекции ВНИИ сои.

В 2019 г. урожайность надземной массы в вариантах с обработкой семян сои сорта Евгения штаммами *B. japonicum* составляла 6,79–8,23 т/га, урожайность семян – 2,79–3,38 т/га (табл. 1). Доля хозяйственно полезной части урожая сои в большинстве вариантов со штаммами составляла 41 %. Существенные прибавки урожайности надземной массы сои сорта Евгения (0,18 и 0,42 т/га) были получены в вариантах с применением штаммов МС-63 и БМ-91, семян (0,14 и 0,17 т/га) – штаммов ТМ-455 и БМ-91. Наиболее высокая достоверная прибавка урожайности надземной массы (0,42 т/га) и семян (0,17 т/га) сои сорта Евгения была получена при использовании штамма БМ-91.

Таблица 1

Влияние штаммов *B. japonicum* и *S. fredii* на урожайность надземной массы и семян сои сортов Евгения, Персона, 2019 г.

| Штамм | Средняя урожайность, т/га | | Прибавка урожайности, т/га | |
|-------------------|---------------------------|-------|----------------------------|-------|
| | надземной массы | семян | надземной массы | семян |
| Сорт сои Евгения | | | | |
| Контроль | 7,81 | 3,21 | – | – |
| 648а | 7,72 | 3,17 | – | – |
| ТМ-455 | 7,38 | 3,35 | – | 0,14 |
| БМ-88 | 6,91 | 2,97 | – | – |
| БМ-91 | 8,23 | 3,38 | 0,42 | 0,17 |
| ТМ-469 | 6,79 | 2,79 | – | – |
| МС-63 | 7,99 | 3,26 | 0,18 | 0,05 |
| БД-14 | 7,13 | 3,06 | – | – |
| Сорт сои Персона | | | | |
| Контроль | 5,86 | 2,97 | – | – |
| ББ-49 | 6,84 | 3,36 | 0,98 | 0,39 |
| ТБ-496 | 5,75 | 2,97 | – | – |
| ТБ-589 | 6,32 | 3,37 | 0,46 | 0,40 |
| СБ-38 | 5,94 | 3,01 | 0,08 | 0,04 |
| СБ-43 | 6,67 | 3,30 | 0,81 | 0,33 |
| ОБ-46 | 5,93 | 2,97 | 0,07 | – |
| 071 | 6,57 | 3,26 | 0,71 | 0,29 |
| НСР ₀₅ | 0,08 | | 0,07 | |

Примечание. Прочерк – прибавка отсутствует.

При проведении в 2019 г. полевого эксперимента на сое сорта Персона средняя урожайность надземной массы растений в контроле составила 5,86 т/га. В вариантах с предпосевной обработкой семян сои изучаемыми штаммами средняя урожайность воздушно-сухой массы растений составляла от 5,75 т/га (штамм ТБ-496) до 6,84 т/га (штамм ББ-49). В среднем изучаемые штаммы ризобий повысили продуктивность фитомассы сои сорта Персона на 0,6 т/га, урожайность семян – на 0,35 т/га. Наиболее высокое увеличение надземной массы относительно контроля (0,98 т/га) было получено при обработке семян сои сорта Персона

штаммом *S. fredii* ББ-49. Доля хозяйственно полезной части урожая в вариантах со штаммами изменялась в узких пределах – от 49 до 53 %. Существенные достоверные прибавки урожайности семян сои сорта Персона (0,29–0,40 т/га) получены в вариантах с применением штаммов *S. fredii* 071, СБ-43, ББ-49, ТБ-589 (рис. 2).

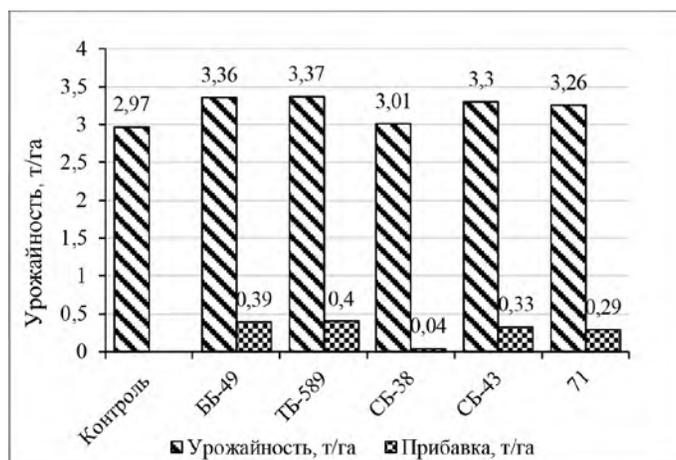


Рис. 2. Влияние предпосевной обработки семян сои сорта Персона штаммами ризобий на урожайность культуры, т/га

В 2020 г. определяли эффективность изучаемых штаммов *B. japonicum* и *S. fredii* на сое сортов Топаз и Китросса (табл. 2).

Таблица 2

Влияние штаммов *B. japonicum* и *S. fredii* на урожайность надземной массы и семян сои сортов Топаз, Китросса, 2020 г.

| Штамм | Средняя урожайность, т/га | | Прибавка урожайности, т/га | |
|-------------------|---------------------------|-------|----------------------------|-------|
| | надземной массы | семян | надземной массы | семян |
| Сорт сои Топаз | | | | |
| Контроль | 5,47 | 2,66 | – | – |
| 648a | 5,77 | 2,77 | 0,30 | 0,11 |
| ТМ-455 | 5,69 | 2,77 | 0,22 | 0,11 |
| БМ-88 | 5,53 | 2,74 | 0,06 | 0,08 |
| БМ-91 | 5,35 | 2,71 | – | 0,05 |
| ТМ-469 | 5,60 | 2,73 | 0,13 | 0,07 |
| МС-63 | 5,33 | 2,68 | – | 0,02 |
| БД-14 | 5,52 | 2,73 | 0,05 | 0,07 |
| Сорт сои Китросса | | | | |
| Контроль | 7,45 | 2,43 | – | – |
| ББ-49 | 7,30 | 2,59 | – | 0,16 |
| ТБ-496 | 7,16 | 2,44 | – | 0,01 |
| ТБ-589 | 7,67 | 2,59 | 0,22 | 0,16 |
| СБ-38 | 7,46 | 2,55 | 0,01 | 0,12 |
| СБ-43 | 7,43 | 2,15 | – | – |
| ОБ-46 | 7,54 | 2,50 | 0,09 | 0,07 |
| 071 | 7,78 | 2,58 | 0,33 | 0,15 |
| НСР ₀₅ | 0,09 | | 0,06 | |

Примечание. Прочерк – прибавка отсутствует.

Урожайность надземной массы растений сои сортов Топаз и Китросса в контроле составила соответственно 5,47 и 7,45 т/га. В вариантах с обработкой семян штаммами 648а, ТМ-455, ТБ-589 и 071 отмечены наиболее высокие прибавки урожайности фитомассы сои этих сортов по сравнению с контролем (0,22–0,33 т/га). Предпосевная обработка семян сои сорта Топаз штаммами *B. japonicum* 648а, ТМ-455, ТМ-469, БД-14 достоверно повысила семенную продуктивность культуры на 0,07–0,11 т/га. Максимальная прибавка урожайности семян сои сорта Топаз (0,11 т/га) была получена при их обработке штаммами *B. japonicum* 648а и ТМ-455. Соя сорта Китросса отреагировала на обработку семян штаммами *S. fredii* ББ-49, ТБ-589, СБ-38, 071 прибавкой урожайности на 0,12–0,16 т/га по сравнению с контролем. В вариантах с использованием штаммов *S. fredii* 071, ББ-49, ТБ-589 урожайность семян была 2,58–2,59 т/га, что на 0,15–0,16 т/га выше контроля.

Заклучение

В результате исследований отобраны штаммы *B. japonicum* и *S. fredii*, устойчивые к повышенной концентрации молибдата аммония в питательной среде, проведена оценка их эффективности на сое амурских сортов. Штаммы 648а, ТМ-455, БМ-91, МС-63 (*B. japonicum*) и ББ-49, ТБ-589, СБ-43, 071 (*S. fredii*) повысили продуктивность надземной массы сои сортов Евгения, Персона, Топаз, Китросса на 0,18–0,98 т/га. Наиболее высокие показатели прироста надземной массы сои сорта Персона относительно контроля отмечены в вариантах со штаммами ББ-49 (0,98 т/га), СБ-43 (0,81 т/га). Штаммы *B. japonicum* 648а, ТМ-455, ТМ-469, БМ-91, БД-14 и *S. fredii* ББ-49, ТБ-589 СБ-38, СБ-43, 071 повысили семенную продуктивность сои сортов Персона, Евгения, Топаз, Китросса на 0,07–0,4 т/га. Максимальная прибавка урожайности семян сои сортов Персона (0,4 т/га) и Китросса (0,16 т/га) получена в вариантах с использованием штаммов ББ-49, ТБ-589, сорта Евгения (0,17 т/га) – штамма БМ-91, сорта Топаз (0,11 т/га) – штаммов 648а, ТМ-455. В производственных условиях для повышения урожайности бобовых культур предпосевную обработку семян сои отобранными штаммами можно совмещать с молибденизацией.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Синеговский М.О., Антонова Н.Е. Экономика производства сои: учет сортовых и региональных особенностей: монография. Благовещенск: ОДЕОН, 2018. 128 с.
2. Тихонович И.А. Использование биопрепаратов – дополнительный источник элементов питания растений // Плодородие. 2011. № 3. С. 9–13.
3. Волобуев О.Г. Симбиотическая азотфиксация как фактор экологической безопасности почвы // Вестн. РУДН, серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2011. № 1. С. 53–60.
4. Кокорина А.Л., Кожемяков А.П. Бобово-ризобияльный симбиоз и применение микробиологических препаратов комплексного действия – важный резерв повышения продуктивности пашни: лекция. СПб.: Изд-во СПбГАУ, 2010. 50 с.
5. Сидоренко О.Д. Перспективы использования биологических препаратов на основе микроорганизмов // Изв. ТСХА. 2012. № 6. С. 70–79.
6. Курсакова В.С. Эффективность применения препаратов корневых diaзотрофов в посевах яровой пшеницы при минимальной обработке почвы // Вестн. Алтай. гос. аграр. ун-та. 2018. № 10 (168). С. 5–12.

7. Наумович И.М., Пилюк Я.Э., Белявский В.М., Решетник Е.П. Эффективность применения микробных препаратов при инокуляции семян рапса ярового // Вестн. Белорус. гос. сельскохоз. академии. 2020. № 1. С. 102–105.
8. Турина Е.Л. Высокопродуктивные растительно-микробные системы в агроценозах бобовых культур // Рос. сельскохоз. наука. 2015. № 3. С. 28–30.
9. Миннебаев Л.Ф., Кузина Е.В., Рафикова Г.Ф., Чанышев И.О., Логинов О.Н. Продуктивность бобово-ризобияльного комплекса под влиянием ростстимулирующих штаммов микроорганизмов // Сельскохоз. биология. 2019. Т. 54, № 3. С. 481–493.
10. Кожемяков А.П., Белоброва С.Н., Орлова А.Г. Создание и анализ базы данных по эффективности микробных препаратов комплексного действия // Сельскохоз. биология. 2011. № 3. С. 112–115.
11. Nodulation and delayed nodule senescence: strategies of two *Bradyrhizobium japonicum* isolates with high capacity to fix nitrogen / S.M.Y. López, Ma.D.M. Sánchez, G.N. Pastorino et al. // Current Microbiology. 2018. N 75. P. 997–1005. DOI: 10.1007/s00284-018-1478-0.
12. Саданов А.К., Гаврилова Н.Н., Даданова Т.Н., Ратникова И.А. Критерии отбора клубеньковых бактерий в состав биопрепаратов для обогащения почвы биологическим азотом и повышения урожайности бобовых культур // New sof the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of biological and medical. 2015. Vol. 1, N 307. P. 115–124.
13. Урамян Г.Р. Биопрепараты на основе *Bradyrhizobium japonicum* и проблемы их применения // Вестн. соврем. исслед. [Электронное периодическое издание]. 2019. Вып. № 2–7 (29). С. 78–81.
14. Система земледелия Амурской области / отв. ред. В.А. Тильба. Благовещенск: Приамурье, 2003. 304 с.
15. Якименко М.В., Бегун С.А., Сорокина А.И. Оценка некоторых свойств и первичной эффективности штаммов *Sinorhizobium fredii* селекции ФГБНУ ВНИИ сои // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 8. С. 60–65. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10810.
16. Крутило Д.В. Эффективность штаммов *Bradyrhizobium japonicum* на фоне местных популяций ризобий сои // Вестн. Алтай. гос. аграр. ун-та. 2014. Т. 114, № 4. С. 42–47.
17. Система земледелия Амурской области: производственно-практический справочник / под общ. ред. П.В. Тихончука. Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2016. 570 с.
18. Кожемяков А.П., Лактионов Ю.В., Попова Т.А., Орлова А.Г., Кокорина А.Л., Вайшла О.Б., Агафонов Е.В., Гужвин С.А., Чураков А.А., Яковлева М.Т. Агротехнологические основы создания усовершенствованных форм микробных биопрепаратов для земледелия // Сельскохоз. биология. 2015. Т. 50, № 3. С. 369–376.
19. Якименко М.В., Бегун С.А., Сорокина А.И. Отбор штаммов *Bradyrhizobium japonicum* и *Sinorhizobium fredii*, устойчивых к молибдату аммония в питательной среде // Вестн. Рос. сельскохоз. науки. 2019. № 4. С. 53–56.
20. Бегун С.А. Способы, приемы изучения и отбора эффективных штаммов клубеньковых бактерий сои. Методы аналитической селекции: метод. рекомендации. Благовещенск: Зея, 2005. 70 с.
21. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.

