

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК

FAR EASTERN AGRICULTURAL JOURNAL

**Том 18
Номер 2
2024**

- *Общее земледелие и растениеводство*
- *Селекция, семеноводство и биотехнология растений*
- *Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений*
- *Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология*
- *Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства*
- *Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса*
- *Пищевые системы*

| | |
|---|---|
| <p>Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Дальневосточный государственный аграрный университет ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК Научно-практический журнал Издается с 2007 года. Выходит один раз в три месяца</p> | <p>Том 18. № 2 Апрель – Июнь 2024 г.</p> |
| <p>Тихончук П. В., председатель редакционного совета, главный редактор, д-р с.-х. наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск Науменко А. В., заместитель главного редактора, канд. с.-х. наук, проректор по научной работе ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск Овчинникова О. Ф., ответственный секретарь, ст. преподаватель кафедры экономики АПК ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск</p> <p>Редакционный совет: Асеева Т. А., д-р с.-х. наук, чл.-корр. РАН, директор ФГБНУ ДВ НИИСХ, с. Восточное, Хабаровский край; Белко А. А., канд. вет. наук, доцент, проректор по научной работе УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», Республика Беларусь; Владимиров Л. Н., д-р биол. наук, профессор, чл.-корр. РАН, Заслуженный деятель науки РФ и Республики Саха (Якутия), Президент Академии наук Республики Саха (Якутия), г. Якутск; Друзьянова В. П., д-р техн. наук, профессор, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, г. Якутск; Емельянов А. Н., канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр., директор ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки», г. Уссурийск; Клыков А. Г., д-р биол. наук, профессор, академик РАН, зав. отделом селекции и биотехнологии с.-х. культур, ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки», г. Уссурийск; Комин А. Э., канд. с.-х. наук, доцент, ректор ФГБОУ ВО Приморский ГАТУ, г. Уссурийск Ли Хунпэн, д-р с.-х. наук, ст. науч. сотр., Хейлунцзянская академия сельскохозяйственных наук, Китайская Народная Республика; Остякова М. Е., д-р биол. наук, доцент, директор ФГБНУ ДальЗНИВИ, г. Благовещенск; Синеговская В. Т., д-р с.-х. наук, профессор, академик РАН, Заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник лаборатории физиологии растений ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои, г. Благовещенск; Тихонов С. Л., д-р техн. наук, профессор кафедры пищевой инженерии аграрного производства ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет», г. Екатеринбург; Хамагаева И. С., д-р техн. наук, профессор кафедры технологии продуктов животного происхождения ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», г. Улан-Удэ; Хан Тианфу, д-р наук (PhD), профессор, Китайская академия сельскохозяйственных наук, Институт растениеводства, Китайская Народная Республика; Чабаев М. Г., д-р с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», пос. Дубровицы, Московская область</p> <p>Редакционная коллегия: Громов И. Н., д-р вет. наук, профессор, заведующий кафедрой патологической анатомии и гистологии, УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», Республика Беларусь; Захарова Е. Б., д-р с.-х. наук, доцент кафедры общего земледелия и растениеводства ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск; Ключникова Н. Ф., д-р с.-х. наук, заместитель директора по научной работе ФГБНУ ДВ НИИСХ, с. Восточное, Хабаровский край; Кухаренко Н. С., д-р вет. наук, профессор кафедры патологии, морфологии и физиологии ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск; Миллер Т. В., канд. биол. наук, доцент кафедры патологии, морфологии и физиологии ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск; Овчинников А. А., д-р с.-х. наук, профессор, зав. кафедрой кафедры кормления, гигиены животных, технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск; Решетник Е. И., д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технологии переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск; Темираев Р. Б. – д-р с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой биологии ФГБОУ ВО Горский государственный аграрный университет, г. Владикавказ; Труш Н. В., д-р биол. наук, доцент, профессор кафедры биологии и охотоведения ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск; Туаева Е. В., д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», пос. Дубровицы, Московская область; Шарвадзе Р. Л., д-р с.-х. наук, профессор, декан факультета ветеринарной медицины, зоотехнии и биотехнологий ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск; Шишлов С. А., д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО Приморский ГАТУ, г. Уссурийск; Щитов С. В., д-р техн. наук, профессор кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск</p> | <p>Учредитель и издатель – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ)</p> <p>Адрес учредителя и издателя – 675005, Амурская обл., г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86</p> <p>Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) Запись о регистрации ПИ № ФС 77-78057 27.03.2020</p> <p>Подписной индекс в Объединенном каталоге «ПРЕССА РОССИИ» 94054 (полугодовая); Онлайн подписка: https://www.pressa-rf.ru/cat/1/edition/94054/</p> <p>Журнал представлен в системе Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)</p> <p>Распоряжением Высшей аттестационной комиссии (ВАК) при Министерстве образования и науки Российской Федерации от 1 декабря 2015 года журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (письмо ВАК №13-6518 от 01.12.2015 г.) (в Перечне ВАК под № 1086 по состоянию на 10.06.2024)</p> <p>Адрес редакции: 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, д. 86, уч. корп. 1, каб. 301 Тел. (4162) 995147 Тел./факс (4162) 995127 www.vestnik.dalgau.ru e-mail: DVagrovestnik@dalgau.ru</p> |
| <p>Формат 60×90/8. Уч.-изд. л. 11,58. Тираж 600 экз. Заказ 96. Подписано к печати 20.06.2024. Дата выхода в свет 28.06.2024. Цена свободная. Дальневосточный государственный аграрный университет: 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, д. 86. Адрес типографии: 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, д.86, уч. корп. 1, ауд. 117.</p> <p>ISSN 1999-6837 (Print), 2077-9089 (Online) © ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, 2024</p> | |

| | |
|--|---|
| <p>Ministry of Agriculture of the Russian Federation Far Eastern State Agrarian University</p> <p>FAR EASTERN AGRICULTURAL JOURNAL</p> <p>Scientific and Practical Journal</p> <p>Issued since 2007. Issued quarterly</p> | <p>Vol. 18. No. 2</p> <p>April – June 2024</p> |
| <p>P. V. Tikhonchuk, Chairman of Drafting Committee, Editor-in-Chief, Dr. Agr. Sci., Professor, Rector of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk</p> <p>A. V. Naumenko, Deputy Editor-in-Chief, Cand. Agr. Sci., Vice-rector for Scientific Work of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk</p> <p>O. F. Ovchinnikova, Executive Secretary, Senior Teacher of the Department of Agro-Industrial Complex Economics, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk</p> <p>Editorial Council:</p> <p>T. A. Aseeva, Dr. Agr. Sci., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Far Eastern Research Institute of Agriculture, Vostochnoye, Khabarovsk krai;</p> <p>A. A. Belko, Cand. Veterinar. Sci., Associate Professor, Vice-Rector for Scientific Work, Educational Establishment "Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine of the Order of "The Badge of Honor", Republic of Belarus;</p> <p>L. N. Vladimirov, Dr. Biol. Sci., Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Honoured Scientist of Russia and Sakha Republic (Yakutia), President of the Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk;</p> <p>V. P. Druzyanova, Dr. Tech. Sci., Professor, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, Yakutsk;</p> <p>A. N. Emelyanov, Cand. Agr. Sci., Senior Researcher, Director of the Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A. K. Chaika, Ussuriysk;</p> <p>A. G. Klykov, Dr. Biol. Sci., Professor, Academician of Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Selection and Biotechnology of Agricultural Crops, Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A. K. Chaika, Ussuriysk;</p> <p>A. E. Komin, Cand. Agr. Sci., Assistant Professor, Rector of the Primorsky State Agrarian and Technological University, Ussuriysk;</p> <p>Li Hongpeng, Dr. Agr. Sci., Senior Researcher, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, China;</p> <p>M. E. Ostyakova, Dr. Biol. Sci., Associate Professor, Director of the Far Eastern Areal Research Veterinary Institute, Blagoveshchensk;</p> <p>V. T. Sinegovskaya, Dr. Agr. Sci., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honoured Scientist of Russia, Chief Researcher of the Plant Physiology Laboratory of the All-Russian Research Institute of Soy, Blagoveshchensk;</p> <p>S. L. Tikhonov, Dr. Tech. Sci., Professor of the Department of Food Engineering of Agricultural Production, Ural State Agrarian University, Yekaterinburg;</p> <p>I. S. Khamagaeva, Dr. Tech. Sci., Professor of the Department of Technology of Animal Products of the East Siberia State University of Technology and Management, Ulan-Ude;</p> <p>Tianfu Han, PhD, Professor, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Institute of Crop Science, China;</p> <p>M. G. Chabaev – Dr. Agr. Sci., Professor, Chief Researcher of the Department of Farm Animal Feeding of the Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst, Dubrovitsy, Moscow region</p> <p>Editorial Board:</p> <p>I. N. Gromov, Dr. Veterinar. Sci., Professor, Head of the Department of Pathological Anatomy and Histology, Educational Establishment "Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine of the Order of "The Badge of Honor", Republic of Belarus;</p> <p>E. B. Zakharova, Dr. Agr. Sci., Associate Professor of the Department of General Agriculture and Plant Growing of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk;</p> <p>N. F. Klyuchnikova, Dr. Agr. Sci., Deputy Director of Research of the Far Eastern Research Institute of Agriculture, Vostochnoye, Khabarovsk krai;</p> <p>N. S. Kukhareenko, Dr. Veterinar. Sci., Professor of the Department of Pathology, Morphology and Physiology of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk;</p> <p>T. V. Miller, Cand. Biol. Sci., Associate Professor of the Department of Pathology, Morphology and Physiology of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk;</p> <p>A. A. Ovchinnikov, Dr. Agr. Sci., Professor, Head of the Department of Feeding, Animal Hygiene, Technology of Production and Processing of Agricultural Products of the South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk;</p> <p>E. I. Reshetnik, Dr. Tech. Sci., Professor, Head of the Department of Agricultural Processing Technology of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk;</p> <p>R. B. Temirayev, Dr. Agr. Sci., Professor, Head of the Department of Biology of the Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz;</p> <p>N. V. Trush, Dr. Biol. Sci., Associate Professor, Professor of the Department of Biology and Hunting of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk;</p> <p>E. V. Tuaeua, Dr. Agr. Sci., Leading Researcher of the Department of Feeding Farm Animals of the Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst, Dubrovitsy, Moscow region;</p> <p>R. L. Sharvadze, Dr. Agr. Sci., Professor, Dean of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk;</p> <p>S. A. Shishlov, Dr. Tech. Sci., Professor, Primorsky State Agrarian and Technological University, Ussuriysk;</p> <p>S. V. Shchitov, Dr. Tech. Sci., Professor of the Department of Transport-Energy Facilities and Mechanization of Agro-Industrial Complex of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk</p> | <p>Founder and Publisher – Far Eastern State Agrarian University</p> <p>Founder and Publisher Address: 675005, g. Blagoveshchensk, Amur Region, street Polytechnik, 86.</p> <p>Registered by Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology, and Mass Media (Roskommadzor) Registration record ПН № ФЧ 77-78057 dated March 27, 2020</p> <p>Subscription Indices in the Catalogue "PRESS OF RUSSIA" 94054 (semi-annual); Online subscription: https://www.pressa-rf.ru/cat/1/edition/94054/</p> <p>The Journal is presented in the system of Russian Science Citation Index (RSCI) and on the platform of Scientific Electronic Library www.elibrary.ru</p> <p>By order of the Higher Attestation Commission (HAC) of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation dated December 01, 2015: The Journal has been included in the List of Reviewed Scientific Editions, which shall publish the main findings of theses: Ph.D. thesis; doctoral thesis (HAC's Letter № 13-6518 from 01.12.2015) (In the HAC List № 1086 for June 10, 2024)</p> <p>Editorial office address: 86, Politeknicheskaya Str., Bldg. 1, Rm. 301 Blagoveshchensk, Amur Region, 675005 Tel. (4162) 995147 Tel./fax (4162) 995127 www.vestnik.dalgau.ru e-mail: DVagrovestnik@dalgau.ru</p> |
| <p>Format 60×90/8. Edition 600 copies. Order 96. Signing date 20.06.2024. Publication date 28.06.2024. Free price. Far Eastern State Agrarian University: 86, Politeknicheskaya str., Blagoveshchensk, Amur Region, 675005 Printing house address: 86, Politeknicheskaya str., Bldg. 1, Aud. 117, Blagoveshchensk, Amur Region, 675005</p> <p>ISSN 1999-6837 (Print), 2077-9089 (Online)</p> <p>© Far Eastern State Agrarian University, 2024</p> | |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|------------|
| АГРОНОМИЯ..... | 5 |
| <i>Беляев В. И., Садов В. В., Смышляев А. А., Кошелева Е. Д.</i> Оценка эффективности точного земледелия при возделывании яровой пшеницы в Алтайском крае в 2022 и 2023 гг. | 5 |
| <i>Вэй Жань, Селихова О. А.</i> Реакция сортов сои Амурской селекции на норму высева и способ посева семян | 17 |
| <i>Гайзатулин А. С., Логинов Ю. П.</i> Реакция сортов картофеля на биологические препараты при выращивании на семенные цели в северной лесостепи Тюменской области | 28 |
| <i>Кузьмин А. А., Анисимов Н. С.</i> Вредители сои в Амурской области, их распространение и стациональная приуроченность | 42 |
| <i>Пакулина А. П., Оборская Ю. В., Сакара Н. А., Михеев Ю. Г., Платонова Т. П.</i> Межсортовые различия хозяйственно ценных признаков и биохимических показателей свеклы столовой..... | 55 |
| <i>Рафальский С. В., Рафальская Н. Б.</i> Формирование семенной продуктивности сои в зависимости от способа посева и нормы высева семян | 64 |
| <i>Степанова Д. И., Григорьев М. Ф., Герасимова Г. А.</i> Влияние вермикомпостов на агрохимический состав почвосмеси и плодоношение огурца в условиях Центральной Якутии | 74 |
| <i>Tran Q. V., Pakina E. N., Ha C. V.</i> Identification of antimicrobial peptide biosynthetic genes of <i>Bacillus pumilus</i> in suppression of <i>Phytophthora spp.</i> | 80 |
| ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ | 89 |
| <i>Лашин А. П., Максимов Н. И., Сыроватский М. В.</i> Уровень молочной продуктивности коров и некоторых показателей качества молока, на фоне влияния комбикормовых добавок растительного происхождения..... | 89 |
| <i>Овчинников А. А.</i> Влияние комплексных кормовых добавок в рационе телят на физиологические процессы в организме | 97 |
| АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ..... | 106 |
| <i>Двойнова Н. Ф., Абрамова С. В., Бояров Е. Н.</i> Пути повышения эффективности применения водородных топливных элементов (протонообменной мембраны) на энергетических средствах | 106 |
| <i>Мазур В. В., Сахаров В. А., Кувшинов А. А.</i> Сравнительная оценка использования многофункционального почвообрабатывающего агрегата в технологии возделывания кукурузы на зерно | 115 |
| <i>Сахаров В. А., Липкань А. В., Кувшинов А. А., Усанов В. С.</i> Обоснование конструктивно-режимных параметров работы половосборника и дальнейшие пути развития технологии уборки сои со сбором половы..... | 124 |
| <i>Сивцева Ж. Г., Друзьянова В. П., Кулешова Ю. С., Кондакова Н. И.</i> Пиролизная технология – основа для создания автономной пироэлектрической станции | 136 |
| <i>Тихонов С. Л., Тихонова Н. В.</i> Новый пищевой биопептид с регенеративными свойствами, полученный с помощью молекулярной пептидной трансплантации: виртуальный скрининг токсичности | 144 |
| <i>Шульгина Л. В., Павел К. Г., Тимчишина Г. Н., Бутенко А. Р., Якуш Е. В.</i> Пищевая и биологическая ценность рыборастворительных консервов из скумбрии дальневосточной | 152 |
| ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ, ПУБЛИКУЕМЫМ В ЖУРНАЛЕ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК»..... | 164 |

CONTENTS

| | |
|---|------------|
| AGRONOMY..... | 5 |
| <i>Belyaev V. I., Sadov V. V., Smyshlyaev A. A., Kosheleva E. D.</i> Evaluation of effectiveness of precision farming in spring wheat cultivation in Altai krai in 2022 and 2023 | 5 |
| <i>Wei Ran, Selikhova O. A.</i> Reaction of soybean varieties of Amur selection to seeding rate and sowing method | 17 |
| <i>Gaizatulin A. S., Loginov Yu. P.</i> Reaction of potato varieties to biologies when grown for seeds in northern forest-steppe of Tyumen region | 28 |
| <i>Kuzmin A. A., Anisimov N. S.</i> Soybean pests in Amur region: distribution and station confinement..... | 42 |
| <i>Pakusina A. P., Oborskaya Yu. V., Sakara N. A., Mikheev Yu. G., Platonova T. P.</i> Intervarietal differences in economically valuable traits and biochemical parameters of red beets | 55 |
| <i>Rafalskiy S. V., Rafalskaya N. B.</i> Formation of soybean seed productivity depending on seeding method and rate..... | 64 |
| <i>Stepanova D. I., Grigorev M. F., Gerasimova G. A.</i> Effect of vermicomposts on agrochemical composition of soil mixture and cucumber fruiting in conditions of Central Yakutia | 74 |
| <i>Tran Q. V., Pakina E. N., Ha C. V.</i> Identification of antimicrobial peptide biosynthetic genes of <i>Bacillus pumilus</i> in suppression of <i>Phytophthora spp.</i> | 80 |
| ANIMAL BREEDING AND VETERINARY | 89 |
| <i>Lashin A. P., Maksimov N. I., Syrovatskiy M. V.</i> Influence of mixed fodder additives of vegetable origin on milk productivity of cows and milk quality..... | 89 |
| <i>Ovchinnikov A. A.</i> Effect of complex feed additives in diets of calves on physiological processes in body | 97 |
| AGRO-ENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES | 106 |
| <i>Dvoynova N. F., Abramova S. V., Boyarov E. N.</i> Ways to increase efficiency of using hydrogen fuel cells (proton exchange membrane) in energy facilities | 106 |
| <i>Mazur V. V., Sakharov V. A., Kuvshinov A. A.</i> Comparative assessment of use of a multifunctional tillage unit in corn cultivation technology for grain..... | 115 |
| <i>Sakharov V. A., Lipkan A. V., Kuvshinov A. A., Usanov V. S.</i> Substantiation of design and operating parameters of a chaff collector and further developing ways of soybeans harvesting technology with chaff collection | 124 |
| <i>Sivtseva Zh. G., Druzyanova V. P., Kuleshova Yu. S., Kondakova N. I.</i> Pyrolysis technology as a basis for creating an autonomous pyroelectric power plant | 136 |
| <i>Tikhonov S. L., Tikhonova N. V.</i> New food biopeptide with regenerative properties obtained from molecular peptide transplantation: virtual toxicity screening | 144 |
| <i>Shulgina L. V., Pavel K. G., Timchishina G. N., Butenko A. R., Yakush E. V.</i> Nutritional and biological value of canned fish and vegetable with Far Eastern mackerel | 152 |
| THE REQUIREMENTS APPLIED TO THE ARTICLES BEING PUBLISHED IN THE FAR EASTERN AGRARIAN HERALD | 164 |

АГРОНОМИЯ

AGRONOMY

Научная статья

УДК 631.58:633.11(571.150)

EDN ZMQERL

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-5-16>

**Оценка эффективности точного земледелия
при возделывании яровой пшеницы в Алтайском крае в 2022 и 2023 гг.**

**Владимир Иванович Беляев¹, Виктор Викторович Садов²,
Андрей Алексеевич Смышляев³, Евгения Дмитриевна Кошелева⁴**

^{1, 2, 3, 4} Алтайский государственный аграрный университет

Алтайский край, Барнаул, Россия

¹ prof-belyaev@ya.ru, ² sadov.80@mail.ru, ³ an_smish_asau@mail.ru, ⁴ jten@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрено влияние норм высева семян и доз внесения минеральных удобрений по зонам почвенного плодородия поля на эффективность производства яровой пшеницы в условиях Алтайского края. Выявлена значимость исследуемых факторов и установлено влияние почвенного плодородия на урожайность и, в конечном итоге, на экономический эффект. Доказана высокая эффективность правильного применения дифференцированного посева и внесения минеральных удобрений. В 2022 г. наибольшая биологическая урожайность в зоне высокого плодородия почвы достигала 41,5 ц/га, в зоне среднего плодородия – 37,2 ц/га, в зоне низкого плодородия – 37,8 ц/га. Для 2023 г. значения биологической урожайности в этих зонах были 30,7; 34,4 и 25,8 ц/га соответственно. Зоны плодородия влияли на урожайность в большей степени, чем изменение норм посева семян и доз внесения удобрений в пределах одной зоны. В 2022–2023 гг. различия средней биологической урожайности между зонами составляли 6–7 ц/га, что в 2,5–3 раза больше, чем при вариациях нормы посева семян и доз внесения удобрений. Наилучший вариант точного земледелия в пределах поля в сравнении с традиционным возделыванием пшеницы принес удельную прибыль выше на 5 700 руб./га в 2022 г. и на 4 438 руб./га в 2023 г.

Ключевые слова: яровая пшеница, норма высева, минеральные удобрения, зоны почвенного плодородия, точное земледелие, дифференцированный посев, дифференцированное внесение удобрений, урожайность, качество зерна, экономическая эффективность точного земледелия, Алтайский край

Благодарности: исследование проведено по хоздоговорной теме № 45/2023–4 «Совершенствование технологии возделывания яровой пшеницы в ООО «Чарышское» Усть-Калманского района с применением дифференцированного посева», а также за счет средств федерального бюджета в рамках государственного задания Министерства сельского хозяйства России (номер государственной регистрации темы 1023032000002–5–4.1.1).

Для цитирования: Беляев В. И., Садов В. В., Смышляев А. А., Кошелева Е. Д. Оценка эффективности точного земледелия при возделывании яровой пшеницы в Алтайском крае в 2022 и 2023 гг. // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 2. С. 5–16. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-5-16>.

Evaluation of effectiveness of precision farming in spring wheat cultivation in Altai krai in 2022 and 2023

Vladimir I. Belyaev¹, Viktor V. Sadov²,
Andrey A. Smyshlyaev³, Evgeniya D. Kosheleva⁴

^{1, 2, 3, 4} Altai State Agrarian University, Altai krai, Barnaul, Russian Federation

¹ prof-belyaev@ya.ru, ² sadov.80@mail.ru, ³ an_smish_asau@mail.ru, ⁴ jten@yandex.ru

Abstract. The article gives the results of studies of the effect of seed sowing rates and doses of mineral fertilizers in zones of soil fertility of the field on spring wheat production in the conditions of Altai krai. The significance of the studied factors has been revealed. The influence of soil fertility on productivity and, ultimately, on the economic effect has been established. The high efficiency of the correct use of differentiated sowing and the application of mineral fertilizers has been proven. In 2022, the highest biological yield in the zone of high soil fertility reached 41.5 c/ha, in the zone of medium fertility – 37.2 c/ha, in the zone of low fertility – 37.8 c/ha. For 2023, the values of biological yield in these zones were 30.7; 34.4 and 25.8 c/ha, respectively. Fertility zones affected yields to a greater extent than changes in seed sowing rates and fertilizer doses within one zone. In 2022–2023 the differences in average biological yield between zones were 6–7 c/ha, which was 2.5–3 times more than with variations in seed sowing rates and fertilizer doses. The best option of precision farming within a field compared to traditional wheat cultivation has provided specific profit more by 5,700 and 4,438 rubles/ha in 2022 and 2023, respectively.

Keywords: spring wheat, seeding rate, mineral fertilizers, soil fertility zones, precision farming, differentiated sowing, differentiated fertilization, yield, grain quality, economic efficiency of precision farming, Altai krai

Acknowledgements: the research was carried out within the framework of the contractual theme No. 45/2023–4 "Improvement of spring wheat cultivation technology in LLC "Charyshskoye" Ust-Kalmansky district with the use of differentiated sowing" and at the expense of the federal budget within the framework of the state task of the Ministry of Agriculture of Russia (theme state registration number 1023032000002–5–4.1.1.1).

For citation: Belyaev V. I., Sadov V. V., Smyshlyaev A. A., Kosheleva E. D. Evaluation of effectiveness of precision farming in spring wheat cultivation in Altai krai in 2022 and 2023. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;2:5–16. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-5-16>.

Введение. Основным фактором, влияющим на развитие предприятия, является эффективность производства. Для сельскохозяйственного производства, в частности отрасли растениеводства, эффективность зависит от множества факторов, таких как плодородие почвы, количество осадков, применяемой технологии и других.

Использование ресурсосберегающих технологий No-till, Strip-till или Mini-till позволяет значительно снизить затраты на механическую обработку почвы. Получаемый распространение дифференцированный посев дает возможность выявить оптимальные соотношения доз внесения удобрений и семян для различных зон плодородия [1–7]. Насколько эти факторы

оказывают значимое влияние на эффективность производства зерна, оценим на основе сравнительного анализа результатов двух сезонов – 2022 и 2023 гг.

Цель исследования – оценка экономической эффективности дифференцированного внесения семян и минеральных удобрений при возделывании яровой пшеницы в условиях Алтайского края.

Материалы и методы исследования. Исследование влияния различных вариантов нормы высева семян и внесения минеральных удобрений на развитие растений, формирование урожая и качество зерна проводили в ООО «Чарышское» Усть-Калманского района Алтайского края в 2022 и 2023 гг. Возделывался сорт яровой пшеницы «Буран».

В 2022 г. на поле площадью 411,93 га посев проводился с 5 по 8 мая, в 2023 г. на поле площадью 217,51 га – 20 мая. Тип почвы на данных полях одинаков – чернозем обыкновенный. В 2022 г. предшественником яровой пшеницы была зерносмесь, в 2023 г. – рапс.

Осенняя обработка почвы не проводилась. Удобрения вносились вместе с семенами при посеве согласно плана опыта. Посев выполнялся агрегатом NH 9040 + DMC-12000 2С.

Опыты реализованы на полях в трех различных зонах почвенного плодородия (рис. 1) при трех различных сочетаниях норм высева семян и доз внесения минеральных удобрений (табл. 1). Всего реализовано ежегодно по 27 вариантов.

Из приведенных данных вариант со средними значениями использовался при недифференцированном посеве и недифференцированном внесении удобрений на указанных полях: 2022 г.: норма высева семян – 152 кг/га, доза внесения удобрений – 100 кг/га; 2023 г. норма высева семян – 120 кг/га, доза внесения удобрений – 90 кг/га.

Особое значение в формировании урожая оказывает водный режим почвы. На рисунке 2 представлены графики количества влаги в метровом слое на момент

посева и суммы месячных осадков вегетационного периода.

В 2022 г. с мая по август количество осадков в условиях года было ниже среднего многолетнего на 22 мм (12 %). Причем, если в мае выпало всего 8 % нормы, то в июне – 170 % от нормы.

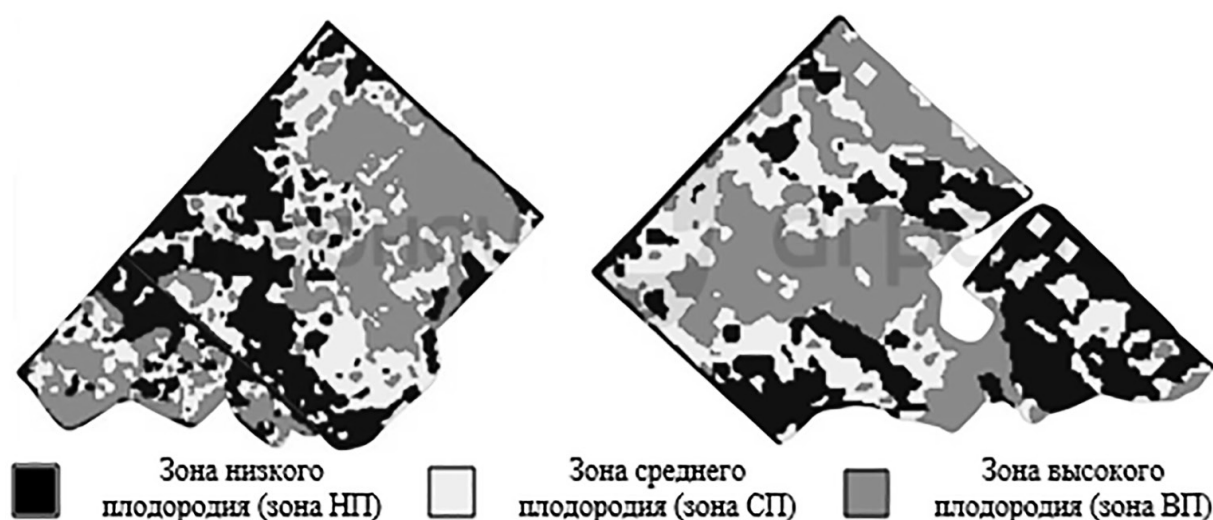
В 2023 г. за тот же период количество осадков в условиях года было ниже среднего многолетнего на 50 мм (23,4 %). При этом с мая по июль выпало всего 40 – 43 % нормы, а в августе – 225 % от нормы, что, как и ожидалось, негативно повлияло на урожайность и качество зерна.

В 2022 г. опыты закладывались 05–08 мая и далее измерения на опытных деланках проводились 07.05; 31.05; 15.06; 06.07; 19.07; 11.08.

В 2023 г. в связи с более поздним посевом опыты закладывались 20–21 мая, первые измерения делались 6 июня и далее по графику работ – 22.06; 06.07; 24.07; 07.08; 28.08.

Замеряемые в опытах показатели позволили всесторонне контролировать всхожесть, условия произрастания и полученный урожай яровой пшеницы.

При измерении всходов применялись линейки и рулетки. Для определения влажности почвы использовался влагомер



**Рисунок 1 – Опытные поля с зонами плодородия ООО «Чарышское»
Усть-Калманского района Алтайского края:
2022 г.: площадь поля 411,93 га (слева); 2023 г.: площадь поля 217,51 га (справа)**
**Figure 1 – Experimental fields with fertility zones of LLC "Charyshskoye"
in Ust-Kalman district, Altai krai:
field area in 2022 – 411.93 ha (left); field area in 2023 – 217.51 ha (right)**

Таблица 1 – План-матрица полевых опытов для каждой из трех зон почвенного плодородия на полях в 2022 и 2023 гг.

Table 1 – Plan matrix of field experiments for each of three zones of soil fertility on fields in 2022 and 2023

| Номер делянки | 2022 г. | | 2023 г. | |
|------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| | норма высева семян, кг/га | доза внесения удобрений, кг/га | норма высева семян, кг/га | доза внесения удобрений, кг/га |
| 1 | 152 | 80 | 120 | 63 |
| 2 | 152 | 100 | 120 | 90 |
| 3 | 152 | 120 | 120 | 117 |
| 4 | 133 | 100 | 80 | 90 |
| 5 | 171 | 100 | 160 | 90 |
| 6 | 133 | 80 | 80 | 63 |
| 7 | 171 | 120 | 160 | 117 |
| 8 | 133 | 120 | 80 | 117 |
| 9 | 171 | 80 | 160 | 63 |

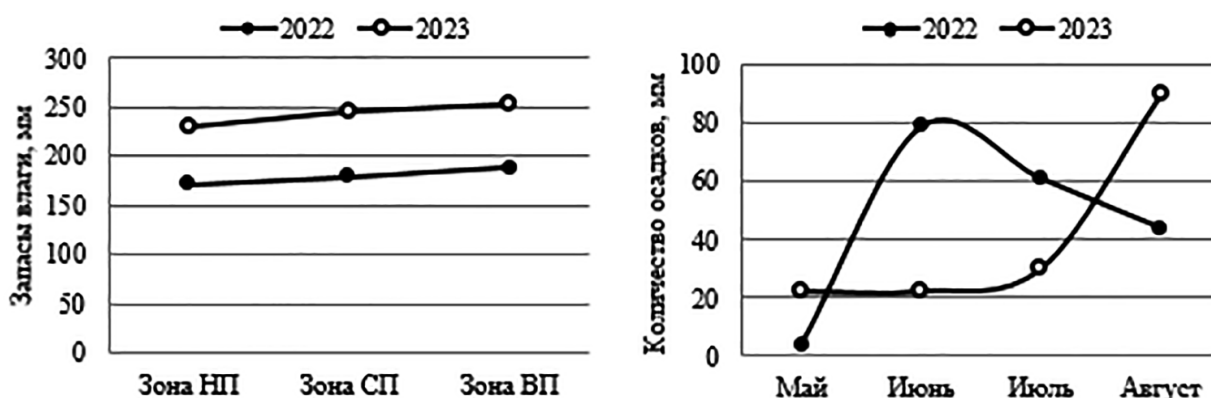


Рисунок 2 – Количество влаги на момент посева в метровом слое (слева) и количество осадков за вегетационный период (справа) по данным метеостанции с. Усть-Калманка Алтайского края

Figure 2 – Moisture amount at the time of sowing in a meter layer (left) and precipitation amount during the growing season (right) according to weather station database in Ust-Kalmanka, Altai krai

НН-2«Delta-T Devices». На стадии оценки урожая были задействованы автоматический счетчик зерна SLY-C, прибор для определения влажности зерна PFEUFFER, электронные весы BM 313, определитель клейковины, протеина Инфралюм ФТ-10.

Достоверность полученных данных обеспечивалась многократной повторностью измерений. Глубина заделки семян, высота растений на каждой деланке определялись в 15-ти кратной повторности, а замеры влажности, счет количества всходов, биологический учет урожая – в

5-ти кратной. При статистическом анализе данных считались средние значения, среднеквадратичные отклонения, коэффициенты вариации и асимметрии, выполнялась процедура аппроксимации зависимостей, оценивалась теснота связи. Применяемые методики в полевых опытах соответствовали общепринятым подходам [8].

Результаты исследований и их обсуждение. Проведенные полевые опыты по трем зонам плодородия позволили получить данные по показателям высеян-

ных семян ($K_{\text{выс}}$), всходов ($K_{\text{всх}}$) и полевой всхожести пшеницы ($P_{\text{в}}$) для каждого полевого опыта. Средние значения этих показателей для каждой зоны плодородия приведены в таблице 2.

Несмотря на уменьшение в 2023 г. почти на четверть нормы высева семян (примерно на 100 шт./м²) по сравнению с 2022 г., среднее количество всходов получилось примерно равным в эти два года, что объясняется большей полевой всхожестью семян в 2023 г. Тем самым в каждой зоне в среднем наблюдалось приблизительно одинаковое количество всходов.