REFERENCES

1. Sinegovskii M.O., Antonova N.E. Ekonomika proizvodstva soi: uchyot sortovyh i regional'nyh osobennostey: monografiya. Blagoveshchensk: ODEON; 2018. 128 p. (In Russ.).
2. Tihonovich I.A. Ispol'zovanie biopreparatov – dopolnitel'nyi istochnik elementov pitaniya rastenii. *Plodorodie*. 2011;(3):9-13. (In Russ.).
3. Volobuev O.G. Simbioticheskaya azotfiksatsiya kak factor ekologicheskoy bezopasnosti pochvy. *Vestnik RUDN. Seriya Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2011;(1):53-60. (In Russ.).
4. Kokorina A.L., Kozhemyakov A.P. Bobovo-rizobial'nyi simbioz i primeneniye mikrobiologicheskikh preparatov kompleksnogo deistviya – vazhnyi rezerv povysheniya produktivnosti pashni: lektsiya. SPb.: Izd-vo SPbGAU; 2010. 50 p. (In Russ.).
5. Sidorenko O.D. Perspektivy ispol'zovaniya biologicheskikh preparatov na osnove mikroorganizmov. *Izvestiya TSHA*. 2012;(6):70-79. (In Russ.).
6. Kursakova V.S. Effektivnost' primeneniya preparatov kornevykh diazotrofov v posevakh yarovoi pshenitsy pri minimal'noi obrabotke pochvy. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018;(10(168)):5-12. (In Russ.).

7. Naumovich I.M., Pilyuk Ya.E., Belyavskii V.M., Reshetnik E.P. Effektivnost' primeneniya mikrobnih preparatov pri inokulyatsii semyan rapsa yarovogo. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skohozyajstvennoi akademii*. 2020;(1):102-105.(In Russ.).
8. Turina E.L. Vysokoproduktivnye rastitel'no-mikrobnnye sistemy v agrocenozah bobovyh kul'tur. *Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka*. 2015;(3):28-30. (In Russ.).
9. Minnebaev L.F., Kuzina E.V., Rafikova G.F., Chanyshiev I.O., Loginov O.N. Produktivnost' bobovo-rizobial'nogo kompleksa pod vliyaniem rostimuliruyushchih shtammov mikroorganizmov. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2019;(54(3)):481-493. (In Russ.).
10. Kozhemyakov A.P., Belobrova S.N., Orlova A.G. Sozdanie i analiz bazy dannyh po effektivnosti mikrobnih preparatov kompleksnogo dejstviya. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2011;(3):112-115. (In Russ.).
11. López S.M.Y., Sánchez Ma.D.M., Pastorino G.N. et al. Nodulation and delayed nodule senescence: strategies of two bradyrhizobium japonicum isolates with high capacity to fix nitrogen. *Current Microbiology*. 2018;(75):997-1005. DOI: 10.1007/s00284-018-1478-0.
12. Sadanov A.K., Gavrilova N.N., Dadonova T.N., Ratnikova I.A. Kriterii otbora kluben'kovykh bakterij v sostav biopreparatov dlya obogashcheniya pochvy biologicheskim azotom i povysheniya urozhajnosti bobovyh kul'tur. *News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of biological and medical*. 2015;(1(307)):115-124. (In Russ.).
13. Uranyan G.R. Biopreparaty na osnove *Bradyrhizobium japonicum* i problem ih primeneniya. *Vestnik sovremennyh issledovanij* [Elektronnoe periodicheskoe izdanie]. 2019; (2-7(29)):78-81. (In Russ.).
14. Til'ba V.A. (ed.). Sistema zemledeliya Amurskoj oblasti. Blagoveshchensk: Priamur'e, 2003. 304 p. (In Russ.).
15. Yakimenko M.V., Begun S.A., Sorokina A.I. Ocenka nekotoryh svojstv i pervichnoj effektivnosti shtammov *Sinorhizobium fredii* selekcii FGBNU VNII soi. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2020;(34(8)):60-65. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10810. (In Russ.).
16. Krutilo D.V. Effektivnost' shtammov *Bradyrhizobium japonicum* na fone mestnyh populyacij rizobijsoi. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014;(114(4)):42-47. (In Russ.).
17. Tihonchuk P.V. (ed.). Sistema zemledeliya Amurskoj oblasti: proizvodstvenno-prakticheskij spravochnik. Blagoveshchensk: Dal'GAU; 2016. 570 p. (In Russ.).
18. Kozhemyakov A.P., Laktionov Yu.V., Popova T.A., Orlova A.G., Kokorina A.L., Vajshlyya O.B., Agafonov E.V., Guzhvin S.A., Churakov A.A., Yakovleva M.T. Agrotekhnologicheskie osnovy sozdaniya usovershenstvovannyh form mikrobnih biopreparatov dlya zemledeliya. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2015;(50(3)):369-376. (In Russ.).
19. Yakimenko M.V., Begun S.A., Sorokina A.I. Otborshtammov *Bradyrhizobium japonicum* i *Sinorhizobium fredii*, ustojchivyh k molibdatu ammoniya v pitatel'nojsrede. *Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki*. 2019;(4):53-56. (In Russ.).
20. Begun S.A. Sposoby, priemy izucheniya i otbora effektivnyh shtammov kluben'kovykh bakterij soi. *Metody analiticheskoi selekcii: metod rekomendacii*. Blagoveshchensk: Zeya; 2005. 70 p. (In Russ.).
21. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovanij). M.: Al'yans; 2014. 351 p. (In Russ.).

Научная статья

УДК 631.45:634.42

DOI: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_13

Естественная и антропогенная трансформация лугово-бурых тяжелосуглинистых почв и ее влияние на продуктивность агроценозов

Н.А. Селезнева✉, Т.А. Асеева

Наталья Александровна Селезнева

научный сотрудник

Хабаровский федеральный исследовательский центр ДВО РАН, обособленное подразделение Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Хабаровск, Россия

nataliselezneva82@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-6331-4045>

Татьяна Александровна Асеева

доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН

Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Хабаровск, Россия

aseeva59@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0001-8471-0891>

Аннотация. Исходя из анализа полученных результатов в ходе исследований установили, что критерии естественной трансформации почв как в экосистеме, так и в агроценозе зависят от климатических (гидротермических) условий, к критериям антропогенной трансформации относятся пищевой режим почв и продуктивность агроценоза. Урожай сельскохозяйственных культур без внесения минеральных удобрений определяется запасами гумуса. При внесении минеральных удобрений их содержание в почве оказывало влияние на урожай в большей степени, чем содержание гумуса.

Ключевые слова: антропогенная трансформация, естественная трансформация, лугово-бурые почвы, минеральные удобрения, продуктивность

Для цитирования: Селезнева Н.А., Асеева Т.А. Естественная и антропогенная трансформация лугово-бурых тяжелосуглинистых почв и влияние на продуктивность агроценозов // Вестн. ДВО РАН. 2022. № 3. С. 128–137. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_13.

Финансирование. В рамках государственного задания.

Natural and anthropogenic transformation of meadow-brown heavy loamy soil and its impact on the productivity of agrocenoses

N.A. Selezneva, T.A. Aseeva

Natalia A. Selezneva

Researcher

Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Agricultural Research Institute,
Khabarovsk, Russia

nataliselezneva82@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-6331-4045>

Tatiana A. Aseeva

Doctor of Sciences in Agriculture, Corresponding Member of the Russian Academy of
Sciences

Far Eastern Agricultural Research Institute, Khabarovsk, Russia

aseeva59@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0001-8471-0891>

Abstract. Based on the analysis of the results obtained, the research established that the criteria for the natural transformation of soils both in the ecosystem and in the agrocenosis depend on climatic (hydrothermal) conditions, the criteria for anthropogenic transformation include the food regime of soils and the productivity of agrocenosis. The yield of crops without the introduction of mineral fertilizers is determined by the reserves of humus. When applying mineral fertilizers, their content in the soil affected the crop to a greater extent than the humus content.

Keywords: anthropogenic transformation, natural transformation, meadow-brown soils, mineral fertilizers, productivity

For citation: Selezneva N.A., Aseeva T.A. Natural and anthropogenic transformation of meadow-brown heavy loamy soil and the impact on the productivity of agrocenoses. *Vestnik of the FEB RAS*. 2022;(3):128-137. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_13.

Funding. Financing within the framework of the state task.

Введение

Применение современных систем земледелия приводит к агрогенной трансформации почв, в результате которой происходят дегумификация, снижение содержания элементов питания и изменение физических свойств почв [1, 2]. К факторам, способствующим агрогенной трансформации, относят смену естественных биогеоценозов агроценозами, внесение минеральных удобрений, орошение, механическую обработку почв [3].

Антропогенное воздействие приводит к значительному изменению природных свойств почвы и нарушению биологического круговорота, в агроэкосистемах

складывается некомпенсированный круговорот питательных элементов, вызванный отчуждением органического вещества с получаемым урожаем, что приводит к снижению процессов образования гумуса и дегумификации [4–6]. Это негативно сказывается на физико-химических и энергетических параметрах, что приводит к росту энтропийных процессов и изменяет экологическое состояние почв в целом [7, 8].

При использовании лугово-бурых почв в хозяйственной деятельности происходит воздействие на весь комплекс почвообразования, изменяются морфологические свойства почвы и почвенные режимы. Антропогенное воздействие может быть как положительным – формирование более плодородных почв, так и отрицательным – снижение качества почвы или деградация [9, 10]. Если природные факторы воздействуют на почву стихийно, то антропогенная деятельность является целенаправленной.

Среди природных факторов наиболее значимыми при проводимых исследованиях являются климатические (гидротермические) условия. Почвенный покров формируется в неблагоприятных климатических условиях, основные осадки выпадают в летний период, что не способствует промывному режиму, а в результате сильных зимних ветров и раннего стаивания снега зимние осадки незначительно влияют на водный режим лугово-бурых почв. Вода, которая образуется при таянии снега, не фильтруется вниз по профилю из-за мерзлоты, а подтягивается к поверхности почвы и испаряется [11]. В результате в исследуемых почвах складывается своеобразный «мятниковый» режим миграции кальция и магния: летом и осенью из пахотных горизонтов в подпахотные, а зимой и весной – из подпахотных в пахотные.

Исходя из вышесказанного цель работы – изучить влияние естественной и антропогенной трансформации лугово-бурой тяжелосуглинистой почвы на продуктивность агроценоза.

В задачи исследования входило:

1. Определить влияние природных факторов на содержание питательных веществ в почве.
2. Оценить содержание питательных веществ в почве и продуктивность агроценоза при агрогенной трансформации.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в 2018–2020 гг. на базе Дальневосточного научно-исследовательского института сельского хозяйства (Хабаровский край) в длительных стационарных опытах, заложенных в 1963–1965 гг. на трех полях полевого севооборота в VIII ротации севооборота. Объектом исследования являются лугово-бурые почвы [12], на которых в течение 55 лет воспроизводятся одни и те же условия, определяемые агротехникой, в качестве индикатора изменений агрохимических свойств почвы и их влияние на продуктивность изучали на примере сорта сои Батя. Среднеспелый, продолжительность вегетационного периода – 108–118 сут.

Схема опыта включала следующие варианты: без удобрений с 1963 г. – контроль; последствие внесения в течение шести ротаций по 100 т торфокомпоста на 1 га севооборотной площади (ТФК, 100 т/га, последствие); минеральные удобрения в двойной дозе ($N_2P_2K_2$); последствие известкования, проводившегося

в течение шести ротаций севооборота (32 т/га известковой муки) с доведением общей дозы Са до 2,25 г.к. (известь по 2,25 г.к., последствие) – фон; внесение возрастающих доз минеральных удобрений – $N_1P_1K_1$, $N_2P_2K_2$, $N_3P_3K_3$, $N_4P_4K_4$ (соответственно фон + $N_1P_1K_1$, фон + $N_2P_2K_2$, фон + $N_3P_3K_3$). Одинарная доза минеральных удобрений ($N_1P_1K_1$) под сою – $N_{32}P_{32}K_{32}$, увеличения доз всех элементов на каждом уровне составлял 16 кг д.в./га. Площадь делянок в опыте составляла 150...270 м², повторность закладки вариантов – 4-кратная. В качестве экосистемы, которая никогда не подвергалась антропогенному воздействию, был выбран луг. В естественных экосистемах выбирали три точки, из которых отбирали почвенные образцы со слоя 0–30 см.

Почвенные образцы отбирали в период вегетации четыре раза: до внесения удобрений; в фазу 3-й тройчатый лист; в фазу цветения; уборку. В почвенных образцах определяли: аммоний колориметрически с реактивом Несслера по Е.В. Аринушкиной [13]; нитратный азот ГОСТ 26951-86, значения рН сол. ГОСТ 26483-85; гидролитическую кислотность ГОСТ 26212-91; фосфор и калий ГОСТ Р 54650-2011, алюминий ГОСТ 26485-85, органическое вещество ГОСТ 26213-91.

Статистический анализ результатов проводили по методике дисперсионного и корреляционного анализов с использованием стандартных компьютерных программ (Statistica 6.0; Microsoft Office, Excel 2003-2007).