В 2023 г. запасы влаги в метровом слое на момент посева (рис. 2, слева) были больше на 65 мм, чем в 2022 г., что обеспечило большую всхожесть семян на фоне уменьшения нормы посева и фактически равные условия старта в полевом опыте по количеству всходов в эти два года.

Нормы высева семян, всхожесть, температуры вегетационного периода, водный режим почвы и ее плодородие, дозы удобрений оказали непосредственное влияние на формирование урожая. Графики зависимостей удельного расхода влаги от урожайности пшеницы для обоих лет демонстрируют наличие отдельных устойчивых совокупностей для каждой зоны плодородия (рис. 3). Чем больше урожай, тем меньше удельной влаги нужно на производство 1 ц зерна.

В пределах каждой зоны плодородия для 2022 г. зависимости аппроксимируются степенной функцией с достоверностью значений коэффициента детерминации от 0,78 до 0,86. В 2023 г. хорошая аппроксимация получилась только для зоны низкого плодородия, а для зон среднего и высокого плодородия зависимости не

прослеживаются с достаточной достоверностью. Точки данных размываются в облако данных: потенциал этих зон не был реализован в достаточной степени из-за дефицита влаги, вызванного малыми осадками в период с мая по июль 2023 г., что показано на рисунке 2 (справа).

Чтобы оценить степень интенсивности засухи можно в качестве одного из критериев использовать гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова (ГТК) [9]. В 2022 г. ГТК вегетационного периода соответствовал зоне засушливого земледелия (0,84), а ГТК 2023 г. вплотную приблизился к верхней границе зоны очень засушливого земледелия (0,73). Особо удручающими были месячные значения гидротермического коэффициента летнего периода 2023 г.: июнь – 0,36 (сухая зона), июль – 0,45 (очень засушливая зона). Тем не менее, осадки августа и примененные технологии возделывания культуры позволили получить максимальные урожаи для разных зон плодородия в пределах 25–34 ц/га, что превышает среднюю урожайность зерновых по Алтайскому краю в этом проблемном году (13,8 ц/га) в 2–3 раза [10].

Технико-экономическая оценка сравниваемых вариантов опыта основывалась на величине затрат на удобрения и семена, полученной урожайности пшеницы и качестве зерна. В основу расчетов положены биологическая урожайность яровой пшеницы, приведенная к 12 % влажности зерна в 2022 г., и 14 % влажности в 2023 г.; цены на приобретение удобрений хозяйством (табл. 3) и цены реализации зерна урожая с учетом его классности. К затратам на семена и удобрения добавлялись также затраты на внесение подкормок,

Таблица 2 – Средние значения показателей посева по зонам плодородия на опытных полях хозяйства ООО «Чарышское» Усть-Калманского района Алтайского края в 2022, 2023 гг.

Table 2 – Average values of sowing indicators by fertility zones on experimental fields of LLC "Charyshskoye" in Ust-Kalman district, Altai krai in 2022 and 2023

| Зона плодородия | 2022 г. | | | 2023 г. | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| | $K_{\text{выс}}$, шт/м ² | $K_{\text{всх}}$, шт/м ² | $P_{\text{в}}$, % | $K_{\text{выс}}$, шт/м ² | $K_{\text{всх}}$, шт/м ² | $P_{\text{в}}$, % |
| Низкая | 390,4 | 216,6 | 55,9 | 294,0 | 215,5 | 72,3 |
| Средняя | 390,4 | 206,6 | 53,2 | 294,0 | 229,9 | 77,5 |
| Высокая | 390,4 | 179,6 | 46,2 | 294,0 | 228,3 | 75,9 |

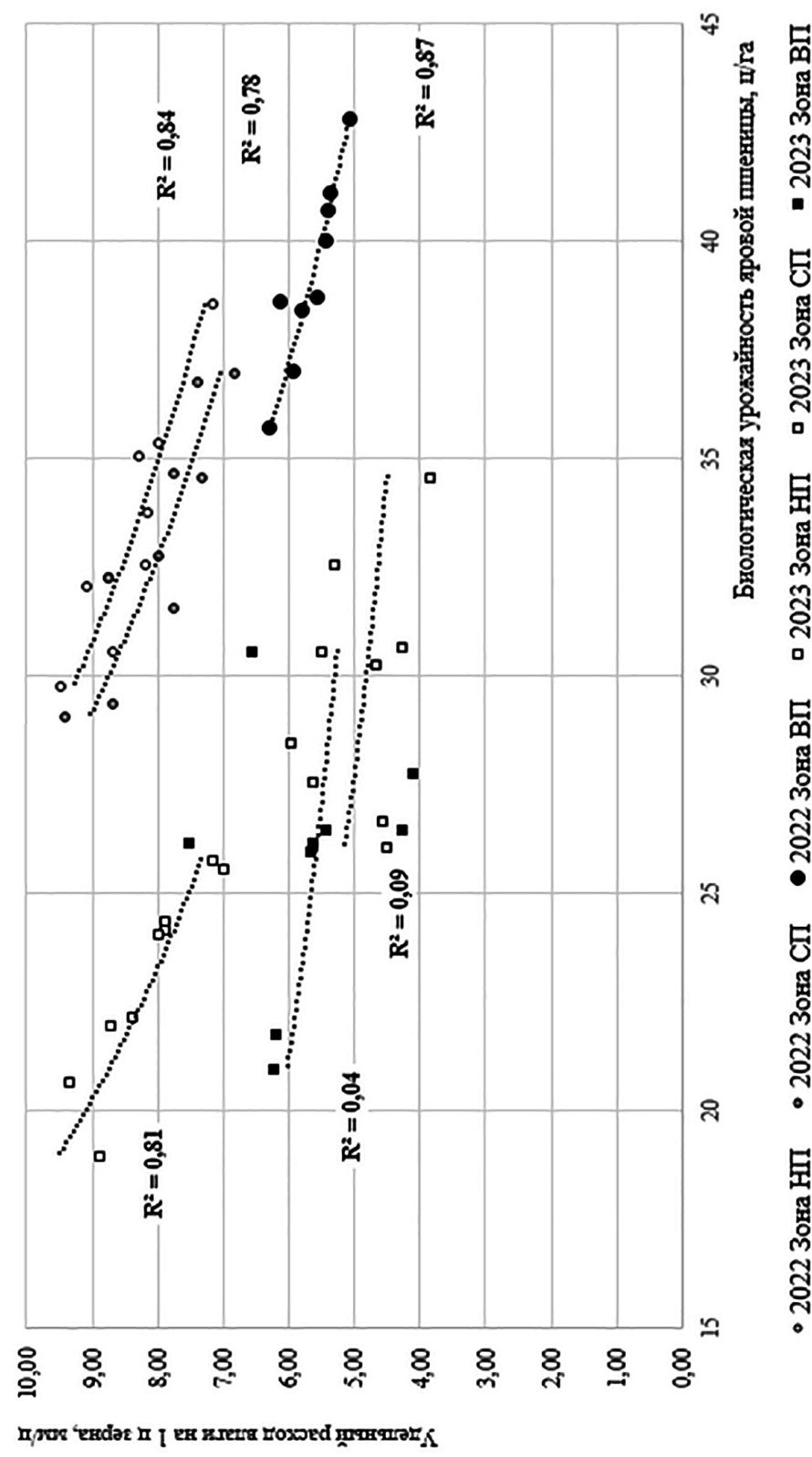


Рисунок 3 – Удельный расход влаги по зонам плодородия на 1 ц зерна в зависимости от урожайности пшеницы
Figure 3 – Specific moisture consumption by fertility zones per 1 centner of grain depending on wheat yield

Таблица 3 – Закупочные цены на семена и удобрения в ООО «Чарышское» Алтайского края в 2022 и 2023 гг.**Table 3 – Purchase prices for seeds and fertilizers in LLC "Charyshskoye", Altai krai in 2022 and 2023****В рублях за тонну (in rubles per ton)**

| Перечень удобрений и семян | Закупочная цена | |
|----------------------------|-----------------|---------|
| | 2022 г. | 2023 г. |
| Аммиачная селитра | 22 485 | – |
| Аммофос | – | 53 735 |
| Карбамид | 33 850 | 34 300 |
| Сульфат магния | – | 31 000 |
| Пшеница сорт «Буран» | 11 000 | 27 000 |

которые были одинаковы для всего поля целиком и, например, в 2023 г. они составили 672,8 руб./га.

Результаты полученных расчетов представлены на рисунке 4, где демонстрируется зависимость разности стоимости полученного зерна и затрат на семена и удобрения от биологической урожайности яровой пшеницы для трех зон плодородия. Варианты с наибольшей прибылью отмечены подписью данных в последовательности: зона плодородия, урожайность, прибыль и величина коэффициента детерминации достоверности тесноты связи для аппроксимирующей функции.

Сравнение наилучших вариантов применения точного земледелия (рис. 4) с вариантом недифференцированного посева и внесения удобрений приведено в таблице 4.

В 2022 г. в зоне низкого и среднего плодородия лучшие варианты по прибыли имели урожайность меньше максимально достигнутой, но имели третий класс зерна (более высокий, чем у вариантов с максимальной урожайностью). И максимальная урожайность уменьшалась от зоны к зоне при уменьшении плодородия почвы.

В 2023 г. на фоне недостатка влаги не удалось получить класс зерна 3, потому лучший вариант по урожайности был и лучшим вариантом по прибыли. И наибольший урожай получился в зоне среднего плодородия, затем находилась зона высокого и затем низкого плодородия.

Чтобы оценить эффективность точного земледелия в сравнении с традиционным, для опытных полей были произведены расчеты с рекомендованными

наилучшими вариантами сочетаний «норма высева – доза удобрений» и выполнено сравнение с вариантом недифференцированного посева и внесения удобрений, что продемонстрировано в таблице 5.

Разница стоимости продукции и затрат на семена и удобрения сравниваемых вариантов на самом деле может считаться разницей чистой прибыли, потому что остальные затраты, которые несет предприятие при выращивании яровой пшеницы, будут одинаковы для этих вариантов: заработная плата, расходы на горюче-смазочные материалы, амортизационные расходы и другие.

Для 2022 г. с ГТК вегетационного периода, равным 0,84, разница удельной прибыли для всего поля целиком при применении точного и традиционного земледелия составила 5 700 руб./га.

Для 2023 г., когда в летние месяцы ГТК доходил до значений в 0,36 и в условиях повышения цен на семена почти в 2 раза, разница в удельной прибыли все равно была существенной и близкой к предыдущему году – 4 438 руб./га.

При обработке полевых опытов считались показатели и в среднем по зонам. В процессе обработки данных было установлено, что зона почвенного плодородия является наиболее значимым фактором влияния на урожай пшеницы.

Так, в 2022 г. наибольшая средняя биологическая урожайность получена в зоне высокого плодородия почвы, достигнув уровня 39,2 ц/га, а в зонах низкого и среднего плодородия соответственно 33,4 и 33,1 ц/га. Преимущество в зоне высокого плодородия достигнуто как за счет

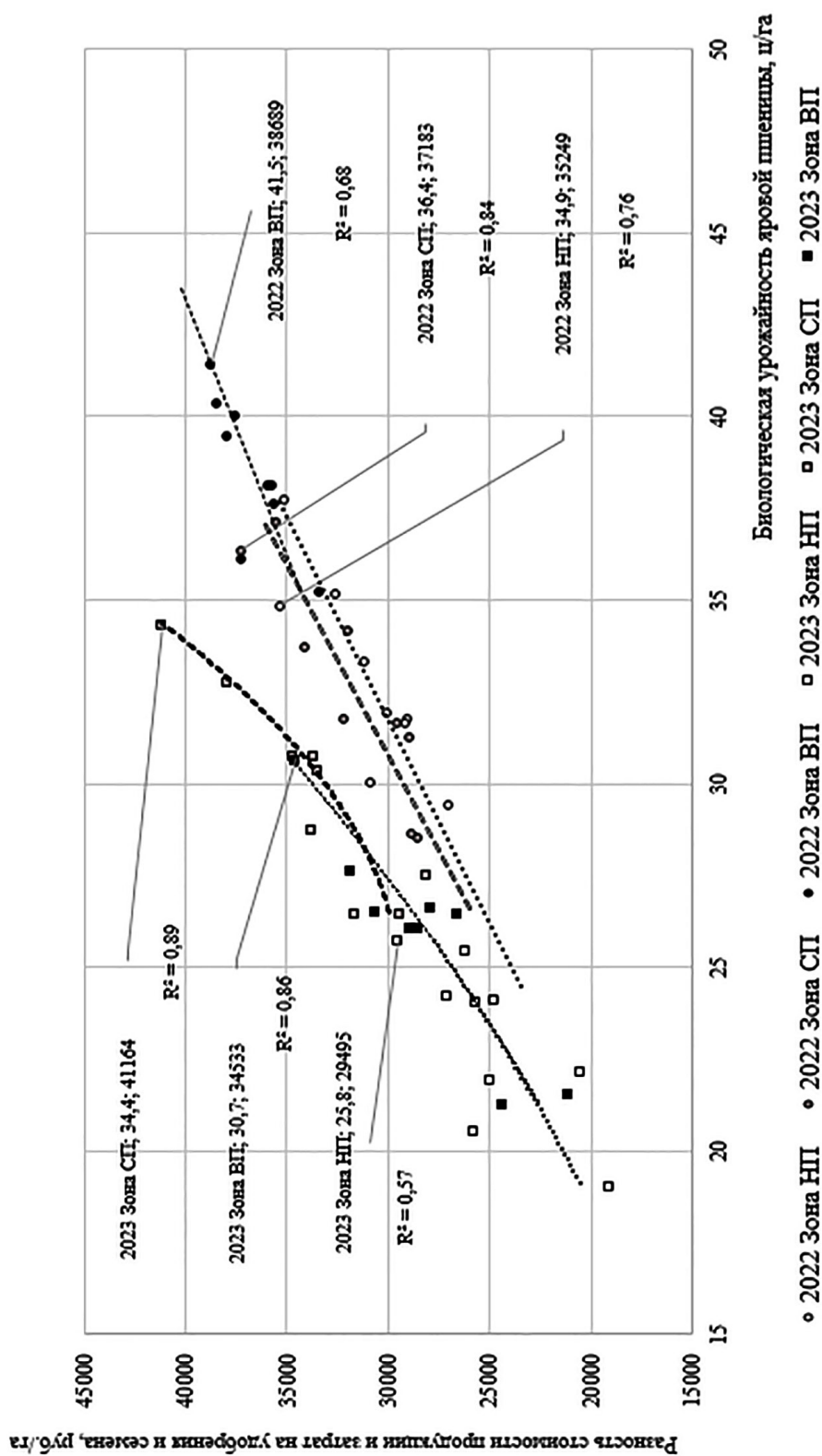


Рисунок 4 – Зависимость разности стоимости продукции и затрат на семена и удобрения от урожайности пшеницы на опытных полях ООО «Чарышское» по зонам плодородия в 2022 и 2023 гг.

Figure 4 – Dependence of difference between the cost of production and cost of seeds and fertilizers on wheat yield on experimental fields of LLC "Charyshskoye" by fertility zones in 2022 and 2023

Таблица 4 – Сравнение наилучших вариантов применения точного земледелия с вариантом традиционного земледелия, полученных в 2022 и 2023 гг. на опытных полях ООО «Чарышское»

Table 4 – Comparison of the best options of precision farming with traditional farming, obtained on experimental fields of LLC "Charyshskoye" in 2022 and 2023

| Зона | Вариант | Рейтинг из 9 мест | | Н _с , кг/га | Н _у , кг/га | З _с + З _у , руб./га | У _б , ц/га | Класс зерна | Р, руб/га | Р _р , руб./га |
|---|--------------------------|-------------------|----------------|---------------------------|---------------------------|--|--------------------------|----------------|-----------|-----------------------------|
| | | У _б | Р _р | | | | | | | |
| 2022 г. | | | | | | | | | | |
| НП | лучший по У _б | 1 | 2 | 152 | 120 | 4 677 | 37,8 | 4 | 39 690 | 35 013 |
| | лучший по Р _р | 3 | 1 | 171 | 120 | 4 886 | 34,9 | 3 | 40 135 | 35 249 |
| | недифф. | 7 | 7 | 152 | 100 | 4 228 | 31,7 | 4 | 33 285 | 29 057 |
| СП | лучший по У _б | 1 | 2 | 133 | 80 | 3 569 | 37,2 | 4 | 39 060 | 35 491 |
| | лучший по Р _р | 2 | 1 | 152 | 120 | 4 677 | 36,4 | 3 | 41 860 | 37 183 |
| | недифф. | 8 | 8 | 152 | 100 | 4 228 | 28,7 | 3 | 33 005 | 28 777 |
| ВП | лучший | 1 | 1 | 171 | 120 | 4 886 | 41,5 | 4 | 43 575 | 38 689 |
| | недифф. | 5 | 5 | 152 | 100 | 4 228 | 38,2 | 4 | 40 110 | 35 882 |
| 2023 г. | | | | | | | | | | |
| НП | лучший | 1 | 1 | 120 | 63 | 6 625 | 25,8 | 4 | 36 120 | 29 495 |
| | недифф. | 5 | 5 | 120 | 90 | 8 076 | 24,1 | 4 | 33 740 | 25 664 |
| СП | лучший | 1 | 1 | 80 | 90 | 6 996 | 34,4 | 4 | 48 160 | 41 164 |
| | недифф. | 2 | 2 | 120 | 90 | 8 076 | 32,8 | 4 | 45 920 | 37 844 |
| ВП | лучший | 1 | 1 | 80 | 117 | 8 447 | 30,7 | 4 | 42 980 | 34 533 |
| | недифф. | 6 | 5 | 120 | 90 | 8 076 | 26,1 | 4 | 36 540 | 28 464 |
| Примечания: Н _с – норма высева семян, кг/га; Н _у – доза внесения удобрений, кг/га; З _с + З _у – сумма удельных затрат на семена и удобрения в закупочных ценах соответствующего года, руб./га; У _б – биологическая урожайность яровой пшеницы, приведенной к 12 % (2022 г.) и 14 % (2023 г.) влажности зерна, ц/га; Р – удельная стоимость продукции, руб./га; Р _р – удельная прибыль без учета амортизации, топлива, заработной платы и других затрат; Р _р = Р – (З _с + З _у), руб/га; недифф. – недифференцированный вариант. | | | | | | | | | | |

большого количества стеблей, так и массы зерна в колосе. Различия биологической урожайности между зонами в среднем составляли 6 ц/га, между максимальными и минимальными нормами высева семян они были равны 0,6 ц/га, а между максимальной и минимальной дозами внесения удобрений – 1,9 ц/га.

В 2023 г. наибольшая средняя биологическая урожайность была получена в зоне среднего плодородия, достигнув уровня 29,7 ц/га, а в зонах высокого и низкого плодородия была достоверно ниже: 25,8 и 23,1 ц/га соответственно. Различия в урожайности при разных зонах плодородия

в среднем составили 6,7 ц/га, при разных нормах высева семян и разных дозах внесения удобрений – по 2,7 ц/га. Таким образом, значимость влияния норм высева семян и доз внесения удобрений была равнозначной, а разница в средней урожайности между зонами плодородия была больше в 2,5 раза, чем при вариациях нормы посева семян и доз внесения удобрений.

Заключение. Для двух лет применения точного земледелия на опытных полях ООО «Чарышское» Усть-Калманского района Алтайского края были подобраны наиболее оптимальные сочетания нормы высева семян и доз внесения удобрений.

Таблица 5 – Удельная прибыль при применении лучших вариантов точного земледелия в сравнении с традиционным земледелием на опытных полях ООО «Чарышское» в 2022 и 2023 г.

Table 5 – Specific profit when using the best options of precision farming in comparison with traditional farming on experimental fields of LLC "Charyshskoye" in 2022 and 2023

| Вид | Зона | Н _с , кг/га | Н _у , кг/га | У _б , ц/га | Р _з , руб./га | Зона | | Поле | | |
|--|------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|--|
| | | | | | | S _з , га | Р _з , руб. | Р _п , руб. | ΔР _п , руб. | ΔР _з /S _п , руб./га |
| 2022 год | | | | | | | | | | |
| Точное | НП | 171 | 120 | 34,9 | 35 249 | 139,31 | 4 910 538 | 15 264 573 | 2 348 191 | 5 700 |
| | СП | 152 | 120 | 36,4 | 37 183 | 128,65 | 4 783 593 | | | |
| | ВП | 171 | 120 | 41,5 | 38 689 | 143,98 | 5 570 442 | | | |
| Традиц. | НП | 152 | 100 | 31,7 | 29 057 | 139,31 | 4 047 931 | 12 916 382 | | |
| | СП | 152 | 100 | 28,7 | 28 777 | 128,65 | 3 702 161 | | | |
| | ВП | 152 | 100 | 38,2 | 35 882 | 143,98 | 5 166 290 | | | |
| 2023 год | | | | | | | | | | |
| Точное | НП | 120 | 63 | 25,8 | 29 495 | 72,61 | 2 141 632 | 7 609 236 | 965 302 | 4 438 |
| | СП | 80 | 90 | 34,4 | 41 164 | 69,94 | 2 879 010 | | | |
| | ВП | 80 | 117 | 30,7 | 34 533 | 74,96 | 2 588 594 | | | |
| Традиц. | НП | 120 | 90 | 24,1 | 25 664 | 72,61 | 1 863 463 | 6 643 934 | | |
| | СП | 120 | 90 | 32,8 | 37 844 | 69,94 | 2 646 809 | | | |
| | ВП | 120 | 90 | 26,1 | 28 464 | 74,96 | 2 133 661 | | | |
| Примечания: S _з – площадь зоны поля, га; S _п – площадь поля, га; Р _з – прибыль от зоны поля без учета одинаковых затрат, руб.; Р _п – прибыль от поля без учета одинаковых затрат, руб.; ΔР _п – разница в чистой прибыли от поля, руб.; ΔР _з /S _п – разница в удельной чистой прибыли, руб./га Остальные обозначения соответствуют примечаниям таблицы 4. | | | | | | | | | | |

Для 2022 г. с гидротермическим коэффициентом вегетационного периода, равным 0,84, наилучший вариант точного земледелия принес удельную прибыль на 5 700 руб./га больше, чем вариант с традиционным земледелием.

Для 2023 г., когда в летние месяцы гидротермический коэффициент доходил до значений в 0,36 и в условиях повышения цен на семена почти в 2 раза, разница в удельной прибыли наилучшего вариан-

та точного земледелия с традиционным все равно была существенной и близкой к предыдущему году – 4 438 руб./га.

Зоны плодородия влияли на урожайность в большей степени, чем изменение норм посева семян и доз внесения удобрений. В 2022–2023 гг. различия биологической урожайности между зонами в среднем составляли 6–7 ц/га, что больше в 2,5–3 раза, чем при вариациях нормы посева семян и доз внесения удобрений.

Список источников

1. Belyaev V. I., Buxmann V., Pirozhkov D. N., Chernyshkov V. N. Efficiency of differentiated sowing of spring wheat in the steppe zone of the Novosibirsk region // *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2022)*. Zug : Springer Cham, 2024. P. 1131–1140. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37978-9_109. EDN JLXVUV.
2. Алексанов Д. С., Порфирьев Е. И. Оценка эффективности применения систем точного земледелия // *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2015. № 11. С. 35–39. EDN UYFUVT.
3. Григорьев Н. С. Повышение рентабельности растениеводства на основе применения технологий точного земледелия // *Островские чтения*. 2017. № 1. С. 330–332. EDN ZPEDJD.
4. Милюткин В. А., Канаев М. А., Баймишев Р. Х., Кузнецов К. А. Эффективность дифференцированного внесения минеральных удобрений при посеве на участках с разной глубиной заделки гумуса // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021. № 3 (89). С. 109–111. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-89-3-108-112>. EDN PEXFDI.
5. Беляев В. И., Садов В. В., Смышляев А. А., Буксман В. Э., Тур А. А. Влияние дифференцированного посева на водный режим почвы и урожайность яровой пшеницы // *Дальневосточный аграрный вестник* 2023. Т. 17. № 2. С. 5–12. EDN YJOCVS.
6. Перекопский А. Н., Захаров А. М. Варианты внесения органических удобрений в биологизированном севообороте // *Journal of Advanced Research in Technical Science*. 2020. № 18. С. 61–63. <https://doi.org/10.26160/2474-5901-2020-18-61-63>. EDN YEIISU.
7. Ayalew T., Abebe B., Yoseph T. Response of wheat (*Triticum aestivum* L.) to variable seed rates: The case of Hawassa area, Southern Ethiopia // *African Journal of Agricultural Research*. 2017. Vol. 12 (14). P. 1177–1181. <https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12196>.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. : Альянс, 2011. 352 с. EDN QLCQEP.
9. Ионова Е. В., Лиховидова В. А., Лобунская И. А. Засуха и гидротермический коэффициент увлажнения как один из критериев оценки степени ее интенсивности (обзор литературы) // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 6 (66). С. 18–22. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22>. EDN JLXVGY.
10. Миненко А. В., Селиверстов М. В. К вопросу об эффективности производства и реализации растениеводческой продукции в Алтайском крае // *Гуманитарный научный журнал*. 2023. № 4–1. С. 70–75. EDN SDDZHP.

References

1. Belyaev V. I., Buxmann V., Pirozhkov D. N., Chernyshkov V. N. Efficiency of differentiated sowing of spring wheat in the steppe zone of the Novosibirsk region. *Proceedings from Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2022)*. (PP. 1131–1140), Zug, Springer Cham, 2024. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37978-9_109. EDN JLXVUV.
2. Aleksanov D. S., Porfiriev E. I. Assessing the efficiency of employing exact agriculture systems. *Ekonomika sel'skokhozyaystvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatiy*, 2015;11:35–39. EDN UYFUVT (in Russ.).
3. Grigoriev N. S. Increasing profitability of crop production on the basis of application of precision farming technologies. *Ostrovskie chteniya*, 2017;1:330–332. EDN ZPEDJD (in Russ.).
4. Milyutkin V. A., Kanaev M. A., Baymishev R. Kh., Kuznetsov K. A. The effectiveness of the differentiated application of mineral fertilizers when sowing in areas with different depths of humus. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021;3(89):109–111. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-89-3-108-112>. (in Russ.). EDN PEXFDI.
5. Belyaev V. I., Sadov V. V., Smyshlyaev A. A., Buksman V. E., Tur A. A. The effect of differentiated sowing on the water regime of the soil and the yield of spring wheat. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*, 2023;17;2:5–12. EDN YJOCVS (in Russ.).
6. Perekopskiy A. N., Zakharov A. M. Options for the application of organic fertilizers in a biologized crop rotation. *Journal of Advanced Research in Technical Science*, 2020;18:61–63. <https://doi.org/10.26160/2474-5901-2020-18-61-63>. EDN YEIISU (in Russ.).

7. Ayalew T., Abebe B., Yoseph T. Response of wheat (*Triticum aestivum* L.) to variable seed rates: The case of Hawassa area, Southern Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*, 2017;12(14):1177–1181. <https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12196>.

8. Dospikhov B. A. *Methodology of field experiment (with basics of statistical processing of research results)*, Moscow, Al'yans, 2011, 352 p. EDN QLCQEP (in Russ.).

9. Ionova E. V., Likhovidova V. A., Lobunskaya I. A. Drought and hydrothermal humidity factor as one of the criteria to estimate its intensity degree (obzor literatury). *Zernovoe khozyaystvo Rossii*, 2019;6(66):18–22. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22>. EDN JLXVGY (in Russ.).

10. Minenko A. V., Seliverstov M. V. On the issue of the efficiency of production and sale of plant and water products in the Altai krai. *Gumanitarnyy nauchnyy zhurnal*, 2023;4–1:70–75. EDN SDDZHP (in Russ.).

© Беляев В. И., Садов В. В., Смышляев А. А., Кошелева Е. Д., 2024

Статья поступила в редакцию 19.04.2024; одобрена после рецензирования 01.06.2024; принята к публикации 05.06.2024.

The article was submitted 19.04.2024; approved after reviewing 01.06.2024; accepted for publication 05.06.2024.

Информация об авторах

Беляев Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, Алтайский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4396-2202>, Author ID: 695114, prof-belyaev@ya.ru;

Садов Виктор Викторович, доктор технических наук, доцент, Алтайский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0335-9436>, Author ID: 427073, sadov.80@mail.ru;

Смышляев Андрей Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, Алтайский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8044-0692>, Author ID: 439077, an_smish_asau@mail.ru;

Кошелева Евгения Дмитриевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Алтайский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8813-0675>, Author ID: 501590, jten@yandex.ru

Information about the authors

Vladimir I. Belyaev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Altai State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4396-2202>, Author ID: 695114, prof-belyaev@ya.ru;

Viktor V. Sadov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Altai State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0335-9436>, Author ID: 427073, sadov.80@mail.ru;

Andrey A. Smyshlyaev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Altai State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8044-0692>, Author ID: 439077, an_smish_asau@mail.ru;

Evgeniya D. Kosheleva, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Altai State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8813-0675>, Author ID: 501590, jten@yandex.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья

УДК 633.34:631.526.32:631.53.04(571.61)

EDN YQGRGG

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-17-27>

Реакция сортов сои амурской селекции на норму высева и способ посева семян

Вэй Жань¹, Ольга Александровна Селихова²

¹ Хэйхэйское отделение Хэйлунцзянской академии сельскохозяйственных наук
провинция Хэйлунцзян, Хэйхэ, Китай

^{1,2} Дальневосточный государственный аграрный университет
Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ wr19861023@sina.com, ² olgacoa@bk.ru

Аннотация. В Амурской области хозяйства преимущественно возделывают сою рядовым способом с междурядьями 15 см, заведомо сдерживая потенциал отечественных сортов путем уменьшения площади питания одного растения. В 2023 г. урожайность сои в области в среднем составила всего 1,59 т/га, а потенциал местных сортов в два раза выше. Изучение реакции высокопродуктивных сортов сои на элементы агротехники является актуальным. В статье представлены результаты исследований за 2017–2019 гг. в условиях южной сельскохозяйственной зоны области по влиянию нормы высева и способа посева на развитие растений сортов сои, элементы структуры урожая и урожайность семян. Объектом исследований были высокопродуктивные сорта сои селекции Всероссийского научно-исследовательского института сои – Лидия, Персона и Умка. Исследования показали, что при возделывании сои для получения запланированной урожайности следует регулировать густоту посева нормой высева и шириной междурядья. Существенное снижение урожайности отмечено при низкой (250 тыс. шт./га) и завышенной (850 тыс. шт./га) нормах высева, а также при рядовом (15 см) и ширококормном (60 см) способах посева. Более благоприятные условия для роста и формирования потенциальной урожайности у сортов сои амурской селекции складываются при норме высева 550 тыс. шт./га (2,42–2,78 т/га) и 400 тыс. шт./га (2,15–2,60 т/га), а также ширине междурядья 45 см (2,26–2,70 т/га) и 30 см (2,16–2,68 т/га). Возделывание изучаемых сортов сои рядовым способом с междурядьем 15 и 30 см с низкой и высокой нормой высева нецелесообразно.

Ключевые слова: соя, сорт, норма высева, способ посева, элементы структуры урожая, площадь листьев, накопление сухого вещества

Для цитирования: Вэй Жань, Селихова О. А. Реакция сортов сои амурской селекции на норму высева и способ посева семян // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 2. С. 17–27. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-17-27>.

Original article

Reaction of soybean varieties of Amur selection to seeding rate and sowing method

Wei Ran¹, Olga A. Selikhova²

¹ Heihe Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences
Heilongjiang Province, Heihe, China

^{1,2} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russian Federation

¹ wr19861023@sina.com, ² olgacoa@bk.ru

Abstract. Most farms in the Amur region cultivate soybeans using row cropping with row spacing of 15 cm, which limits the potential of domestic varieties by reducing the feeding area of one

plant. Soybean yield in the region in 2023 averaged 15,9 c/ha while the potential was twice as high. The study of the reaction of highly productive soybean varieties to elements of agricultural technology is relevant. The article presents research results for 2017–2019 in the conditions of the southern agricultural zone of the region, according to the influence of seeding rates and sowing method on the size of soybean varieties, elements of the crop structure and seed yield. The object of the research was highly productive soybean varieties Lidiya, Persona and Umka, selected by the All-Russian Research Institute of Soybeans. Studies have shown that when cultivating soybeans, in order to obtain the planned yield, the sowing density should be regulated by the seeding rate and row spacing. A significant decrease in yield was noted at low seeding rate of 250 thousand units/ha and high seeding rate of 850 thousand units/ha. Additionally, a significant decrease in yield was noted with row sowing method of 15 cm and wide-row sowing method of 60 cm. More favorable conditions for growth and formation of potential yield in soybean varieties of Amur selection are formed at a seeding rate of 550 thousand units/ha (2,42–2,78 t/ha) and 400 thousand units/ha (2,15–2,60 t/ha), as well as row spacing of 45 cm (2,26–2,70 t/ha) and 30 cm (2,16–2,68 t/ha). Cultivation of the studied soybean varieties in a row method with low and high seeding rates is not advisable.

Keywords: soybean, variety, seeding rate, sowing method, elements of crop structure, leaf area, dry matter accumulation

For citation: Wei Ran, Selikhova O. A. Reaction of soybean varieties of Amur selection to seeding rate and sowing method. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;2:17–27. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-17-27>.

Введение. Соя – одна из важнейших сельскохозяйственных культур в мире, являющаяся важным источником белков и жиров. Ее зерно и продукты переработки широко используются в пищевой промышленности, а также в животноводстве [1, 2].

Увеличение посевных площадей под сою обосновано прямым влиянием на сельскохозяйственную экономику России. Валовые сборы соевых бобов составили более 6,8 млн. т в 2023 г. [3]. Амурская область является важнейшей базой по производству сои в России. Доля сои в структуре пашни Амурской области составляла в 2022 и 2023 гг. 75 %. Средняя урожайность сои в семнадцати сосеюющих муниципальных образованиях области по результатам уборочной компании 2023 г. составила 1,59 т/га, при потенциале сортов не ниже 3,0 т/га. В 2024 г. запланировано увеличение посевной площади данной культуры до 1,5 млн. га для удовлетворения рыночного спроса. Рост производства сои основывается на увеличении посевных площадей и урожайности [4, 5].