Результаты и обсуждение

Характер проявления сезонного почвообразовательного процесса зависит прежде всего от природных факторов почвообразования. В Приамурье к ним в

Таблица 1

Коэффициенты корреляции (r) между элементами минерального питания и осадками

| Показатель | | Естественная экосистема (лес) | 1-й опыт | 2-й опыт |
|--|---|-------------------------------|----------|----------|
| рН | г | –0,84 | –0,86 | –0,99 |
| | р | 0,030 | 0,033 | 0,033 |
| Нг, мг-экв./100 г | г | –0,93 | 0,15 | 0,13 |
| | р | 0,034 | 0,033 | 0,030 |
| N мин., мг/кг | г | 0,89 | 0,77 | 0,83 |
| | р | 0,036 | 0,040 | 0,040 |
| P ₂ O ₅ , мг/100 г | г | 0,76 | 0,71 | 0,88 |
| | р | 0,034 | 0,030 | 0,030 |
| K ₂ O, мг/100 г | г | –0,91 | 0,81 | 0,91 |
| | р | 0,045 | 0,038 | 0,040 |
| Ca ²⁺ , мг-экв./100 г | г | 0,5 | 0,41 | 0,46 |
| | р | 0,039 | 0,037 | 0,037 |
| Mg ²⁺ , мг-экв./100 г | г | –0,88 | –0,93 | –1,0 |
| | р | 0,040 | 0,03 | 0,036 |
| Al ³⁺ , мг/ 100 г | г | –0,47 | –0,4 | –0,17 |
| | р | 0,029 | 0,030 | 0,029 |
| Гумус, % | г | –0,98 | –0,49 | –0,59 |
| | р | 0,032 | 0,031 | 0,031 |

Примечание. Для всех показателей в агро- и естественной экосистемах полученные значения $p < 0,05$.

первую очередь относится климат с его переменным гидротермическим режимом.

Осадки, выпадающие в период вегетации сельскохозяйственных культур, также оказывают значительное влияние на содержание питательных веществ в почве, о чем свидетельствуют коэффициенты корреляции (табл. 1).

Минеральный азот и подвижный фосфор в естественной экосистеме и агроценозе, а обменный калий – только в агроценозе имеют сильную положительную взаимосвязь между осадками и содержанием питательных элементов в почве.

Значительную отрицательную зависимость в обеих экосистемах имеют значения рН и магния. В естественной экосистеме такую зависимость имеют гумус, обменный калий и гидролитическая кислотность. Остальные элементы питания имеют среднюю зависимость – как положительную, так и отрицательную.

Путем сравнительного анализа почв агро- и естественных экосистем нами выявлены особенности изменения химического состава лугово-бурых пахотных почв. Анализ данных, приведенных в табл. 2, показывает, что за период исследований верхний горизонт (0–10 см) лугово-бурых почв под естественной растительностью характеризовался среднекислой (рН 4,9) реакцией среды, нижележащие горизонты имели сильнокислую (рН 4,1) и очень кислую (рН 3,5) реакцию

Таблица 2

Изменение химических свойств лугово-бурых почв (среднее за 2018–2020 гг.)

| Вариант | Глубина, см | рН _{сол.} | Нг, мг-экв./ 100 г почвы | Al, мг/ 100 г почвы |
|--|-------------|--------------------|--------------------------|---------------------|
| Естественная экосистема (лес) | 0–10 | 4,9 | 5,5 | 1,35 |
| | 10–20 | 4,1 | 7,1 | 0,71 |
| | 20–30 | 3,5 | 6,9 | 0,56 |
| Контроль | 0–10 | 4,4 | 6,3 | 3,37 |
| | 10–20 | 4,1 | 6,0 | 3,07 |
| | 20–30 | 3,9 | 5,3 | 2,86 |
| ТФК по 100 т/га –последствие | 0–10 | 4,4 | 6,2 | 2,34 |
| | 10–20 | 4,1 | 5,4 | 2,13 |
| | 20–30 | 3,7 | 5,2 | 1,93 |
| N ₂ P ₂ K ₂ | 0–10 | 4,5 | 6,7 | 4,46 |
| | 10–20 | 4,2 | 6,2 | 4,35 |
| | 20–30 | 3,8 | 5,7 | 3,24 |
| Известь по 2,25 г.к. – последствие (фон) | 0–10 | 4,7 | 6,4 | 1,65 |
| | 10–20 | 4,5 | 6,1 | 1,15 |
| | 20–30 | 3,8 | 5,4 | 0,94 |
| Фон + N ₁ P ₁ K ₁ | 0–10 | 5,0 | 4,5 | 0,35 |
| | 10–20 | 4,8 | 3,6 | 0,24 |
| | 20–30 | 4,4 | 3,2 | 0,21 |
| Фон + N ₂ P ₂ K ₂ | 0–10 | 5,1 | 4,8 | 0,51 |
| | 10–20 | 4,7 | 4,2 | 0,43 |
| | 20–30 | 4,0 | 3,5 | 0,40 |
| Фон + N ₃ P ₃ K ₃ | 0–10 | 5,0 | 5,9 | 0,53 |
| | 10–20 | 4,5 | 5,4 | 0,48 |
| | 20–30 | 4,2 | 4,5 | 0,38 |
| N ₄ P ₄ K ₄ | 0–10 | 5,1 | 5,2 | 0,63 |
| | 10–20 | 4,8 | 4,6 | 0,57 |
| | 20–30 | 4,3 | 3,7 | 0,49 |

среды. Пахотные горизонты аналогичных почв в агроценозах в основном имеют реакцию среды от сильнокислой (рН 3,7–4,5) до среднекислой (рН 4,5–5,0).

Однако нижележащие горизонты имеют в обоих опытах сильнокислую и очень сильнокислую реакцию, что указывает на высокую устойчивость сложившихся почвенных процессов, несмотря на интенсивное сельскохозяйственное использование и изменения, происходящие в пахотном горизонте.

На плодородие почвы, как потенциальное, так и эффективное, оказывают сильное влияние кислотно-щелочные свойства почвы. Лугово-бурые почвы обладают высокой буферностью к подкислению и подщелачиванию. Внесение извести в IV ротации севооборота не привело к значительному изменению реакции почвенного раствора, так как из-за периодического переувлажнения почвы нейтрализующее действие извести снижается. Отрицательное влияние почвенной кислотности (обменной и гидролитической) на растения и урожайность связано с обменными формами алюминия, содержание которого снижается только в результате известкования. Внесение минеральных удобрений, и в первую очередь минеральных форм азота, обменного калия и подвижного фосфора, оказывает прямое воздействие на урожайность сельскохозяйственных культур.

Таблица 3

Изменение пищевого режима лугово-бурых почв (среднее за 2018–2020 гг.)

| Вариант | Глубина, см | P ₂ O ₅ , мг/100 г почвы | K ₂ O, мг/100 г почвы | N _{мин.} , мг/кг | Гумус, % |
|--|-------------|--|----------------------------------|---------------------------|----------|
| Естественная экосистема (лес) | 0–10 | 6,7 | 25,9 | 5,5 | 4,9 |
| | 10–20 | 2,7 | 21,8 | 3,4 | 3,4 |
| | 20–30 | 1,3 | 15,4 | 1,6 | 2,8 |
| Контроль | 0–10 | 1,7 | 11,8 | 16,3 | 2,7 |
| | 10–20 | 1,4 | 10,5 | 12,6 | 2,4 |
| | 20–30 | 0,8 | 7,9 | 10,3 | 2,0 |
| ТФК по 100 т/га – последствие | 0–10 | 1,9 | 10,8 | 16,8 | 3,7 |
| | 10–20 | 1,4 | 7,4 | 14,5 | 3,2 |
| | 20–30 | 1,1 | 6,2 | 10,7 | 2,4 |
| N ₂ P ₂ K ₂ | 0–10 | 3,1 | 14,3 | 26,5 | 3,5 |
| | 10–20 | 2,6 | 12,1 | 25,2 | 3,2 |
| | 20–30 | 0,7 | 9,5 | 17,6 | 2,4 |
| Известь по 2,25 г.к. – последствие (фон) | 0–10 | 2,4 | 12,7 | 18,6 | 3,2 |
| | 10–20 | 1,6 | 10,2 | 15,7 | 2,7 |
| | 20–30 | 0,9 | 7,2 | 13,5 | 2,1 |
| Фон + N ₁ P ₁ K ₁ | 0–10 | 3,6 | 15,3 | 22,3 | 3,6 |
| | 10–20 | 2,8 | 13,1 | 19,8 | 3,1 |
| | 20–30 | 1,3 | 9,5 | 14,6 | 2,4 |
| Фон + N ₂ P ₂ K ₂ | 0–10 | 3,6 | 15,2 | 30,2 | 3,4 |
| | 10–20 | 3,4 | 11,7 | 26,0 | 3,2 |
| | 20–30 | 2,4 | 9,6 | 16,5 | 2,7 |
| Фон + N ₃ P ₃ K ₃ | 0–10 | 3,9 | 16,4 | 28,6 | 3,5 |
| | 10–20 | 3,4 | 14,7 | 24,6 | 3,3 |
| | 20–30 | 2,6 | 10,4 | 13,8 | 2,6 |
| N ₄ P ₄ K ₄ | 0–10 | 4,2 | 17,9 | 40,1 | 3,4 |
| | 10–20 | 3,7 | 15,3 | 36,2 | 3,0 |
| | 20–30 | 2,5 | 12,4 | 23,0 | 2,3 |

Содержание гумуса в верхнем горизонте почвы изменялось от среднего до низкого [14], минимальное его содержание в почвах естественных экосистем имеет горизонт A_2g (20–30 см) – 2,8 % (табл. 3). Полученные результаты свидетельствуют о потере гумуса в пахотном горизонте агроценоза (0–20 см) в результате его сельскохозяйственного использования. Содержание гумуса в контрольном варианте по сравнению с почвами естественных экосистем снизилось в среднем в 1,6 раза.

Длительное последствие органических удобрений и известкования оказало незначительное влияние на изменение содержания гумуса при выращивании сои (табл. 3).

В вариантах опыта по длительному последствию органических удобрений и известки содержание гумуса увеличилось по сравнению с контрольным вариантом на 0,4 и 0,6 % соответственно, что способствовало росту урожайности сои сорта Батя на 1,7 и 3,1 ц/га (табл. 4). Статистическая обработка данных позволила установить тесную зависимость между урожайностью и содержанием гумуса в пахотном горизонте ($r = 0,946$, $p < 0,05$).

Таблица 4

Урожайность сои сорта Батя, 2018–2020 гг.

| Вариант | Урожайность, ц/га | Прибавка урожая | |
|--|-------------------|-----------------|------|
| | | ц/га | % |
| Контроль | 19,2 | 0 | 0 |
| ТФК по 100 т/га-последствие | 20,9 | 1,7 | 8,8 |
| $N_2P_2K_2$ | 28,6 | 9,3 | 48,5 |
| Известь по 2,25 г.к. – последствие (фон) | 22,3 | 3,1 | 15,9 |
| Фон + $N_1P_1K_1$ | 25,5 | 6,3 | 32,8 |
| Фон + $N_2P_2K_2$ | 29,1 | 9,8 | 51,1 |
| Фон + $N_3P_3K_3$ | 31,2 | 12,0 | 62,4 |
| $N_4P_4K_4$ | 33,1 | 13,8 | 71,9 |

Внесение минеральных удобрений в дозе $N_2P_2K_2$ и минеральных удобрений по известковому фону в дозе (Фон + $N_1P_1K_1$, Фон + $N_2P_2K_2$) увеличило содержание гумуса в среднем на 0,75 %. Минеральные удобрения по известковому фону в дозе (Фон + $N_3P_3K_3$, Фон + $N_4P_4K_4$) привели к снижению гумуса по сравнению с другими вариантами, при этом урожайность сои в данных вариантах была максимальной. Снижение гумуса здесь вероятнее всего связано с повышенным использованием растениями питательных веществ из почвы, а также с усилением минерализации гумуса под действием минеральных удобрений. Исследованиями установлено, что содержание гумуса при внесении минеральных удобрений влияет на урожайность сои на 42,1 %, что описывается коэффициентом корреляции ($r = 0,652$, $p > 0,05$), следовательно, зависимость низкая и недостоверная.

Минеральный азот представлен суммой нитратного и аммонийного азота. При длительной антропогенной нагрузке накопление минеральных форм азота не снижалось, а в некоторые годы в контрольном варианте значения были выше, чем в вариантах с длительным последствием органических удобрений. Содержание минерального азота в пахотном горизонте лугово-бурых почв существенно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур (коэффициент корреляции $r = 0,937$, $p < 0,05$). Влияние минерального азота на урожайность в исследуемой ситуации составляет 87,7 % от общей вариабельности урожайности.

В почвах природных экосистем обеспеченность обменным калием находится на высоком и повышенном уровнях по всему почвенному профилю, что соответствует почвообразовательным процессам в лугово-бурых почвах [15]. В почвах агроэкосистем обеспеченность калием изменяется в широких пределах – от средней до очень низкой (табл. 3). Подвижность обменного калия напрямую зависит от гидротермических условий, поэтому в засушливые периоды содержание обменного калия снижается. Исследованиями установлено, что содержание обменного калия влияет на урожайность сои на 73,7 %, что описывается коэффициентом корреляции: $r = 0,859$, $p < 0,05$.