Рациональные норма высева и способ посева являются одними из важных агротехнических приемов для повышения урожайности сои [6]. Увеличение урожайности возможно путем регулировки ширины междурядья и нормы высева. Оптимальное пространственное распределение растений позволяет создать благоприят-

ные условия для формирования морфологических, биологических особенностей роста и развития [7]. Важным фактором повышения урожая в каждой природно-климатической зоне является установление оптимальной площади питания растений путем регулировки этих факторов. Подбор рациональной нормы высева раскрывает потенциал каждого сорта [8, 9].

Сорта сои имеют различия по типу роста: детерминантные, индетерминантные и полудетерминантные. В зависимости от типа роста растения имеют определенные различия в форме куста, порядке цветения, распределении бобов и других показателях, которые оказывают влияние на урожайность культуры [10].

В настоящее время большая доля хозяйств области возделывает сою рядовым способом с междурядьем 15 см, заведомо сдерживая потенциал амурских (местных) сортов. Исследование влияния элементов агротехники на рост и развитие растений сортов сои, созданных для экологических условий Амурской области, является актуальным.

Цель исследований – установить характер формирования элементов, определяющих продуктивность сортов сои Лидия, Умка, Персона, в зависимости от нормы высева и способа посева семян.

Материал и методы исследований. Исследования проводили в 2017–2019 гг.

на опытном поле Дальневосточного государственного аграрного университета (село Грибское, Благовещенский район).

Период вегетации 2017 г. характеризовался более теплой погодой, чем 2018 и 2019 гг. Средняя температура воздуха во все месяцы была выше по сравнению с многолетними данными на 1,3–2,9 °С. Сумма выпавших осадков превышала многолетние данные на 59 мм. Недостаток влаги отмечен в мае и июле. Сентябрь характеризовался частыми дождями (рис. 1). Агрометеорологические условия летнего периода 2017 г. были преимущественно благоприятными и удовлетворительными.

Период вегетации 2018 г. характеризовался неустойчивым температурным режимом, частыми дождями. Средняя температура воздуха с июня по сентябрь была близка норме. Май и сентябрь были более теплыми на 2,5 и 3,7 °С. Характерной особенностью этого лета являлось «перевлажнение почвы» в период роста растений. Частые дожди и значительное количество осадков отрицательно сказались на росте и развитии сои. Средняя температура воздуха в сентябре была выше нормы

в среднем на 1,1 °С. Сентябрь и октябрь характеризовались незначительным переувлажнением.

Средняя температура воздуха в мае, июне, июле и августе 2019 г. соответствовала среднемуголетним данным. Повышение температурного режима отмечено в сентябре и октябре на 1,1 и 0,6 °С соответственно. В мае на полях отмечалось в основном хорошее и слабое увлажнение почвы, запасы продуктивной влаги были удовлетворительными. Недостаток влаги наблюдался в июне, августе и сентябре; при этом ее избыток был в июле, который характеризовался частыми дождями. В сентябре и октября преобладала преимущественно теплая и сухая погода. Агрометеорологические условия 2019 г. для уборки урожая были благоприятными.

Почва опытного участка – черноземовидная среднесуглинистая. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта (0–20 см) следующая: содержание гумуса очень низкое – в пределах 1,5–1,8 %; слабокислая реакция среды pH = 5,2; сумма поглощенных оснований средняя – 15,0–15,3 мг. экв./100 г почвы;

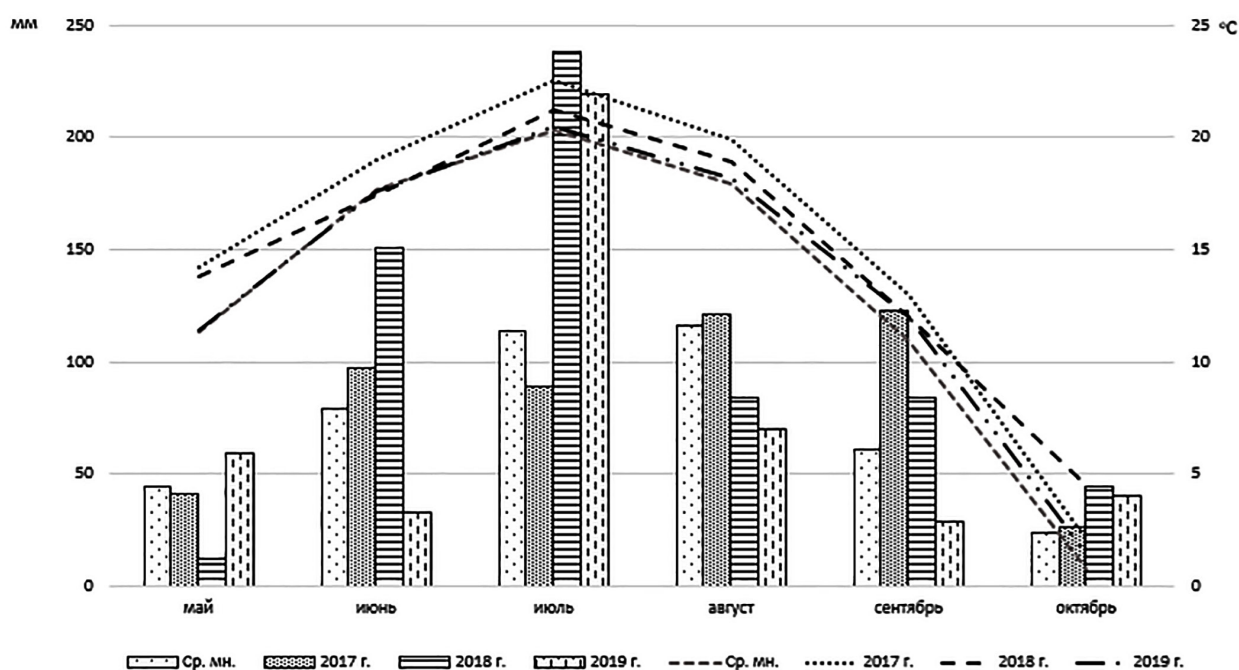


Рисунок 1 – Метеорологические условия за период вегетации 2017–2019 гг. (по данным государственной метеорологической станции, г. Благовещенск)

Figure 1 – Meteorological conditions during the growing season 2017–2019 (according to the State Metrological Service, Blagoveshchensk)

гидролитическая кислотность очень низкая – 1,0–1,4 мг. экв./100 г почвы [11].

Содержание питательных элементов в почве: подвижного фосфора колеблется от низкого до среднего значения, составляя 46–66 мг/кг; калия повышенное – от 134 до 146 мг/кг [11].

Объектом исследования являлись сорта сои (*Glycine max* (L.) Merr.) селекции Всероссийского научно-исследовательского института сои – Лидия, Умка, Персона (табл. 1).

Метод исследования – полевой опыт, включающий 60 вариантов. *Схема многофакторного опыта:*

фактор А – сорт сои: Лидия, Умка, Персона;

фактор В – норма высева: 250; 400 (контроль); 550; 700; 850 тыс. шт./га;

фактор С – ширина междурядий: 15; 30; 45 (контроль); 60 см.

Учетная площадь одной делянки равна 36 м². Повторность вариантов трехкратная. Размещение опытных делянок последовательное в один ярус [13].

Отбор почвенных образцов проводили тростевым буром с пахотного слоя, по диагонали с каждой делянки с глубины 0,20 см (ГОСТ 28168–89).

Определяли обменную кислотность (по методу ЦИНАО; ГОСТ 26483–85), содержание обменного аммония (по методу ЦИНАО; ГОСТ 26489–85), нитратов (ионометрическим методом; ГОСТ 26951–86), подвижных соединений фосфора Р₂О₅ и калия К₂О (по методу А. Т. Кирсанова в модификации ЦИНАО; ГОСТ Р 54650–2011). Определение показателей выполняли в учебно-исследовательской лаборатории

кафедры экологии, почвоведения и агрохимии факультета агрономии и экологии.

Для определения структуры урожая перед уборкой (24–26 октября) отобран сноповый материал по 25 растений с каждой делянки опыта. Затем проведен биометрический анализ и определена масса 1 000 семян.

Для определения активности фотосинтеза растительные пробы отбирали в фазы роста и развития, начиная с третьего тройчатого листа до конца вегетации по 15 растений с каждой делянки. Общая проба составляла 45 растений, в которой устанавливали массу стеблей, листьев и генеративных органов весовым методом; прирост абсолютно сухого вещества (АСВ); площадь листьев методом высечек по методике, изложенной в работе [14]. Статистическая обработка результатов исследований выполнена с применением программного пакета SNEDECOR [15].

Основная обработка почвы – культивация (3 декада мая). Проведено весеннее боронование (2 декада мая) и внесение почвенного гербицида Фронтьер Оптима в дозе 1,2 л/га. Посев (28–29 мая) выполнен селекционной сеялкой СН-16. Предшественник – чистый пар.

Борьбу с сорняками выполняли баковой смесью гербицидов в фазу третьего тройчатого листа (первая декада июня) (Галакси Топ + Арамо в дозе 1,5 л/га). Уборка проведена в 3 декаде октября селекционным комбайном Terrion2010.

Результаты исследований и их обсуждение. Высота прикрепления нижнего боба изучаемых сортов сои увеличивалась по мере увеличения нормы высева. Так, у сорта Умка максимальная высота при-

Таблица 1 – Краткая характеристика исследуемых сортов сои [12, С. 42–60]

Table 1 – Brief characteristics of the studied soybean varieties сои [12, P. 42–60]

| Показатели | Лидия | Персона | Умка |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|
| Вегетационный период, дней | 96–104 | 103–109 | 104–110 |
| Высота растения, см | 57–90 | 61–98 | 65–98 |
| Высота прикрепления нижнего боба, см | 13–18 | 9–14 | 13–17 |
| Содержание белка, % | 41 | 41 | 43 |
| Содержание масла, % | 22 | 19 | 18 |
| Масса 1 000 семян, г | 158–168 | 110–139 | 170–198 |
| Потенциальная урожайность, т/га | 3,1 | 3,2 | 3,8 |

крепления нижнего боба зафиксирована при норме высева семян 700 тыс. шт./га ($11,68 \pm 7,62$ см), а у сортов Лидия и Персона при норме высева 850 тыс. шт./га ($12,99 \pm 5,57$ и $12,10 \pm 5,88$ см соответственно). Максимальная высота растения у изучаемых сортов отмечена при увеличении густоты посева до 700–850 тыс. шт./га (Лидия – 64 ± 22 см, Персона – 62 ± 17 см, Умка – 67 ± 15 см).

Продуктивность сорта реализуется в полной мере при обеспечении оптимальных условий формирования структурных элементов урожая, в том числе за счет густоты стояния растений в посевах. Управление освещенностью растений и контроль их питания возможны при правильном выборе нормы высева и способа посева семян. Так, от густоты насаждений растений в агроценозе зависит величина листового аппарата, и в результате получаемый урожай [16].

Повышение нормы высева у сортов сои с 250 до 850 тыс. шт./га приводит к увеличению максимальной площади листьев и максимальному накоплению сухого вещества. Максимальная площадь листьев сформирована при посеве с нормой высева 700 и 850 тыс. шт./га: у сорта Лидия – 31,9 и 31,3 тыс. м²; Персона – 29,6 и 30,9 тыс. м²; Умка – 34,25 и 34,63 тыс. м², соответственно.

Динамика накопления массы сухого вещества растениями сои в значительной мере определяется условиями выращивания культуры. В вариантах с меньшей густотой стояния растений прибавка сухой массы оказалась меньшей, но достоверной и достаточно устойчивой. Максимальное накопление сухого вещества отмечено у сортов Лидия и Персона при норме высева 700 и 850 тыс. шт./га – 1 037 и 1 146 г/га; 1 009 и 1 060 г/га, соответственно. По сорту Умка накопление сухого вещества достигало 1 226 г/га при норме высева, составившей 850 тыс. шт./га (табл. 2).

Дисперсионный анализ показал, что действие изучаемых норм высева на накопление сухого вещества и формирование максимальной площади листьев подтверждено на однопроцентном уровне значимости F-критерия Фишера.

Увеличение нормы высева семян с 250 до 850 тыс. шт./га способствует увеличению линейных показателей растений

сои, максимальному накоплению сухого вещества и формированию максимальной площади листьев на растении.

Сорта сои Лидия, Персона и Умка с увеличением густоты посева при увеличении нормы высева отрицательно откликаются снижением количественных показателей: число ветвей, продуктивных узлов, бобов и массы семян с одного растения (табл. 3).

При разреженном посеве (с нормой высева 250 тыс. шт./га) у растений отмечено увеличение боковых ветвей на одном растении (в среднем на одну штуку), за исключением сорта сои Персона, у которого типична сортовая специфика – одностветельность. Такая же зависимость выявлена и при нарастании продуктивных узлов.

При норме высева 250 тыс. шт./га максимальное количество продуктивных узлов на одном растении сортов Лидия, Персона и Умка – 10; 11 и 10 шт., соответственно сорту. Также наблюдается наибольшее количество бобов на одном растении – 30; 32 и 33 шт., соответственно сорту. Снижение нормы высева у сортов увеличило не только эти показатели, но и массу семян с одного растения – 9,25; 8,84 и 11,54 г, соответственно сорту. При увеличении нормы высева все анализируемые показатели снижались.

Такая же закономерность отмечена и по крупности семян. В более загущенных посевах семена формировались мельче. Масса 1 000 семян снизилась у сорта Лидия от 143 до 139 г, сорта Персона – от 108 до 105 г и сорта Умка – от 175 до 169 г.

Между изучаемыми сортами различие в формировании ветвей достоверно на однопроцентном уровне. Различия по фактору В – в пределах ошибки опыта. Отмеченная тенденция не оказывает существенного влияния на формирование ветвей и продуктивных узлов. Достоверно на 5-процентном уровне норма высева влияет на формирование количества бобов, семян и массы семян на одном растении. Масса 1 000 семян существенно различалась как по фактору А, так и по фактору В.

Урожайность в зависимости от нормы высева варьировала у сорта Лидия от 1,78 до 2,42 т/га, сорта Персона – от 1,67 до 2,29 т/га, сорта Умка – от 2,11 до 2,78 т/га. Изучаемые сорта сои отрицательно отреа-

Таблица 2 – Влияние нормы высева на рост и развитие сортов сои при ширине междурядья 45 см (2017–2019 гг.)

Table 2 – The influence of seeding rate on the growth of soybean varieties with a row spacing of 45 cm (2017–2019)

| Норма высева, тыс. шт./га | Высота прикрепления нижнего боба, см | Максимальная высота растений, см | Максимальная площадь листьев, тыс. м ² /га | Максимальное накопление сухого вещества, г/га |
|-----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|---|---|
| <i>Сорт Лидия</i> | | | | |
| 250 | 9,68±3,11 | 60,03±26,22 | 23,58±1,16 | 695±66,23 |
| 400 (контроль) | 8,56±3,07 | 63,39±23,70 | 27,45±0,67 | 984±48,77 |
| 550 | 11,15±5,10 | 62,64±25,55 | 28,85±0,35 | 985±17,15 |
| 700 | 12,18±4,82 | 64,44±22,93 | 31,95±0,96 | 1 037±67,31 |
| 850 | 12,99±5,57 | 64,33±23,51 | 32,28±0,69 | 1 146±95,16 |
| <i>Сорт Персона</i> | | | | |
| 250 | 9,72±2,96 | 60,03±18,53 | 21,72±0,51 | 689±132,52 |
| 400 (контроль) | 9,41±3,05 | 60,31±18,13 | 26,10±0,42 | 848±139,51 |
| 550 | 11,01±4,05 | 59,98±19,65 | 27,75±0,52 | 943±143,17 |
| 700 | 11,42±3,45 | 62,25±17,07 | 29,68±0,60 | 1 009±105,44 |
| 850 | 12,10±5,88 | 60,99±13,75 | 30,90±0,21 | 1 060±216,36 |
| <i>Сорт Умка</i> | | | | |
| 250 | 8,65±4,03 | 64,05±19,00 | 28,00±1,63 | 926±74,53 |
| 400 (контроль) | 8,89±5,56 | 64,09±20,44 | 31,28±0,10 | 1021±41,65 |
| 550 | 10,32±4,28 | 64,86±17,11 | 31,20±0,29 | 1 133±13,05 |
| 700 | 11,68±7,62 | 64,63±16,44 | 34,25±0,14 | 1 114±84,39 |
| 850 | 10,30±6,60 | 67,20±15,87 | 34,63±0,86 | 1 226±4,53 |
| НСР ₀₅ по фактору А | 3,92 | 2,41 | 3,20 | 211,30 |
| НСР ₀₅ по фактору В | 5,95 | 3,67 | 4,87 | 321,20 |
| НСР ₀₅ частных средних | 13,13 | 8,09 | 10,74 | 708,10 |
| Стандартная ошибка, % | 3,98 | 14,6 | 12,40 | 10,90 |

гировали на низкую и завышенную нормы высева снижением урожайности. При этом более благоприятная норма высева для изучаемых сортов сои – 550 тыс. шт./га; хорошо зарекомендовала также норма высева 400 тыс. шт./га. Между ними различия в пределах ошибки опыта.

Положительная сильная парная корреляционная зависимость установлена между густотой стояния растений и высотой прикрепления нижних бобов (0,815), а также площадью листьев (0,801), массой сухого вещества (0,799).

При этом отрицательная сильная зависимость наблюдалась между количеством узлов (минус 0,831), количеством

бобов на растении (минус 0,945), семян на растении (минус 0,804), массой 1 000 семян (минус 0,871) (в скобках показаны значения коэффициентов корреляции).

При посеве семян с междурядьями 15 см (рядовой) и 30 см (широкорядный) отмечена тенденция увеличения высоты прикрепления нижнего боба на растениях сортов на 1,67–6,11 см. Это важно при уборке сои механизированным способом. Для каждого из сортов данная разница выражена в пределах: у сорта Лидия она была выше на 1,67–4,72 см, у сорта Персона на 2,56–5,59 см и у сорта Умка на 2,41–6,11 см. Более высокое расположение первых бобов на растениях изучаемых сортов

Таблица 3 – Влияние нормы высева семян на структуру урожая и урожайность сои, при ширине междурядья 45 см (2017–2019 гг.)

Table 3 – The influence of seeding rates on crop structure and soybean yield, with a row spacing of 45 cm (2017–2019)

| Норма высева, тыс. шт./га | Количество на одном растении, шт. | | | Масса семян, грамм на растение | Масса 1 000 семян, г | Урожайность, т/га |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---------|---|----------------------------|----------------------|
| | ветвей | продуктивных узлов | бобов | | | |
| Сорт Лидия | | | | | | |
| 250 | 1,00±0,25 | 10±0,39 | 30±5,23 | 9,25±5,27 | 143±2,84 | 1,78±1,01 |
| 400 (контроль) | 1,00±0,22 | 9±0,41 | 27±2,89 | 8,25±2,77 | 142±3,34 | 2,21±0,67 |
| 550 | 1,00±0,30 | 8±0,43 | 22±2,96 | 6,26±2,55 | 141±4,08 | 2,42±0,87 |
| 700 | 1,00±0,43 | 8±0,60 | 18±2,76 | 5,27±1,74 | 140±2,05 | 2,19±0,49 |
| 850 | 0,73±0,20 | 8±0,66 | 18±1,59 | 5,21±1,65 | 139±2,31 | 2,15±0,39 |
| Сорт Персона | | | | | | |
| 250 | 0,50±0,13 | 11±0,99 | 32±3,64 | 8,84±1,88 | 108±3,15 | 1,67±0,14 |
| 400 (контроль) | 0,36±0,20 | 10±0,56 | 28±4,56 | 7,71±2,05 | 107±5,49 | 2,15±0,28 |
| 550 | 0,31±0,14 | 10±0,62 | 25±3,36 | 6,74±1,71 | 107±5,78 | 2,29±0,21 |
| 700 | 0,20±0,03 | 9±0,47 | 22±1,41 | 6,00±2,39 | 106±3,89 | 2,13±0,40 |
| 850 | 0,21±0,07 | 8±0,67 | 20±3,37 | 5,46±2,49 | 105±4,33 | 1,67±0,07 |
| Сорт Умка | | | | | | |
| 250 | 1,00±0,66 | 10±0,86 | 33±4,44 | 11,54±3,71 | 175±3,44 | 2,22±0,71 |
| 400 (контроль) | 1,00±0,34 | 9±0,92 | 27±5,44 | 9,13±3,58 | 173±3,72 | 2,60±0,53 |
| 550 | 0,52±0,24 | 9±0,84 | 24±3,97 | 7,71±2,48 | 171±5,77 | 2,78±0,63 |
| 700 | 0,53±0,35 | 8±0,65 | 20±3,20 | 6,67±2,79 | 170±5,17 | 2,23±0,07 |
| 850 | 0,44±0,25 | 8±0,73 | 20±5,05 | 6,64±2,70 | 169±4,78 | 2,11±0,31 |
| НСР ₀₅ по фактору А | 0,33 | 0,69 | 4,41 | 1,30 | 2,66 | 0,34 |
| НСР ₀₅ по фактору В | 0,51 | 1,05 | 6,71 | 1,98 | 4,05 | 0,52 |
| НСР ₀₅ частных средних | 1,12 | 2,33 | 14,79 | 4,37 | 8,94 | 1,15 |
| Стандартная ошибка, % | 29,2 | 4,80 | 11,40 | 11,30 | 1,22 | 10,10 |

сои было при посеве их с междурядьями 15 см. Более низкое при посеве с междурядьями 60 см – 7–8 см (табл. 4).

Аналогичная тенденция отмечена и по высоте растений. Более высокие растения были зафиксированы при посеве с междурядьями 15 и 30 см (у сорта Лидия выше на 3–9 см, сорта Персона на 4–11 см, сорта Умка на 4–14 см), чем при междурядье 60 см.

Изменение конфигурации площади питания растений за счет увеличения ширины междурядья способствует формированию максимальной площади листьев.

На нее реагируют все изучаемые сорта. У сорта Лидия максимальная площадь

листьев варьировала от 30 до 35 тыс.м²/га; Персона – от 29 до 32 тыс.м²/га; Умка – от 33 до 36 тыс.м²/га, соответственно.

Максимальное накопление сухого вещества было в вариантах с междурядьями 45 и 60 см соответственно у всех изучаемых сортов: Лидия – 1 335 и 1 556 г/га, Персона – 1 202 и 1 414 г/га, Умка – 1 482 и 1 693 г/га. Дисперсионный анализ подтверждает наличие различий по фактору В (ширина междурядья) на однопроцентном уровне значимости.

Способ посева не оказывает влияние на формирование числа ветвей и количество продуктивных узлов. По количеству бобов и массе семян прослеживается их

Таблица 4 – Зависимость роста и развития сортов сои от способа посева при норме высева 550 тыс. шт./га (2017–2019 гг.)

Table 4 – Dependence of the growth and development of soybean varieties on sowing method at a seeding rate of 550 thousand units/ha (2017–2019)

| Ширина междурядья, см | Высота прикрепления нижнего боба, см | Высота растений, см | Максимальная площадь листьев, тыс. м ² /га | Максимальное накопление сухого вещества, г/га |
|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------|---|---|
| <i>Сорт Лидия</i> | | | | |
| 15 | 13,03±5,19 | 67,53±23,41 | 23,10±0,40 | 956±242,75 |
| 30 | 11,98±5,01 | 64,86±25,47 | 26,28±0,35 | 1 150±252,43 |
| 45 (контроль) | 10,31±4,13 | 61,41±25,16 | 30,58±0,89 | 1 335±348,54 |
| 60 | 8,31±3,28 | 58,06±23,16 | 35,25±1,39 | 1 556±451,62 |
| <i>Сорт Персона</i> | | | | |
| 15 | 13,21±3,74 | 66,43±15,71 | 21,53±0,55 | 823±86,25 |
| 30 | 12,33±4,12 | 62,52±17,37 | 25,50±0,48 | 1 001±155,11 |
| 45 (контроль) | 9,77±4,16 | 58,76±16,80 | 29,05±0,48 | 1 202±115,00 |
| 60 | 7,62±3,23 | 55,14±19,63 | 32,88±1,08 | 1 414±362,48 |
| <i>Сорт Умка</i> | | | | |
| 15 | 12,90±6,10 | 72,21±14,45 | 27,68±0,24 | 1 111±183,12 |
| 30 | 10,84±6,92 | 67,48±18,54 | 30,03±1,05 | 1 290±156,96 |
| 45 (контроль) | 8,43±4,89 | 63,37±18,46 | 33,48±1,04 | 1 482±281,56 |
| 60 | 6,79±2,87 | 57,32±20,03 | 36,35±0,62 | 1 693±321,35 |
| НСР ₀₅ по фактору А | 2,57 | 4,27 | 0,38 | 187,00 |
| НСР ₀₅ по фактору С | 3,28 | 5,45 | 0,49 | 238,60 |
| НСР ₀₅ АС | 7,44 | 12,37 | 1,11 | 540,20 |
| Стандартная ошибка, % | 13,90 | 3,83 | 1,91 | 8,42 |

увеличение в посевах с узкой прямоугольной формой площади, при посеве с междурядьями 45 и 60 см. Дисперсионный анализ показал различия по фактору В (ширина междурядья) на однопроцентном уровне значимости по площади листьев и накоплению сухого вещества.

Действие изучаемой ширины междурядья влияет на урожайность и ее структуру (табл. 5).

Более крупные семена сформировали сорта сои Лидия и Персона при посеве с междурядьями 45 и 60 см, сорт Умка при 15–30 см.

Потенциал сортов предполагает возможность получения максимального количества зерна с гектара, но только при полной реализации возможностей сорта в условиях оптимальной агротехники. Механизированный процесс уборки опреде-

ляет фактическую урожайность с учетом собранной продукции.

Наилучшие условия выращивания изучаемых сортов были при ширине междурядий 30 и 45 см; в данных вариантах получена наибольшая урожайность – от 2,16 до 2,7 т/га. Дисперсионный анализ подтверждает наличие существенной разницы между изучаемыми вариантами на 5-процентном уровне значимости.

Изучаемые сорта Лидия, Персона и Умка в условиях южной зоны Амурской области в вегетационные периоды 2017–2019 гг. достигли технической спелости бобов за период от 104 до 106 суток.

Закключение. Установлено, что при возделывании сои для получения высокой урожайности целесообразно изменять густоту стояния растений посевом семян сортов Лидия, Персона и Умка с опти-

Таблица 5 – Структура урожая и урожайность сортов сои в зависимости от способа посева, при норме высева 550 тыс. шт./га (2017–2019 гг.)**Table 5 – Crop structure and yield of soybean varieties depending on sowing method, with a seeding rate of 550 thousand units/ha (2017–2019)**

| Ширина междурядья, см | Количество на одном растении, шт. | | | Масса семян, грамм на растение | Масса 1 000 семян, г | Урожайность, т/га |
|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------|----------|--------------------------------|----------------------|-------------------|
| | ветвей | продуктивных узлов | бобов | | | |
| Лидия | | | | | | |
| 15 | 1,00±1,12 | 9±2,05 | 19±9,58 | 5,43±2,29 | 138±3,11 | 1,96±0,63 |
| 30 | 1,00±1,02 | 9±1,76 | 22±10,40 | 6,62±2,56 | 140±2,70 | 2,39±0,69 |
| 45 | 1,00±0,76 | 9±2,06 | 24±11,11 | 7,16±2,92 | 142±1,50 | 2,41±0,77 |
| 60 | 1,00±0,90 | 9±1,86 | 23±12,11 | 7,10±3,07 | 141±1,35 | 1,80±0,64 |
| Персона | | | | | | |
| 15 | 0,19±0,20 | 9±2,07 | 21±5,19 | 5,73±2,22 | 103±4,07 | 1,73±0,13 |
| 30 | 0,27±0,31 | 9±1,66 | 24±6,96 | 6,61±2,07 | 104±4,67 | 2,16±0,23 |
| 45 | 0,36±0,34 | 10±2,66 | 26±4,61 | 7,21±2,40 | 108±5,49 | 2,26±0,15 |
| 60 | 0,45±0,40 | 9±2,19 | 25±4,62 | 7,20±1,42 | 105±6,77 | 1,79±0,29 |
| Умка | | | | | | |
| 15 | 0,31±0,22 | 9±1,81 | 19±7,12 | 6,40±3,09 | 169±4,60 | 2,14±0,38 |
| 30 | 1,00±0,55 | 9±1,60 | 24±6,05 | 8,02±2,97 | 170±5,12 | 2,68±0,43 |
| 45 | 1,00±0,89 | 9±1,88 | 27±8,51 | 8,94±3,08 | 162±19,41 | 2,70±0,50 |
| 60 | 1,00±1,04 | 9±2,06 | 22±7,35 | 8,82±2,65 | 165±16,70 | 2,11±0,42 |
| НСР ₀₅ по фактору А | 0,37 | 0,68 | 3,69 | 1,02 | 7,58 | 0,23 |
| НСР ₀₅ по фактору С | 0,47 | 0,87 | 4,71 | 1,31 | 9,68 | 0,30 |
| НСР ₀₅ АС | 1,07 | 1,97 | 10,69 | 2,97 | 21,95 | 0,68 |
| Стандартная ошибка, % | 27,4 | 4,13 | 8,36 | 7,88 | 3,09 | 6,12 |

мальной для них нормой высева и шириной междурядья.

Снижение урожайности отмечается при низкой (250 тыс. шт./га) и завышенной (850 тыс. шт./га) норме высева семян, а также при рядовом (15 см) и ширококормном (60 см) способе посева.

Более благоприятные условия для роста и формирования высокого урожая

складываются при норме высева, составляющей 550 и 400 тыс. шт./га, а также при ширине междурядий 45 и 30 см. При этом урожайность достигает уровня 2,6–2,7 т/га.

Возделывание изучаемых сортов сои рядовым способом с междурядьями 15 и 30 см при нормах высева, составляющих 250 и 850 тыс. шт./га, нецелесообразно.

Список источников

1. Zhang Yiling, Shi Lisong, Liu Fang. Comprehensive evaluation of the oil composition of the grains of soybean varieties // Soybean Science. 2023. P. 1–10.
2. Алиева Г. А. Влияние норм внесения удобрений на структурные элементы сои в условиях Самухского района (Азербайджан) // Бюллетень науки и практики. 2022. № 11. С. 196.
3. Дмитриева И. Г., Сидак П. В., Макарова Н. А., Володин Д. В. Повышение урожайности сои при использовании регулятора роста ряда пиразолопиридинов // Земледелие. 2024. № 2. С. 29–33.

4. Оганнисян Р. М. Анализ состояния и перспективы производства сои в Амурской области // *Academy*. 2021. № 6 (69). С. 20–25.
5. Расулова В. А., Мельник А. Ф. Анализ современного состояния производства сои в России // *Вестник сельского развития и социальной политики*. 2020. № 3 (27). С. 6–8.
6. Булавинцев Р. А., Головин С. И., Стебаков В. А. Эффективность возделывания сои в зависимости от способа посева и нормы высева // *Вестник аграрной науки*. 2023. № 1 (100). С. 56–62.
7. Yu Xiaobo, Liang Jianqiu, He Zemin. Effect of plant spacing configuration on soybean agronomic Traits and yield // *Soybean Science*. 2021. No. 4 (40). P. 482–489.
8. Казаченко И. Г., Адиньяев Э. Д., Абаев А. А. Оптимальные нормы высева и способы посева перспективных сортов сои в условиях лесостепной зоны Республики Северная Осетия – Алания // *Аграрный вестник Урала*. 2011. № 3. С. 6–7.
9. Yin Fuwei, Wang Wenxin, Gu Shubo, Wang Dong. Effect of plant spacing configuration on the formation of wide-sown wheat yield // *Journal of Wheat Crops*. 2018. Vol. 38. No. 6. P. 710–717.
10. Wen Xuefa, Wang Haiying, Zhang Huijun. Analysis and evaluation of the comprehensive productivity of soybean varieties with different podding habits // *Journal of Shenyang Agricultural University*. 2005. No. 2. P. 143–147.
11. Черноситова Т. Н., Муратов А. А. Агрохимическая оценка состояния почвы опытного поля Дальневосточного государственного аграрного университета // *Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы всерос. науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2022. С. 341–348.*
12. Каталог сортов сои / под ред. В. Т. Синеговской. Благовещенск : Одеон, 2021. 69 с.
13. Селихова О. А., Вэй Жань. Структура урожайности и посевные качества сортов сои в зависимости от нормы высева // *Мировые научные исследования и разработки в эпоху цифровизации : материалы XV междунар. науч.-практ. конф. Ростов-на-Дону : Южный университет, 2021. С. 156–164.*
14. Синеговская В. Т., Наумченко Е. Т., Кобозева Т. П. Методы исследований в полевых опытах с соей. Благовещенск : Одеон, 2016. 115 с.
15. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск : Сибирское отделение Российской академии сельскохозяйственных наук, 2012. 282 с.
16. Федорова Т. Н., Асеева Т. А. Влияние густоты стояния растений на процессы фотосинтеза и продуктивность растений в соевом агроценозе в условиях Среднего Приамурья // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2022. Вып. 2 (62). С. 57–64.

References

1. Zhang Yiling, Shi Lisong, Liu Fang. Comprehensive evaluation of the oil composition of the grains of soybean varieties. *Soybean Science*, 2023;1–10.
2. Alieva G. A. The influence of fertilizer application rates on the structural elements of soybeans in the conditions of the Samukhsky district (Azerbaijan). *Byulleten' nauki i praktiki*, 2022; 11:196 (in Russ.).
3. Dmitrieva I. G., Sidak P. V., Makarova N. A., Volodin D. V. Increasing soybean yield using a growth regulator of a number of pyrazolopyridines. *Zemledelie*, 2024;2:29–33 (in Russ.).
4. Ogannisyanyan R. M. Analysis of the state and prospects of soybean production in the Amur region. *Academy*, 2021;6(69):20–25 (in Russ.).
5. Rasulova V. A., Melnik A. F. Analysis of the current state of soybean production in Russia. *Vestnik sel'skogo razvitiya i sotsial'noi politiki*, 2020;3(27):6–8 (in Russ.).
6. Bulavintsev R. A., Golovin S. I., Stebakov V. A. Efficiency of soybean cultivation depending on the method of sowing and seeding rate. *Vestnik agrarnoi nauki*, 2023;1(100):56–62 (in Russ.).
7. Yu Xiaobo, Liang Jianqiu, He Zemin. Effect of plant spacing configuration on soybean agronomic Traits and yield. *Soybean Science*, 2021;4(40):482–489.
8. Kazachenko I. G., Adinyaev E. D., Abaev A. A. Optimal seeding rates and methods of sowing promising soybean varieties in the conditions of the forest-steppe zone of the Republic of North Ossetia – Alania. *Agrarnyi vestnik Urala*, 2011;3:6–7 (in Russ.).

9. Yin Fuwei, Wang Wenxin, Gu Shubo, Wang Dong. Effect of plant spacing configuration on the formation of wide-sown wheat yield. *Journal of Wheat Crops*, 2018;38;6:710–717.
10. Wen Xuefa, Wang Haiying, Zhang Huijun. Analysis and evaluation of the comprehensive productivity of soybean varieties with different podding habits. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2005;2:143–147.
11. Chernositova T. N., Muratov A. A. Agrochemical assessment of the soil condition of the experimental field of the Far Eastern State Agrarian University. *Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 341–348), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2022 (in Russ.).
12. Sinegovskaya V. T. (Eds.). *Catalog of soybean varieties*, Blagoveshchensk, Odeon, 2021, 69 p. (in Russ.).
13. Selikhova O. A., Wei Zhan. Yield structure and sowing qualities of soybean varieties depending on the seeding rate. *Proceedings from Global research and development in the era of digitalization: XV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 156–164), Rostov-on-Don, Yuzhnyi universitet, 2021 (in Russ.).
14. Sinegovskaya V. T., Naumchenko E. T., Kobozeva T. P. *Research methods in field experiments with soybeans*, Blagoveshchensk, Odeon, 2016, 115 p. (in Russ.).
15. Sorokin O. D. *Applied statistics on a computer*, Krasnoobsk, Sibirskoe otделение Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk, 2012, 282 p. (in Russ.).
16. Fedorova T. N., Aseeva T. A. Influence of plant density on photosynthesis processes and plant productivity in soybean agrocenosis in the conditions of the Middle Amur region. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2022;2(62):57–64 (in Russ.).

© Вэй Жань, Селихова О. А., 2024

Статья поступила в редакцию 23.05.2024; одобрена после рецензирования 18.06.2024; принята к публикации 19.06.2024.

The article was submitted 23.05.2024; approved after reviewing 18.06.2024; accepted for publication 19.06.2024.

Информация об авторах

Вэй Жань, аспирант, Дальневосточный государственный аграрный университет; научный сотрудник, Хэйхэйское отделение Хэйлуцзянской академии сельскохозяйственных наук, wr19861023@sina.com;

Селихова Ольга Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, декан факультета агрономии и экологии, Дальневосточный государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1273-9537>, olgacoa@bk.ru

Information about the authors

Wei Ran, Postgraduate Student, Far Eastern State Agrarian University; Researcher, Heihe Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, wr19861023@sina.com;

Olga A. Selikhova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Agronomy and Ecology, Far Eastern State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1273-9537>, olgacoa@bk.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья

УДК 633.491(571.12)

EDN YPVOPOQ

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-28-41>

Реакция сортов картофеля на биологические препараты при выращивании на семенные цели в северной лесостепи Тюменской области

Андрей Сергеевич Гайзатулин¹, Юрий Павлович Логинов²

^{1,2} Государственный аграрный университет Северного Зауралья

Тюменская область, Тюмень, Россия, gajzatulinas.20@ati.gausz.ru

Аннотация. Исследования проведены в 2021–2023 гг. на опытом поле Государственного аграрного университета Северного Зауралья в зоне северной лесостепи Тюменской области. Цель исследований – изучить реакцию сортов картофеля на биологические препараты при выращивании на семенные цели в соответствующих условиях. Объектом изучения явились три реестровых сорта отечественной селекции: Кармен, Люкс и Браво. Также изучалось действие четырех биологических препаратов: биодукс, плантарел, эпин-экстра, зеребра агро. Vegetационный период сортов картофеля сократился при применении биологических препаратов биодукс и эпин-экстра. У сортов Кармен и Люкс он составил 62 суток (контроль 66 и 65 суток), у сорта Браво – 70 суток (в контрольном варианте 75 суток). Устойчивость к фитофторозу и вирусным болезням была высокая (7 баллов), к альтернариозу и ризиктониозу очень высокая (9 баллов). Масса семенных клубней находилась на достаточно высоком уровне и составляла 248–360 г. Урожайность семян – 11,1–16,2 т/га. Потери урожая клубней в контрольном варианте достигали 12,1–14,0 %, с применением биологических препаратов – 8,8–10,4 %. У сорта Кармен урожайность в большей степени зависела от количества ростков и их сырой массы (коэффициенты корреляции 0,532 и 0,530 соответственно); установлена средняя положительная связь. У сорта Люкс урожайность семенных клубней обусловлена площадью листьев (коэффициент корреляции 0,586 показал среднюю положительную связь). Урожайность сорта Браво в большей степени связана с площадью листьев и количеством ростков (коэффициенты корреляции 0,930 и 0,856 соответственно); установлена сильная положительная связь. Рентабельность производства составила 141–266 % в зависимости от сорта.

Ключевые слова: картофель, биологические препараты, сорта картофеля, семенные цели, структура урожайности, урожайность семенных клубней, качество клубней, потери урожая клубней при хранении, рентабельность сортов картофеля

Для цитирования: Гайзатулин А. С., Логинов Ю. П. Реакция сортов картофеля на биологические препараты при выращивании на семенные цели в северной лесостепи Тюменской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 2. С. 28–41. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-28-41>.

Original article

Reaction of potato varieties to biologies when grown for seeds in northern forest-steppe of Tyumen region

Andrey S. Gaizatulin¹, Yury P. Loginov²

^{1,2} Northern Trans-Ural State Agricultural University

Tyumen region, Tyumen, Russian Federation, gajzatulinas.20@ati.gausz.ru

Abstract. The research was carried out in 2021–2023 on the experimental field of Northern Trans-Ural State Agricultural University in the northern forest-steppe of Tyumen region. The purpose of the research was to study the reaction of potato varieties to biologies when grown for seeds in this condition. Three registered varieties of domestic breeding Karmen, Lux and Bravo were taken as the object of study. Also, the effect of four biologies was studied: Biodux, Plantarel, Epin-Extra, Zerebra Agro. The growing season of potato varieties has been reduced with the use of biologies Biodux and Epin-Extra. In Karmen and Lux varieties, it was 62 days (control of 66 and 65 days), in Bravo variety – 70 days (in control version of 75 days). Resistance to late blight and viral diseases was high (7 points), to alternariasis and rhizoctoniosis was very high (9 points). The mass of seed tubers was at a fairly high level and amounted to 248–360 g. The seed yield was 11,1–16,2 t/ha. The yield losses of tubers in control variant amounted to 12,1–14,0%, with the use of biologies – 8,8–10,4%. In Karmen variety, the yield was more dependent on the sprout number and their raw weight (correlation coefficients are 0.532 and 0.530, respectively); an average positive relationship was established. In Lux variety, the yield of seed tubers was determined by the leaf area (correlation coefficients is 0,586); the average relationship was positive. The yield of Bravo variety was more closely related to the leaf area and sprout number (correlation coefficients are 0.930 and 0.856, respectively); a strong positive relationship has been established. The profitability of production was 141–266%, depending on the variety.

Keywords: potato, biological preparations, potato varieties, seed purposes, yield structure, seed tuber yield, tuber quality, tuber yield losses during storage, profitability of potato varieties

For citation: Gaizatulin A. S., Loginov Yu. P. Reaction of potato varieties to biologies when grown for seeds in northern forest-steppe of Tyumen region. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;2:28–41. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-28-41>.

Введение. Картофель относится к культуре, обеспечивающей продовольственную безопасность страны [1–3]. В настоящее время для получения высокой урожайности товарной и семенной фракции вносится большое количество минеральных удобрений. Кроме того, ввиду большого количества болезней и вредителей, которые наносят существенные потери урожаю, необходимо применение химических средств защиты, что влияет на микрофлору почвы и здоровье человека [1, 2, 4–7].

Одним из перспективных агроприемов возделывания картофеля является использование биологических препаратов для предпосевной обработки клубней и вегетирующих растений, которые усиливают метаболические процессы, повышают устойчивость к стрессовым условиям. Также обеспечивается рост устойчивости к грибным (фитофтороз, макроспориоз и альтернариоз, ризоктониоз, парша серебристая и бугорчатая, сухая и пуговичные гнили); бактериальным (черная ножка, кольцевая гниль, парша обыкновенная); вирусным (обыкновенная мозаика, полосчатая мозаика, морщинистая мозаика,

вирусное скручивание листьев) болезням растений [7–13].

Ряд исследователей пришли к выводу, что биопрепараты повышают урожайность семенных клубней картофеля, улучшают его качество, положительно влияя на технологические и экологические свойства клубней, способствуя сохранению и улучшению почвенного плодородия за счет гуминовых и фульвовых кислот, включенных в их состав [14, 15].

В настоящее время в условиях ухудшения экологической ситуации немаловажное значение приобретает биологизация сельскохозяйственного производства. Поэтому в современных технологиях первичного семеноводства картофеля, наряду с традиционными органическими удобрениями, необходимо применять регуляторы роста растений нового поколения. Это оптимизирует питание, стимулирует рост и развитие растений, повышает устойчивость к неблагоприятным факторам среды, что способствует повышению продуктивности картофеля и экологической безопасности агроценозов и является одним из основных факторов в обеспечении высоких урожаев [6].

Биопрепараты способствуют увеличению продуктивности картофеля, обладают способностью интенсифицировать физиолого-биохимические процессы в растениях, повышать устойчивость к стрессам и болезням. В отличие от химических препаратов они обладают избирательностью действия, быстро разлагаются в почве [16, 17].

Цель исследований – изучение реакции сортов картофеля на биологические препараты при выращивании на семенные цели в северной лесостепи Тюменской области.

Условия, объекты и методика исследований. Исследования проведены в 2021–2023 гг. на опытном поле Государственного аграрного университета Северного Зауралья.

Почва – чернозем выщелоченный, тяжелосуглинистая по гранулометрическому составу; средне обеспечена азотом и фосфором, высоко – калием; pH – 6,7.

Минеральные удобрения (аммиачная селитра и азофоска) вносились перед посадкой методом взрезания в расчете на получение урожайности 30 т/га.

Обработка почвы включала отвальную вспашку плугом ПН-4-35 на глубину 26–28 см; весеннее боронование сцепом борон БЗТС-1,0; культивацию КПС-4 на глубину 14–16 см; нарезку гребней. Посадку проводили вручную, предварительно клубни обрабатывали против колорадского жука препаратом Престиж, КС с нормой расхода 1 л/т. Препарат вносили в два приема: обработка клубней перед посадкой; обработка растений в фазу бутонизации.

Уход за посадками картофеля включал две междурядные обработки и окучивание культиватором КОН-2,8. Химические средства защиты вегетирующих растений не применялись.

Посадку проводили по предшественнику овес и схеме 75×20 см. Площадь делянки 50 м², учетная площадь – 40 м²; повторность четырехкратная; размещение делянок рендомизированное.

За объект исследований взяты три раннеспелых сорта картофеля отечественной селекции: Кармен, Люкс и Браво. В опыте изучалось четыре биологических препарата:

1. Биодукс, Ж (действующее вещество – арахидоновая кислота 0,3 г/л). Рекомендуемая норма внесения: протравливание клубней – 1 мл/т; обработка в фазу бутонизации – 5 мл/га.

2. Плантарел (действующие вещества: коллоидное серебро 500 мг/л и полигексаметиленбигуанид гидрохлорида 500 мг/л). Рекомендуемая норма внесения: протравливание клубней – 120 мл/т; обработка в фазу бутонизации – 120 мл/га.

3. Эпин-экстра (действующее вещество – 24-эпибрассинолид 0,025 г/л). Рекомендуемая норма внесения: протравливание клубней – 20 мл/т; обработка в фазу бутонизации – 80 мл/га.

4. Зеребра агро (действующие вещества: коллоидное серебро 500 мг/л и полигексаметиленбигуанид гидрохлорида 100 мг/л). Рекомендуемая норма внесения: протравливание клубней – 80 мл/т; обработка в фазу бутонизации – 80 мл/га.

Продолжительность вегетационного периода, урожайность и потери во время зимнего хранения определяли по методике Государственного сортоиспытания (2015). Определение фотосинтетической деятельности растений проводили по методике исследований по культуре картофеля (1967). Устойчивость к болезням определяли по методике проведения агро-технических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле (2019). Качество семенных клубней картофеля изучали по методике проведения полевых обследований и послеуборочного контроля качества семенного картофеля (2005). Закладка опытов осуществлена по методике полевого опыта Б. А. Доспехова (1985).

Годы проведения опытов отличались по влагообеспеченности и температуре воздуха. Так, 2021 г. характеризовался как жаркий и сухой, 2022 г. – влажный и жаркий. В мае 2023 г. количество осадков было на 90 % ниже нормы с повышенной температурой воздуха; в последующие месяцы количество осадков превышало средние многолетние значения.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ данных по продолжительности вегетационного периода сортов картофеля в зависимости от применения биологических препаратов показал, что самый короткий период у сорта Кармен

был в варианте с обработкой препаратом биодукс и составил 62 суток, что на 4 суток меньше по сравнению с контролем. При этом период посадка – всходы составил 26 суток. Вегетационный период в остальных вариантах опыта составил 64–66 суток.

У сорта Люкс вегетационный период находился в пределах 62–66 суток. При этом самый короткий был в варианте с обработкой биологическим препаратом эпин-экстра – 62 суток, в контрольном варианте – 65 суток. Период посадка – всходы в зависимости от варианта опыта варьировал от 27 до 32 суток.

Продолжительность вегетационного периода сорта Браво в контрольном варианте составила 75 суток; в варианте с обработкой биологическим препаратом биодукс на 4 суток, а в варианте с препаратом эпин-экстра на 5 суток меньше (рис. 1).

В целом за годы исследований прослеживалась тенденция сокращения вегетационного периода при применении биологических препаратов, а также получения более быстрых всходов растений, что в последующем отразилось на фотосинтетической активности листьев, а также на проявлении болезней, урожайности и качестве семенных клубней. Но тот или иной сорт по-разному реагировал на действие биологического препарата. Так, у сорта Кармен выделился препарат био-

дукс, у сорта Люкс – эпин-экстра, у сорта Браво – биодукс и эпин-экстра.

Получению высоких и стабильных урожаев качественных клубней препятствует широкое распространение болезней, возбудители которых относятся к группе листостебельных инфекций: фитофтороз и ризоктониоз, потери от которых могут достигать 20–45 % [18, 19].

Исходя из анализа данных, необходимо отметить, что у сорта Кармен при обработке биопрепаратом биодукс устойчивость к фитофторозу и вирусным болезням была высокая (7 баллов), к альтернариозу и ризоктониозу – очень высокая (9 баллов), что выше, чем в контроле. Низкая и средняя устойчивость отмечена при обработке препаратом зеребра агро.

Устойчивость к болезням у сорта Люкс характеризовалась как высокая и очень высокая в варианте с обработкой биопрепаратом эпин-экстра, в остальных вариантах опыта устойчивость была средней и высокой (5–7 баллов).

У сорта Браво следует отметить высокую устойчивость (7 баллов) к фитофторозу, альтернариозу и ризоктониозу, а также очень высокую (9 баллов) к вирусным болезням в варианте с обработкой биопрепаратом биодукс (аналогичные показатели были и при обработке биопрепаратом эпин-экстра); в контрольном ва-

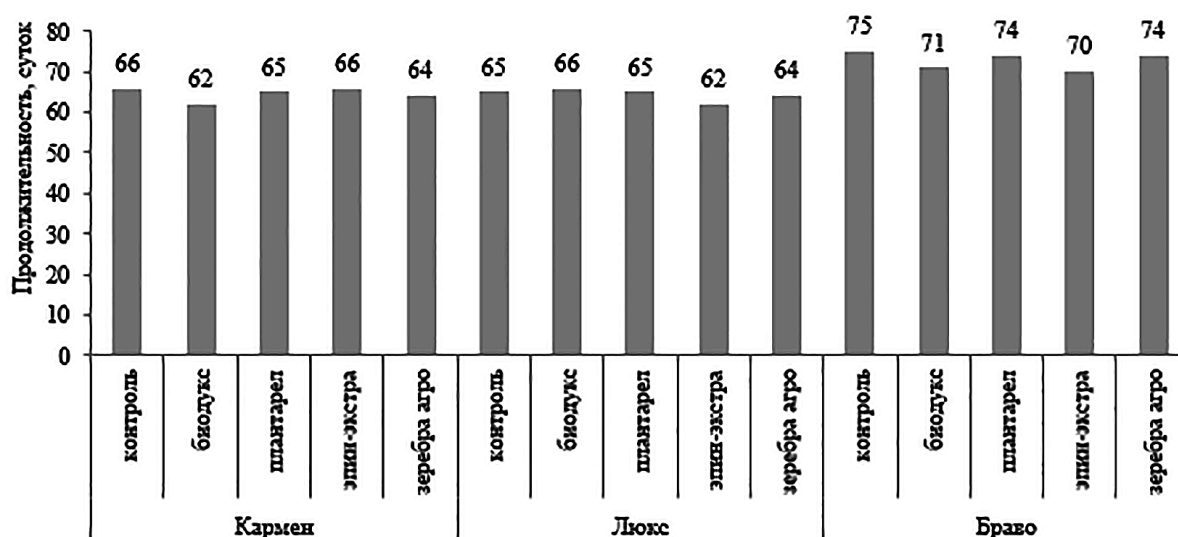


Рисунок 1 – Продолжительность вегетационного периода сортов картофеля в зависимости от применения биологических препаратов, в среднем за 2021–2023 гг.

Figure 1 – The duration of growing season of potato varieties, depending on the use of biologics, on average for 2021–2023

рианте устойчивость к отмеченным болезням была низкая и средняя (табл. 1).

Стоит отметить, что не все биологические препараты формируют высокую устойчивость к патогенам. Так, биологический препарат зерёбра агро, наоборот, снижает эту устойчивость; при обработке препаратом плантарел устойчивость в большинстве случаев остается на уровне контрольного варианта. Наибольшее положительное влияние на устойчивость сорта Кармен оказывал вариант с обработкой препаратом биодукс, сорта Люкс – эпин-экстра и у сорта Браво наибольшее положительное влияние оказывали препараты биодукс и эпин-экстра.

Обработка клубней или растений картофеля препаратами химической или биологической природы может привести

к увеличению или уменьшению показателей структуры урожая [2, 4, 20]. Сорта картофеля по-разному реагируют на данные обработки, поэтому необходимо понимание за счет каких структурных элементов сформировалась урожайность.

Обработка биологическими препаратами оказывала положительное влияние на количество клубней и их массу. Во время учета структуры урожая клубни были разделены на фракции (товарная, семенная и мелкая). К семенной фракции были отнесены клубни размером в диаметре от 35 до 55 мм, поэтому масса одного клубня различна.

В среднем за годы исследований у сорта Кармен при обработке биопрепаратом биодукс формировалось 9,4 штук клубней в гнезде, из них 4,9 штук товарных массой

Таблица 1 – Устойчивость сортов картофеля к болезням в зависимости от применения биологических препаратов, в среднем за 2021–2023 гг.

Table 1 – Resistance of potato varieties to diseases depending on the use of biological preparations, on average for 2021–2023

В баллах (in points)

| Вариант опыта | Устойчивость к болезням | | | |
|--|--|---|---|----------------------|
| | фитофторозу (<i>Phytophthora infestans</i>) | альтернариозу (<i>Alternaria solani</i>) | ризоктониозу (<i>Rhizoctonia solani</i>) | вирусным болезням |
| <i>Кармен</i> | | | | |
| Контроль | 5 | 7 | 5 | 5 |
| Биодукс | 7 | 9 | 9 | 7 |
| Плантарел | 5 | 7 | 7 | 5 |
| Эпин-экстра | 5 | 7 | 7 | 5 |
| Зерёбра агро | 3 | 5 | 5 | 3 |
| <i>Люкс</i> | | | | |
| Контроль | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Биодукс | 7 | 7 | 7 | 5 |
| Плантарел | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Эпин-экстра | 9 | 9 | 9 | 7 |
| Зерёбра агро | 7 | 7 | 5 | 5 |
| <i>Браво</i> | | | | |
| Контроль | 3 | 3 | 3 | 5 |
| Биодукс | 7 | 7 | 7 | 9 |
| Плантарел | 5 | 5 | 5 | 7 |
| Эпин-экстра | 7 | 7 | 7 | 9 |
| Зерёбра агро | 5 | 5 | 5 | 7 |
| Примечания: 1. Значения баллов показывают: 3 балла – низкая устойчивость; 5 баллов – средняя устойчивость; 7 баллов – высокая устойчивость; 9 баллов – очень высокая устойчивость. 2. Вирусные болезни включают ВСЛК и Х вирус картофеля. | | | | |

395 г и 4,5 штук семенных массой 350 г. При этом в контрольном варианте показатели ниже: общее количество 9,1 штук, товарных – 4,3, семенных – 4,8 штук.

У сорта Люкс в контрольном варианте сформировалось 5,8 штук в гнезде, из них 2,2 товарных массой 230 г и 3,6 семенных массой 220 г. При обработке биопрепаратом эпин-экстра данные показатели увеличились и составили 9,1 штук в гнезде, 4,6 и 4,5 штук товарных и семенных с массой 385 и 248 г соответственно. Ближким к ним оказался вариант с обработкой биопрепаратом плантарел.

Анализируемые показатели у сорта Браво были максимальными в вариантах с обработкой биопрепаратами биодукс и эпин-экстра – 10,2 и 9,7 штук в гнезде, 5,0 и 4,9 штук товарных с массой 450 и 430 г и 5,2 и 4,8 штук семенных с массой 300 и 360 г соответственно (табл. 2).

Урожайность сельскохозяйственных культур, в том числе и картофеля, зависит от почвенно-климатических условий произрастания, однако, эффективно регу-

лировать уровень продуктивности можно с помощью современных комплексных макро- и микроудобрений, регуляторов роста растений [9, 11, 15].

Из анализа данных по урожайности семенных клубней сорта Кармен можно выделить вариант с обработкой биопрепаратом биодукс, урожайность при этом составила 15,8 т/га; вариант с обработкой эпин-экстра уступил контрольному варианту на 2,6 т/га; остальные варианты превысили контроль на 1,0–1,2 т/га.

Наибольшая прибавка урожайности семенных клубней сорта Люкс получена в варианте с обработкой эпин-экстра, составив 1,2 т/га; при обработкой плантарел она оказалась равной 0,2 т/га; остальные варианты опыта уступили контролю, что прежде всего связано с отрицательной реакцией сортов для формирования семенных клубней. Урожайность в контроле была 9,9 т/га.

По урожайности семенных клубней у сорта Браво выделился вариант с использованием биопрепарата эпин-экс-

Таблица 2 – Структура урожайности сортов картофеля в зависимости от применения биологических препаратов, в среднем за 2021–2023 гг.

Table 2 – Yield structure of potato varieties depending on the use of biologics, on average for 2021–2023

| Вариант опыта | Клубни с одного растения | | | | |
|--------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|
| | количество в гнезде, шт. | масса товарных, г | количество товарных, шт. | масса семенных, г | количество семенных, шт. |
| <i>Сорт Кармен</i> | | | | | |
| Контроль | 9,1 | 338 | 4,3 | 297 | 4,8 |
| Биодукс | 9,4 | 395 | 4,9 | 350 | 4,5 |
| Плантарел | 8,7 | 370 | 4,2 | 320 | 4,5 |
| Эпин-экстра | 8,6 | 360 | 3,6 | 240 | 5,0 |
| Зеребра агро | 9,7 | 345 | 3,5 | 315 | 5,2 |
| <i>Сорт Люкс</i> | | | | | |
| Контроль | 5,8 | 230 | 2,2 | 220 | 3,6 |
| Биодукс | 5,9 | 305 | 3,2 | 200 | 2,7 |
| Плантарел | 8,5 | 360 | 4,0 | 225 | 4,5 |
| Эпин-экстра | 9,1 | 385 | 4,6 | 248 | 4,5 |
| Зеребра агро | 6,0 | 332 | 3,5 | 163 | 2,5 |
| <i>Сорт Браво</i> | | | | | |
| Контроль | 9,3 | 300 | 3,3 | 253 | 5,0 |
| Биодукс | 10,2 | 450 | 5,0 | 300 | 5,2 |
| Плантарел | 8,8 | 400 | 4,0 | 250 | 4,8 |
| Эпин-экстра | 9,7 | 430 | 4,9 | 360 | 4,8 |
| Зеребра агро | 8,1 | 360 | 4,0 | 230 | 4,1 |

тра, где получена урожайность 16,2 т/га, что выше урожайности в контрольном варианте на 4,8 т/га. К отмеченному был близок вариант с применением биодукс, в котором получена урожайность семенных клубней 13,5 т/га (табл. 3).

В зависимости от применения биологических препаратов у сорта Кармен урожайность в большей степени зависела от количества ростков и их сырой массы (коэффициенты корреляции равны 0,532 и 0,530) (средняя положительная связь).

У сорта Люкс урожайность семенных клубней обусловлена площадью листьев, количеством глазков и сухой массой ростков (коэффициенты корреляции равны 0,586; 0,511 и 0,529 соответственно) (связь средняя положительная). С показателями количества ростков и содержания крахмала установлена слабая связь.

Урожайность сорта Браво в большей степени связана с площадью листьев, количеством ростков и массой сухих ростков (коэффициенты корреляции составили 0,930; 0,856 и 0,797 соответственно) (сильная положительная связь), а также с массой сырых ростков (коэффициент корреляции равен 0,595) (связь средняя положительная) (рис. 2).

В среднем за годы исследований было отмечено повышение показателей качества клубней при обработке биологическими препаратами. У сорта Кармен в варианте с обработкой биопрепаратом биодукс содержание сухого вещества – 23,7 %, в контроле – 22,1 %; содержание крахмала – 17,5 %, в контроле – 15,3 %; содержание в клубнях белка – 2,6 %, в контроле – 1,8 %. В остальных вариантах опыта превышение контрольного варианта было не существенно.

Таблица 3 – Урожайность семенных клубней сортов картофеля в зависимости от применения биологических препаратов, 2021–2023 гг.

Table 3 – Yield of seed tubers of potato varieties depending on the use of biological preparations, 2021–2023

| Вариант опыта | Урожайность, т/га | К контролю (плюс, минус) | V, % | Стабильность (дисперсия) |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------------|------|--------------------------|
| <i>Сорт Кармен</i> | | | | |
| Контроль | 13,4 | – | 15,6 | 0,54 |
| Биодукс | 15,8 | +1,4 | 20,1 | 0,21 |
| Плантарел | 14,4 | +1,0 | 16,9 | 2,21 |
| Эпин-экстра | 10,8 | –2,6 | 16,0 | 0,35 |
| Зеребра агро | 14,2 | +0,8 | 16,2 | 0,07 |
| <i>Сорт Люкс</i> | | | | |
| Контроль | 9,9 | – | 20,5 | 0,07 |
| Биодукс | 9,1 | –0,8 | 19,9 | 0,09 |
| Плантарел | 10,1 | +0,2 | 18,0 | 0,00 |
| Эпин-экстра | 11,1 | +1,2 | 21,7 | 0,31 |
| Зеребра агро | 7,4 | –2,5 | 22,6 | 0,00 |
| <i>Сорт Браво</i> | | | | |
| Контроль | 11,4 | – | 16,6 | 0,04 |
| Биодукс | 13,5 | +2,1 | 18,9 | 0,85 |
| Плантарел | 11,3 | –0,1 | 18,4 | 0,40 |
| Эпин-экстра | 16,2 | +4,8 | 17,3 | 3,26 |
| Зеребра агро | 10,4 | –1,0 | 19,7 | 0,48 |
| НСР ₀₅ , т/га: | 1,0 | – | – | – |
| Фактор А (сорт) | | | | |
| Фактор В (биологический препарат) | 1,2 | – | – | – |
| Фактор АВ | 1,2 | – | – | – |

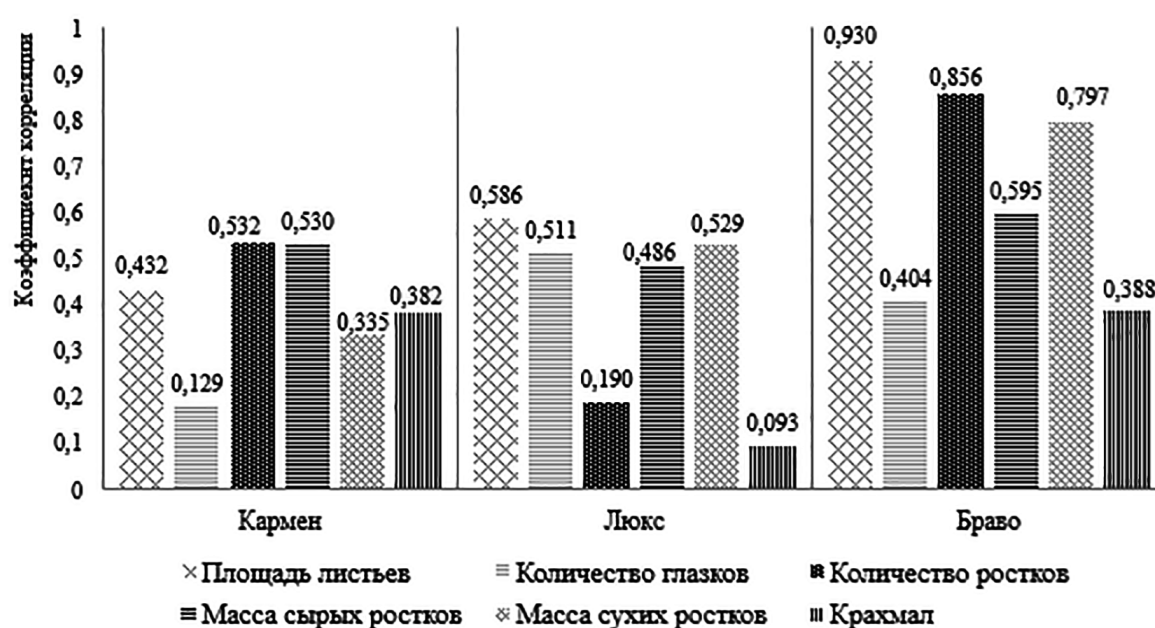


Рисунок 2 – Корреляция урожайности сортов картофеля с площадью листьев и показателями качества семенных клубней, в зависимости от применения биологических препаратов за 2021–2023 гг.

Figure 2 – Correlation of potato crop yields with leaf area and quality indicators of seed tubers, depending on the use of biological preparations for 2021–2023

У сорта Люкс выделился вариант с обработкой биопрепаратом эпин-экстра. При этом содержание сухого вещества и крахмала составило 22,5 и 16,3 %; белка в клубнях – 2,4 %.

Превышение показателей качества клубней отмечалось и у сорта Браво. Здесь лучшими были варианты с обработкой биологическими препаратами биодукс и эпин-экстра: содержание сухого вещества составило 23,4–23,9 %; крахмала – 17,5–17,8 %; белка – 2,7–2,8 %. Остальные варианты опыта были на уровне контроля или незначительно его превышали (табл. 4).

При выращивании картофеля важно учитывать потери в период зимнего хранения. В среднем за три года наибольшие потери наблюдались за период с декабря по февраль. При обработке биологическими препаратами было снижение потерь во все анализируемые периоды.

Так, минимальные потери урожая клубней за период сентябрь – апрель у сорта Кармен отмечены в варианте опыта с обработкой биопрепаратом биодукс (8,8 %), максимальные потери отмечены в варианте с биопрепаратом зерёбра агро

(14,2 %), ввиду низкой устойчивости растений в период вегетации. В остальных вариантах с биопрепаратами потери находились в пределах 10,2–10,6 %.

У сорта Люкс потери урожая клубней за период сентябрь – апрель в контрольном варианте составили 12,5 %. Выделился вариант с обработкой биопрепаратом эпин-экстра, потери снизились до 9,5 %. В остальных вариантах они составляли 11,2–14,0 %.

У сорта Браво низкие потери урожая клубней отмечены в вариантах опыта с обработкой биопрепаратами биодукс и эпин-экстра – 10,3 и 10,4 % соответственно, что на 3,7 и 3,6 % ниже по сравнению с контролем (рис. 3).

В зависимости от применения биологических препаратов максимальная рентабельность сорта Кармен получена в варианте с применением биопрепарата биодукс (253 %), уровень прибыли при этом составил 454,1 тыс. руб.

У сорта Люкс выделился вариант с обработкой эпин-экстра: рентабельность – 141 %, прибыль – 252,5 тыс. руб. У сорта Браво наибольшая рентабельность и при-

Таблица 4 – Качество клубней сортов картофеля в зависимости от применения биологических препаратов, в среднем за 2021–2023 гг.