В лугово-бурых почвах естественных экосистем содержание подвижного фосфора находится в средней группе обеспеченности, так как содержание фосфатов в лесном опаде невелико [16]. В верхнем слое почвы при использовании различных систем удобрений содержание подвижного фосфора очень низкое. Применение возрастающих доз минеральных удобрений по известкованному фону несколько повышает его содержание – от очень низкого до низкого. Увеличение содержания подвижного фосфора связано с улучшением кислотно-щелочных свойств почвы и снижением содержания алюминия (табл. 3). Влияние подвижного фосфора на урожайность сельскохозяйственных культур составляет 89,9 % и выражается коэффициентом корреляции $r = 0,948$, $p < 0,05$.

Заклучение

В ходе исследований установлено, что критерием естественной трансформации почв как в экосистеме, так и в агроценозе служат реакция почвенного раствора, содержание минерального азота, обменного калия и магния. Выявлена тесная связь между урожайностью и содержанием гумуса, что соответствует литературным данным [9, 10]. Содержание гумуса в пахотном слое лугово-бурых почв находится в интервале 2,3–3,5 %, поскольку в результате длительного антропогенного воздействия пахотным слоем становятся нижележащие горизонты, обедненные гумусом, обнаженные в результате эрозионных процессов. Содержание гумуса определяет плодородие почвы и доступность питательных веществ в ней и зависит от применяемых систем удобрений. Снижение содержания гумуса при возрастании доз минеральных удобрений может быть связано с увеличением его подвижности и миграцией по почвенному профилю. Урожай сельскохозяйственных культур без внесения минеральных удобрений определяется запасами гумуса. В то же время при внесении минеральных удобрений их содержание в почве оказывало влияние на урожай в большей степени, чем содержание гумуса. Высокий урожай сельскохозяйственных культур получен в опытах с дозой минеральных удобрений $N_4P_4K_4$, где содержания минеральных веществ в пахотном слое лугово-бурых почв достигают своих максимальных значений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Черкашина А.А., Силаев А.В. Изучение и картографирование агрогенной трансформации почвенного покрова Тункинской котловины // Успехи современного естествознания. 2016. № 5. С. 168–173.
2. Агрогенная и постагрогенная трансформация почв Льговского района Курской области / И.В. Замотаев, В.П. Белобров, А.Н. Курбатова, Д.В. Белоброва // Бюл. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. 2016. № 85. С. 97–114. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-85-97-114>.

3. Иванов А.Л., Лебедева И.И., Гребенников А.М. Факторы и условия антропогенной трансформации черноземов, методология изучения эволюции почвообразования // Бюл. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. 2013. № 72. С. 26–46. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2013-72-26-46>.
4. Голов В.И. Круговорот серы и микроэлементов в основных агроэкосистемах Дальнего Востока: монография. Владивосток: Дальнаука, 2004. 316 с.
5. Litalien A., Zeeb B. Curing the earth: A review of anthropogenic soil salinization and plant-based strategies for sustainable mitigation // *Science of the Total Environment*. 2020. Vol. 698. 134235. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134235>.
6. Селезнева Н.А., Асеева Т.А., Федорова Т.Н. Изменение качественного состава органического вещества в лугово-бурой тяжелосуглинистой почве при антропогенном воздействии // Плодородие почв России. Состояние, тенденции и прогноз: материалы Международной научной конференции. М., 2019. С. 287–293. <https://doi.org/10.25680/VNIIA.2019.77.60.074>.
7. Rates of anthropogenic transformation of soils in the Botanical Garden of Jagiellonian University in Krakow (Poland) / L. Musielok [et al.] // *Catena*. 2018. Vol. 170. P. 272–282. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.06.023>.
8. Пуртова Л.Н., Костенков Н.М. Содержание органического углерода и энергозапасы в почвах природных и агрогенных ландшафтов юга Дальнего Востока России: оценка и методы индикации. Владивосток: Дальнаука, 2009. 124 с.
9. Abiotic and biotic controls on dynamics of labile phosphorus fractions in calcareous soils under agricultural cultivation / F.-R. Li, L.-L. Liu, J.-L. Liu, K. Yang // *Science of the Total Environment*. 2019. Vol. 681. P. 163–174. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.091>.
10. Quantifying influences of interacting anthropogenic-natural factors on trace element accumulation and pollution risk in karst soil / H. Tao [et al.] // *Science of the Total Environment*. 2020. Vol. 721. 137770. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137770>.
11. Федоров А.А., Басистый В.П. Зимнее промораживание и химические свойства лугово-бурых почв // *Сибирский вестн. сельскохоз. науки*. 1974. № 6. С. 12–18.
12. Иванов Г.И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. М: Наука, 1976. 199 с.
13. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 485 с.
14. Шелуджен А.Х., Нещадим Н.Н., Онищенко Л.М. Органическое вещество почвы и методы его определения. Майкоп: Адыгея, 2007. 344 с.
15. Басистый В.П. Основы почвоведения. Почвы российского Дальнего Востока. Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2008. 171 с.
16. Изменение химических и микробиологических свойств почвы при антропогенном воздействии в полевом севообороте / Н.А. Селезнева [и др.] // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34, № 6. С. 5–10. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10601>.

REFERENCES

1. Cherkashina A.A., Silaev A.V. Izuchenie i kartografirovanie agrogennoi transformatsii pochvennogo pokrova Tunkinskoi kotloviny = [Studying and mapping the agrogenic transformation of soil cover of Tunka depression]. *Uspekhi sovremenogo estestvoznaniya*. 2016;(5):168-173. (In Russ.).
2. Zamotaev I.V., Belobrov V.P., Kurbatova A.N., Belobrova D.V. Anthropogenic and post-Anthropogenic transformation of soils of L'gov region of kursk oblast. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2016;(85):97-114. (In Russ.). <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-85-97-114>.
3. Ivanov A.L., Lebedeva I.I., Grebennikov A.M. Factors for anthropogenic transformation of chernozems. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2013;(72):26-46. (In Russ.). <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2013-72-26-46>.
4. Golov V.I. Cycle of sulphur and microelements in the basic agroecosystems of the Russian Far Est. Vladivostok: Dalnauka; 2004. 316 p. (In Russ.).
5. Litalien A., Zeeb B. Curing the earth: A review of anthropogenic soil salinization and plant-based strategies for sustainable mitigation. *Science of the Total Environment*. 2020;(698):134235. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134235>.
6. Selezneva N.A., Aseeva T.A., Fedorova T.N. Izmenenie kachestvennogo sostava organicheskogo veshchestva v lugovo-buroi tyazhelosuglinistoi pochve pri antropogennom vozdeistvii = [Change in the qualitative composition of organic matter in meadow-brown heavy loamy soil under anthropogenic influence]. In: *Plodorodie pochv Rossii. Sostoyanie, tendentsii i prognoz: materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii*. Moscow; 2019. P. 287–293. (In Russ.). <https://doi.org/10.25680/VNIIA.2019.77.60.074>.

7. Musielok L., Drewnik M., Stolarczyk M., Gus M. et al. Rates of anthropogenic transformation of soils in the Botanical Garden of Jagiellonian University in Krakow (Poland). *Catena*. 2018;(170):272-282. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.06.023>.
8. Purtova L.N., Kostenkov N.M. Content of organic carbon and energy reserves in soils of natural and agricultural landscapes in the south Far East Russian: an estimation and methods of indication. Vladivostok: Dalnauka; 2009. 124 p. (In Russ.).
9. Li F.-R., Liu L.-L., Liu J.-L., Yang K. Abiotic and biotic controls on dynamics of labile phosphorus fractions in calcareous soils under agricultural cultivation. *Science of the Total Environment*. 2019;(681):163-174. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.091>.
10. Tao H., Liao X., Li Y., Xu C. et al. Quantifying influences of interacting anthropogenic-natural factors on trace element accumulation and pollution risk in karst soil. *Science of the Total Environment*. 2020;(721):137770. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137770>.
11. Fedorov A.A., Basisty V.P. Zimnee promorazhivanie i khimicheskie svoystva lugovo-burykh pochv = [Winter freezing and chemical properties of meadow-brown soils]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennykh nauki*. 1974;(6):12-18. (In Russ.).
12. Ivanov G.I. Pochvoobrazovanie na jube Dal'nego Vostoka. M: Nauka; 1976. 199 p. (In Russ.).
13. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv. M.: MGU; 1970. 485 p. (In Russ.).
14. Sheudzen A.Kh, Neshchadim N.N, Onishchenko L.M. Organicheskoe veshchestvo pochvy i metody ego opredeleniya = [Organic matter of the soil and methods for its determination]. Maikop: OAO Poligrafizdat «A dygeYA»; 2007. 344 p. (In Russ.).
15. Basisty V.P. Osnovy pochvovedeniya. Pochvy rossiiskogo Dal'nego Vostoka. Khabarovsk: Izd-vo TOGU; 2008. 171 p. (In Russ.).
16. Selezneva N.A., Tishkova A.G., Fedorova T.N., Aseeva T.A. et al. Changes in the chemical and microbiological properties of soil under anthropogenic impact in the field crop rotation. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2020;34(6):5-10. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10601>.

Научная статья

УДК 633.34:551.5

DOI: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_14

Изменение региональных климатических характеристик Среднего Приамурья и их влияние на урожайность сои

Т.Н. Фёдорова ✉, Т.А. Асеева

Тамара Николаевна Федорова

младший научный сотрудник

Хабаровский федеральный исследовательский центр ДВО РАН, обособленное
подразделение

Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Хабаровск,
Россия

fedorova.t.92@mail.ru

<http://orsid.org/0000-0001-7265-4714>

Татьяна Александровна Асеева

доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН

Хабаровский федеральный исследовательский центр ДВО РАН, обособленное
подразделение

Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Хабаровск,
Россия

aseeva59@mail.ru

<http://orsid.org/0000-0001-8471-0891>

Аннотация. В статье представлен анализ метеорологических данных за 1960–2020 гг. В связи с потеплением климата происходит усиление флуктуации агрономически важных климатических показателей, таких как рост суммы активных и среднегодовых температур воздуха и увеличение количества осадков. Поэтому важное значение приобретает знание регионального изменения климатических ресурсов. Рассмотрены следующие параметры: среднегодовая температура приземного воздуха, сумма положительных температур воздуха, сумма атмосферных осадков, поступление солнечной радиации на земную поверхность. Для моделирования урожайности сои рассматривались долговременные ряды ее урожайности за 1970–2020 гг. Изменение климатических условий оказывает влияние на урожайность сельскохозяйственных культур. Увеличение числа осадков и среднегодовой температуры воздуха приводит к росту урожайности сои. В целом изменение агроклиматических условий в Среднем Приамурье на данном этапе изменения региональных климатических параметров благоприятно для возделывания сои.

Ключевые слова: климат, потепление, адаптация сельского хозяйства, соя, урожайность

Для цитирования: Федорова Т.Н., Асеева Т.А. Изменение региональных климатических характеристик Среднего Приамурья и их влияние на урожайность сои // Вестн. ДВО РАН. 2022. № 3. С. 138–148. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_14.

Original article

Changes in regional climatic characteristics of the Middle Amur Region and their impact on soybean yield

T.N. Fedorova, T.A. Aseeva

Tamara N. Fedorova

Senior researcher

Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences «Far Eastern Agricultural Research Institute», Khabarovsk, Russia

fedorova.t.92@mail.ru

<http://orsid.org/0000-0001-7265-4714>

Tatiana A. Aseeva

Doctor of Sciences in Agriculture, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences

Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences «Far Eastern Agricultural Research Institute», Khabarovsk, Russia

aseeva59@mail.ru

<http://orsid.org/0000-0001-8471-0891>

Abstract. The article presents an analysis of meteorological data for the period since 1960 to 2020. Due to climate warming, there is an increase in fluctuations of agronomically important climatic indicators, such as an increase in the sum of active and average annual air temperatures and an increase in precipitation. Therefore, knowledge of regional changes in climate resources is of great importance. The following parameters were considered: the average annual surface air temperature, the sum of positive air temperatures, the sum of atmospheric precipitation, the influx of solar radiation on the earth's surface. To model soybean yield, long-term soybean yield series for the period 1970-2020 were considered. Changing climatic conditions have an impact on crop yields, an increase in precipitation and average annual air temperature leads to an increase in soybean yields. In general, the change in agro-climatic conditions in the Middle Amur River Region at this stage of change in regional climatic parameters is relatively favorable for soybean cultivation.

Keywords: climate, warming, agriculture adaptation, soybeans, yield

For citation: Fedorova T.N., Aseeva T.A. Changes in regional climatic characteristics of the Middle Amur Region and their impact on soybean yield. *Vestnik of the FEB RAS*. 2022;(3):138–148. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_14.

Введение

Большая пространственная неоднородность сельскохозяйственных угодий и типов почв определяет сильную зависимость агросектора от региональных

колебаний и изменений климата. Существует много различных сценариев изменения климата, но все без исключения современные климатические модели дают потепление климата России в XXI в., заметно превышающее среднее глобальное потепление [1]. Есть несколько сценариев климатических изменений для сельского хозяйства: изменение климата приведет к позитивным последствиям; изменение климата приведет к негативным последствиям; климат в ближайшем будущем останется без изменений [2, 3].

Один из прогнозов климатических изменений направлен на изучение роста среднегодовых температур, суммы активных температур и увеличение количества осадков. Наиболее заметный эффект роста температур – это ускорение развития растений и более продолжительный период вегетации, но только до определенной температуры; при дальнейшем ее повышении развитие растений останавливается, и происходит их гибель [4–6]. Существует мнение, что рост температуры на 1 °С приведет к падению производства пшеницы на 6 % [7].