Table 4 – The quality of tubers of potato varieties depending on the use of biological preparations, on average for 2021–2023

В процентах (in percent)

| Вариант опыта | Содержание в клубнях | | |
|-----------------------------------|----------------------|----------|-------|
| | сухого вещества | крахмала | белка |
| <i>Сорт Кармен</i> | | | |
| Контроль | 22,1 | 15,3 | 1,8 |
| Биодукс | 23,7 | 17,5 | 2,6 |
| Плантарел | 22,5 | 16,5 | 2,3 |
| Эпин-экстра | 22,4 | 16,2 | 2,4 |
| Зеребра агро | 22,9 | 16,7 | 2,1 |
| <i>Сорт Люкс</i> | | | |
| Контроль | 20,2 | 13,8 | 1,7 |
| Биодукс | 21,5 | 14,3 | 2,1 |
| Плантарел | 21,3 | 15,6 | 1,8 |
| Эпин-экстра | 22,5 | 16,3 | 2,4 |
| Зеребра агро | 21,8 | 15,8 | 2,0 |
| <i>Сорт Браво</i> | | | |
| Контроль | 22,6 | 15,4 | 1,9 |
| Биодукс | 23,4 | 17,5 | 2,7 |
| Плантарел | 22,1 | 16,6 | 2,4 |
| Эпин-экстра | 23,9 | 17,8 | 2,8 |
| Зеребра агро | 23,0 | 17,9 | 2,1 |
| НСР ₀₅ : | | | |
| Фактор А (сорт) | 0,9 | 0,8 | 0,4 |
| Фактор В (биологический препарат) | 0,12 | 0,11 | 0,23 |
| Фактор АВ | 0,12 | 0,11 | 0,23 |

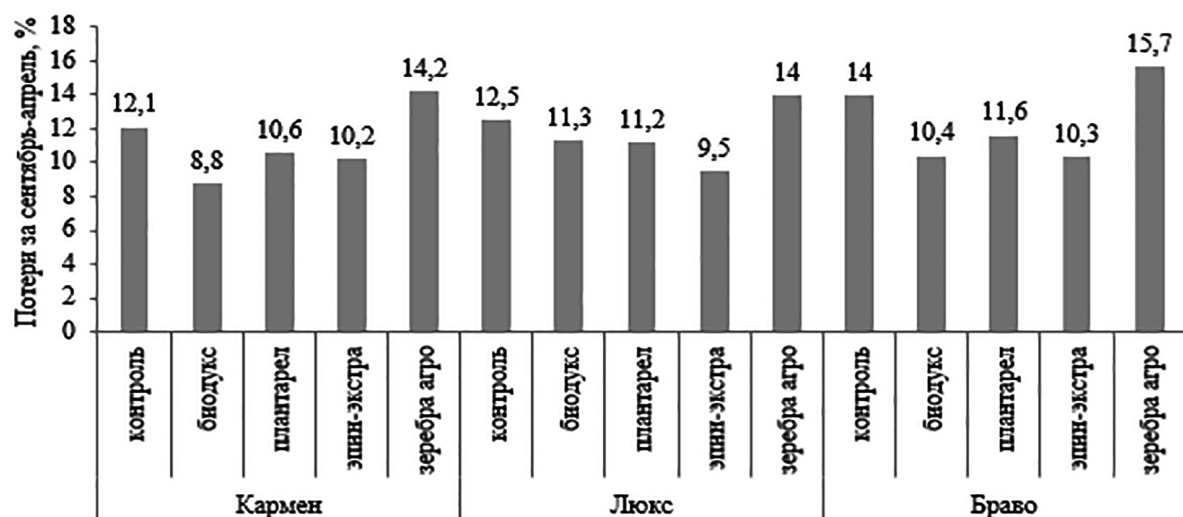


Рисунок 3 – Потери урожая при зимнем хранении сортов картофеля в зависимости от применения биологических препаратов, в среднем за 2022–2024 гг.

Figure 3 – Yield losses during winter storage of potato varieties depending on the use of biological preparations, on average for 2022–2024

быль получены в варианте с обработкой биологическим препаратом эпин-экстра 266 % и 471,1 тыс. руб. соответственно. Приведенные данные по рентабельности даны на рисунке 4.

Заключение. Проведенные исследования показали, что сорта картофеля по-разному реагировали на тот или иной препарат. Так, у сорта Кармен высокие показатели получены в варианте с применением препарата биодукс, у сорта Люкс – в варианте с препаратом эпин-экстра, сорт Браво положительно реагирует на применение препаратов биодукс и эпин-экстра.

В отмеченных вариантах наблюдалось *сокращение вегетационного периода* на 2–5 суток по сравнению с контролем, что предпочтительно для Тюменской области. *Устойчивость к болезням была высокой и очень высокой* в вариантах с биологическими препаратами, но стоит отметить, что в варианте с применением биопрепарата зерёбра агро устойчивость заметно снизилась.

Урожайность семенных клубней за годы исследований находилась в пределах 11,1–16,2 т/га. Показатели качества клубней были заметно выше в сравнении с контролем. *Потери урожая клубней* в

вариантах с применением биологических препаратов биодукс и эпин-экстра снизились на 3,3–3,6 % по сравнению с контрольным вариантом.

Урожайность семян у сорта Кармен в большей степени зависела от количества ростков и их сырой массы (связь средняя положительная). У сорта Люкс урожайность семенных клубней обусловлена площадью листьев, количеством глазков и сухой массой ростков (связь средняя положительная). Урожайность сорта Браво в большей степени связана с площадью листьев, количеством ростков и массой сухих ростков (установлена сильная положительная связь).

Рентабельность производства в вариантах с применением биопрепаратов биодукс и эпин-экстра достигала значений 141–266 % в зависимости от сорта.

При разной реакции сортов картофеля на биологические препараты необходимо проводить данные исследования для формирования комплекса мероприятий по защите растений с целью повышения урожайности и качества семенных клубней, а также снижения пестицидной нагрузки.

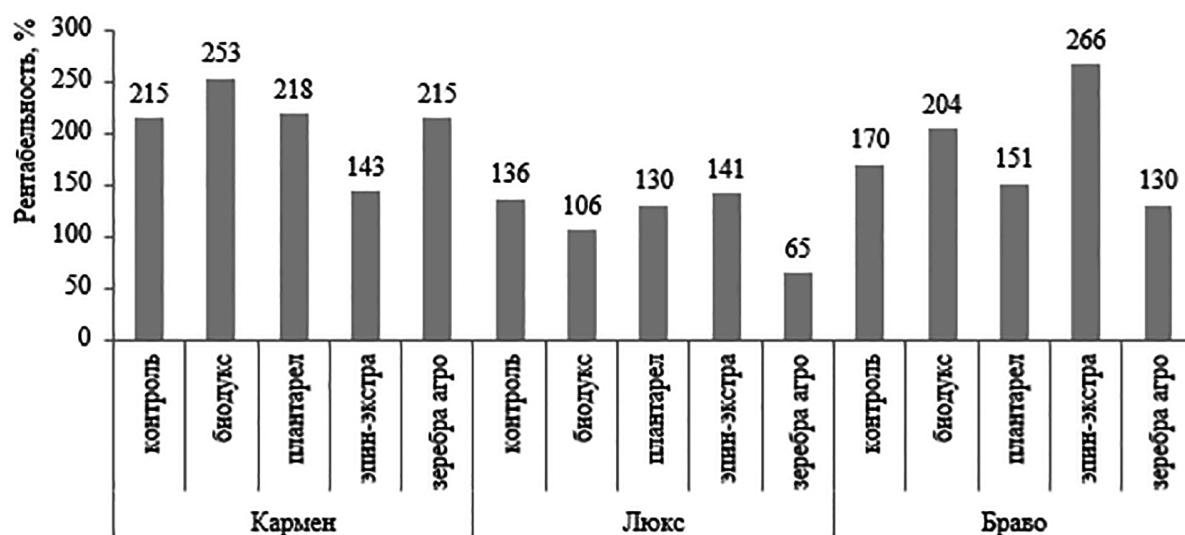


Рисунок 4 – Рентабельность сортов картофеля в зависимости от применения биологических препаратов, в среднем за 2021–2023 гг.

Figure 4 – Profitability of potato varieties depending on the use of biological preparations, on average for 2021–2023

Список источников

1. Завалин А. А., Алметов Н. С., Мартыанов М. И. Влияние удобрений и биопрепаратов на урожайность и качество клубней картофеля // Агрохимия. 2000. № 4. С. 63–67. EDN TEGYLF.
2. Казак А. А., Логинов Ю. П., Гайзатулин А. С. Роль сорта в повышении урожайности и улучшении качества клубней картофеля // Перспективные разработки и прорывные технологии в АПК : материалы нац. науч.-практ. конф. Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2020. С. 117–123. EDN OAAEFH.
3. Казак А. А., Логинов Ю. П., Гайзатулин А. С., Жигadlo В. В. Формирование урожайности и качества клубней сортов картофеля в зависимости от сроков уборки в северной лесостепи Тюменской области // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 6 (104). С. 117–125. <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2021-6-104-117-125>. EDN VHZZBA.
4. Анисимов Б. В., Симаков Е. А., Жевора С. В., Овэс Е. В., Зебрин С. Н., Митюшкин А. В. [и др.]. Диагностика и профилактика вирусных, бактериальных и грибных болезней, контролируемых в семеноводстве картофеля : методические рекомендации. Владикавказ : Издательство ИР, 2021. 62 с. EDN SOEEYA.
5. Гайзатулин А. С., Казак А. А., Логинов Ю. П. Динамика формирования урожайности раннеспелых сортов картофеля в северной лесостепи Тюменской области // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (67). С. 94–99. EDN IYNWCA.
6. Доброхотов С. А., Анисимов А. И., Урванцева А. В. Влияние некоторых биопрепаратов на развитие болезней и урожайность картофеля // Защита картофеля. 2018. № 1. С. 15–22. EDN ZCXLTN.
7. Ханиева И. М., Магомедов К. Г., Бозиев А. Л., Абидова Г. Х., Абидов А. Х. Влияние применения биопрепаратов на урожайность и качественные показатели картофеля в условиях горной зоны Кабардино-Балкарской республики // Перспективные инновационные проекты молодых ученых : материалы X всерос. конф. Нальчик : Принт Центр, 2023. С. 164–174. EDN TAABZN.
8. Комякова Е. М., Нестерова Л. Б. Влияние биопрепаратов на урожайность и крахмалистость клубней картофеля // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2003. № 2 (10). С. 73–74. EDN PELVMV.
9. Мезюха А. Н., Казак А. А., Шерстобитов С. В. Система удобрений картофеля // Молодежная наука для развития АПК : материалы LX студ. науч.-практ. конф. Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2023. С. 78–83. EDN MFANSS.
10. Осипова В. В. Влияние обработки картофеля биопрепаратом фитоспорин-м на скороспелость, урожай и качество клубней в условиях криолитозоны // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 97. С. 50–55. EDN NRHXND.
11. Плеханова Л. П., Булдаков С. А. Эффективность действия биопрепаратов и фунгицидов против болезней растений, клубней картофеля и их влияние на урожайность // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 9-2 (87). С. 28–33. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.87.9.031>. EDN TCNUNZ.
12. Соколова М. Г., Акимова Г. П., Бойко А. В., Нечаева Л. В., Глянько А. К., Вайшла О. Б. [и др.]. Влияние бактериальных биопрепаратов на урожай картофеля и его качество // Агрохимия. 2008. № 6. С. 62–67. EDN IPKSSP.
13. Уромова И. П., Козлов А. В. Влияние биопрепаратов на продуктивность и качество картофеля // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 5. С. 77–81. EDN HTOGWX.
14. Полищук В. А. Влияние микроудобрений и биопрепарата на формирование клубней картофеля разной фракции // Путь науки. 2015. № 9 (19). С. 45–49. EDN UJFEFL.
15. Черемисин А. И., Кумпан В. Н. Изучение влияния применения биопрепаратов и стимуляторов роста на полезную микрофлору и продуктивность картофеля // Вестник Ка-

занского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 4 (51). С. 91–95. https://doi.org/10.12737/article_5c3de390ad4cc9.66646319. EDN YWHBVR.

16. Аликов А. А., Басиева А. С., Бекмурзов Б. В. Влияние биопрепаратов на сорта картофеля в горной зоне Республики Северная Осетия – Алания // Вестник научных трудов молодых ученых, аспирантов и магистрантов Горского государственного аграрного университета : сб. науч. тр. Владикавказ : Горский государственный аграрный университет, 2021. Вып. 58. С. 77–81. EDN ALWTUY.

17. Анисимов Б. В., Марзоев З. А., Зебрин С. Н., Блинков Е. Г., Грачева И. А. Профилактика вирусных болезней, контролируемых в семеноводстве картофеля // Защита и карантин растений. 2022. № 9. С. 27–31. https://doi.org/10.47528/1026-8634_2022_9_27. EDN UUVZKG.

18. Логинов Ю. П., Гайзатулин А. С. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество семенных клубней картофеля в северной лесостепи Тюменской области // Мир инноваций. 2021. № 1. С. 7–14. EDN TVGSCE.

19. Ракитина У. А., Ященко С. Н., Казак А. А. Урожайность и качество биотипов яровой мягкой пшеницы Тюменская юбилейная в лесостепной зоне Тюменской области // Стратегические ресурсы Тюменского АПК: люди, наука, технологии : материалы LVIII междунар. науч.-практ. конф. Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2024. С. 232–244. EDN SVXQCM.

20. Симakov Е. А., Анисимов Б. В., Зебрин С. Н., Митюшкин А. В., Журавлев А. А., Деревягина М. К. [и др.]. Оценка сортоотличительных признаков и симптомов проявления болезней, контролируемых в семеноводстве картофеля // Картофель и овощи. 2022. № 8. С. 20–23. <https://doi.org/10.25630/PAV.2022.20.98.003>. EDN ZEQDMC.

References

1. Zavalin A. A., Almetov N. S., Martyanov M. I. Effect of fertilizers and biopreparations on yield and quality of potato tubers. *Agrohimiya*, 2000;4:63–67. EDN TEGYLF (in Russ.).

2. Kazak A. A., Loginov Yu. P., Gayzatulin A. S. The role of the variety in improving the yield and quality of potato tubers. Proceedings from Promising developments and breakthrough technologies in agriculture: *Natsional'naya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 117–123), Tyumen', Gosudarstvennyy agrarnyy universitet Severnogo Zaural'ya, 2020 EDN OAAEFH (in Russ.).

3. Kazak A. A., Loginov Yu. P., Gayzatulin A. S., Zhigadlo V. V. Formation of yield and quality of tubers of potato varieties depending on harvesting time in northern forest-steppe of Tyumen region. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN*, 2021;6(104):117–125. <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2021-6-104-117-125>. EDN VHZZBA (in Russ.).

4. Anisimov B. V., Simakov E. A., Zhevora S. V., Oves E. V., Zebrin S. N., Mityushkin A. V. [et al.]. *Diagnosis and prevention of viral, bacterial and fungal diseases controlled in potato seed production: methodological recommendations*, Vladikavkaz, Izdatel'stvo IR, 2021, 62 p. EDN SOEEYA (in Russ.).

5. Gayzatulin A. S., Kazak A. A., Loginov Yu. P. Dynamics of the formation of yields of early ripe potato varieties in the northern forest-steppe of the Tyumen region. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021;4(67): 94–99. EDN IYNWCA (in Russ.).

6. Dobrokhoto S. A., Anisimov A. I., Urvantseva A. V. Effect of some biopreparations on disease development and potato yields. *Zashchita kartofelya*, 2018;1:15–22. EDN ZCXLTN (in Russ.).

7. Khanieva I. M., Magomedov K. G., Boziev A. L., Abidova G. Kh., Abidov A. Kh. Influence of biopreparation application on yield and quality indicators of potatoes in the conditions of the mountain zone of Kabardino-Balkar Republic. Proceedings from Promising innovative projects of young scientists: *X Vserossiiskaya konferentsiya*. (PP. 164–174), Nal'chik, Print Tsentr, 2023 EDN TAABZN (in Russ.).

8. Komyakova E. M., Nesterova L. B. Effect of biopreparations on yield and starchiness of potato tubers. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2003;2(10):73–74. EDN PELVMV (in Russ.).

9. Mezyukha A. N., Kazak A. A., Sherstobitov S. V. Potato fertilizer system. Proceedings from Youth science for the development of agriculture: Molodezhnaya nauka dlya razvitiya APK: *LX Studencheskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 78–83), Tyumen', Gosudarstvennyy agrarnyy universitet Severnogo Zaural'ya, 2023 EDN MFANSS (in Russ.).
10. Osipova V. V. Influence of potato processing by phytosporin-m biological product on maturity, crop and quality of tuber under conditions of cryolitzone. *Vestnik Irkutskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2020;97:50–55. EDN NRHXND (in Russ.).
11. Plekhanova L. P., Buldakov S. A. Effectiveness of action of biological preparation and fungicidal agents against plant diseases, potatoes tuber and their influence on productivity of land. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*, 2019;9–2(87):28–33. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.87.9.031>. EDN TCNUNZ (in Russ.).
12. Sokolova M. G., Akimova G. P., Boyko A. V., Nechaeva L. V., Gyan'ko A. K., Vayshlya O. B. [et al.]. Effect of bacterial biopreparations on potato yield and its quality. *Agrokhimiya*, 2008;6:62–67. EDN IPKSSP (in Russ.).
13. Uromova I. P., Kozlov A. V. Effect of biopreparations on productivity and quality of potatoes. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2020;5:77–81. EDN HTOGWX (in Russ.).
14. Polishchuk V. A. The influence of microfertilizers and biological preparation on the formation of potato tubers of different fractions. *Put' nauki*, 2015;9(19):45–49. EDN UJFEFL (in Russ.).
15. Cheremisin A. I., Kumpan V. N. Study the impact of biopreparations and growth stimulators application on useful microflora and productivity of potato. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018;13;4(51):91–95. https://doi.org/10.12737/article_5c3de390ad4cc9.66646319. EDN YWHBVR (in Russ.).
16. Alikov A. A., Basieva A. S., Bekmurzov B. V. Influence of biopreparations on potato varieties in the mountain zone of Republic of North Ossetia – Alania. *Vestnik nauchnykh trudov molodykh uchenykh, aspirantov i magistrantov Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. (PP. 77–81), Vladikavkaz, Gorskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2021. EDN ALWTUY (in Russ.).
17. Anisimov B. V., Marzoev Z. A., Zebrin S. N., Blinkov E. G., Gracheva I. A. Prevention for viral diseases, managed in seed potato growing. *Zashchita i karantin rastenij*, 2022;9:27–31. https://doi.org/10.47528/1026-8634_2022_9_27. EDN UUVZKG (in Russ.).
18. Loginov Yu. P., Gayzatulin A. S. The influence of mineral fertilizers on the yield and quality of seed tubers of potatoes in the northern forest-steppe of the Tyumen region. *Mir innovatsiy*, 2021;1:7–14. EDN TVGSCE (in Russ.).
19. Rakitina U. A., Yashchenko S. N., Kazak A. A. Yield and quality of spring soft whet biotypes Tyumenskaya yubileynaya in the foreststeppe zone of the Tyumen oblast. Proceedings from Strategic resources of the Tyumen agro-industrial complex: people, science, technology: *LVIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 232–244), Tyumen', Gosudarstvennyy agrarnyy universitet Severnogo Zaural'ya, 2024. EDN SVXQCM (in Russ.).
20. Simakov E. A., Anisimov B. V., Zebrin S. N., Mityushkin A. V., Zhuravlev A. A., Derevyagina M. K. [et al.]. Evaluation of varietal difference features and symptoms of diseases controlled in potato seed production. *Kartofel' i ovoshchi*, 2022;8:20–23. <https://doi.org/10.25630/PAV.2022.20.98.003>. EDN ZEQDMC (in Russ.).

© Гайзатулин А. С., Логинов Ю. П., 2024

Статья поступила в редакцию 18.04.2024; одобрена после рецензирования 29.05.2024; принята к публикации 31.05.2024.

The article was submitted 18.04.2024; approved after reviewing 29.05.2024; accepted for publication 31.05.2024.

Информация об авторах

Гайзатулин Андрей Сергеевич, преподаватель, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6026-0371>, Author ID: 1035895, gajzatulinas.20@ati.gausz.ru;

Логинов Юрий Павлович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2372-9350>, Author ID: 704881, loginov.yup@gausz.ru

Information about the authors

Andrey S. Gaizatulin, Lecturer, Northern Trans-Ural State Agricultural University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6026-0371>, Author ID: 1035895, gajzatulinas.20@ati.gausz.ru;

Yury P. Loginov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Northern Trans-Ural State Agricultural University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2372-9350>, Author ID: 704881, loginov.yup@gausz.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья

УДК 635.655:632.7(571.61)

EDN WRKVUW

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-42-54>

Вредители сои в Амурской области, их распространение и стациональная приуроченность

Александр Александрович Кузьмин¹, Николай Stanisлавович Анисимов²

^{1,2} Всероссийский научно-исследовательский институт сои

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ bianor@yandex.ru, ² havamall@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты полевых исследований, проведенных с 2019 по 2023 гг. Целью исследований являлось определение видового состава, распространения, плотности и стациональной приуроченности популяций насекомых – вредителей сои в Амурской области. На территории районов Амурской области, возделывающих сою, отмечено 37 видов насекомых, относящихся к 20 семействам из 6 отрядов. Среди зарегистрированных видов доминируют представители отряда Lepidoptera – к чешуекрылым относятся 18 видов (48,6 %). Подготовлены карты распространения в области видов вредителей сои, вспышки численности которых были отмечены за время полевых исследований: соевой плодожорки (*Leguminivora glycinivorella*), совок стальной (Pyrrhia umbra) и донниковой (*Heliothis adauca*), а также медведки дальневосточной (*Gryllotalpa orientalis*). Проведена математическая обработка локальных списков видов по районам с использованием формулы Жаккара, а также дополнительная проверка расчетов при помощи многофакторного анализа по методу Д. Имбри и Н. Кипп. На основании полученных данных выполнена кластеризация исследованных районов по составу фаун насекомых. Выявлена высокая степень приуроченности насекомых-вредителей к местообитаниям. Обнаружено, что рельеф местности, фитоценотические и эдафические факторы имеют большее влияние на плотность и видовой состав вредителей, чем локальные погодно-климатические условия. Виды, распространенные преимущественно в южных районах, нередко достигают по руслам рек северной границы возделывания сои. При этом бореальные виды в соевых агроценозах на юге области не отмечены. Предложены общие рекомендации по борьбе с вредителями и снижению ущерба от их жизнедеятельности в разных зонах возделывания сои с учетом местных условий.

Ключевые слова: соя, вредители сои, агроценоз, стациональная приуроченность, насекомые-вредители, видовой состав, Амурская область

Для цитирования: Кузьмин А. А., Анисимов Н. С. Вредители сои в Амурской области, их распространение и стациональная приуроченность // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 2. С. 42–54. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-42-54>.

Original article

Soybean pests in Amur region: distribution and station confinement

Alexander A. Kuzmin¹, Nikolay S. Anisimov²

^{1,2} All-Russian Research Institute of Soybean

Amur region, Blagoveshchensk, Russian Federation

¹ bianor@yandex.ru, ² havamall@mail.ru

Abstract. The results of field research from 2019 to 2023 are presented in the given article. The purpose of the research was to determine the species composition, distribution, density and habitat attachment of insect populations of soybean pests in Amur region. In the districts of Amur region cultivating soybeans, 37 species of insects belonging to 20 families from 6 orders have been recorded. Among the registered species, representatives of the order Lepidoptera dominate – 18 species (48.6%). Maps of the distribution of soybean pest species in the region have been prepared, outbreaks of which were noted during field research: *Leguminivora glycinivorella*, *Pyrrhia umbra* and *Heliothis adauca*, as well as the *Gryllotalpa orientalis*. Mathematical processing of local species lists according region was carried out using the Jaccard similarity coefficient, as well as additional verification of calculations using the method of J. Imbrie and N. Kipp. Based on the data obtained, clustering of the studied territories was carried out according to the composition of the entomofauna. A high degree of association of insect pests with habitats was revealed. It was found that terrain, phytocenotic and edaphic factors had a greater influence on the density and species composition of pests than local weather and climatic conditions. Species distributed mainly in the southern regions often reached the northern border of soybean cultivation along river beds. At the same time, boreal species were not recorded in soybean agrocenoses in the south of the region. General recommendations are proposed for pest control and reducing damage from their activity in different soybean cultivation zones, taking into account local conditions.

Keywords: soybean, soybean pests, agrocenosis, station confinement, insect pests, species composition, Amur region

For citation: Kuzmin A. A., Anisimov N. S. Soybean pests in Amur region: distribution and station confinement. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;2:42–54. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-42-54>.

Введение. Высокая рентабельность, пищевая ценность, безотходность в процессе переработки, широкий спектр применения конечного продукта и прочие достоинства делают сою одной из самых популярных культур, как в мировом, так и в отечественном растениеводстве. За последние 20 лет площадь посевов сои в Российской Федерации увеличилась втрое [1].

В Амурской области производство сои росло еще более высокими темпами и сейчас данная культура полностью доминирует в Приамурье – части ареала своего естественного распространения. По причине того, что наибольшая доля площади сельхозугодий области постоянно занята под сою, создаются благоприятные условия для развития трофически связанных с ней насекомых.

Борьба с насекомыми-вредителями в текущее время, с учетом экологической пластичности данных организмов и динамики изменения условий, осложнена отсутствием актуальной информации по распространению, видовому составу и плотности популяций. В настоящей работе отражены результаты исследований

фауны насекомых – вредителей сои на территории Амурской области, сведения об их таксономическом составе, степени зависимости от локальных экологических факторов, особенностях распространения в соевых агроценозах.

Целью исследований явилось определение видового состава, распространения, плотности и стациональной приуроченности популяций насекомых – вредителей сои в Амурской области.

Методика исследований. Исследования проводились с 2019 по 2023 гг. Сбор насекомых осуществлялся в 197 пунктах 17 муниципальных районов и округов, на территории которых есть соевые посевы: Зейского, Шимановского, Магдагачинского, Свободненского, Ромненского, Мазановского, Серышевского, Благовещенского, Белогорского, Ивановского, Тамбовского, Октябрьского, Константиновского, Михайловского, Завитинского, Бурейского, Архаринского.

В Шимановском, Благовещенском, Свободненском, Константиновском и Архаринском районах, граничащих с Китаем, обследованы в том числе изолированные и

малоисследованные поля, расположенные в пограничной зоне, в пойме реки Амур.

Сбор насекомых-вредителей в дневное время проводился кошением стандартным энтомологическим сачком, с применением маршрутного метода. Также изымались образцы растений на предмет обнаружения стебле- и корнеживущих насекомых; применялся метод почвенных ловушек. В ночное время сбор происходил с помощью привлечения насекомых на свет лампы ДРЛ мощностью 125 Вт, работающей от переносного электрогенератора [2].

Собранный материал замаривался хлороформом или фиксировался в этиловом спирте. Обнаруженные личинки некоторых видов воспитывались в лабораторных условиях до состояния имаго. Номенклатура таксонов и сведения о трофике даются по ключевым литературным источникам [3–11]. Названия групп ареалов приводятся по К. Б. Городкову [12].

Статистическая обработка данных проведена с использованием пакетов программ PAST (PALaeontological STatistics) версии 4.03 (2020) [13] и Microsoft Excel.

В качестве бинарной качественной меры сходства использовалась формула Жаккара (1):

$$Kj = \frac{c}{a + b - c} \quad (1)$$

где a – количество видов в первой выборке;
 b – количество видов во второй выборке;
 c – количество видов, общих для первой и второй выборок.

Дополнительная проверка расчетов проведена с помощью многофакторного анализа по методу Джона Имбри и Нильвы Кипп [14], изначально разработанного для палеоклиматического анализа и в настоящее время широко применяемого в биологии для изучения взаимосвязей между значениями переменных.

Для обработки векторных изображений и перевода в растровый формат применялись программы CorelDraw 9.0 и Gimp. Фотографии выполнены с использованием камеры Canon EOS 5dII с объективом Волна-9 50/2,8.

Результаты исследований и их обсуждение. В настоящее время список видов насекомых, для которых соя является одним из кормовых растений, насчитывает 251 вид [9]. Однако большая часть списка представлена фитофагами с весьма низкой вероятностью преодоления экономического порога вредоносности (ЭПВ), отнесение многих видов к вредителям сои вызывает сомнение [15].

В ходе исследований, проведенных на территории соеющих районов Амурской области в 2019–2023 гг., нами отмечено 37 видов насекомых, регулярно встречающихся на растениях сои (табл. 1).

Почти половина видов (48,6 %) относится к отряду чешуекрылых, или бабочек. На втором месте по числу обнаруженных видов – отряд полужесткокрылые (18,9 %), к которому принадлежат клопы и тли, на третьем – жесткокрылые, или жуки (16,2 %). Именно к этим отрядам насекомых относятся вредители сои, как минимум потенциально способные превысить ЭПВ в условиях Амурской области: соевая плодожорка (*Leguminivora glycinivorella*), совки из подсемейства Heliothinae (*Pyrrhia umbra*, *Heliothis adauca*), луговой мотылек (*Loxostege sticticalis*), жуки-листоеды (*Monolepta quadriguttata*, *Medythia nigrobilineata*) и тли (*Aphis craccivora*, *A. glycines*, *Acyrtosiphon pisum*). ЭПВ также может превышать медведка дальневосточная (*Gryllotalpa orientalis*) из отряда прямокрылых.

За весь период наблюдений зарегистрировано несколько случаев массового размножения ряда видов из этого списка:

в 2020 г. в пойме р. Амур и локально р. Зея – медведки дальневосточной (рис. 1);

в 2021 г. на территориях, указанных на рисунке 2, – стальниковой и донниковой совки;

в 2022–2023 гг. в Тамбовском, Ивановском, Михайловском и Октябрьском районах – листоеда четырехточечного (рис. 3).

Также в 2022–2023 гг. зарегистрирована депрессия листоеда *Medythia nigrobilineata* вплоть до полного отсутствия этого вида на полях в пределах Зейско-Буреинской равнины.

Таблица 1 – Видовой состав насекомых – вредителей сои, отмеченных в Амурской области за время исследований (2019–2023 гг.)

Table 1 – Species composition of insects – soybean pests noted in Amur region during the research (2019–2023)

| Отряд | Семейство | Вид |
|---------------------------------|--|---|
| Orthoptera (прямокрылые) | Acrididae MacLeay, 1819 (настоящие саранчовые) | <i>Prumna primnoa</i> (Fischer & Waldheim, 1846) (кобылка дальневосточная бескрылая) |
| | Gryllidae Laicharding, 1781 (настоящие сверчки) | <i>Oecanthus longicauda</i> Matsumura, 1904 (сверчок стеблевой дальневосточный) |
| | Gryllotalpidae Leach, 1815 (медведки) | <i>Gryllotalpa orientalis</i> Burmeister, 1838 (медведка дальневосточная) |
| | Tettigoniidae Krauss, 1902 (настоящие кузнечики) | <i>Phaneroptera falcata</i> (Poda, 1761) (пластинокрыл обыкновенный) |
| Thysanoptera (трипсы) | Thripidae Stevens, 1829 (настоящие трипсы) | <i>Odontothrips phaleratus</i> (Haliday, 1836) (трипс бобовый) |
| Hemiptera (полужесткокрылые) | Miridae Hahn, 1831 (слепняки) | <i>Adelphocoris lineolatus</i> (Goeze, 1778) (клоп люцерновый) |
| | Plataspididae Dallas, 1851 (полушаровидные щитники) | <i>Coptosoma biguttulum</i> Motschulsky, 1859 (щитник двухточечный) |
| | Pentatomidae Leach, 1815 (настоящие щитники) | <i>Palomena viridissima</i> (Poda, 1761) (щитник ярко-зеленый) |
| | | <i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758) (клоп ягодный) |
| | Aphididae Latreille, 1802 (настоящие тли) | <i>Acyrtosiphon pisum</i> Harris, 1776 (тля гороховая) |
| | | <i>Aphis craccivora</i> C.L.Koch, 1854 (тля люцерновая) |
| | | <i>Aphis glycines</i> Matsumura, 1917 (тля соевая) |
| Coleoptera (жесткокрылые) | Chrysomelidae Latreille, 1802 (листоеды) | <i>Medythia nigrobilineata</i> (Motschulsky, 1861) (листоед соевый полосатый) |
| | | <i>Monolepta quadriguttata</i> (Motschulsky, 1860) (листоед четырехточечный) |
| | | <i>Atrachya menetriesi</i> (Faldermann, 1835) (листоед соевый) |
| | | <i>Phyllotreta vittula</i> (Redtenbacher, 1849) (блошка хлебная полосатая) |
| | Coccinellidae Latreille, 1807 (божьи коровки) | <i>Henosepilachna vigintioctomaculata</i> Motschulsky, 1857 (коровка картофельная 28-точечная) |
| | Scarabaeidae Latreille, 1802 (пластинчатоусые жуки) | <i>Holotrichia diomphalia</i> (Bates, 1888) (хрущ дальневосточный черный) |
| Lepidoptera (чешуекрылые) | Tortricidae Latreille, 1803 (листовертки) | <i>Leguminivora glycinivorella</i> (Matsumura, 1898) (плодожорка соевая) |
| | Pieridae Swainson, 1820 (белянки) | <i>Colias erate</i> (Esper, 1805) (желтушка степная) |
| | Nymphalidae Rafinesque, 1815 (нимфалиды) | <i>Vanessa cardui</i> (Linnaeus, 1758) (репейница) |
| | Crambidae Latreille, 1810 (травяные огнёвки) | <i>Loxostege sticticalis</i> (Linnaeus, 1761) (луговой мотылек) |
| | Erebidae Leach, 1815 (эребиды) | <i>Orgyia antiqua</i> (Linnaeus, 1758) (кистехвост обыкновенный) |
| | | <i>Cifuna locuples</i> Walker, 1855 (кистехвост настоящий) |

Продолжение таблицы 1

| Отряд | Семейство | Вид |
|------------------------------|---|--|
| Lepidoptera (чешуекрылые) | Erebidae Leach, 1815 (эребиды) | <i>Arctia caja</i> (Linnaeus, 1758) (медведица Кайя) |
| | | <i>Chionarctia nivea</i> (Menetries, 1859) (медведица снежная) |
| | | <i>Phragmatobia fuliginosa</i> (Linnaeus, 1758) (медведица бурая) |
| | Noctuidae Latreille, 1809 (совки) | <i>Pyrrhia umbra</i> (Hufnagel, 1766) (совка стальниковая) |
| | | <i>Heliothis adacta</i> Butler, 1878 (совка донниковая) |
| | | <i>Eupsilia transversa</i> (Hufnagel, 1766) (совка воинственная) |
| | | <i>Mamestra pisi</i> (Linnaeus, 1758) (совка гороховая) |
| | | <i>Euxoa ochrogaster</i> (Guenee, 1852) (совка исландская) |
| | | <i>Xestia c-nigrum</i> (Linnaeus, 1758) (совка с-черная) |
| | | <i>Xestia ditrapezium</i> (Denis & Schiffermüller, 1775) (совка двутрапезицева) |
| | Geometridae Leach, 1815 (пяденицы) | <i>Biston betularia</i> (Linnaeus, 1758) (пяденица березовая) |
| | | <i>Ascotis selenaria</i> (Denis & Schiffermüller, 1775) (пяденица лунчатая) |
| Diptera (двукрылые) | Platystomatidae Schiner, 1862 (мухи-сигнальщицы) | <i>Rivellia sphenisca</i> Hendel, 1933 (муха клубеньковая) |