К концу XXI в. на Дальнем Востоке ожидается уменьшение числа дней с заморозками (на 10–15); кроме того, прогнозируется увеличение осадков в летний период и уменьшение до 1 мес. дней со снежным покровом [8].

Влияние осадков на растения может рассматриваться как с положительной, так и с отрицательной стороны в зависимости от продолжительности и интенсивности выпадения осадков [9–11]. Переизбыток влаги в фазу цветения и созревания растений приводит к уменьшению их продуктивности, недостаток влаги приводит к пересыханию пахотного слоя почвы, что отрицательно сказывается на накоплении растениями органических веществ. Помимо прочего, увеличение температуры приземного слоя воздуха может привести к росту количества и видов насекомых-вредителей, патогенов и сорняков из более южных районов. Одно из негативных последствий изменения климата в сельском хозяйстве – сокращение пахотных земель на душу населения. Так, в 1961 г. на одного человека приходилось 0,41 га, в 2015 г. – до 0,25 га, к 2050 г. ожидается сокращение площади до 0,20 га [12].

В условиях изменяющегося климата и возникновения соответствующих угроз и рисков была принята Климатическая доктрина Российской Федерации [13]. В этом документе сформулирована стратегическая цель политики в области климата: обеспечение безопасного и устойчивого развития страны. Условия ведения сельского хозяйства должны соответствовать изменяющемуся климатическому режиму. В 2015 г. ряд ученых, таких как А.Г. Папцов, С.А. Шиловская, А.В. Колесников, разработали план адаптации сельского хозяйства России к глобальным изменениям климата, где подробно рассмотрели вопрос оценки их последствий [14, 15].

Для смягчения возможных рисков необходимо разработать агротехнологии, адаптированные к динамике климатических характеристик, определяющих продукционные процессы сельскохозяйственных культур с учетом трендов изменения климата. Для оптимального роста и развития растений необходимо, чтобы эти характеристики совпадали с потребностями растений в различные периоды онтогенеза.

В связи с потеплением климата происходит усиление флуктуации агрономически важных климатических показателей, таких как рост суммы активных и среднегодовых температур воздуха и увеличение количества осадков. Поэтому важное значение приобретает знание регионального изменения климатических ресурсов.

Цель исследований – изучить изменения средних значений климатических характеристик, обусловленные глобальным изменением климата, и установить их влияние на урожайность сои в Среднем Приамурье.

Материалы и методы исследований

Для изучения влияния изменения климата на сельское хозяйство Хабаровского края были проанализированы метеорологические данные за 1960–2020 гг. Источниками метеоинформации послужили среднесуточные данные с метеопункта опытной станции на территории ДВНИИСХ. В качестве метеопараметров для анализа динамики рассматривалась среднегодовая температура приземного воздуха, сумма положительных температур воздуха, сумма атмосферных осадков, поступление солнечной радиации на земную поверхность. Для моделирования рассматривались долговременные ряды урожайности сои за 1970–2020 гг.

Перед построением регрессионных моделей была произведена предварительная обработка рядов урожайности культур. На первом этапе рассчитывали линейный тренд для культуры, затем определяли общий средний тренд, который в дальнейшем исключался из временного ряда.

Таким образом, нами исключалось влияние тренда, связанного с постоянной селекционной работой. Далее были рассчитаны коэффициенты корреляции и построены уравнения множественной регрессии, определены значимые коэффициенты регрессионных уравнений и установлена значимость регрессионных моделей.

Статистический анализ результатов проводили по методике дисперсионного и корреляционного анализов с использованием стандартных компьютерных программ (Statistica 12.0; Microsoft Office, Excel 365).

Результаты и обсуждение

Реальные изменения региональных климатических параметров и их влияние на урожай сои можно продемонстрировать с помощью анализа данных метеостанции и урожайности сои в селекционных питомниках за длительное время. В ходе наших исследований был продолжен мониторинг изменения температурного режима территории Хабаровского края и сделан его анализ за период с 1960 г. по настоящее время. В качестве метеопараметров для анализа направления и динамики изменения количественных показателей рассматривались среднегодовая температура приземного слоя воздуха, сумма положительных температур воздуха за апрель–октябрь и сумма активных температур (более 10 °С). Наибольшие изменения наблюдались у метеопараметра, характеризующего температурный режим в приземном слое воздуха. Оценка результатов наблюдения за 60-летний период свидетельствует об увеличении суммы положительных температур на 264 градуса. Ранее проведенными наблюдениями [16, 17] было установлено, что увеличение суммы температур приземного слоя воздуха за 1960–2004 гг. составило 211,6 °С.

Более подробный анализ метеорологических параметров с интервалом в 10 лет показывает стабильную тенденцию повышения суммы положительных температур от интервала к интервалу. Так, количество лет с суммой положительных

температур приземного слоя воздуха выше 2900 °С за 1960–1969 гг. отмечено только один раз – в 1966 г., в то время как начиная с 2000 г. минимальное значение суммы положительных температур ежегодно превосходило отметку в 2900 °С (табл. 1). При этом минимальная сумма положительных температур возросла с 2564 до 2908 °С, т.е. на 344 градуса, в то время как максимальные значения увеличились только на 158 °С.

Полученные нами данные совпадают с представленными в докладе Росгидромета в 2020 г., подготовленном Всемирной метеорологической организацией и широкой сетью партнеров, где говорится, что пять лет – с 2015 по 2019 г. и десять лет – с 2010 по 2019 г. стали самыми теплыми за всю историю наблюдений. Начиная с 1980-х годов каждое последующее десятилетие было более теплым, чем любое предыдущее.

Таблица 1

Показатели суммы положительных температур воздуха

| Годы | Кол-во тепла, °С | | | |
|-----------|------------------|------|------------------|-------------------------------|
| | min | max | Средние значения | Кол-во лет с $\sum > 2900$ °С |
| 1960–1969 | 2564 | 2977 | 2753 | 1 |
| 1970–1979 | 2724 | 3109 | 2861 | 3 |
| 1980–1989 | 2711 | 3158 | 2869 | 4 |
| 1990–1999 | 2778 | 3095 | 2915 | 5 |
| 2000–2009 | 2900 | 3151 | 2980 | 10 |
| 2010–2020 | 2908 | 3135 | 3017 | 10 |

До 2000 г. сумма положительных температур воздуха превышала отметку 3000 °С только 5 раз – в 1966, 1975, 1976, 1988 и 1998 гг., тогда как после 2000 г. наблюдается устойчивый переход за отметку 3000 °С; за последние 10 лет средний показатель количества тепла составил 3017,4 °С. Анализ показателей среднесуточной температуры приземного слоя воздуха с апреля по октябрь включительно показал, что в 2003 г. впервые за анализируемый период апрель характеризуется отсутствием отрицательных средних температур воздуха. С 2010 г. для октября характерны преимущественно положительные средние температуры воздуха, максимальное значение суммы положительных температур воздуха (236,2 °С) зафиксировано в 2018 г. Повышение среднесуточных температур воздуха привело к изменению показателя среднегодовых температур воздуха. За рассматриваемый период времени наблюдается устойчивый рост метеопараметра (табл. 2). Если в 1960 г. этот показатель составил 1,1 °С, то в 2020 г. он достиг максимального

Таблица 2

Динамика среднегодовой температуры воздуха

| Годы | Температура, °С | | |
|-----------|-----------------|-----|------------------|
| | min | max | Средние значения |
| 1960–1969 | –0,1 | 2,5 | 1,5 |
| 1970–1979 | 1,0 | 3,3 | 1,7 |
| 1980–1989 | 1,1 | 3,5 | 2,0 |
| 1990–1999 | 1,9 | 3,6 | 2,5 |
| 2000–2009 | 2,0 | 4,3 | 2,7 |
| 2010–2020 | 2,2 | 3,9 | 2,9 |

значения за анализируемый период – 3,9 °С. При интервальном анализе данного показателя отмечается рост среднегодовой температуры приземного слоя воздуха на 1,4 °С. Наименьшее значение данного показателя зафиксировано в 1969 г. (–0,1 °С), до середины 1980-х годов среднегодовая температура воздуха не превышала отметки 2 °С. Начиная с 2010 г. количественное изменение показателя температуры происходит быстрыми темпами. Так, за последние 10 лет отмечен рост на 1,4 °С в сторону повышения.

Повышение среднегодовых температур приводит к увеличению периода с положительными температурами воздуха. Границы безморозного периода за анализируемый период значительно расширились. Средние даты устойчивого перехода средней суточной температуры через 0 °С в сторону повышения варьируют от 15 апреля до 13 мая. Самая поздняя дата последнего заморозка (13 мая) отмечена в 1989 г., самая ранняя – 15 апреля в 1985 г. (табл. 3).

Таблица 3

Продолжительность периода с положительными температурами воздуха

| Годы | Дни | | | Период начала безморозного периода | Период окончания безморозного периода |
|-----------|-----|-----|---------|---------------------------------------|--|
| | min | max | Среднее | | |
| 1960–1969 | 155 | 204 | 176 | 16.04–03.05 | 05.10–06.11 |
| 1970–1979 | 166 | 180 | 174 | 19.04–08.05 | 12.10–04.11 |
| 1980–1989 | 156 | 186 | 172 | 15.04–13.05 | 13.10–23.10 |
| 1990–1999 | 158 | 191 | 176 | 21.04–04.05 | 08.10–01.11 |
| 2000–2009 | 165 | 183 | 175 | 20.04–10.05 | 18.10–29.10 |
| 2010–2020 | 166 | 189 | 182 | 19.04–07.05 | 18.10–08.11 |

Для полной характеристики метеорологических условий периода 1960–2020 гг. был проанализирован такой метеопараметр, как сумма активных температур. Данный показатель выражен суммой средних температур воздуха периода вегетации, превышающей предел 10 °С. Наблюдается тенденция увеличения температур. Так, за 60 лет метеонаблюдений среднее значение суммы активных температур увеличилось на 218 °С (табл. 4). Минимальное значение (2092 °С) отмечалось в 1969 г., максимальное (2918 °С) – в 2012 г. Начиная с 2000 г. минимальное значение суммы активных температур превысило отметку 2500 °С.

Таблица 4

Сумма активных температур за период вегетации

| Годы | Температура, °С | | |
|-----------|-----------------|------|------------------|
| | min | max | Средние значения |
| 1960–1969 | 2092 | 2741 | 2489 |
| 1970–1979 | 2295 | 2822 | 2599 |
| 1980–1989 | 2347 | 2892 | 2537 |
| 1990–1999 | 2420 | 2722 | 2556 |
| 2000–2009 | 2560 | 2766 | 2629 |
| 2010–2020 | 2524 | 2918 | 2707 |

Таким образом, анализ количественных изменений показателей среднегодовой температуры приземного слоя воздуха и суммы положительных температур воздуха за теплый период времени свидетельствует об устойчивом росте температурного режима, что подтверждает региональное потепление климата в рамках глобального потепления.

Региональные изменения средних значений климатических характеристик, обусловленные глобальными изменениями климата, сопровождаются нарастанием изменчивости погодных условий. Это особенно касается выпадения осадков. Изменение количества осадков за период с положительными температурами приземного слоя воздуха не имеет четко выраженной тенденции в изменении направления и количественных показателей. Подробный же анализ выпадения осадков в теплое время года свидетельствует о некотором их перераспределении, особенно в последнее десятилетие. Так, минимальное среднемноголетнее их количество выпадало в мае и июне – 60 и 78 мм соответственно. В последние два десятилетия количество осадков в среднем составило 75 и 110 мм, что значительно превышает среднемноголетнее значение.

Следует отметить, что в последнее десятилетие возросла повторяемость экстремальных суточных сумм осадков. Фактически ежегодно их количество и интенсивность выпадения в отдельные месяцы достигали уровня опасного явления, которое приводило к сильному переувлажнению почвенного покрова и гибели посевов. В иные дни суточное количество осадков превышало 60 мм. Максимальное среднемноголетнее количество осадков выпадает в июле и августе – 132 и 151 мм соответственно.

Наблюдения за динамикой среднегодового выпадения осадков показывают, что за весь период исследований минимальное их количество выпало в 2001 г. – 381 мм, максимальное в сумме 1105 мм – в 1981 г. Отмечается уменьшение годового количества осадков, в связи с этим среднемноголетняя норма осадков в регионе снизилась в 2002 г. от 680,3 до 600,8 мм. Самое «сухое» десятилетие было в период 1970–1979 гг., когда в среднем отклонение от нормы составило – 27 мм (табл. 5). Во все остальные десятилетние периоды наблюдений осадков в среднем выпадало больше среднемноголетних значений.

Таблица 5

Динамика суммы осадков

| Годы | Сумма осадков, мм | | | |
|-----------|-------------------|------|------------------|---------------------|
| | min | max | Средние значения | Отклонение от нормы |
| 1960–1969 | 538 | 963 | 713 | +33 |
| 1970–1979 | 427 | 907 | 653 | -27 |
| 1980–1989 | 548 | 1105 | 735 | +55 |
| 1990–1999 | 498 | 878 | 691 | +10 |
| 2000–2009 | 381 | 882 | 618 | +17 |
| 2010–2020 | 667 | 900 | 769 | +168 |

В целом за 60 лет наблюдений зафиксировано: три года – с недостаточным увлажнением (1974, 2001 и 2008, когда ГТК варьировал в пределах 1,3–1,5), 11 лет – влажные (ГТК варьировал в пределах 1,6–2,0) и 44 года – избыточно влажные (ГТК изменялся в пределах 2,1–4,0).

Солнечная радиация является важным показателем в жизнедеятельности растений. Качественный состав света принято выражать по содержанию в нем тех лучей, которые оказывают наибольшее физиологическое действие на растения. В спектре солнечных лучей выделяется область фотосинтетически активной радиации (ФАР), используемой растениями в процессе фотосинтеза. Это лучи с длиной волны 380–710 мм. В зависимости от высоты Солнца прямая радиация

содержит от 28 до 43 % ФАР, рассеянная радиация при облачном небе – 50–60 %, рассеянная при голубом небе – до 90 % (в основном за счет синей компоненты).

Анализ динамики поступления солнечной радиации на земную поверхность территории Хабаровского края показывает, что в период с 1960 по 1990 г. поступление суммарного количества солнечной радиации снижалось. Минимальное его количество зафиксировано в 1983 г. – 2088 МДж/м². В последующие годы наблюдается устойчивый рост поступления солнечной радиации на земную поверхность с максимумом в 2014 г. – 2895 МДж/м² (табл. 6).

Таблица 6

Динамика поступления солнечной радиации

| Годы | Прямая радиация на горизонтальную поверхность, МДж/м ² | | |
|-----------|---|------|------------------|
| | min | max | Средние значения |
| 1960–1969 | 2576 | 2838 | 2684 |
| 1970–1979 | 2278 | 2840 | 2641 |
| 1980–1989 | 2088 | 2804 | 2448 |
| 1990–1999 | 2257 | 2876 | 2566 |
| 2000–2009 | 2525 | 2750 | 2656 |
| 2010–2020 | 2511 | 2895 | 2671 |

Изменение климатических условий оказывает влияние на урожайность сельскохозяйственных культур. Так, урожайность сои в 1960–1989 гг. составляла в среднем 1,3 т/га, в 2000–2020 гг. – 2,3–2,7 т/га. Коэффициенты корреляции между рядами значений урожайности сои, а также суммой осадков, активных температур и среднегодовой температуры находились в диапазоне 0,45–0,62. При выполнении алгоритма пошаговой регрессии был удален взаимокоррелирующий предиктор. Оба коэффициента, вошедшие в окончательную модель, оказались значимыми на уровне $p < 0,05$. Урожайность сои только в течение последних 20 лет возросла примерно с 2 до 3 т/га. Построенная модель достаточно хорошо отражает этот факт (рис. 1). В модели отсутствуют резкие выбросы, что также косвенно свидетельствует о ее качестве.

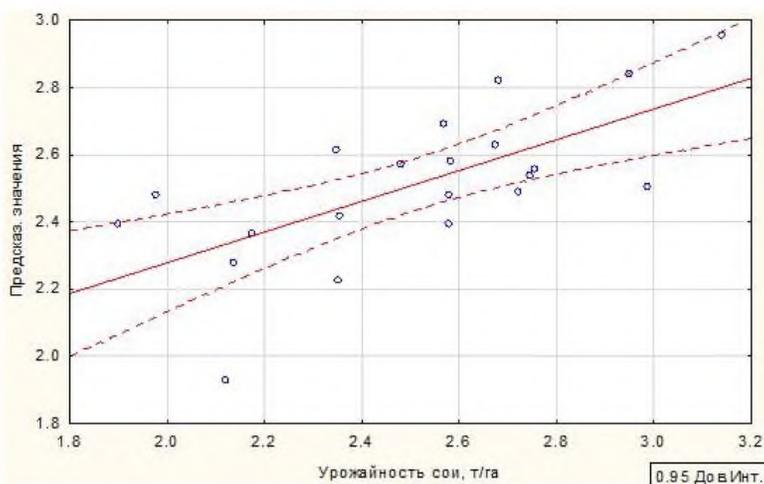


Рис. 1. Сравнение реальных и прогнозируемых значений урожайности сои

Таким образом, увеличение числа осадков и среднегодовой температуры положительно влияет на урожайность сои. Вместе с тем установлено, что вклад обеих независимых переменных в итоговое уравнение регрессии был примерно одинаков (рис. 2).

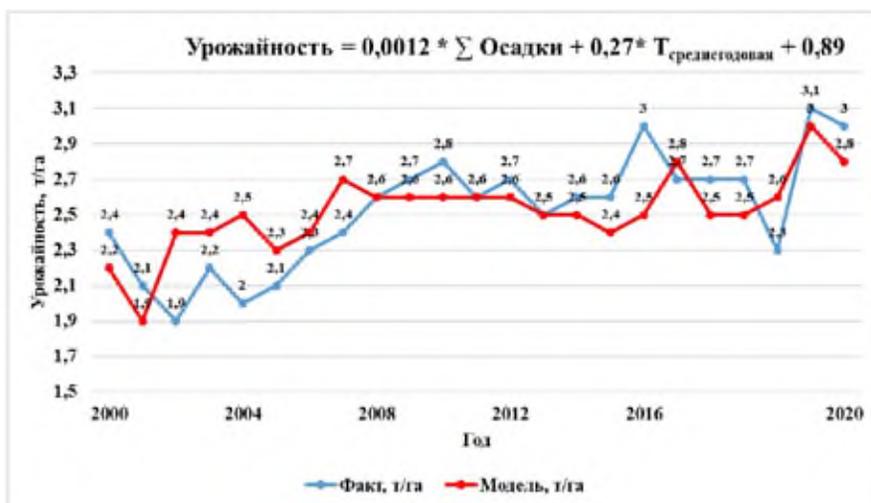


Рис. 2. Модель динамики урожайности сои в зависимости от изменения климатических показателей

Таким образом, увеличение числа осадков и среднегодовой температуры воздуха приводит к увеличению урожайности сои. При прогнозировании урожайности на ближайшую перспективу возможно использование данного уравнения регрессии.

В целом изменение агроклиматических условий в Среднем Приамурье на данном этапе изменения региональных климатических параметров сравнительно благоприятно для возделывания сои.

Заключение

Таким образом, по мере изменения региональных климатических параметров усиливается значение адаптационного подхода в отношении подбора приспособленных к местным условиям культур и сортов, а также приемов технологии, способствующих повышению устойчивости культур (сортов) к изменениям внешних условий окружающей среды. Исходя из анализа результатов исследований установили, что на территории Среднего Приамурья наблюдается значительное потепление климата. Наибольшие изменения зафиксированы у метеопараметра, характеризующего температурный режим в приземном слое воздуха. Оценка результатов наблюдения за период с 1960 по 2020 г. свидетельствует об увеличении суммы положительных температур на 264 градуса. Отмечается перераспределение выпадения осадков в теплое время года. Так, количество осадков в мае за последние два десятилетия увеличилось на 25 %, а в июне – на 41 %. Изменение климатических условий оказывает влияние на урожайность сельскохозяйственных культур. Урожайность сои только в течение последних 20 лет возросла примерно с 2 до 3 т/га. Получены прямые корреляционные связи между

увеличением числа осадков, увеличением среднегодовой температуры воздуха и урожайностью сои.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Жемухов Р.Ш., Машукова Ф.Э. Антропогенное изменение климата и его последствия для сельского хозяйства на региональном уровне // *Успехи соврем. естествознания*. 2016. № 7. С. 118–122.
2. Ашабоков Б.А., Архестов Г.Х., Федченко Л.М., Шаповалов А.В. Изменение климата и устойчивое развитие России // *Метеоспектр*. 2013. № 1. С. 145–149.
3. An economic analysis of agricultural adaptation to climate change impacts in Sri Lanka: An endogenous switching regression analysis / K. Suresh [et al.] // *Land Use Policy*. 2021. Vol. 109. P. 8–9. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105601>.
4. Miller-Rushing A.J., Inouye D.W., Primack R.B. How well do first flowering dates measure plant responses to climate change? The effects of population size and sampling frequency // *Journ. of Ecology*. 2008. Vol. 96. P. 1289–1296. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01436.x>.
5. Путьрский В.Е., Кукушкина А.В. Динамика количественных характеристик экстремальных атмосферных осадков на территории Российской Федерации // *Природообустройство*. 2019. № 3. С. 115–120. DOI:10.34677/1997-6011/2019-3-115-12.
6. Schneider L., Rebetz M., Rasmann S. The effect of climate change on invasive crop pest across biomes // *Current Opinion in Insect Science*. 2022. Vol. 50. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2022.100895>.
7. Comparison of sensitive stages of wheat, barley, canola, chickpea and field pea to temperature and water stress across Australia / M.F. Dreccer [et al.] // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2018. Vol. 248. P. 275–294. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.10.006>.
8. Ксенофонтов М.Ю., Ползиков Д.А. К вопросу о влиянии климатических изменений на развитие сельского хозяйства России в долгосрочной перспективе // *Проблемы прогнозирования*. 2020. № 3. С. 82–91.
9. Ашабоков Б.А., Бисчоков Р.М. Об одном подходе к прогнозированию урожайности с/х культур с учетом изменений агрометеорологических факторов // *Земледелие*. 2007. № 2. С. 98–102.
10. Ермолина О.В. Влияние температуры воздуха и количества осадков по фазам онтогенеза на урожайность семян сои // АПК Юга России: состояние и перспективы: сб. регион. науч.-практ. конф. Майкоп, 2014. С. 143–147.
11. Волкова Е.И. Связь урожайности с тепло-влажнообеспеченностью по фазам развития сельскохозяйственных культур // *Мелиорация переувлажненных земель*. 2016. № 2. С. 85–93.
12. Low input sustainable agriculture: A viable climate-smart option for boosting food production in a warming world / D. Sarkar [et al.] // *Ecological indicators*. 2020. Vol. 115. P. 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106412>.
13. Доклад о научно-методических основах для разработки стратегий адаптации к изменениям климата в Российской Федерации (в области компетенции Росгидромета). Санкт-Петербург; Саратов: Амирит, 2020. 120 с.
14. Галкин Д.Г. Стратегия и тактика адаптации сельского хозяйства к последствиям изменения климата: региональный аспект // *Наука и образование Большого Алтая*. 2021. № 14. С. 31–35. DOI: 10.25712/ASTU.2410-485X.2021.01.004.
15. Acero Triana J.S., Chu M.L., Stein J.A. Assessing the impacts of agricultural conservation practices on freshwater biodiversity under changing climate // *Ecological Modelling*. 2021. Vol. 453. P. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2021.109604>.
16. Асеева Т.А., Шукюров С.А., Паланица С.Р. Адаптивные агротехнологии возделывания сои в условиях муссонного климата // *Евразийский союз ученых*. 2014. С. 97–100.
17. Асеева Т.А., Кисилев Е.П., Сухомиров Г.И. Сельское хозяйство дальнего Востока: условия, проблемы и потенциал развития. Хабаровск: ИЭИ ДВО РАН, 2020. 162 с.

REFERENCES

1. Zhemukhov R.Sh., Mashukova F.Eh. Antropogennoe izmenenie klimata i ego posledstviya dlya sel'skogo khozyaistva na regional'nom urovne = [Anthropogenic climate change and its consequences for agriculture at the regional level]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2016;(7):118-122. (In Russ.).

2. Ashabokov B.A., Arkhestov G.KH., Fedchenko L.M., Shapovalov A.V. Izmenenie klimata i ustoychivo-voe razvitiye Rossii = [Climate change and sustainable development in Russia]. *Meteospekt*. 2013;(1):145-149. (In Russ.).
3. Suresh K. [et al.]. An economic analysis of agricultural adaptation to climate change impacts in Sri Lanka: An endogenous switching regression analysis. *Land Use Policy*. 2021;(109):8-9. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105601>.
4. Miller-Rushing A.J., Inouye D.W., Primack R.B. How well do first flowering dates measure plant responses to climate change? The effects of population size and sampling frequency. *Journal of Ecology*. 2008;(96):1289-1296. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01436.x>.
5. Putyrskii V.E., Kukushkina A.V. Dynamics of quantitative characteristics of extreme precipitation on the territory of the Russian Federation. *Prirodobustroistvo*. 2019; (3):115-120. DOI:10.34677/1997-6011/2019-3-115-12. (In Russ.).
6. Schneider L., Rebetz M., Rasmann S. The effect of climate change on invasive crop pest across biomes. *Current Opinion in Insect Science*. 2022; (50). <https://doi.org/10.1016/j.cois.2022.100895>.
7. Dreccer M.F. [et al.]. Comparison of sensitive stages of wheat, barley, canola, chickpea and field pea to temperature and water stress across Australia. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2018;(248):275-294. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.10.006>.
8. Ksenofontov M.Yu., Polzikov D.A. K voprosu o vliyaniy klimaticheskikh izmeneniy na razvitiye sel'skogo khozyaystva Rossii v dolgosrochnoy perspective = [On the issue of the impact of climate change on the development of Russian agriculture in the long term]. *Problemy prognozirovaniya*. 2020;(3):82-91. (In Russ.).
9. Ashabokov B.A., Bischoikov R.M. Ob odnom podkhode k prognozirovaniyu urozhainosti s/kh kul'tur s uchetom izmeneniy agrometeorologicheskikh faktorov = [On one approach to predicting the yield of agricultural crops, taking into account changes in agrometeorological factors]. *Zemledelie*. 2007;(2):98-102. (In Russ.).
10. Ermolina O.V. Vliyaniye temperatury vozdukh i kolichestva osadkov po fazam ontogeneza na urozhainost' semyan soi = [Influence of air temperature and precipitation by phases of ontogenesis on the yield of soybean seeds]. *APK Yuga Rossii: sostoyaniye i perspektivy*: sb. region. nauch.-prakt. konf. Maikop, 2014:143-147. (In Russ.).
11. Volkova E.I. Communication of productivity with thermal and water modes on phases of development of agricultural crops. *Melioratsiya pereuvlazhnennykh zemel'*. 2016;(2):85-93.
12. Sarkar D. [et al.]. Low input sustainable agriculture: A viable climate-smart option for boosting food production in a warming world. *Ecological indicators*. 2020;(115):1-13. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106412>.
13. Report on the scientific and methodological foundations for developing climate change adaptation strategies in the Russian Federation (within the competence of Roshydromet). Sankt-Peterburg; Saratov: Amirit; 2020. 120 p. (In Russ.).
14. Galkin D.G. Strategy and tactics for adapting agriculture to the impact of climate change: regional aspect. *Grand altai research & education*. 2021;(14):31-35. DOI: 10.25712/ASTU.2410-485X.2021.01.004. (In Russ.).
15. Acero Triana J.S., Chu M.L., Stein J.A. Assessing the impacts of agricultural conservation practices on freshwater biodiversity under changing climate. *Ecological Modelling*. 2021;(453):1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2021.109604>.
16. Aseeva T.A., Shukuyurov S.A., Palanitsa S.R. Adaptivnyye agrotekhnologii vozdeleyvaniya soi v usloviyakh mussonnogo klimata = [Adaptive agricultural technologies for soybean cultivation in monsoon climate]. *Evrasiiskii Soyuz Uchenykh*. 2014:97-100. (In Russ.).
17. Aseeva T.A., Kiselev E.P., Sukhomirov G.I. Agriculture of the Far East: conditions, problems and development potential. Khabarovsk: ERI FEB RAS; 2020. 162 p. (In Russ.).