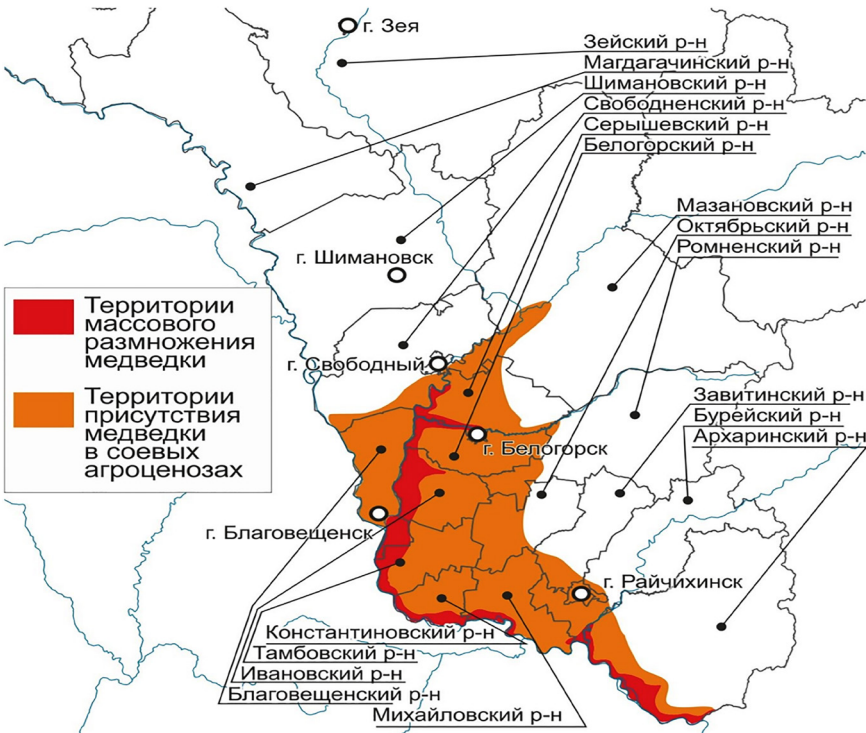


Рисунок 1 – Карта распространения медведки дальневосточной (*Gryllotalpa orientalis*) в посевах сои Амурской области

Figure 1 – Distribution map of *Gryllotalpa orientalis* in soybean crops in Amur region

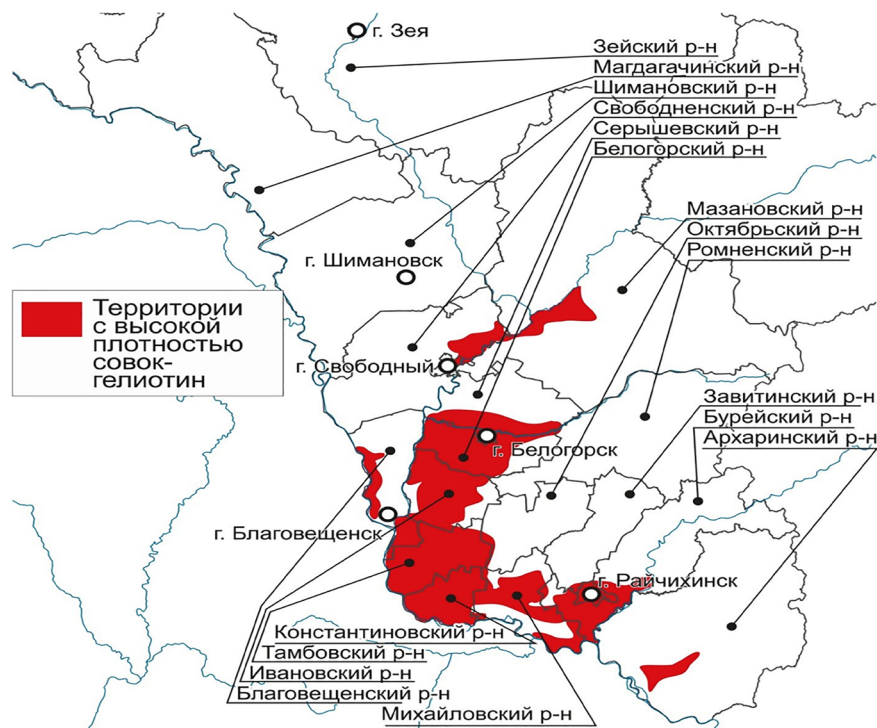


Рисунок 2 – Карта распространения совков подсемейства Heliotinae в посевах сои Амурской области

Figure 2 – Distribution map of owlet moths of subfamily Heliotinae in soybean crops in Amur region



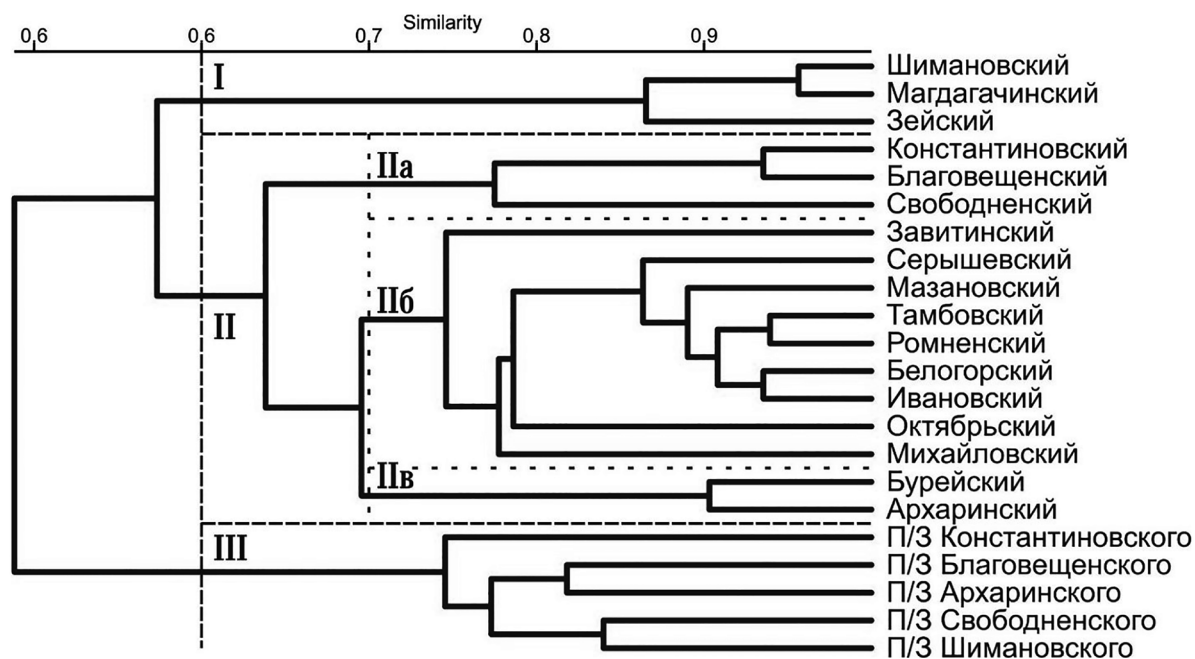
Рисунок 3 – Листоед *Monolepta quadriguttata* и лист сои, поврежденный данным вредителем

Figure 3 – Leaf beetle *Monolepta quadriguttata* and soybean leaf damaged by this pest

Сравнение локальных списков видов по районам при использовании формулы Жаккара разделяет их на три крупных кластера (рис. 4).

Кластер I. Объединяет северные и северо-западные районы области в зоне бореальных таежных лесов и марей с по-

севами сои малой (5–15 га) площади, разделенными обширными марями, лиственными лесами и прочими неудобьями. Локальные популяции вредителей характеризуются, как правило, низкой плотностью. Таксономический состав беден. Доминируют широко распространенные



П/З – пограничная зона (border zone)

Рисунок 4 – Дендрограмма сходства локальных фаун насекомых – вредителей сои районов зоны соесояния Амурской области по коэффициенту Жаккара

Figure 4 – Similarity dendrogram of local soybean pest faunas in Amur region districts according to the Jaccard index

в Евразии транспалеарктические температурные виды. По характеру питания преобладают полифаги, специализированные вредители сои зачастую отсутствуют.

Кластер II. Объединяет районы основной зоны соесояния. В свою очередь, этот кластер делится на три подкластера.

Подкластер IIa. Районы в зоне лесостепных биотопов с преимущественно засушливыми условиями в соевых агроценозах – Константиновский, Благовещенский и Свободненский. При общем гумидном типе увлажнения, для полей в данных районах характерны рыхлость грунтов и хороший дренаж в материнской породе, что способствует быстрому уходу влаги из почвенного горизонта. Посевные площади в Благовещенском и Свободненском районах расположены на вершинах сопков, а в Константиновском районе – на склонах южной экспозиции, обращенных к р. Амур. Такое расположение обеспечивает большое количество солнечной радиации, что является дополнительным фактором аридизации. В прилегающей к полям растительности преобладают дубово-лесопедецевые леса с черной березой и остепненные луга. Плотность вредите-

лей снижена за счет большого количества хищных насекомых. Фауна вредителей представлена дальневосточными и сибиро-дальневосточными температурными и суббореальными видами, стациально связанными с луговой растительностью. Трофически данная группа видов связана с черноберезово-дубовыми лесными массивами (*Cifuna locuples*, *Biston betularia*). В Константиновском районе отмечена высокая плотность луговых чешуекрылых (*Heliothis adacta*, *Pyrrhia umbra*).

Подкластер IIб. Районы с преобладающими агроценозами. Прилегающая дикая растительность неморальная, сильно обедненная, вторичная. Преимущественно это лесополосы из тополя душистого или сосны обыкновенной, а также растительность первичной сукцессии – осиново-белоберезовые массивы. Почвы тяжелые, по механическому составу суглинистые, плохо дренированные, что при усилении осадков приводит к переувлажнению и появлению вымочек, а в бессточных понижениях – к оглеению или образованию временных водоемов. В фауне доминируют специализированные листогрызущие вредители сои (*Monolepta*

quadriguttata, *Medythia nigrobilineata*), прямокрылые (*Phaneroptera falcata*, *Oecanthus longicauda*, *Prumna primnoa*), луговые чешуекрылые-полифаги (*Pyrrhia umbra*, *Heliothis adauca*, *Xestia ditrapezium*, *Euxoa islandica*), а также тли (*Aphis craccivora*, *Aphis glycines*, *Acyrtosiphon pisum*) (рис. 5). Отмечена высокая плотность соевой

плодожорки (*Leguminivora glycinivorella*).
Ареал последней шире, чем зона сосеяния, так как вредитель способен развиваться на леспедеце и дикой сое (рис. 6).

Подкластер Пв. Юго-восточные районы с фрагментированными посевами сои, разделенными обширными участками богатой неморальной растительности



Рисунок 5 – Тля *Aphis glycines* на листе сои в 2023 г.
Figure 5 – *Aphis glycines* aphid on a soybean leaf in 2023

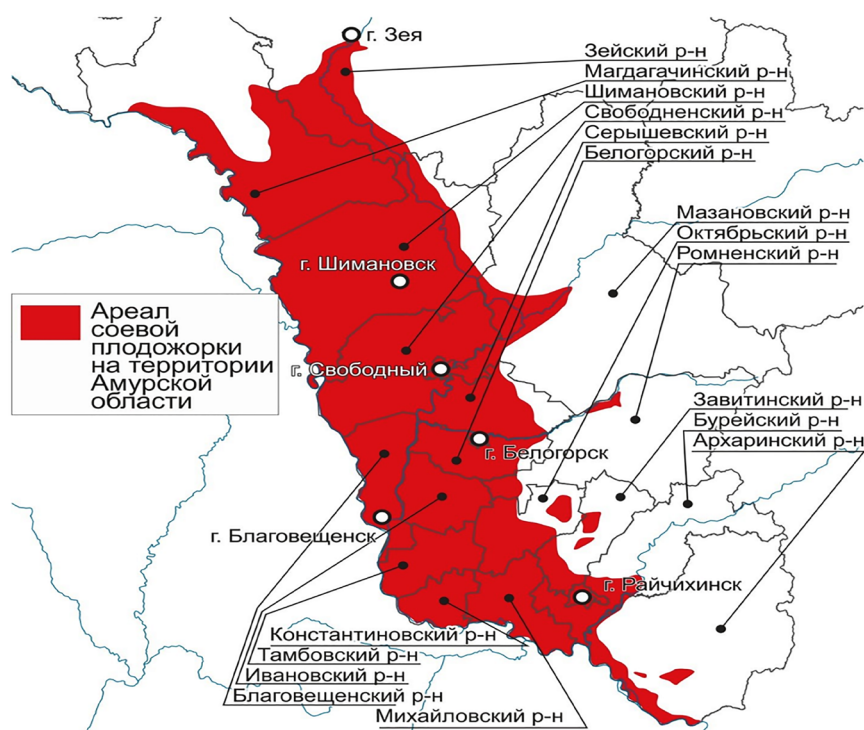


Рисунок 6 – Карта распространения соевой плодожорки (*Leguminivora glycinivorella*) в Амурской области
Figure 6 – Distribution map of soybean moth (*Leguminivora glycinivorella*) in Amur region

или пойменными лесами в верхнем течении малых рек. Почвы в основном бурые лесные, в нижнем течении рек – аллювиальные, хорошо дренированные и увлажненные. Фауна насекомых-вредителей в значительной мере (более 25 %) представлена дальневосточными суббореальными лесными видами. Характерна высокая плотность клопов (*Adelphocoris lineolatus*, *Coptosoma biguttulum*, *Palomena viridissima*), жуков (*Holotrichia diomphalia*, *Henosepilachna vigintioctomaculata*, *Monolepta quadriguttata*, *Medythia nigrobilineata*, *Atrachya menetriesi*), а также мигрирующих чешуекрылых (*Vanessa cardui*, *Colias erate*).

Кластер III объединяет поля, расположенные в поймах крупных рек. Значительная часть полей расположена в пограничной зоне различных районов области. Прилегающая растительность представлена высокотравными умеренными лесами, злаково-разнотравными лугами и небольшими фрагментами остепненных лугов на сухих колках. Почвы аллювиальные, хорошо дренированные и увлажненные. Для данной территории характерна очень высокая плотность почвенных вредителей, связанных с рыхлыми грунтами: *Gryllotalpa*

orientalis, *Rivellia sphenisca*, а также видов, специфичных для открытых пространств (луговые и степные), в том числе подгрызающие совки (*Heliothis adaeucta*, *Xestia c-nigrum*) и тли (*Aphis craccivora*, *Acyrtosiphon pisum*). На отдельных полях плотность личинок медведки превышала 500 экз./м². Плотность личинок пластинчатых жуков в аллювиальных почвах составляла в пределах 70–90 особей на квадратный метр. Также отмечена высокая плотность чешуекрылых (*Mamestra pisi*, *Eupsilia transversa*) при относительно низкой плотности жуков-листоедов и прямокрылых.

Для проверки результатов, полученных при сравнении районов Амурской области по составу фаун вредителей сои, проведен факторный анализ. По результатам расчетов построен граф (рис. 7).

Группировка районов по кластерам в целом подтверждает первоначальные данные, однако кластер II представлен менее плотной группой, причем подкластеры IIб и IIв могут быть объединены в общий подкластер, который объединяет районы с неморальной растительностью и фаунами, представленными в основ-

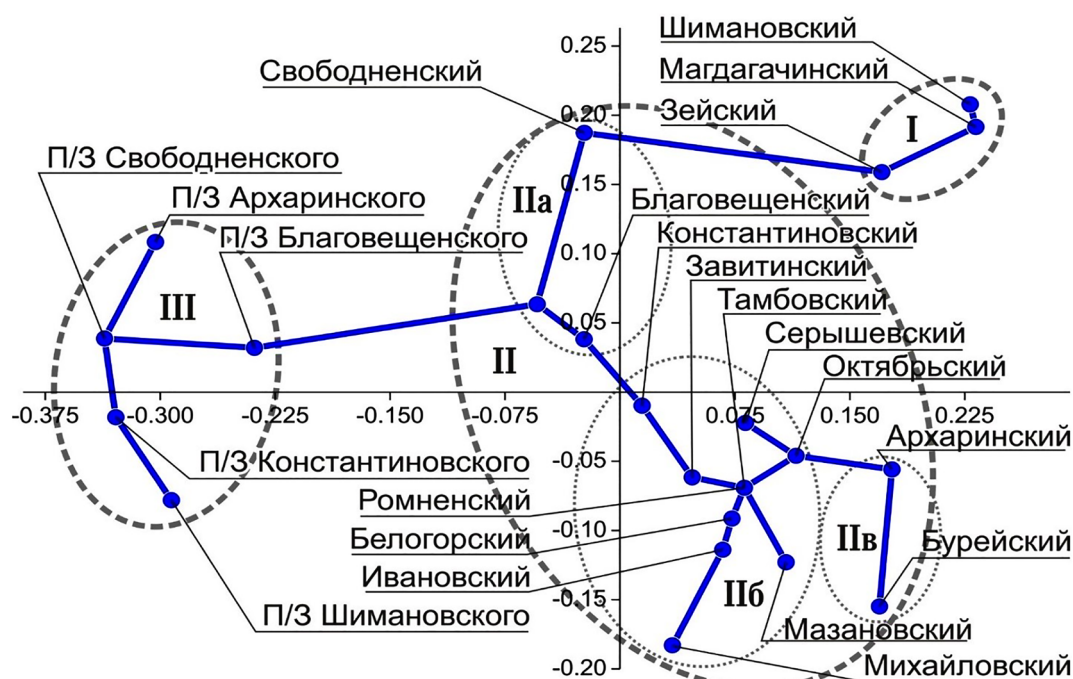


Рисунок 7 – Сходство районов Амурской области по составу фаун насекомых – вредителей сои. Граф факторной модели по методу Дж. Имбри и Н. Кипп

Figure 7 – Similarity of Amur region districts according species composition of soybean pests. Factor model graph using the J. Imbrie and N. Kipp method

ном температурными или суббореальными видами насекомых, значительная часть которых относится к дальневосточной широтной ареалогической группе. Разница между подкластерами IIб и IIв заключается в небольшой группе чисто лесных видов, которые богато представлены в южных, хорошо облесенных районах и практически не встречаются на открытых пространствах Зейско-Буреинской равнины. Графически выделенные сообщества показаны на рисунке 8.

При этом лугово-пойменный комплекс проникает на север узкими включениями по долинам рек Зeya, Бурей и Селемджа. Ксерофильный комплекс, кроме Благовещенского и Свободненского районов, отмечен в Белогорском и Серышевском районах, в долине р. Томь, где занимает песчаные бровки в пойме реки, прирусловой вал и подошвы прилегающих к пойме сопок. Бореальная флора по водоразделу рек Амур и Зeya спускается до северной части Свободненского района, по хребту Турана отдельные участки достигают северных частей Завитинского и Бурейского районов, а в Архаринском районе подходят на 1,0–1,5 км к соевым

посевам в районе сел Грибовка и Черноберезовка. На перечисленных территориях хозяйственная деятельность в настоящее время не ведется, указанные растительные сообщества имеют весьма непродолжительную границу соприкосновения с соевыми посевами и, как следствие, не оказывают значимого влияния на фауну насекомых-вредителей. Их значение может раскрыться только при дальнейшем освоении земель и расширении посевных площадей.

Закключение. Насекомые-вредители обнаруживают высокую экологическую избирательность и приуроченность к местообитаниям. Состав дикой растительности, рельеф и почва имеют для насекомых большее значение, чем локальные погодноклиматические условия. Виды, связанные с пойменными умеренными лесами и лугами, проявляют черты интразональности и проникают от юго-восточной границы области далеко на север, вплоть до северной границы возделывания сои. В то же время виды, связанные с бореальными лесами, не встречаются в соевых агроценозах южнее Шимановского района.

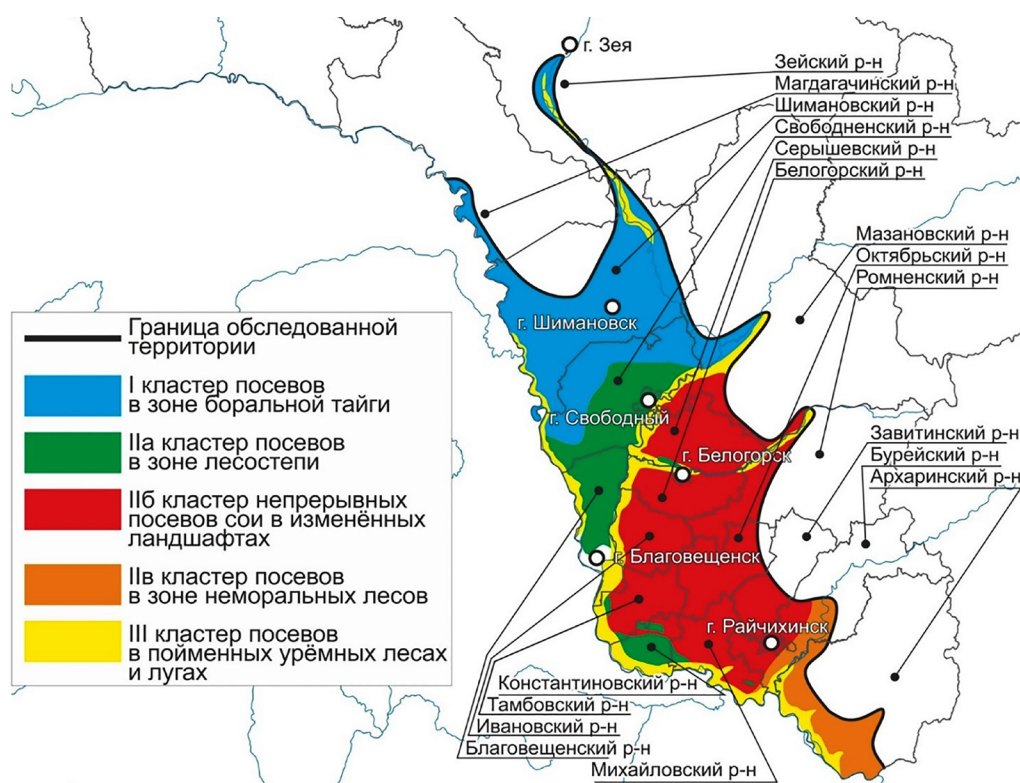


Рисунок 8 – Карта-схема сообществ насекомых-вредителей сои в Амурской области
Figure 8 – Schematic map of soybean insect pest communities in Amur region

Максимальные риски возделывания сои отмечаются в поймах крупных рек. Легкие, рыхлые и хорошо увлажненные почвы являются подходящим местообитанием для корневых вредителей. Кроме медведки (*Gryllotalpa orientalis*) и корневых минёров (*Rivellia sphenisca*), это также большое количество почвенных полифагов и неспециализированных филлофагов-хортобионтов из отряда прямокрылых (*Phaneroptera falcata*, *Oecanthus longicauda*). Поскольку борьба с почвенными вредителями затратна и малоэффективна, приемлемый результат дает усиленная подкормка растений сои.

В районах основной зоны соеосаждения наблюдаются вспышки размножения всех видов вредителей сои, как специализированных, так и полифагов. Депрессии одних видов компенсируются массовым размножением других, вследствие чего каждый год нагрузка вредителей остается стабильно выше нормы.

Для контроля численности листогрызущих вредителей следует применять инсектициды, предпочитая препараты пиретроидной группы, которые имеют пролонгированное действие, при этом слаботоксичны для позвоночных и раз-

рушаются в почве. Применение инсектицидов на основе альфа-циперметрина (Борей-Нео, Беретта МД и др.) в соеосажающих хозяйствах показало их высокую эффективность – плотность листогрызущих вредителей при однократном внесении по результатам производственной проверки понизилась в среднем на 28 %. Наиболее благоприятное время применения инсектицидов – с начала второй по середину третьей декады июля, когда происходит массовый выход вредителей-филлофагов. Точную дату внесения следует определять в зависимости от локальных условий появления имаго вредителей.

Кроме внесения химических средств защиты растений, следует также уничтожать дикую бобовую растительность на межах и по периметру полей, проводить осеннюю отвальную вспашку.

Посевы сои в северных районах менее подвержены риску массового размножения насекомых-вредителей. Тем не менее необходимо проводить мониторинг их численности, так как мобильность насекомых в отдельные, наиболее теплые годы может способствовать проникновению специализированных вредителей в северные районы области.

Список источников

1. Зубарева К. Ю. Соя в России // Вестник сельского развития и социальной политики. 2020. № 4 (28). С. 23–25. EDN LBIGYD.
2. Кузьмин А. А., Анисимов Н. С. Анализ эффективности методов мониторинга энтомофауны в соевых агроценозах Амурской области // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2018. № 3 (199). С. 108–113. EDN YSDXNJ.
3. Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. Т. 1. Первичнобескрылые, древнекрылые, с неполным превращением / под ред. П. А. Лера. Ленинград : Наука, 1988. 452 с.
4. Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. Т. 2. Равнокрылые и полужесткокрылые / под ред. П. А. Лера. Ленинград : Наука, 1988. 972 с.
5. Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. Т. 3. Жесткокрылые, или жуки. Ч. 1. / под ред. П. А. Лера. Ленинград : Наука, 1989. 572 с.
6. Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. Т. 3. Жесткокрылые, или жуки. Ч. 2. / под ред. П. А. Лера. СПб. : Наука, 1992. 704 с.
7. Определитель насекомых Дальнего Востока России. Т. 4. Двукрылые и блохи. Ч. 2. / под ред. П. А. Лера. Владивосток : Дальнаука, 2001. 641 с.
8. Löbl I., Smetana A. Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Vol. 3. Scarabaeoidea, Scirtoidea, Dascilloidea, Buprestoidea, Byrrhoidea. Stenstrup : Apollo Books, 2006. 690 p.
9. Мащенко Н. В. Фитосанитарный мониторинг сои (ботаническая характеристика, фенология сои, зональное размещение посевов, каталог вредных членистоногих). Благовещенск : ПКИ Зей, 2008. 191 с. ISBN 978-5-903015-31-3.

10. Сергеев М. Е., Стороженко С. Ю. К фауне прямокрылых насекомых (Orthoptera) Сихотэ-Алинского заповедника // Амурский зоологический журнал. 2015. Т. 7. № 3. С. 220–222. <https://doi.org/10.33910/1999-4079-2015-7-3-220-222>. EDN VPECSJ.
11. Аникин В. В., Барышникова С. В., Беляев Е. А., Дубатолов В. В., Ефетов К. А., Золотухин В. В. [и др.]. Аннотированный каталог насекомых Дальнего Востока России. Т. 2. Lepidoptera – Чешуекрылые. Владивосток : Дальнаука, 2016. 812 с. EDN WQUNDZ.
12. Городков К. Б. Типы ареалов насекомых тундры и лесных зон европейской части СССР // Ареалы насекомых европейской части СССР. Ленинград : Наука, 1984. С. 3–20.
13. Hammer O., Harper D. A. T., Ryan P. D. Paleontological statistics (version 3.26), 2014. 78 p.
14. Imbrie J., Kipp N. G. A new micropaleontological method for quantitative paleoclimatology: Application to a late Pleistocene Caribbean core // The Late Cenozoic Glacial Ages. New Haven : Yale University Press, 1971. P. 71–181.
15. Анисимов Н. С. Проблема оценки вредоносности отдельных видов насекомых соевых агроценозов Амурской области // Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова. 2019. № 30. С. 223–228. doi: 10.25221/kurentzov.30.21. EDN CEZOQT.

References

1. Zubareva K. Yu. Soybean in Russia. *Vestnik sel'skogo razvitiya i social'noj politiki*, 2020;4(28):23–25. EDN LBIGYD (in Russ.).
2. Kuzmin A. A., Anisimov N. S. Analysis of the efficiency of monitoring methods of entomofauna in soybean agrocoenosis of the Amur region. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk*, 2018;3(199):108–113. EDN YSDXNJ (in Russ.).
3. Ler P. A. (Eds.). *Definer of insects of the Far East of the USSR. Vol. 1. Primary wingless, ancient winged, incompletely transformed*, Leningrad, Nauka, 1988, 452 p. (in Russ.).
4. Ler P. A. (Eds.). *Definer of insects of the Far East of the USSR. Vol. 2. Equal-winged and semi-rigid wings*, Leningrad, Nauka, 1988, 972 p. (in Russ.).
5. Ler P. A. (Eds.). *Definer of insects of the Far East of the USSR. Vol. 3. Hardwings, or beetles. Pt. 1*, Leningrad, Nauka, 1989, 572 p. (in Russ.).
6. Ler P. A. (Eds.). *Definer of insects of the Far East of the USSR. Vol. 3. Hardwings, or beetles. Pt. 2*, St. Petersburg, Nauka, 1992, 704 p. (in Russ.).
7. Ler P. A. (Eds.). *Definer of insects of the Far East of the USSR. Vol. 4. Two-wings and fleas. Pt. 2*, Vladivostok, Dal'nauka, 2001, 641 p. (in Russ.).
8. Löbl I., Smetana A. Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Vol. 3. Scarabaeoidea, Scirtoidea, Dascilloidea, Buprestoidea, Byrrhoidea, Stenstrup, Apollo Books, 2006, 690 p.
9. Mashchenko N. V. *Phytosanitary monitoring of soybean (botanical characteristics, soybean phenology, zonal placement of crops, catalog of harmful arthropods)*, Blagoveshchensk, PKI Zeya, 2008, 191 p. (in Russ.).
10. Sergeev M. E., Storozhenko S. Yu. To the fauna of direct-winged insects (Orthoptera) of the Sikhote-Alin Reserve. *Amurskiy zoologicheskij zhurnal*, 2015;7;3:220–222. <https://doi.org/10.33910/1999-4079-2015-7-3-220-222>. EDN VPECSJ (in Russ.).
11. Anikin V. V., Baryshnikova S. V., Belyaev E. A., Dubatolov V. V., Efetov K. A., Zolotukhin V. V. [et al.]. *Annotated catalog of insects of the Russian Far East. Vol. 2. Lepidoptera*, Vladivostok, Dal'nauka, 2016, 812 p. (in Russ.). EDN WQUNDZ.
12. Gorodkov K. B. Types of insect habitats of tundra and forest zones of the European part of the USSR. In.: *Arealny nasekomykh evropeyskoy chasti SSSR*, Leningrad, Nauka, 1984, P. 3–20 (in Russ.).
13. Hammer O., Harper D. A. T., Ryan P. D. Paleontological statistics (version 3.26), 2014, 78 p.

14. Imbrie J., Kipp N. G. A new micropaleontological method for quantitative paleoclimatology: Application to a late Pleistocene Caribbean core. In.: The Late Cenozoic Glacial Ages, New Haven, Yale University Press, 1971, P. 71–181.

15. Anisimov N. S. The problem of assessing the harmfulness of certain insect species in soybean agrocenoses of the Amur region. *Chteniya pamyati Alekseye Ivanovicha Kurentsova*, 2019;30:223–228. doi: 10.25221/kurentzov.30.21. EDN CEZOQT (in Russ.).

© Кузьмин А. А., Анисимов Н. С., 2024

Статья поступила в редакцию 05.04.2024; одобрена после рецензирования 08.05.2024; принята к публикации 21.05.2024.

The article was submitted 05.04.2024; approved after reviewing 08.05.2024; accepted for publication 21.05.2024.

Информация об авторах

Кузьмин Александр Александрович, старший научный сотрудник, лаборатория земледелия, агрохимии и защиты растений, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0003-2228-2451, SCOPUS: 57220651019, Author ID: 818979, bianor@yandex.ru;

Анисимов Николай Станиславович, научный сотрудник, лаборатория земледелия, агрохимии и защиты растений, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0001-7356-7938, SCOPUS: 57193749718, Author ID: 661044, havamall@mail.ru

Information about the authors

Alexander A. Kuzmin, Senior Researcher, Laboratory of Agriculture, Agrochemistry and Plant Protection, All-Russian Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0003-2228-2451, SCOPUS: 57220651019, Author ID: 818979, bianor@yandex.ru;

Nikolay S. Anisimov, Researcher, Laboratory of Agriculture, Agrochemistry and Plant Protection, All-Russian Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0001-7356-7938, SCOPUS: 57193749718, Author ID: 661044, havamall@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья

УДК 635.11

EDN XEZLFI

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-55-63>

Межсортовые различия хозяйственно ценных признаков и биохимических показателей свеклы столовой

Антонина Павловна Пакусина¹, Юлия Васильевна Оборская²,
Николай Андреевич Сакара³, Юрий Григорьевич Михеев⁴,
Татьяна Павловна Платонова⁵

^{1,2} Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

^{3,4} Приморская овощная опытная станция – филиал Федерального научного центра
овощеводства, Приморский край, Суражевка, Россия

⁵ Амурский государственный университет, Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ pakusina.a@yandex.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследований хозяйственно ценных признаков и биохимических показателей сортов и гибридов свеклы отечественной и зарубежной селекции в условиях юга Амурской области. Всхожесть семян сортов и гибридов свеклы столовой составила от 80 до 88 %. Высокую полевую всхожесть семян (88 %) показала свекла сорта Приморская 4. Сорт Успех обладал более низкой товарностью (83,9 %) по сравнению с другими сортами, но отличался высокой средней массой корнеплода, составившей 294,7 г. Свекла сорта Валента имела низкую среднюю массу корнеплода – 168 г. Урожайность свеклы варьировала от 30,0 т/га (сорт Детройт) до 44,3 т/га (Пабло F1). Максимальная урожайность сформирована у свеклы сортов Приморская 4 (37,9 т/га), товарность 89,4 %; Цилиндра (40,0 т/га), товарность 90,2 %; Пабло (44,3 т/га), товарность 91,7 %. Высокая органолептическая оценка дана отечественным сортам Приморская 4 и Успех. Наиболее пригодным сортом для уборки комбайном является сорт Приморская 4, с прямостоячим расположением листьев на головке корнеплода. По содержанию сахаров лидировал также этот сорт. Содержание аскорбиновой кислоты в корнеплодах свеклы колебалось от 6,53 мг/100 г (сорт Успех) до 10,90 мг/100 г (сорт Детройт), сухого вещества – от 14,39 % (Пабло F1) до 21,75 % (Успех). Наивысший уровень накопления красящих веществ (бетаксантинов и бетацианинов) в корнеплодах свеклы отмечен у сортов Успех, Валента.

Ключевые слова: свекла столовая, корнеплод, урожайность, витамин С, сахар

Для цитирования: Пакусина А. П., Оборская Ю. В., Сакара Н. А., Михеев Ю. Г., Платонова Т. П. Межсортовые различия хозяйственно ценных признаков и биохимических показателей свеклы столовой // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 2. С. 55–63. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-55-63>.

Original article

Intervarietal differences in economically valuable traits and biochemical parameters of red beets

Antonina P. Pakusina¹, Yuliya V. Oborskaya², Nikolay A. Sakara³,
Yurii G. Mikheev⁴, Tatiana P. Platonova⁵

^{1,2} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russian Federation

^{3,4} Primorskaya Vegetable Experimental Station – branch of the Federal Scientific Vegetable

Center, Primorsky krai, Surazhevka, Russian Federation

⁵ Amur State University, Amur region, Blagoveshchensk, Russian Federation

¹ pakusina.a@yandex.ru

Abstract. This article presents the results of studies of economically valuable traits and biochemical indicators of beetroot varieties and hybrids of domestic and foreign breeding in the conditions of south of Amur region. The germination of seeds of varieties and hybrids of beetroot ranged from 80% to 88%. The high field germination of seeds (88%) was shown by the beets of Primorskaya 4 variety. The Uspekh variety had lower marketability (83.9%) compared to other varieties, but was distinguished by a high average weight of root crop (294.7 g). The beet variety Valenta had a low average root weight of 168 g. The yield of beet varied from 30.0 t/ha (Detroit variety) to 44.3 t/ha (Pablo F1 variety). The maximum yield was formed in beet varieties Primorskaya 4 (37.9 t/ha), marketability 89.4%; Tsilindra (40.0 t/ha), marketability 90.2%; Pablo (44.3 t/ha), marketability 91.7%. A high organoleptic rating was given to the domestic varieties Primorskaya 4 and Uspekh. The most suitable variety for harvesting by a combine harvester was Primorskaya 4 variety, with an erect arrangement of leaves on the head of root crop. In terms of sugar content, this variety was also in the lead. The content of ascorbic acid in beet roots ranged from 6.53 mg/100 g (Uspekh variety) to 10.90 mg/100 g (Detroit variety), dry matter – from 14.39% (Pablo F1 variety) to 21.75% (Uspekh variety). The highest level of accumulation of coloring substances (betaxanthins and betacyanins) in beet root crops was noted for varieties Uspekh, Valenta.

Keywords: beetroot, root crop, yield, vitamin C, sugar

For citation: Pakusina A. P., Oborskaya Yu. V., Sakara N. A., Mikheev Yu. G., Platonova T. P. Intervarietal differences in economically valuable traits and biochemical parameters of red beets. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;2:55–63. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-55-63>.

Введение. Овощные культуры имеют огромное значение для рационального питания человека. В состав корнеплодов и листьев свеклы входят клетчатка, растительный белок, биологически активные вещества, макро- и микроэлементы. Выявлены противовоспалительные, антибактериальные и другие полезные свойства свеклы. Ее используют для производства продуктов питания специального назначения [1].

В соответствии с приказом Министерства здравоохранения РФ от 19.08.2016 № 614 «Об установлении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевой продукции, отвечающим требованиям здорового питания», человеку рекомендуется потреблять в пищу примерно 18 кг свеклы в год.

Как правило, многие исследования посвящены селекционной работе по созданию качественно новых сортов свеклы; проводится экологическое испытание сортов свеклы столовой в различных регионах РФ [2]. Активно изучаются хо-

зяйственно-биологические показатели овощных культур [3, 4]. На Дальнем Востоке России успешно решается проблема самообеспечения овощами населения на основе внедрения результатов научных исследований по овощеводству [5].

Изучение биохимических показателей овощной продукции имеет принципиальное значение в селекционной работе и актуально в связи со здоровым питанием.

Целью исследований явилось изучение особенностей хозяйственно ценных признаков и биохимического состава среднеспелых сортов и гибридов свеклы столовой российской и зарубежной селекции в условиях южной сельскохозяйственной зоны Амурской области.

Методика и объект исследования. Изучали пять среднеспелых сортов и один гибрид свеклы столовой, выращенной в грунте в КФХ Корнеев А. П. (с. Каникурган Благовещенского района Амурской области). Оригинаторами сортов Успех и Цилиндра является Федеральный научный центр овощеводства;

сорта Детройт – ООО «Агрофирма Поиск», ЗАО «Компания Ланс», ООО «Гетерозисная селекция»; сорта Валента – Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, АО «Сортсемовощ»; гибрида Пабло F1 – Bejo Zaden.

Сорта и гибриды внесены в Государственный реестр в 1990-е гг., за исключением сортов Успех (2006 г.) и Приморская 4 (2015 г.). Для Дальневосточного региона из изучаемых образцов свеклы рекомендованы пять сортов (исключение составляет сорт Валента) [6].

Сорта свеклы Успех и Приморская 4 являются результатом многолетней работы ученого-селекционера Ю. Г. Михеева [7]. Свекла сортов Детройт и Цилиндра рекомендована для садово-огородных участков, приусадебных и мелких фермерских хозяйств; другие сорта – для товарного производства и могут быть использованы в кулинарии и для зимнего хранения.

Титруемую кислотность определяли путем титрования водной вытяжки гидроксидом натрия в присутствии тимолфталейна. Аскорбиновую кислоту экстрагировали раствором соляной и щавелевой кислотой и титровали йодатом калия в присутствии крахмала. Зольность свеклы и сухие вещества определяли термогравиметрическим методом. Красящие вещества устанавливали на спектрофотометре: при длине волны 535 нм – бетанин и при длине волны 480 нм – бетаксантин.

Площадь опыта для свеклы составила 0,072 га. Повторность трехкратная. Полевой опыт был заложен по методике Б. А. Доспехова [8]. Учеты и наблюдения в опыте проводили по общепринятым методикам для овощных культур. Использовали принятую для Амурской области агротехнику [9].

Семена свеклы сеяли 6 июня 2022 г. гребневым способом с шириной междурядий 75 см, двухстрочным способом (через 9 см) с глубиной посева 2,5–3 см, расстояние между семенами 7 см. В период вегетации выполняли междурядные обработки, борьбу с сорняками и вредителями, полив всходов свеклы (рис. 1). Сбор свеклы проводили 20 сентября 2022 г.

Условия произрастания характеризовались выше многолетней температурой воздуха в первой и второй декадах апреля, что способствовало быстрому прогреванию почвы, своевременному проведению поверхностных обработок и посадке (сеvu) ранних культур.

В мае температура воздуха была ниже среднемноголетней на 0,5 °С, в августе – на 0,2 °С. Вторая половина июня и июля оказалась теплее на 1,6–2,1 °С.

Сумма осадков распределялась неравномерно. В третьей декаде мая их выпало больше нормы на 37 мм, что затрудняло посев свеклы. В третьей декаде июня превышение среднемноголетних данных по осадкам составило 15 мм, в первой декаде августа – 29 мм; затопления посевов



Рисунок 1 – Уход за растениями (рыхление междурядий свеклы)
Figure 1 – Plant care (loosening beetroot rows)

не наблюдалось. Переувлажнение почвы отмечено на переуплотненных участках. За период вегетации (с апреля по сентябрь) выпало 435 мм, что на 56 мм меньше среднегодового показателя [10].

Результаты исследования и их обсуждение. Всходы свеклы стабилизировались на 12-й день после посева. При этом всхожесть семян свеклы столовой достигала от 80 % (сорт Детройт) до 88 % (сорт Приморская 4). В зависимости от сортовых особенностей у сортов и гибридов свеклы отмечены изменения в количестве листьев, высоте ботвы и массе листьев (табл. 1, рис. 2).

Количество листьев свеклы столовой изменялось от 5 шт. (сорт Валента) до

9 шт. (сорт Приморская 4). Разница в линейном росте ботвы составила от 17,7 см (Пабло F1) до 24,3 см (сорт Валента).

Прямостоячая и компактная листовая розетка, которая сохраняется до конца вегетации свеклы, определяет ее технологические качества. Наиболее пригодным для уборки комбайном отмечен сорт Приморская 4: расположение листьев на головке корнеплода данного сорта прямостоячее, высота 19,7 см.

Изучаемые сорта и гибриды свеклы имели корнеплоды овально-округлой формы с индексом корнеплода от 0,7 (сорт Приморская 4) до 1,1 (сорт Успех). У сорта Цилиндра корнеплоды были цилиндрической формы с индексом корнеплода

Таблица 1 – Степень развития вегетативной массы в свекле столовой

Table 1 – Degree of vegetative mass development in red beets

| Наименование сорта, гибрида | Количество листьев, шт. | Высота ботвы, см |
|-----------------------------|-------------------------|------------------|
| Успех | 8,2 | 21,5 |
| Детройт | 5,4 | 18,5 |
| Приморская 4 | 9,0 | 19,7 |
| Цилиндра | 6,0 | 19,3 |
| Валента | 5,0 | 24,3 |
| Пабло F1 | 6,7 | 17,7 |



Рисунок 2 – Нарастание листовой массы у растений свеклы столовой

Figure 2 – Growth of leaf mass in red beet plants

3,0 (табл. 2). Корнеплоды цилиндрической формы легко извлекались из почвы, но они были неравномерно заглублены. Также растения имели значительное отклонение от осевой линии ряда.

Масса товарной части корнеплода была в пределах от 168,5 г (сорт Валента) до 294,7 г (сорт Успех). Свекла сорта Успех имела низкую товарность (83,9 %) по сравнению с другими сортами, однако отличалась высокой средней массой корнеплода (294,7 г). Свекла сорта Валента имела низкую среднюю массу корнеплода (168 г).

Урожайность свеклы столовой варьировала от 30,0 т/га (сорт Детройт) до 44,3 т/га (Пабло F1). Максимальная урожайность сформирована у сортов Приморская 4 (37,9 т/га), товарность 89,4 %; Цилиндра (40,0 т/га), товарность 90,2 %; Пабло (44,3 т/га), товарность 91,7%.

Среднее значение сахаров в исследуемых сортах составило $11,5 \pm 0,9$ %, вариативность по сортам – 21,0 %. Содержание сахаров варьировало от 9,5 % (сорт Валента) до 15,1 % (сорт Приморская 4) (рис. 3).

В корнеплодах свеклы содержатся такие органические кислоты, как яблочная, щавелевая, лимонная, молочная, винная. Среднее значение титруемой кислотности в пересчете на яблочную кислоту составило $0,36 \pm 0,05$ %, вариативность по сортам – 29,3 %.

От соотношения содержания сахаров и кислотности зависит вкус овощей [11]. Корнеплоды сортов Приморская 4 и Успех имели оценку вкуса 5 баллов, у этих сортов оказалось наибольшее значение сахарокис-

лотного коэффициента (58,1 и 43,7 соответственно). Наименьший сахарокислотный коэффициент наблюдался у сорта Валента (16,1), что соответствовало оценке вкуса в три балла.

В исследуемых сортах свеклы высокое содержание витамина С. Наибольшее количество аскорбиновой кислоты отмечено для корнеплодов сорта Детройт (10,9 мг/100 г). При этом среднее содержание аскорбиновой кислоты в исследуемых сортах составило $8,12 \pm 0,74$ мг/100 г, вариативность – 22,0 %.

Среднее содержание сухого вещества установлено на уровне $17,62 \pm 1,46$ %; вариативность – 23,0 %. Зольность корнеплодов свеклы столовой в среднем составила $0,90 \pm 0,08$ %; вариативность по сортам – 22,7 %.

Корнеплоды свеклы содержат красящие вещества: бетацианины, отвечающие за красную окраску; и бетаксантины, которые имеют желтую окраску. Суммарное содержание бетацианинов определяли в пересчете на бетанин. На накопление бетанина в корнеплодах свеклы столовой оказывают влияние агроклиматические условия выращивания, сортовые особенности; при этом поражение корнеплодов вредителями или болезнями может остановить аккумуляцию бетанина [12]. Бетацианины обладают антиоксидантными свойствами, препятствуют возникновению злокачественных опухолей [13].

Наивысший уровень накопления красящих веществ (бетаксантинов и бетанинов) в корнеплодах свеклы отмечен для сортов Успех и Валента (рис. 4).

Таблица 2 – Хозяйственно ценные признаки корнеплодов свеклы

Table 2 – Economic valuable features of beet root crops

| Наименование сорта, гибрида | Длина, см | Ширина, см | Индекс корнеплода | Средняя масса товарного корнеплода, г | Товарность, % | Урожайность, т/га |
|-----------------------------|-----------|------------|-------------------|---------------------------------------|---------------|-------------------|
| Успех | 8,7 | 7,9 | 1,1 | 294,7 | 83,9 | 34,3 |
| Детройт | 6,4 | 7,1 | 0,9 | 190,3 | 88,9 | 30,0 |
| Приморская 4 | 5,0 | 6,8 | 0,7 | 221,6 | 89,4 | 37,9 |
| Цилиндра | 15,1 | 5,0 | 3,0 | 244,5 | 90,2 | 40,0 |
| Валента | 5,4 | 6,5 | 0,8 | 168,5 | 86,0 | 33,6 |
| Пабло F1 | 7,5 | 7,3 | 1,0 | 198,7 | 91,7 | 44,3 |
| НСР ₀₅ | | | | | | 5,7 |



Рисунок 3 – Содержание сахаров, витамина С, сухого вещества и кислотность, титруемая в пересчете на яблочную кислоту, в корнеплодах свеклы столовой, %

Figure 3 – Content of sugars, vitamin C, dry matter and acidity titrated in terms of malic acid of red beet roots, %



Рисунок 4 – Содержание бетаксантинов и бетанинов в корнеплодах свеклы, мг/100 г

Figure 4 – Content of betaxanthins and betanins in beetroots, mg/100 g

Заключение. На основании изучения хозяйственно ценных признаков и биохимических показателей шести сортов и гибридов свеклы столовой отечественной и зарубежной селекции в условиях южной зоны Амурской области, можно сделать следующие выводы:

1. Максимальная урожайность сформирована у сортов Приморская 4 (37,9 т/га), товарность 89,4 %; Цилиндра (40,0 т/га), товарность 90,2 %; Пабло F1 (44,3 т/га), товарность 91,7 %.

2. Наиболее пригодным для уборки комбайном является сорт Приморская 4,

с прямостоячим расположением листьев на головке корнеплода.

3. Высокая органолептическая оценка была дана отечественным сортам Приморская 4 и Успех.

4. Содержание аскорбиновой кислоты в корнеплодах свеклы столовой варьировало от 6,53 мг/100 г (сорт Успех) до 10,90 мг/100 г (сорт Детройт). Зольность корнеплодов в среднем составила $0,90 \pm 0,08$ %; содержание сухого вещества – $17,62 \pm 1,46$ %. Наивысший уровень накопления красящих веществ в корнеплодах отмечен для сортов Успех, Валента.

Список источников

1. Nadezhkin S. M., Tereshonok V. I., Molchanova A. V., Makarova M. Yu., Stepanov V. A. Assessing the processability of Russian varieties and hybrids of root crops // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Omsk, 2021. No. 624. P. 012156. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012156. EDN HYJSWF.
2. Ветрова С. А., Степанов В. А., Заячковский В. А. Экологическое испытание сортов свеклы столовой селекции ФГБНУ ФНЦО // Овощи России. 2023. № 1. С. 60–68. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-1-60-68>. EDN SIJRNH.
3. Тимакова Л. Н., Коломиец М. А., Корнев А. В. Поиск, выделение и создание исходного материала для улучшения качества свеклы столовой // Картофель и овощи. 2023. № 5. С. 37–40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.60.82.006>. EDN INPUNA.
4. Сакара Н. А., Леунов В. И., Тарасова Т. А., Николаев В. А. Столовая свекла в овощекартофельных севооборотах на юге Дальнего Востока России // Картофель и овощи. 2021. № 4. С. 17–21. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.48.98.002>. EDN SSKXEA.
5. Сакара Н. А., Солдатенко А. В., Пивоваров В. Ф., Сухомиров Г. И., Тарасова Т. А., Ознобихин В. И. Основные проблемы дальневосточного овощеводства // Овощи России. 2020. № 6. С. 3–9. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-3-9>. EDN VDWOQQ.
6. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сорта растений // Госсортокмиссия. URL: <https://gossortrf.ru/publication/reestry.php> (дата обращения: 06.06.2023).
7. Михеев Ю. Г. Селекция семеноводства столовых корнеплодов (морковь, свекла, редька) в условиях муссонного климата юга Дальнего Востока России : автореферат дис. ... докт. с.-х. наук. Артем, 2015. 22 с. EDN ZPWBUL.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с. EDN ZJQBUD.
9. Система земледелия Амурской области : производственно-практический справочник / под ред. П. В. Тихончука. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2016. 570 с. doi: 10.22450/9785964202769. EDN XRDEZF.
10. Погода и климат: справочно-информационный портал. Архив // Погода и климат. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/archive.php> (дата обращения: 20.01.2024).
11. Пакушина А. П., Тимошенко Э. В., Платонова Т. П. Биохимические особенности сортов и гибридов моркови в условиях Приамурья // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Т. 17. № 3. С. 36–42. EDN WDMGLM.
12. Sokolova D. V., Shvachko N. A., Mikhailova A. S., Popov V. S. Betalain content and morphological characteristics of table beet accessions: their interplay with abiotic factors // Agronomy. 2022. Vol. 12. No. 5. P. 1033. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051033>.
13. Henriette M. C. Betalains: properties, sources, applications, and stability – A review // International Journal of Food Science and Technology. 2009. Vol. 44. No. 12. P. 2365–2376. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01668.x>.

References

1. Nadezhkin S. M., Tereshonok V. I., Molchanova A. V., Makarova M. Yu., Stepanov V. A. Assessing the processability of Russian varieties and hybrids of root crops. Proceedings from IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. (PP. 012156), Omsk, 2021; 624. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012156. EDN HYJSWF.
2. Vetrova S. A., Stepanov V. A., Zayachkovskiy V. A. Ecological testing of varieties beetroot selection of Federal Scientific Center of Vegetable Growing. *Ovoshchi Rossii*, 2023; 1: 60–68. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-1-60-68>. EDN SIJRNH (in Russ.).
3. Timakova L. N., Kolomiets M. A., Kornev A. V. Search, selection and creation of source material to improve the quality for red beet. *Kartofel' i ovoshchi*, 2023; 5: 37–40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.60.82.006>. EDN INPUNA (in Russ.).

4. Sakara N. A., Leunov V. I., Tarasova T. A., Nikolaev V. A. The table beet in vegetable potato crop rotations in the south of the Far East of Russia. *Kartofel' i ovoshchi*, 2021;4:17–21. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.48.98.002>. EDN SSKXEA (in Russ.).
5. Sakara N. A., Soldatenko A. V., Pivovarov V. F., Sukhomirov G. I., Tarasova T. A., Oznobikhin V. I. Main problems of Far Eastern vegetable growing. *Ovoshchi Rossii*, 2020;6:3–9. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-3-9>. EDN VDWOQQ (in Russ.).
6. The State Register of Breeding Achievements Approved for Use. Volume 1. Plant varieties. *Gossortrf.ru* Retrieved from <https://gossortrf.ru/publication/reestry.php> (Accessed 6 June 2023) (in Russ.).
7. Mikheev Yu. G. Seed breeding of table root crops (carrots, beets, radishes) in the monsoon climate of the south of the Russian Far East. *Extended abstract of doctor's thesis*. Artem, 2015, 22 p. EDN ZPWBUL (in Russ.).
8. Dospekhov B. A. *Methodology of field experiment: with basics of statistical processing of research results*, Moscow, Agropromizdat, 1985, 351 p. EDN ZJQBUD (in Russ.).
9. Tikhonchuk P. V. (Eds.). *The system of agriculture of the Amur region: production and practical guide*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2016, 570 p. doi: 10.22450/9785964202769. EDN XRDEZF (in Russ.).
10. Weather and climate: reference and information portal. Archive. *Pogodaiklimat.ru*. Retrieved from <http://www.pogodaiklimat.ru/archive.php> (Accessed 20 January 2024) (in Russ.).
11. Pakusina A. P., Timoshenko E. V., Platonova T. P. Biochemical features of carrot varieties and hybrids in the conditions of Priamurye. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*, 2023;3(17):36–42. EDN WDMGLM (in Russ.).
12. Sokolova D. V., Shvachko N. A., Mikhailova A. S., Popov V. S. Betalain content and morphological characteristics of table beet accessions: their interplay with abiotic factors. *Agronomy*, 2022;12;5:1033. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051033>.
13. Henriette M. C. Betalains: properties, sources, applications, and stability – A review. *International Journal of Food Science and Technology*, 2009;44;12:2365–2376. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01668.x>.

© Пакулина А. П., Оборская Ю. В., Сакара Н. А., Михеев Ю. Г., Платонова Т. П., 2024

Статья поступила в редакцию 27.02.2024; одобрена после рецензирования 10.04.2024; принята к публикации 07.05.2024.

The article was submitted 27.02.2024; approved after reviewing 10.04.2024; accepted for publication 07.05.2024.

Информация об авторах

Пакулина Антонина Павловна, доктор химических наук, профессор кафедры экологии, почвоведения и агрохимии, Дальневосточный государственный аграрный университет, pakusina.a@yandex.ru;

Оборская Юлия Васильевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры общего земледелия и растениеводства, Дальневосточный государственный аграрный университет;

Сакара Николай Андреевич, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе, Приморская овощная опытная станция – филиал Федерального научного центра овощеводства;

Михеев Юрий Григорьевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, Приморская овощная опытная станция – филиал Федерального научного центра овощеводства;

Платонова Татьяна Павловна, кандидат химических наук, доцент кафедры химии и химической технологии, Амурский государственный университет

Information about the authors

Antonina P. Pakusina, Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Ecology, Soil Science and Agrochemistry, Far Eastern State Agrarian University, pakusina.a@yandex.ru;

Yuliya V. Oborskaya, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of General Agriculture and Crop Production, Far Eastern State Agrarian University;

Nikolay A. Sakara, Candidate of Agricultural Sciences, Deputy Director for Scientific Work, Primorskaya Vegetable Experimental Station – branch of the Federal Scientific Vegetable Center;

Yurii G. Mikheev, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, Primorskaya Vegetable Experimental Station – branch of the Federal Scientific Vegetable Center;

Tatyana P. Platonova, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry and Chemical Technology, Amur State University

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья

УДК 635.655:631.53.048

EDN UWGUHN

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-64-73>

**Формирование семенной продуктивности сои
в зависимости от способа посева и нормы высева семян**

Сергей Васильевич Рафальский¹, Наталья Батрбековна Рафальская²

^{1,2} Всероссийский научно-исследовательский институт сои

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ rsv@vniisoi.ru, ² rnb0676@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты полевых исследований, проведенных в 2021–2023 гг. и направленных на создание рациональной пространственной структуры размещения растений в посевах сои за счет оптимального сочетания способа и нормы высева семян с целью повышения семенной продуктивности новых сортов для ускоренного сортосовершенствования и сортосмены. Полевые опыты осуществлялись на луговой черноземовидной почве опытного поля Всероссийского научно-исследовательского института сои в достаточно благоприятных для культуры метеорологических условиях. Схема опыта включала: рядовой с междурядьями 15 см и широкорядный с междурядьями 45 см посевами ультраскороспелого сорта сои Топаз с нормой высева 400 и 600 тыс. всхожих семян/га соответственно. Традиционный рядовой посев всхожих семян с нормой высева 400 тыс./га повышал урожайность сорта до 2,8 т/га, обеспечивая семенную продуктивность сои на уровне 2,3 т/га. Широкий рядовой посев с нормой высева, равной 600 тыс. всхожих семян/га, формируя урожайность более 3,0 т/га, способствовал семенной продуктивности посева, составляющей 2,42 т/га. В результате установлено, что сочетание указанных способов посева способствовало рациональному пространственному размещению растений в сортовом соевом агроценозе, которое при увеличении семенной продуктивности сорта на 18–27 %, обеспечивало повышение биопроductивности ценоза на 26 %.

Ключевые слова: соя, сорт, структура посева, способ посева, норма высева, семенная продуктивность

Для цитирования: Рафальский С. В., Рафальская Н. Б. Формирование семенной продуктивности сои в зависимости от способа посева и нормы высева семян // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 2. С. 64–73. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-64-73>.

Original article

**Formation of soybean seed productivity
depending on seeding method and rate**

Sergey V. Rafalskiy¹, Natalia B. Rafalskaya²

^{1,2} All-Russian Scientific Research Institute of Soybean

Amur region, Blagoveshchensk, Russian Federation

¹ rsv@vniisoi.ru, ² rnb0676@mail.ru

Abstract. The paper presents the results of field research, conducted in 2021–2023. The research was aimed at creating the efficient space structure of soybean while sowing. This structure was based on seeding method and rate. It has been done to increase the seed production of new varieties for accelerated variety renewal as well as for variety changing. The field experiments were conducted at alluvial chernozem-like soil on the experimental field of All-Russia Scientific Research Institute of Soybean with the fairly beneficial weather conditions for soybean. The

experiment scheme included row sowing with 15 cm row spacing and 45 wide-space sowing of Topaz variety. It was an ultra-early ripening variety with the seed rating from 400 to 600 thousand viable seeds per hectare, respectively. The traditional row sowing of viable seeds with the seed rating 400 thousand per hectare increased the variety crop production up to 2.8 t/ha proving the soybean seeds production at 2.3 t/ha. The wide-space sowing with the seed rating 600 thousand viable seeds per hectare produced the crop yield over 3t/ha promoting the soybean seed production at 2.42 t/ha. As the result, it has been detected that combination this seeding method induced the efficient space structure of plants within the soybean variety agrocenosis. While increasing the variety seed productivity up to 18–27%, the bioproductivity of cenosis was increased at 26%.

Keywords: soybean, variety, seeding structure, seeding method, seeding rate, seed productivity

For citation: Rafalskiy S. V., Rafalskaya N. B. Formation of soybean seed productivity depending on seeding method and rate. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;2:64–73. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-64-73>.

Введение. Эффективность соеводства прежде всего зависит от сортовой составляющей, которая включает результативное использование сельскохозяйственными товаропроизводителями высокопродуктивных и технологичных сортов. Основной задачей при создании таких сортов сои является существенное улучшение количественных и качественных хозяйственно полезных сортовых признаков. Наиболее полная реализация потенциальной продуктивности генотипа предполагает обязательное применение в технологии возделывания культуры агроприемов, максимально сопряженных с биологией культивируемого сорта.

Первостепенно значимым этапом изучения новых сортов и разработки приемов их возделывания с целью совершенствования технологии производства сои, учитывающей агроэкологические особенности генотипа, является оптимизация пространственного размещения семян при посеве в ценозе на фоне воздействия окружающих факторов внешней среды. Формирование рациональной пространственной структуры посева обеспечивается способом размещения семян (способом посева), который организует горизонтальное их распределение на площади питания. Норма высева семян обеспечивает необходимую насыщенность ими посева. Эти факторы непосредственно влияют как на индивидуальную продуктивность растений в ценозе, так и на устойчивость и продуктивность всего фитосообщества. В этой связи максимум потенциальной продуктивности культивируемые сорта реализуют только при создании оптимальных условий выращивания [1, 2].

Отдельные авторы утверждают, что изменение структуры соевого агроценоза создает возможность существенного повышения уровня его продуктивности за счет изменения внутренних конкурентных взаимоотношений [3]. По наблюдениям других, создание оптимальной пространственной структуры, формируемой в зависимости от сортовых особенностей культуры, обеспечивает необходимую для эффективной продуктивности фотосинтеза величину листовой поверхности растений сои [4].

По данным У. А. Десаева с соавторами, наряду с фотосинтетической деятельностью растений, симбиотическая азотфиксация сои, напрямую связанная с массой активных клубеньковых бактерий, зависит не только от сорта, но и от нормы и способа посева семян [5]. При этом параметры пространственной структуры размещения растений способны влиять на сохранность их к уборке, скорость и характер ростовых и формообразующих процессов и, в определенной степени, на продолжительность вегетационного периода сорта [6–13].

На основании анализа результатов проведенных полевых и лабораторных экспериментов, некоторые авторы отмечают увеличение урожайности сои в потомстве (урожайных свойств семян) на фоне последствия широкорядного посева с междурядьями 45 см и нормой высева всхожих семян сорта Романтика в количестве 600 тыс./га; в отношении сорта Скеля данное увеличение обусловлено рядовым посевом с междурядьями 15 см и нормой высева 800 тыс. всхожих семян/га [14, 15].

При этом способ сева, ширина междурядий, норма высева семян индивидуально конкретны для каждого сорта сои и являются основными элементами сортовой технологии, которые невозможно исправить последующими технологическими операциями [13].

Целью исследований явилось установление способа посева и нормы высева семян ультраскороспелого сорта сои *Топаз*, обеспечивающих формирование рационального пространственного размещения растений в посеве и повышенную семенную продуктивность культуры для ускоренного сортообновления и сортоосмены.

Условия, объекты и методы исследований. Полевые опыты были заложены на опытном поле Всероссийского научно-исследовательского института сои (Амурская область, Тамбовский район, село Садовое) в условиях вегетационных периодов 2021–2023 гг.

Почва опытного участка луговая черноземовидная, тяжелая по гранулометрическому составу. Содержание гумуса составляло 4,5–4,7 %; $pH_{\text{сол.}}$ – 5,2. Содержание аммонийного азота достигало от 19 до 28 мг/кг почвы, нитратного – 30–56 мг/кг почвы, подвижного фосфора – 46–49 мг/кг почвы; обменного калия – 130–190 мг/кг почвы. Объемная масса почвы составляла 1,04–1,1 г/см³, пористость – 43,8 %.

Объектами исследований являлись растения и семена сои сорта *Топаз* селекции Всероссийского научно-исследовательского института сои (патент № 10992 от 10.03.2020 г.). Сорт ультраскороспелый, высокопродуктивный, с комплексной устойчивостью к грибным, бактериальным болезням, полеганию. Период вегетации равен 89–93 дней. Содержание масла составляет 20 %, белка – 41 %. Тип роста растения – индетерминантный. Куст является прямостоячим, количество ветвей – 3 длинных и 2 укороченных. Лист – 3-листочковый, заостренно-яйцевидный. Цветок – фиолетовый, соцветие – кисть. Семена – бледно-желтые, удлиненной формы, гладкие [16].

Методом исследований выступал полевой опыт, который включал в себя лабораторные определения и биохимический анализ.

Схема опыта предполагала:

1) *два способа посева:* рядовой с междурядьями 15 см и широкорядный с междурядьями 45 см;

2) *две нормы высева всхожих семян*, равные 400 и 600 тыс./га.

Площадь делянки при рядовом посеве 144 м², учетная – 100 м²; при широкорядном – 180 и 100 м² соответственно. Повторность четырехкратная. Размещение вариантов (делянок) – систематическое. Использована агротехника – общепринятая для южной зоны Приамурья, за исключением изучаемых агроприемов [17].

Предшественник – яровая пшеница. Минеральные удобрения – перед посевом $N_{30}P_{60}$. Закладка опыта, проведение учетов и наблюдений осуществлялись общепринятыми для культуры сои методами [18]. Биохимический анализ семян проводили на анализаторе NIR-42.

Местные агрометеорологические условия обусловлены резко-континентальным зимним климатом с элементами летних муссонных осадков, которые формируются в зависимости от температурных характеристик.

Весна 2021–2022 гг. была теплее нормы. Переход среднемесячной температуры воздуха через нулевую отметку к положительным значениям в годы исследований отмечался на две недели раньше среднемноголетних данных. Начиная с апреля, температура воздуха, превышая норму на 0,8–1,9 °С, способствовала раннему проведению предпосевной обработки почвы. Термический режим в мае был достаточно неустойчив с резкими контрастами температур воздуха: от положительных до отрицательных их аномалий. Посев сои проводили в конце мая – начале июня при температурной среднеклиматической норме, в прогретую и достаточно увлажненную почву. Исключение составил 2021 г. с частыми майскими дождями и периодическим перенасыщением почвы влагой, что вызывало определенные затруднения при посеве семян. Температурный фон июня в годы исследований был близок к норме, за исключением 2023 г., когда в I декаде наблюдалось понижение температуры воздуха относительно нормы на 0,7–1,3 °С. Обильные осадки, выпавшие в виде дождей в III декаде (2 нор-

мы) на фоне пониженной среднесуточной температуры воздуха, сдерживали начало цветения (R_1) сои.

В остальные годы темпы накопления тепла были на 9–20 °С выше нормы. Из-за осадков, выпавших во II и III декадах июня, отмечалось достаточное увлажнение пахотного слоя почвы, которое составило 60–70 % ППВ и обеспечивало нормальный рост и развитие растений сои. Среднесуточная температура воздуха в июле на 1,2–4,0 °С превышала норму. Август характеризовался обильными дождями, по осадкам превышающими среднемноголетние показатели на 17–91 мм. Такая ситуация, особенно на фоне пониженных температур (на 0,3–1,0 °С) затягивала образование бобов и налив семян.

Гидротермический режим в сентябре за весь период исследований находился в пределах нормы, что стимулировало накопление урожая и способствовало его дозреванию.

В целом погодные условия вегетационных периодов во все годы проведения исследований были достаточно благоприятны для сои.

Результаты исследований. При посеве 7 июня, в условиях вегетационного периода 2021 г., начало всходов растений сои изучаемого сорта было отмечено 14–17 июня. В условиях 2022 г., когда посев семян состоялся 5 июня, начало всходов растений наблюдалось 11–12 июня. В 2023 г., при сроке посева 1 июня, начало всходов растений установлено 9–10 июня.

Первый настоящий лист растениями сои был образован, соответственно по годам: 29–30; 27–29 и 22–23 июня. Третий настоящий лист в среднем по годам был сформирован 3–9 июля.

Конец бутонизации и начало цветения в 2021 г. отмечены 16–17 июля; в 2022 и 2023 г. соответственно 13–15 июля и 11–13 июля. Массовое цветение сорта наблюдалось в 2021 г. с 21 по 22 июля; в 2022 г. – с 18 по 20 июля и в 2023 г. – с 18 по 19 июля.

В целом за три года проведения полевых опытов при осуществлении фенологических наблюдений существенных различий в прохождении фаз роста растений по датам и продолжительности межфазных периодов в зависимости от изучаемых факторов не установлено. Влияния изучаемой разновариантной пространственной структуры размещения растений в посеве на продолжительность вегетационного периода культивируемого сорта не отмечено.