Научная статья

УДК 636.082

DOI: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_15

Влияние производителей на жизнеспособность дочерей на молочных фермах Приамурья

Н.Ф. Ключникова , М.Т. Ключников, Е.М. Ключникова

Наталья Фёдоровна Ключникова

доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора по науке
Хабаровский федеральный исследовательский центр ДВО РАН, обособленное
подразделение Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского
хозяйства, Хабаровск

nauka1952@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0003-0510-1196>

Михаил Тихонович Ключников

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Хабаровский федеральный исследовательский центр ДВО РАН, обособленное
подразделение Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского
хозяйства, Хабаровск

nauka1952@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0001-7609-382X>

Елена Михайловна Ключникова

научный сотрудник
Хабаровский федеральный исследовательский центр ДВО РАН, обособленное
подразделение Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского
хозяйства, Хабаровск

nauka1952@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0001-9861-8738>

Аннотация. Впервые проведена оценка хозяйственно полезных признаков дочерей быков-производителей в зависимости от сезона отела, количества потомства. Установлено изменение рангов оценки быков в зависимости от этих факторов. Летние отелы в условиях муссонного климата существенно снижают годовой и пожизненный удой коров независимо от происхождения по отцу.

Ключевые слова: Приамурье, быки-производители, потомство, оценка, продуктивность

Для цитирования: Ключникова Н.Ф., Ключников М.Т., Ключникова Е.М. Влияние производителей на жизнеспособность дочерей на молочных фермах Приамурья // Вестн. ДВО РАН. 2022. № 3. С. 149–156. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_15.

Финансирование. Средства федерального бюджета.

© Ключникова Н.Ф., Ключников М.Т., Ключникова Е.М., 2022

The influence of sires on daughters' viability in the dairy farms of the Amur River Region

N.F. Kluchnikova ✉, M.T. Kluchnikov, E.M. Kluchnikova

Nataliya F. Klyuchnikova

Doctor of Science in Agriculture

Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences Far Eastern Agricultural Research Institute, Khabarovsk

nauka1952@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0003-0510-1196>

Mikhail T. Klyuchnikov

Candidate of Science in Agriculture

Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences Far Eastern Agricultural Research Institute, Khabarovsk

nauka1952@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0001-7609-382X>

Elena M. Klyuchnikova

Senior researcher

Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences Far Eastern Agricultural Research Institute, Khabarovsk

nauka1952@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0001-9861-8738>

Abstract. For the first time the estimation of economically useful signs of daughters of sire-bulls depending on the calving season, number of posterity has been done. The change of estimation ranges of bulls depending on these factors has been determined. In the monsoon climate conditions, summer calvings significantly reduce their yearly and lifetime milk production independently from the paternity.

Keywords: Amur River Region, sire-bull, posterity, estimation, productivity

For citation: N.F. Kluchnikova, M.T. Kluchnikov, E.M. Kluchnikova. The influence of sires on daughters' viability in the dairy farms of the Amur River Region. *Vestnik of the FEB RAS*. 2022;(3):149–156. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_15.

Funding: Federal budget funds.

Введение

Современное состояние молочного скотоводства в регионе характеризуется невысокими показателями. Особую тревогу вызывает короткий срок хозяйственного использования коров, который составляет менее трех лактаций при биологически возможном более 10 отелов [1, 2]. Повышенная выбраковка первотелок и сокращение продуктивного периода – мировая тенденция скотоводства. Так, продолжительность использования коров в США равна 2,8 лактации [3], средняя выживаемость коров ко 2-му отелу составляет 73 %, к 3-му – 50 % [4]. На английских молочных фермах только 55 % ремонтных телок успешно завершают 3-ю лактацию [5].

Основные причины выбытия коров – бесплодие, маститы, болезни конечностей, нарушение обмена веществ и др. Выбраковка коров по старости составляет 2,7 %, болезням вымени – 7,2–27,0, болезням конечностей – 7,7–24,6, продуктивности – 9,2–20,3, яловости – 23–31,8 %. В условиях Хабаровского края непосредственной причиной яловости следует считать низкую эффективность искусственного осеменения коров, которая не превышает 50 % в первую охоту, а в первые 30 дней после отела составляет менее 20 % [1, 2].

Бесплодие коров приносит молочным фермам региона огромные экономические потери, обусловленные снижением удоев, выходом телят, вводом нетелей в основное стадо из-за возрастающего дефицита ремонтного молодняка [6]. Сокращение продуктивного периода из-за снижения плодовитости коров наблюдается и в других регионах страны, и за рубежом [7]. Но в странах с высокой культурой молочного скотоводства это обусловлено высокой продуктивностью коров, превышающей 9–10 тыс. кг молока за лактацию [8–12].

Повысить жизнеспособность коров возможно с помощью комплекса мер, направленных на совершенствование всех элементов технологии молочного скотоводства, включая селекцию быков-производителей. Процесс качественного улучшения стада на 70–80 % зависит от выбора лучших в племенном отношении быков интенсивного использования. В США и Канаде для оценки быков-производителей используют индекс LNMS «нэтмэрит», включающий 14 экономически важных признаков, в том числе продуктивное долголетие [13]. К сожалению, негативные процессы, происходящие в экономике Приамурья в последние десятилетия, привели практически к полной утрате некогда налаженной системы племенного дела в молочном скотоводстве, и оценке быков по качеству потомства не уделяется должного внимания. Более того, фермеры стали широко использовать естественную случку коров и телок малоценными быками.

В связи с изложенным цель работы – изучить жизнеспособность дочерей быков голштинской и черно-пестрой пород в условиях муссонного климата Среднего Приамурья.

Объекты и методы

Объект исследований – коровы, быки голштинской и черно-пестрой пород на фермах Хабаровского края. Предмет исследований – возраст и сезон первого отела, воспроизводительная способность, молочная продуктивность первотелок, пожизненный удой, длительность продуктивного периода коров с учетом их происхождения по отцу.

Источник информации – первичный зоотехнический учет за ряд лет и личные наблюдения на молочных фермах Хабаровского края.

Биометрическая обработка результатов проведена по Н.А. Плохинскому [14].

Результаты

В рамках поставленной цели проведен анализ 2483 племенных карточек МОЛ-2 на трех молочных фермах Хабаровского края. Все животные – дочери 56 быков черно-пестрой и голштинской пород. При средней продуктивности всего поголовья первотелок 4000 кг молока за 305 дней лактации размах изменчивости между

родственными группами составил от 2300 до 6700 кг молока. Индивидуальные различия продуктивности коров имели более значительные величины. Несмотря на существенные различия уровня продуктивности животных на обследованных фермах, можно отметить общие черты в технологии производства молока, в частности игнорирование генетического потенциала используемых в стадах производителей, что подтверждается результатами оценки быков по качеству потомства на ферме «Восточное» (табл. 1).

Из данных табл. 1 важно отметить превосходство дочерей Залива по величине удоя за первую лактацию в среднем на 19,0–32,0 %, количеству молочного жира – на 16,7–34,0 %. А главное, из 70 телочек, родившихся одновременно в течение января–февраля, только 11 (15,7 %) были потомками Залива, который по своему происхождению значительно превосходил остальных быков. Однако это обстоятельство не было учтено при организации искусственного осеменения.

Таблица 1

Молочная продуктивность первотелок – дочерей разных быков-производителей

| Показатель | Производитель | | | |
|---------------------------|---------------|--------|--------|--------|
| | Ланис | Залив | Алавис | Карат |
| Кол-во дочерей, гол. | 13 | 11 | 24 | 22 |
| Удой за 305 дней, кг | 3917,0 | 5176,0 | 4348,0 | 4344,0 |
| Кол-во молочного жира, кг | 141,0 | 189,0 | 155,0 | 162,0 |
| Сервис-период, дней | 190 | 126 | 121 | 148 |

Аналогичные результаты получены на ферме хозяйства «Краснореческое» с общим поголовьем более 3000 коров черно-пестрой породы. Было учтено 338 коров черно-пестрой породы – дочерей девяти быков. При средней продуктивности 3300 кг за 305 дней первой лактации всего учтенного поголовья, рожденного в зимний сезон, межгрупповые различия варьировали от 2542 ± 104 кг у дочерей Гранита до 3731 ± 102 кг молока в потомстве Союза, а продолжительность сервис-периода составила от $91,3 \pm 6$ до $116,0 \pm 17$ дней. Коэффициент корреляции величины сервис-периода и удоя составил 0,26, т.е. с увеличением удоя возникают проблемы с воспроизводством. Ранги оценки девяти быков по продуктивности дочерей за первую и вторую лактации составили $r_s = +0,64$, коэффициент корреляции сохранности первотелок и величины их продуктивности – минус 0,46.

Таким образом, при существующей технологии производства молока на ферме чаще выбывают высокопродуктивные особи. Коэффициент корреляции рангов оценки быков по удою дочерей за 1-ю и 3-ю лактации составил +0,52, а коэффициент величины удоя первотелок и сохранности животных до 3-й лактации $r_s = -0,78$, т.е. высокопродуктивные дочери выбывали чаще. По этому показателю высокие ранги оценки быков резко снижались с увеличением возраста дочерей.

В то же время для дочерей Граната характерно сочетание 100%-й сохранности и самой низкой продуктивности за все три лактации – 2500, 3100, 3960 кг молока при среднем удое дочерей других производителей 3650, 3760, 4193 кг соответственно. Но главное, на ферме «Краснореченское» подбору производителей не уделялось должного внимания. Так, от лучших быков за зимний период было получено 24 % дочерей, которые после первого отела дали в среднем по 3660 кг

молока за 305 дней лактации, тогда как от 53,6 % сверстниц получено в среднем по 3128 кг молока, или на 17 % меньше. В результате хозяйство от первотелок зимних отелов недополучило более 106 т молока. Рыночная стоимость этих потерь в ценах 2021 г. составила 10 млн руб.

Современные методы оценки производителей по качеству потомства предусматривают большое количество показателей, в том числе встречаемость генетически обусловленных патологий. Согласно этому требованию на ферме «Заря» провели оценку 328 дочерей четырех быков по качеству потомства (табл. 2) с учетом 12 показателей хозяйственно полезных признаков.

Таблица 2

Хозяйственно полезные признаки дочерей разных производителей

| Показатель | Тарзан | Леман | Чародей | План |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Выбыло до 1-го отела, % | 17,9 | 13,2 | 15,3 | 12,5 |
| Возраст 1-го отела, дней | 937 ± 10 | 902 ± 20 | 931 ± 11 | 995 ± 13 |
| Удой за 305 дней 1-й лактации, кг | 3833 ± 55 | 3480 ± 105 | 3130 ± 92 | 3170 ± 57 |
| Массовая доля жира, % | 3,80 ± 0,02 | 3,85 ± 0,02 | 3,75 ± 0,03 | 3,93 ± 0,02 |
| Сервис-период у первотелок, дней | 169 ± 7,0 | 201 ± 8,0 | 192 ± 8,5 | 101 ± 5,0 |
| Яловость, % | 60,9 | 82,9 | 81,0 | 42,9 |
| Пожизненный удой, кг | 15500 ± 225 | 10520 ± 338 | 9900 ± 270 | 14250 ± 200 |
| Продуктивный период, дней | 1325 ± 23 | 1212 ± 24 | 1245 ± 32 | 1576 ± 15 |
| Кол-во отелов | 3,57 ± 0,10 | 3,00 ± 0,11 | 3,20 ± 0,01 | 4,29 ± 0,07 |
| Кол-во лактаций | 3,00 ± 0,12 | 2,83 ± 0,08 | 2,82 ± 0,08 | 3,86 ± 0,06 |
| Кол-во молока на 1 день жизни, кг | 6,83 | 4,98 | 4,55 | 5,54 |
| Кол-во молока на 1 день продуктивного периода, кг | 11,7 | 8,68 | 7,95 | 9,04 |

Важный вывод, который следует из анализа данных табл. 2, – это изменение рангов оценки быков по качеству потомства с увеличением количества показателей оценки. Если по величине удоя дочерей ранги быков Тарзана, Лемана, Чародея и Плана были соответственно 1; 2; 3,5 и 3,5, то по удою и жирности молока – 1,5; 1,5; 4;3. Коэффициент корреляции рангов оценки при этом составил $r_s = +0,98$, а с учетом 9 показателей продуктивности дочерей величина коэффициента корреляции снизилась до $r_s = +0,15$.

Наличие значительной межгрупповой изменчивости продуктивных качеств потомства позволяет с достаточно высокой достоверностью отметить низкую племенную ценность Чародея, так как его дочери почти по всем показателям уступали сверстницам. В практическом аспекте с учетом величины удоев на один день целесообразно более широко использовать семя Тарзана.

Впервые проведена оценка качества потомства с учетом сезона первого отела. Это позволило выявить более благоприятный такой сезон. Независимо от происхождения по отцу после осенних отелов величина удоев за лактацию оказалась выше таковой после летних отелов на 16–47 %. Та же тенденция наблюдается в сезонной динамике сервис-периода у первотелок. Коэффициент корреляции рангов удоя и сервис-периода составил $r_s = 0,26$ с варьированиями от +0,39 у дочерей Плана до –0,20 в потомстве быка Чародея. Аналогичные исследования провели на ферме «Восточное». При этом у 378 дочерей четырех быков учитывали 11 показателей продуктивности (табл. 3).

Влияние сезона первого отела на продуктивность дочерей разных быков

| Показатель | Производитель | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| | Принц | | Туман | | Джут | | Миф | |
| | лето | осень | лето | осень | лето | осень | лето | осень |
| Возраст 1-го отела, дней | 963 | 970 | 903 | 1008 | 937 | 927 | 950 | 879 |
| Удой за 305 дней 1-й лактации, кг | 4030 | 4557 | 3588 | 4366 | 3771 | 4202 | 3744 | 4273 |
| Молочный жир, кг | 151 | 160 | 127 | 159 | 143 | 159 | 143 | 157 |
| Сервис-период, дней | 182 | 150 | 146 | 159 | 204 | 212 | 199 | 176 |
| Пожизненный удой, кг | 11 998 | 15 330 | 16 384 | 15 087 | 15 955 | 1425 | 11 739 | 16 278 |
| Продуктивный период, дней | 950 | 920 | 1127 | 1036 | 938 | 1128 | 793 | 1464 |
| Кол-во отелов, п | 2,75 | 2,84 | 3,31 | 2,83 | 3,08 | 3,08 | 2,27 | 3,85 |
| Кол-во лактаций, п | 2,12 | 2,21 | 2,69 | 2,33 | 2,33 | 2,62 | 1,82 | 3,30 |
| Кол-во молока на день жизни, кг | 6,27 | 8,30 | 8,07 | 7,38 | 8,51 | 6,88 | 6,73 | 6,35 |
| Выбыло первотелок, % | 12,5 | 26,3 | 30,1 | 16,7 | 38,5 | 15,4 | 27,2 | 0 |

По итогам года ранги комплексной оценки распределились следующим образом: Принц – 1-е, Туман – 2-е, Миф – 3-е, Джут – 4-е место; по группе дочерей летнего отела соответственно 2,5-, 1-, 2,5-, 4-е место; по дочерям осеннего отела – 2-, 3-, 4-, 1-е место. Коэффициенты корреляции рангов годовой и сезонной оценки составили +0,65 «год–лето» и минус 0,20 «год–осень», а «лето–осень» – $r_s = -0,55$.

Изменение ранга оценки быков в связи с сезонностью первых отелов дочерей побудило нас провести дополнительные исследования. С этой целью были выбраны две фермы: «Благодатное» с низким уровнем продуктивности (в среднем 2300 кг по ферме) и «Краснореченское» с продуктивностью 4500–5000 кг по ферме. В каждом хозяйстве отобрали всех первотелок осенне-зимнего отела. Животные являлись дочерьми одних и тех же быков – Жакан, Ботерлин, Мудрый, Гордый. Количество дочерей соответственно 28, 32, 34 и 33. Средний удой за 305 дней первой лактации – 3910 ± 160 , 4265 ± 105 , 4680 ± 120 и 3740 ± 142 кг молока с жирностью 3,50; 3,53; 3,55; 3,53 %.

Ранги производителей по величине удоя составили в условиях фермы «Краснореченское» 3,5; 2,0; 1,0 и 3,5. На ферме «Благодатное» содержалось 1200 коров. Содержание коров беспривязно-боксовое, доение двукратное в доильном зале типа «Елочка». В осенне-зимний период отелилось 108 нетелей, из них дочерей Ботерлина – 28, Мудрого – 29, Жакана – 20, Гордого – 31. Их удой за 305 дней первой лактации по данным первичного зоотехнического учета был соответственно 2750, 2105, 2280, 2559 кг. Ранги быков по этому показателю составили 1, 4, 3, 2. Повторяемость рангов быков в двух хозяйствах оказалась отрицательной и весьма высокой ($r_s = -0,65$), что, по нашему мнению, обусловлено значительными различиями в уровне кормления и условиях содержания.

Заключение

Проведенные исследования выявили существенные различия между потомством быков-производителей. При этом ранги оценки по качеству потомства были не постоянными и зависели от сезонов первого отела дочерей,

их количества, технологии производства молока в хозяйстве, что необходимо учитывать при организации племенной работы применительно к условиям содержания и кормления коров в хозяйстве.

Главное, что имеет практическое значение для фермеров и специалистов хозяйств: приобретая семя быков, оцененных по качеству потомства, можно рассчитывать на успех только при высоком уровне кормления животных в течение всего года.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Делян А.С., Оводков С.А., Гегамян Н.С., Кракосевич Т.В. Продолжительность продуктивного и племенного использования и причины выбытия коров черно-пестрой породы в высокопродуктивном стаде при привязном и беспривязном содержании // *Вестн. Мичурин. гос. аграр. ун-та*. 2018. № 4. С. 129–131.
2. Ключникова Н.Ф., Ключников М.Т., Ключникова Е.М. Пожизненная продуктивность коров голштинской породы в зависимости от сезона первого отела в условиях среднего Приамурья // *Вестн. Рос. сельскохозяйственной науки*. 2015. № 2. С. 54–55.
3. Wright J.R., Van Raden P.M. Genetic evaluation of dairy cow livability // *Journ. of Animal Science*. 2016. N 94 (suppl. 5). P. 178–178.
4. Hare E., Norman H.D., Wright J.R. Survival rates and productive herd life of dairy cattle in the United States // *Journ. of Dairy Science*. 2006. N 89 (9). P. 3713–3720.
5. Brickell J.S., Wathes D.C. A descriptive study of the survival of Holstein-Friesian heifers through to third calving on English dairy farms // *Journ. Dairy Science*. 2011. N 94 (4). P. 1831–1838.
6. Ключникова Н.Ф. Аспекты повышения оплодотворяемости коров. Хабаровск, 2006. 256 с.
7. Сейдахметов Б.С., Мороз Т.А., Дунин М.И. Сервис-период и продуктивность коров молочных пород Российской Федерации // *Зоотехния*. 2021. № 2. С. 28–30.
8. Абылкасымов Д., Шмидт Ю.И. Неиспользованные резервы в молочном скотоводстве за счет сокращения яловости коров // *Вестн. науки и образования*. 2018. № 1 (53). Ч. 2. С. 39–41.
9. Гукежев В.М., Габаев М.С. Методология оценки продолжительности и эффективности использования животных в молочном скотоводстве // *Зоотехния*. 2019. № 4. С. 50–57.
10. Мысик А.Т. Состояние животноводства и инновационные пути его развития // *Зоотехния*. 2017. № 1. С. 2–10.
11. Еремин С.П., Борисов И. А., Дубинин А.В. Повышение воспроизводительной функции коров // *Зоотехния*. 2018. № 11. С. 28–31.
12. Нежданов А.Г., Митина А.О., Семенова А.М. Послеродовая гипофункция яичников у молодых коров и гормональные методы их терапии // *Ветеринария*. 2018. № 7. С. 21–24.
13. Дунин И.М., Тяпугин С.Е., Семенова Н.В. и др. Племенная оценка быков-производителей зарубежной селекции // *Зоотехния*. 2021. № 2. С. 16–19.
14. Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников. М.: Колос, 1969. 256 с.

REFERENCES

1. Delyan A.S., Ovodkov S.A., Gegamyay N.S., Krakosevich T.V. Duration of productive and pedigree use and reasons for the disposal of cows of a black-and-white breed in a highly productive herd with tethered and loose content. *Vestnik of the Michurinsk State Agrarian University*. 2018;(4):129-131. (In Russ.).
2. Klyuchnikova N.F., Klyuchnikov M.T., Klyuchnikova E.M. Lifelong productivity of holstein cows depending on the season of the first calving in the conditions of the middle Amur region. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2015;(2):5455. (In Russ.).
3. Wright J.R., Van Raden P.M. Genetic evaluation of dairy cow livability. *Journal of Animal Science*. 2016;(94 (suppl. 5)):178-178.
4. Hare E., Norman H.D., Wright J.R. Survival rates and productive herd life of dairy cattle in the United States. *Journal of Dairy Science*. 2006;(89(9)):3713-3720.

5. Brickell J.S., Wathes D.C. A descriptive study of the survival of Holstein-Friesian heifers through to third calving on English dairy farms. *Journal of Dairy Science*. 2011;(94(4)):1831-1838.
6. Klyuchnikova N.F. Aspekty povysheniya oplodotvoryaemosti korov. Khabarovsk, 2006. 256 p. (In Russ.).
7. Seidakhmetov B.S., Moroz T.A., Dunin M.I. Servis-period i produktivnost' korov molochnykh porod Rossiiskoi Federatsii. *Zootekhnika*. 2021(2):28-30. (In Russ.).
8. Abylkasymov D., Shmidt YU.I. Neispol'zovannyye rezervy v molochnom skotovodstve za schet sokrashcheniya yalovosti korov. *Vestnik nauki i obrazovaniya*. 2018;(1(53))(2):39-41. (In Russ.).
9. Gukezhev V.M., Gabaev M.S. Metodologiya otsenki prodolzhitel'nosti i ehffektivnosti ispol'zovaniya zhivotnykh v molochnom skotovodstve. *Zootekhnika*. 2019; (4):50-57. (In Russ.).
10. Mysik A.T. Sostoyaniye zhivotnovodstva i innovatsionnyye puti ego razvitiya. *Zootekhnika*. 2017(1):2-10. (In Russ.).
11. Eremin S.P., Borisov I. A., Dubinin A.V. Povysheniye vosproizvoditel'noi funktsii korov. *Zootekhnika*. 2018(11):28-31. (In Russ.).
12. Nezhdanov A.G., Mitina A.O., Semenova A.M. Poslerodovaya gipofunktsiya yaichnikov u molodykh korov i gormonal'nyye metody ikh terapii. *Veterinariya*. 2018(7):21-24. (In Russ.).
13. Dunin I.M., Tyapugin S.E., Semenova N.V. i dr. Plemennaya otsenka bykov-proizvoditelei zarubezhnoi selektsii. *Zootekhnika*. 2021(2):16-19. (In Russ.).
14. Plokhinskii N.A. Rukovodstvo po biometrii dlya zootekhnikov. M.: Kolos; 1969. 256 p. (In Russ.).

Подписка на журнал «Вестник Дальневосточного отделения РАН» принимается с любого номера Агентством подписки и доставки периодических изданий Урал-Пресс (www.ural-press.ru).

Подписной индекс 70193 в Каталоге периодических изданий «Газеты и журналы» Урал-Пресс.

*Полнотекстовые варианты статей можно найти в Интернете:
<http://elibrary.ru/issues.asp?id=2774>*

Ответственный за номер А.Г. Клыков
Номер подготовили к печати В.С. Жердев,
С.А. Машкин, Л.А. Русова, В.Е. Старовойтова
Компьютерный набор Г.А. Вернцовой
Компьютерная верстка И.В. Миromanовой
Корректор Л.И. Горбулина
Переводчик П.Э. Кирпичев

Издатели:

ФГБУ Дальневосточное отделение РАН
690091 Владивосток, ул. Светланская, 50.
Тел. +7(423)222-25-28

ФГБУНО Центральная научная библиотека ДВО РАН
690022 Владивосток, просп. 100-летия Владивостока, 159.
Тел. +7(423)231-78-38

Адрес редакции:
690091 Владивосток,
ул. Светланская, 50, к. 51.
Тел. (423)222-25-88
E-mail: vestnikdvo@hq.febras.ru
<http://www.vestnikdvo.ru>

ООО «Дальнаука», 690106, г. Владивосток,
пр-кт Красного Знамени, д. 10–20
Тел. +79242630160
E-mail: naukadv2000@mail.ru

Отпечатано в ООО «ПСП95»
г. Владивосток, ул. Русская, 65, корпус 10

Выход в свет 28.06.2022 г.
Формат 70 × 108/16
Печать офсетная
Усл. печ. л. 13,7
Уч.-изд. л. 12,21
Тираж 300 экз.
Заказ 0168
Цена свободная