Полевая всхожесть семян в эксперименте при норме высева 400 тыс. всхожих семян/га, приближаясь к расчетной, составляла в среднем за три года от 380 до 415 тыс. взойдящих на 1 га растений. В вариантах с размещением 600 тыс. всхожих семян/га ее величина варьировала в пределах 584–616 тыс. растений сои.

Отклонения фактической густоты стояния в период массовых всходов от расчетной были незначительными и составляли: при 400 тыс. всхожих семян/га в зависимости от способа посева не более 3 %; при расчетных 600 тыс. всхожих семян/га не более 1,3 %.

Сохранность растений к уборке была достаточно высокой и варьировала от 94,2 до 95,1 % (табл. 1).

Урожай сои сорта Топаз на 1 га в среднем за три года был сформирован на уровне 2,40–3,02 т с наибольшей его величиной (3,02 т/га) в варианте с междурядья-

Таблица 1 – Сохранность растений сорта Топаз в зависимости от способа посева и нормы высева семян, средняя за 2021–2023 гг.

Table 1 – Safety of Topaz variety plants depending on seeding method and rate, average for 2021–2023

В процентах (in percent)

| Способ посева | Норма высева, тыс. всхожих семян/га | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|------|
| | 400 | 600 |
| Рядовой с междурядьями 15 см | 95,1 | 94,6 |
| Широкорядный с междурядьями 45 см | 94,6 | 94,2 |

ми шириной 45 см (широкорядный посев) при норме высева, равной 600 тыс. всхожих семян/га (табл. 2).

В рядовом посеве наибольший уровень урожайности сои был установлен в варианте с размещением семян в количестве 400 тыс. шт./га – 2,80 т/га. Таким образом, при рядовом способе посева данная норма высева семян обеспечивала существенную прибавку урожая в сравнении с посевом с нормой высева всхожих семян, составляющей 600 тыс. шт./га. Величина прибавки в среднем за три года составляла 0,32 т/га.

Среднегодовая прибавка урожая изучаемого сорта при размещении его рядовым способом при норме высева, равной 400 тыс. всхожих семян/га, относительно широкорядного посева с этой же нормой высева, составляла 0,40 т/га, при наименьшей существенной разнице на 5-процентном уровне значимости, равной по годам от 0,04 до 0,16 т/га.

Анализ морфометрических показателей элементов структуры урожая позво-

лил определить, что у изучаемого сорта наибольшие значения средних за три года показателей количества бобов при рядовом посеве (36 шт.), а также количества семян (76 шт.), их массы (12,7 г на одном растении), массы 1 000 семян (163 г) были сформированы при высева 400 тыс. всхожих семян/га (табл. 3).

При посеве сои широкорядно, максимальная величина указанных показателей была установлена при норме высева 600 тыс. всхожих семян/га и составляла по отмеченным показателям 38 и 80 шт. и 13,1 и 164,6 г соответственно.

Наиболее высокий выход кондиционных по размеру семян изучаемого сорта с общим урожаем в рядовом посеве установлен при норме высева 400 тыс. всхожих семян/га – 82,2 %; в широкорядном посеве с нормой высева 600 тыс. всхожих семян/га – 80,0 %. В других вариантах сочетаний способа посева и нормы высева выход семенной фракции с общим урожаем сои был ниже, составив 78,5 и 79,3%, что представлено в таблице 4.

Таблица 2 – Влияние способа посева и нормы высева семян на урожайность сои сорта Топаз, средняя за 2021–2023 гг.

Table 2 – Influence of seeding method and rate on the yield of Topaz soybean variety, average for 2021–2023

В тоннах на гектар (in tons per hectare)

| Способ посева | Норма высева, тыс. всхожих семян/га | |
|---|-------------------------------------|------|
| | 400 | 600 |
| Рядовой с междурядьями 15 см | 2,80 | 2,48 |
| Широкорядный с междурядьями 45 см | 2,40 | 3,02 |
| Примечание: НСР ₀₅ , т/га: 2021 г. – 0,04; 2022 г. – 0,16; 2023 г. – 0,03. | | |

Таблица 3 – Морфометрические показатели структуры урожая сои сорта Топаз в зависимости от способа посева и нормы высева семян, среднее за 2021–2023 гг.

Table 3 – Morphometric indicators of the yield structure of Topaz soybean variety depending on seeding method and rate, average for 2021–2023

| Способ посева и норма высева (тыс. всхожих семян/га) | Величина показателя (в пересчете на одно растение) | | | | | Масса 1 000 семян, г |
|--|--|------------------------------|-----------------|-------|-------------------|----------------------------|
| | высота, см | | количество, шт. | | масса семян, г | |
| | растения | прикрепления нижнего боба | бобов | семян | | |
| Рядовой, 400 | 74 | 15 | 36 | 76 | 12,7 | 162,7 |
| Рядовой, 600 | 79 | 15 | 33 | 68 | 8,9 | 152,5 |
| Широкорядный, 400 | 64 | 15 | 31 | 60 | 12,0 | 155,1 |
| Широкорядный, 600 | 66 | 15 | 38 | 80 | 13,1 | 164,6 |

Таблица 4 – Выход семенной фракции в общем урожае сои сорта Топаз, среднее за 2021–2023 гг.**Table 4 – Yield of seed fraction in total yield of Topaz soybean variety, average for 2021–2023
В процентах (in percent)**

| Способ посева и норма высева (тыс. всхожих семян/га) | Фракции | | Отходы |
|--|----------|--------|--------|
| | семенная | мелкая | |
| Рядовой, 400 | 82,2 | 7,5 | 10,3 |
| Рядовой, 600 | 78,5 | 9,4 | 12,1 |
| Ширококорядный, 400 | 79,3 | 7,4 | 13,3 |
| Ширококорядный, 600 | 80,0 | 6,9 | 13,1 |

Таким образом, как по каждому конкретному году полевых исследований, так и в среднем за весь период изучения, экспериментально установлена тенденция увеличения доли семян в общем урожае при пространственной структуре размещения растений, формируемой рядовым посевом с нормой высева 400 тыс. всхожих семян/га, или при применении ширококорядного способа с нормой высева, составляющей 600 тыс. всхожих семян/га.

Расчетный с 1 га сбор кондиционных по размеру семян варьировал от 1,90 до 2,42 т (табл. 5). При этом наибольший

уровень семенной продуктивности с 1 га возделывания у сорта Топаз в рядовом посеве был сформирован при норме высева 400 тыс. всхожих семян/га (2,30 т). При размещении сорта ширококорядно в посеве наибольший эффект с этой же площади получен с нормой высева 600 тыс. всхожих семян/га (2,42 т).

На посевные качества семян сои изучаемые приемы возделывания существенного влияния не оказали. Величина энергии прорастания семян составляла 92,0–93,2 %, лабораторной всхожести – от 95,1 до 95,8 % (табл. 6).

Таблица 5 – Семенная продуктивность сои сорта Топаз в зависимости от способа посева и нормы высева семян, среднее за 2021–2023 гг.**Table 5 – Seed productivity of Topaz soybean variety depending on seeding method and rate, average for 2021–2023****В тоннах на гектар (in tons per hectare)**

| Способ посева | Норма высева, тыс. всхожих семян/га | |
|--|-------------------------------------|------|
| | 400 | 600 |
| Рядовой с междурядьями 15 см | 2,30 | 1,95 |
| Ширококорядный с междурядьями 45 см | 1,90 | 2,42 |

Таблица 6 – Влияние приемов возделывания сои сорта Топаз на посевные качества семян, среднее за 2021–2023 гг.**Table 6 – Impact of cultivation methods for Topaz soybean variety on sowing quality of seeds, average for 2021–2023****В процентах (in percent)**

| Способ посева и норма высева семян, (тыс. всхожих семян/га) | Энергия прорастания | Лабораторная всхожесть |
|---|---------------------|------------------------|
| Рядовой, 400 | 93,2 | 95,8 |
| Рядовой, 600 | 92,0 | 95,3 |
| Ширококорядный, 400 | 92,6 | 95,1 |
| Ширококорядный, 600 | 93,1 | 95,6 |

При создании сортов сои важнейшим направлением в практической селекции является сочетание повышенной продуктивности генотипа с лучшими биохимическими показателями семян, особенно содержанием в них белка и масла.

У сорта Топаз в силу своих физиолого-биохимических особенностей массовая доля белка в семенах находится на уровне 41 %, масла – 20 %.

В складывающихся условиях вегетационных периодов полевого эксперимента содержание белка в семенах сорта Топаз изменялось от 38,95 до 39,93 % с размахом вариации, составлявшим меньше единицы (0,98 %) (табл. 7).

При этом отмечена определенная тенденция повышенного содержания белка в семенах по вариантам выращивания: при рядовом посеве – 400 тыс. всхожих семян/га (39,93 %), при ширококормном посеве – 600 тыс. всхожих семян/га (39,82 %).

Заключение. При возделывании ультраскороспелого сорта сои Топаз рядовой посев семян с междурядьями 15 см и нормой высева 400 тыс. всхожих семян на гектар, а также ширококормный посев

с междурядьями 45 см, но при более загущенном размещении семян (600 тыс. всхожих семян на гектар), способствовали наиболее рациональному пространственному размещению растений в сортовом агрофитоценозе.

Такое размещение растений в посевах обеспечивало повышение общей биологической продуктивности ценоза на 8–26 % и увеличение его семенной продуктивности на 18–27 %, относительно других сочетаний способа посева семян и нормы их высева.

Традиционный рядовой посев указанного сорта с нормой высева, составившей 400 тыс. всхожих семян на гектар, обеспечивая урожайность сои 2,8 т/га, способствовал формированию ее семенной продуктивности на уровне 2,3 т/га.

Ширококормный посев с междурядьями 45 см и нормой высева, составившей 600 тыс. всхожих семян на гектар, обеспечивая высокий уровень урожайности сои с величиной в среднем за три года более 3 т/га, способствовал также высокому выходу кондиционных семян с единицы площади возделывания, равному 2,42 т/га.

Таблица 7 – Содержание белка и масла в семенах сои сорта Топаз в зависимости от способа посева и нормы высева семян, среднее за 2021–2023 гг.

Table 7 – Protein and oil content in Topaz soybean variety seeds depending on seeding method and rate, average for 2021–2023

В процентах (in percent)

| Способ посева и норма высева семян (тыс. всхожих семян/га) | Белок | Масло |
|--|--|-------|
| Рядовой, 400 | 39,93 | 19,25 |
| Рядовой, 600 | 38,95 | 20,58 |
| Ширококормный, 400 | 39,16 | 20,12 |
| Ширококормный, 600 | 39,82 | 19,12 |
| НСР ₀₅ , % | 2021 г. – 1,33 2022 г. – 0,35 2023 г. – 0,56 | – |

Список источников

1. Гамботова М. У., Базгиев М. А., Гандаров М. Х., Бадургова К. Ш. Сравнительная оценка высокопродуктивных сортов сои в условиях лесостепной зоны республики Ингушетия // Проблемы развития АПК региона. 2021. № 4 (48). С. 43–47. https://doi.org/10.52671/20790996_2021_4_43. EDN ANKFRH.

2. Бельшклина М. Е. Динамические параметры продукционного процесса раннеспелых сортов сои в зависимости от условий влагообеспеченности вегетационного периода //

Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1 (57). С. 33–39. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2022-1-33-39>. EDN IVNRNY.

3. Миленко О. Г. Влияние агротехнических факторов на эффективность ассимиляционных процессов в посевах сои // Вестник Курганской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3 (15). С. 27–30. EDN VCQSIJ.

4. Князев Б. М., Хамоков Х. А. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность сои в условиях недостаточного увлажнения // Зерновое хозяйство. 2005. № 2. С. 17–18.

5. Делаев У. А., Батукаев А. А., Зузиев У. Г., Шишхаев И. Я. Формирование симбиотического аппарата сортов сои в зависимости от нормы, способа и срока посева // Проблемы развития АПК региона. 2015. № 3 (23). С. 34–40. EDN UNTHZF.

6. Васин А. В., Васина А. А., Рязанова Е. В. Продуктивность сортов и приемы предпосевной обработки семян сои в условиях Самарской области // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 1 (13). С. 3–6. EDN NUWBFN.

7. Зузиев У. Г., Делаев У. А., Власенко М. В. Энергетическая эффективность возделывания сои при различных способах посева и нормах высева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 2 (38). С. 1–6. EDN TZBUAJ.

8. Делаев У. А. Эффективность возделывания сои разных экотипов на основе интенсификации симбиотической и фотосинтетической деятельности агроценозов в условиях Предкавказья : автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. Махачкала, 2012. 34 с. EDN QIENTP.

9. Бельшкينا М. Е., Кобозева Т. П., Шевченко В. А., Делаев У. А. Влияние норм высева и способов посева на урожайность и качество семян раннеспелых сортов и форм сои северного экотипа // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2018. № 4. С. 182–190. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2018-4-182-190>. EDN YLSYTI.

10. Сихарулидзе Т. Д., Храмой В. К. Влияние температурного режима на продолжительность вегетационного периода и урожайность сои в условиях Центрального Нечерноземья // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2017. № 4. С. 32–39. EDN ZSHEGJ.

11. Миленко О. Г. Продуктивность агрофитоценоза сои в зависимости от сорта, норм высева семян и способов ухода за посевами // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. № 1. С. 170–181. EDN LPJNIX.

12. Баранов В. Ф., Ефимов А. Г., Унр Т. К. О возможности и эффективности рядового сева сои // Земледелие. 2004. № 2. С. 30–31. EDN PJNQZL.

13. Бельшкينا М. Е., Гатаулина Г. Г. Урожайность и элементы структуры урожая ультраскороспелого сорта сои Касатка при разных способах посева и густоте стояния растений // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2010. № 6. С. 51–54. EDN NBQKYR.

14. Чернышенко П. В., Рябуха С. С. Урожайность и качество семян сои в потомстве в зависимости от способа сева и норм высева в восточной части лесостепи Украины // Масличные культуры. 2013. № 1 (153–154). С. 57–62. EDN QCHNLP.

15. Огурцов Е. Н., Белинский Ю. В. Влияние способов посева на продуктивность сои в Левобережной лесостепи Украины // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 3. С. 45–48. EDN ZGCHLD.

16. Фокина Е. М., Беляева Г. Н., Синеговский М. О., Синеговская В. Т., Клеткина О. О. Каталог сортов сои. Благовещенск : Одеон, 2021. 69 с. EDN QOSJCH.

17. Система земледелия Амурской области : производственно-практический справочник / под ред. П. В. Тихончука. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2016. 570 с. <https://doi.org/10.22450/9785964202769>. EDN XRDEZF.

18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с. EDN ZJQBUD.

References

1. Gambotova M. U., Bazgiev M. A., Gandarov M. Kh., Badurgova K. Sh. Comparative evaluation of highly productive soybean varieties in the forest-steppe zone of the republic of Ingushetia. *Problemy razvitiya APK regiona*, 2021;4(48):43–47. https://doi.org/10.52671/20790996_2021_4_43. EDN AHKFRH (in Russ.).
2. Belyshkina M. E. Dynamic parameters of productional process of early ripening soybean varieties depending on moisture conditions of the vegetation period. *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2022;1(57):33–39. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2022-1-33-39>. EDN IVNRNY (in Russ.).
3. Milenko O. G. Influence of agrotechnical factors on the efficiency of assimilatory processes in soybean crops. *Vestnik Kurganskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaystvennoi akademii*, 2015;3(15):27–30. EDN VCQSIJ (in Russ.).
4. Knyazev B. M., Khamokov Kh. A. Photosynthetic activity and productivity of soybean under conditions of insufficient moisturization. *Zernovoe khozyaystvo*, 2005;2:17–18. (in Russ.).
5. Delaev U. A., Batukaev A. A., Zuziev U. G., Shishkhaev I. Ya. Formation of symbiotic apparatus of soybean varieties depending on norm, method and sowing term. *Problemy razvitiya APK regiona*, 2015;3(23):34–40. EDN UNTHZF (in Russ.).
6. Vasin A. V., Vasina A. A., Ryazanova E. V. Efficiency of grades and receptions of preseedling processing of seeds of a soybean in the conditions of the Samara region. *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2011;1(13):3–6. EDN NUWBFN (in Russ.).
7. Zuziev U. G., Delaev U. A., Vlasenko M. V. Energy efficiency of soybean cultivation at different sowing methods and seeding rates. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2015;2(38):1–6. EDN TZBUAJ (in Russ.).
8. Delaev U. A. Efficiency of soybean cultivation of different ecotypes on the basis of intensification of symbiotic and photosynthetic activity of agrocenoses in the conditions of the Pre-Caucasian region. *Extended abstract of doctor's thesis*. Makhachkala, 2012, 34 p. EDN QIEHTP (in Russ.).
9. Belyshkina M. E., Kobozeva T. P., Shevchenko V. A., Delaev U. A. Influence of sowing rates and methods on yield and seed quality of promising soybean varieties of northern ecotype. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2018;4:182–190. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2018-4-182-190>. EDN YLSY TJ (in Russ.).
10. Sikharulidze T. D., Khrumoy V. K. Effect of temperature mode on vegetation period length and soybean yield in the Central non-black soil zone. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2017;4:32–39. EDN ZSHEGJ (in Russ.).
11. Milenko O. G. Productivity of the soybean agrophytocenosis depending upon variety, seeding rate and methods of crop care. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2019;1:170–181. EDN LPJHIX (in Russ.).
12. Baranov V. F., Efimov A. G., Unr T. K. On the possibility and efficiency of row sowing of soybeans. *Zemledelie*, 2004;2:30–31. EDN PJNQZL (in Russ.).
13. Belyshkina M. E., Gataulina G. G. Yield and elements of yield structure of ultra-ripe soybean variety Kasatka at different sowing methods and plant density. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2010;6:51–54. EDN NBQKYP (in Russ.).
14. Chernyshenko P. V., Ryabukha S. S. The soybean productivity and seed quality of the progeny depending on sowing method and seeding rate in the eastern part of Ukrainian forest-steppe. *Maslichnye kul'tury*, 2013;1(153–154):57–62. EDN QCHNLP (in Russ.).
15. Ogurtsov E. N., Belinskiy Yu. V. Influence of sowing methods on soybean productivity in the Left-bank forest-steppe of Ukraine. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2014;3:45–48. EDN ZGCHLD (in Russ.).
16. Fokina E. M., Belyaeva G. N., Sinegovskiy M. O., Sinegovskaya V. T., Kletkina O. O. *Soybean Variety Catalog*, Blagoveshchensk, Odeon, 2021, 69 p. EDN QOSJCX (in Russ.).

17. Tikhonchuk P. V. (Eds.). *Farming system of the Amur Region: production and practical guide*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2016, 570 p. <https://doi.org/10.22450/9785964202769>. EDN XRDEZF (in Russ.).

18. Dospekhov B. A. *Methodology of field experiment: with basics of statistical processing of research results*, Moscow, Agropromizdat, 1985, 351 p. EDN ZJQBUD (in Russ.).

© Рафальский С. В., Рафальская Н. Б., 2024

Статья поступила в редакцию 28.03.2024; одобрена после рецензирования 07.06.2024; принята к публикации 11.06.2024.

The article was submitted 28.03.2024; approved after reviewing 07.06.2024; accepted for publication 11.06.2024.

Информация об авторах

Рафальский Сергей Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, rsv@vniiso.ru;

Рафальская Наталья Батрбековна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, rnb0776@mail.ru

Information about authors

Sergey V. Rafalskiy, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, rsv@vniiso.ru;

Natalia B. Rafalskaya, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, rom@vniiso.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья

УДК 635.63:631.879.4(571.56)

EDN RUQWFA

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-74-79>

Влияние вермикомпостов на агрохимический состав почвосмеси и плодоношение огурца в условиях Центральной Якутии

Дария Ивановна Степанова¹, Михаил Федосеевич Григорьев²,
Галина Афанасьевна Герасимова³

^{1,3} Арктический государственный агротехнологический университет
Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

² Кузбасский государственный аграрный университет имени В. Н. Полецкого
Кемеровская область, Кемерово, Россия

¹ dariv08@mail.ru, ² grig_mf@mail.ru

Аннотация. Целью опыта являлось изучение влияния вермикомпостов на агрохимический состав почвосмеси и плодоношение огурца в условиях Центральной Якутии. Для изучения эффективности вермикомпостов использован районированный сорт огурца Апрельский. Всего в опыте было заложено 10 вариантов (по 3 повтора по 10 растений): вариант 1 – контроль; варианты 2, 3, 4, 5 – соответственно по 50; 100; 150 и 200 г на растение вермикомпоста из навоза крупного рогатого скота; варианты 6, 7 – соответственно по 100 и 200 г на растение вермикомпоста из птичьего помета; вариант 8 – по 100 г на растение перегноя и 100 мл Байкал ЭМ-1; вариант 9 – 100 мл Байкал ЭМ-1; вариант 10 – жидкий вермикомпост (вермичай). Установлено, что с увеличением доз вермиудобрений повышается минеральный состав и общее содержание азота. Большее значение по накоплению плодов огурца было в варианте 4, где этот показатель оказался выше контрольного варианта на 58,33 %. Второй лучший результат установлен в варианте 10, где показатель был выше, чем в контрольном варианте на 54,17 %. Затем отмечен вариант 9, где изучаемый показатель был выше контрольного на 50,0 %. Таким образом, исследования показывают, что использование вермиудобрений способствует лучшему плодоношению огурца в условиях Центральной Якутии.

Ключевые слова: огурец, вермиудобрения, агрохимический состав почвосмеси, нормы внесения вермикомпостов, Центральная Якутия

Для цитирования: Степанова Д. И., Григорьев М. Ф., Герасимова Г. А. Влияние вермикомпостов на агрохимический состав почвосмеси и плодоношение огурца в условиях Центральной Якутии // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 2. С. 74–79. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-74-79>.

Original article

Effect of vermicomposts on agrochemical composition of soil mixture and cucumber fruiting in conditions of Central Yakutia

Daria I. Stepanova¹, Mikhail F. Grigorev², Galina A. Gerasimova³

^{1,3} Arctic State Agrotechnological University
Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russian Federation

² Kuzbass State Agricultural University, Kemerovo region, Kemerovo, Russian Federation

¹ dariv08@mail.ru, ² grig_mf@mail.ru

Abstract. The purpose of the experiment was to study effect of the vermicomposts on agrochemical composition of soil mixture and cucumber fruiting in the conditions of Central Yakutia. To study the effectiveness of vermicomposts, the zoned cucumber variety Aprelsky was used.

In total, the experiment included 10 options (3 replicates of 10 plants each): option 1 – control; options 2, 3, 4, 5 – respectively 50; 100; 150 and 200 g per plant of vermicompost from cattle manure; options 6, 7 – respectively 100 and 200 g per plant of vermicompost from bird droppings; option 8 – 100 g per plant of humus and 100 ml Baikal EM-1; option 9 – 100 ml Baikal EM-1; option 10 – liquid vermicompost (vermicai). As a result, it has been found that with increasing doses of vermifertilizers, the mineral composition and total nitrogen content correspondingly increase. The greatest significance for the accumulation of cucumber fruits was in option 4, where this indicator was higher than the control variant by 58.33%. The second best results were found in option 10, where this indicator was higher than in the control variant by 54.17%. Then option 9 was marked, where the studied indicator was 50.0% higher than the control one. Thus, research shows that the use of vermifertilizers contributes to better fruiting of cucumbers in the conditions of Central Yakutia.

Keywords: cucumber, vermicompost fertilizers, agrochemical composition of the soil mixture, application rates of vermicompost, Central Yakutia

For citation: Stepanova D. I., Grigorev M. F., Gerasimova G. A. Effect of vermicomposts on agrochemical composition of soil mixture and cucumber fruiting in conditions of Central Yakutia. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;2:74–79. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-74-79>.

Введение. Известно, что выращивание овощных культур требует множество агротехнических приемов, позволяющих улучшить показатели роста и развития растения, получить достаточный урожай. Вместе с этим возникает множество проблем, связанных с использованием компостов и навоза сельскохозяйственных животных в качестве удобрений [1–3].

В качестве решения многие ученые предлагают использовать биопрепараты и вермитехнологии для обработки навоза сельскохозяйственных животных и помета птиц. Использование вермитехнологий позволяет получить вермиудобрения путем переработки навоза сельскохозяйственных животных дождевыми червями. Преимущество использования вермитехнологий состоит в получении биоудобрения, которое характеризуется безопасностью, оптимальным содержанием органического и минеральных веществ в доступной форме для растений [4–6].

Исследованиями была доказана эффективность применения вермикомпостов, произведенных из разных субстратов при выращивании овощных культур в условиях малоплодородных почв. При этом имеется достаточно данных по дозам внесения вермикомпостов в почвогрунты при выращивании овощных культур. Однако отсутствуют общепринятые нормы их внесения для условий криолитозоны. Отмечаем, что в самых разных географических зонах были получены неоднознач-

ные результаты по эффективности и нормам применения вермикомпостов [7–10]. Это послужило основанием для проведения настоящих исследований.

В связи с тем, что до настоящего времени еще недостаточно разработаны эффективные приемы вермикомпостирования органосодержащих отходов и их применения в системе овощеводства Якутии, нами предпринята попытка научной проработки этого вопроса.

Цель исследований – изучить влияние вермикомпостов на агрохимический состав почвосмеси и плодоношение огурца в условиях Центральной Якутии.

Для достижения цели поставлены и решены следующие задачи:

- 1) изучить влияние вермикомпоста на агрохимический состав тепличной почвосмеси;
- 2) установить плодоношение огурца в условиях закрытого грунта при использовании вермикомпоста.

Материалы и методы исследований. Исследования проведены на базе опытно-производственного хозяйства «Покровское». Анализы почвы и плодов выполнены в лаборатории массового анализа Якутского научно-исследовательского института сельского хозяйства.

Для проведения опытов по изучению эффективности местных удобрений при выращивании огурцов использован районированный сорт огурца Апрельский.

Опыт проведен по схеме, представленной в таблице 1.

В контрольном варианте 1 не добавляли вермикомпосты и биопрепараты.

Варианты 2, 3, 4 и 5 предполагали использование тепличной почвосмеси и 50; 100; 150; 200 г на растение вермикомпоста из навоза крупного рогатого скота соответственно.

Варианты 6 и 7 заключались в использовании тепличной почвосмеси и 100; 200 г на растение вермикомпоста из птичьего помета соответственно.

Вариант 8 предполагал применение тепличной почвосмеси, 100 г на растение перегноя и 100 мл Байкал ЭМ-1.

Вариант 9 заключался в использовании тепличной почвосмеси, а также 100 мл Байкал ЭМ-1.

Вариант 10 состоял в применении тепличной почвосмеси и жидкого вермикомпоста (вермичай).

Всего в опыте было 10 вариантов по три повтора (по 10 растений).

Результаты исследований и их обсуждение. Использование вермиудобрений и биопрепарата отразилось на минеральном составе тепличной почвосмеси, что демонстрируют данные таблица 2.

Представленная информация показывает, что с увеличением доз вермиудо-

брений повышается минеральный состав и общее содержание азота. Вместе с тем отмечаем, что ранее многие исследователи указывали на то, что получение достаточного урожая возможно лишь в том случае, если будут учтены базовые потребности корневого питания растений.

В данном случае увеличение норм добавления вермикомпоста больше 150 г на растение не позволило получить больший урожай. Высокие результаты достигнуты с использованием биопрепарата «Байкал» и вермичая.

Плодоношение – как один из этапов жизненного этапа растения, характеризует образование плодов. В данном случае указанный показатель является одним из факторов обоснования применения вермикомпостов. Данные по влиянию вермиудобрений из разных субстратов на плодоношение огурца представлено в таблице 3.

На начало плодоношения значительную разницу в накоплении биомассы плодов огурца показал вариант 4, где изученный показатель был выше контрольного варианта на 58,33 %, а по количеству листьев на 1,6 шт. Второй лучший результат отмечен в варианте 10, где эти показатели были выше данных контрольного варианта на 54,17 % и 1,5 шт. Затем в рейтинге следовал вариант 9, данные которого превосходили контрольный вариант на 50,0 % и 1,4 шт. Использование вермикомпостов

Таблица 1 – Схема исследований

Table 1 – Research scheme

| Варианты | Условия проведения исследований |
|------------|---|
| Вариант 1 | тепличная почвосмесь (ТПС), без вермикомпоста и биопрепаратов |
| Вариант 2 | ТПС + 50 г на растение вермикомпоста из навоза крупного рогатого скота |
| Вариант 3 | ТПС + 100 г на растение вермикомпоста из навоза крупного рогатого скота |
| Вариант 4 | ТПС + 150 г на растение вермикомпоста из навоза крупного рогатого скота |
| Вариант 5 | ТПС + 200 г на растение вермикомпоста из навоза крупного рогатого скота |
| Вариант 6 | ТПС + 100 г на растение вермикомпоста из птичьего помета |
| Вариант 7 | ТПС + 200 г на растение вермикомпоста из птичьего помета |
| Вариант 8 | ТПС + 100 г на растение перегноя и 100 мл Байкал ЭМ-1 |
| Вариант 9 | ТПС + 100 мл Байкал ЭМ-1 |
| Вариант 10 | ТПС + жидкий вермикомпост (вермичай) |

Таблица 2 – Влияние вермикомпоста на минеральный состав тепличной почвосмеси
Table 2 – Effect of vermicompost on mineral composition of greenhouse soil mixture

| Варианты | Органическое вещество, % | Общий азот, % | P ₂ O ₅ , мг/кг | K ₂ O, мг/кг |
|------------|--------------------------|---------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Вариант 1 | 4,9 | 0,37 | 547,9 | 439,2 |
| Вариант 2 | 5,0 | 0,38 | 566,1 | 446,6 |
| Вариант 3 | 5,0 | 0,39 | 577,8 | 453,3 |
| Вариант 4 | 5,1 | 0,40 | 591,2 | 458,3 |
| Вариант 5 | 5,2 | 0,41 | 599,1 | 461,5 |
| Вариант 6 | 5,1 | 0,41 | 589,5 | 453,5 |
| Вариант 7 | 5,2 | 0,43 | 603,3 | 488,0 |
| Вариант 8 | 5,6 | 0,41 | 689,8 | 524,3 |
| Вариант 9 | 5,2 | 0,42 | 651,6 | 495,4 |
| Вариант 10 | 5,3 | 0,41 | 641,7 | 466,7 |

Таблица 3 – Влияние вермиудобрений из разных субстратов на плодоношение огурца
Table 3 – Effect of vermifertilizers from different substrates on cucumber fruiting

| Варианты | Среднее количество плодов | | | Среднее количество цветков | | |
|------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | шт. | абсолютное изменение, шт. | относительное изменение, % | шт. | абсолютное изменение, шт. | относительное изменение, % |
| Вариант 1 | 2,4 | — | — | 1,2 | — | — |
| Вариант 2 | 2,6 | 0,20 | 8,33 | 1,8 | 0,60 | 50,00 |
| Вариант 3 | 2,6 | 0,20 | 8,33 | 1,9 | 0,70 | 58,33 |
| Вариант 4 | 3,8 | 1,40 | 58,33 | 2,8 | 1,60 | 133,33 |
| Вариант 5 | 2,5 | 0,10 | 4,17 | 1,7 | 0,50 | 41,67 |
| Вариант 6 | 3,5 | 1,10 | 45,83 | 2,5 | 1,30 | 108,33 |
| Вариант 7 | 3,1 | 0,70 | 29,17 | 2,0 | 0,80 | 66,67 |
| Вариант 8 | 3,2 | 0,80 | 33,33 | 2,2 | 1,00 | 83,33 |
| Вариант 9 | 3,6 | 1,20 | 50,00 | 2,6 | 1,40 | 116,67 |
| Вариант 10 | 3,7 | 1,30 | 54,17 | 2,7 | 1,50 | 125,00 |

на уровне 50 и 100 г на растение практически дало схожий результат: плодоношение увеличилось незначительно (8,33 %), а цветение на 0,6 и 0,7 шт. соответственно.

Данные опытов показывают, что использование вермиудобрений оказывает благоприятное влияние на цветение и плодоношение огурца.

Заключение. Использование вермиудобрений из местных отходов сельского хозяйства при выращивании огурцов в условиях защищенного грунта Центральной

Якутии показало достаточную результативность.

Положительное воздействие внесения вермиудобрений из разных субстратов отмечено в улучшении агрохимического состава тепличной почвосмеси, что проявилось в содержании органического и минеральных веществ (азота, калия и фосфора). В свою очередь, улучшение питания растений повлияло на лучшее плодоношение огурца при его возделывании в условиях Центральной Якутии.

Список источников

1. Лихоманова М. А., Соловьева О. А. Влияние способов полива на эффективность возделывания овощных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 161–173. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2021-01-16>.
2. Галичкина Е. А., Надежкин С. М. Влияние хелатных микроудобрений на ростовые процессы и урожайность арбуза столового в агроэкологических условиях Волгоградского Заволжья // Овощи России. 2023. № 3. С. 56–60. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-56-60>.
3. Глущенко Н. Н., Нечитайло Г. С. Экологическая безопасность использования нанотехнологий на примере овощных культур // Экология и промышленность России. 2023. Т. 27. № 10. С. 54–59. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2023-10-54-59>.
4. Santos Pereira T. dos, Monteiro Paula A. de, Ferrari L. H., Silva J. da, Borges Pinheiro J., Navas Cajamarca S. M. [et al.]. Trichoderma-enriched vermicompost extracts reduces nematode biotic stress in tomato and bell pepper crops // Agronomy. 2021. No. 11 (8). P. 1655. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081655>.
5. Karmegam N., Jayakumar M., Govarthanan M., Kumar P., Ravindran B., Biruntha M. Precomposting and green manure amendment for effective vermitransformation of hazardous coir industrial waste into enriched vermicompost // Bioresource Technology. 2021. Vol. 319. P. 124–136. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124136>.
6. Naser A., Elnaz A. The preventive impact of vermicompost on bell pepper (*Capsicum annuum* L.) salinity resistance: An evaluation // African Journal of Agricultural Research. 2021. No. 17 (1). P. 46–56. <https://doi.org/10.5897/AJAR2020.14920>.
7. Степанова Д. И., Григорьев М. Ф., Григорьева А. И. Влияние вермикомпоста и подкормок йодом на продуктивность огурца в условиях защищенного грунта Арктической зоны Якутии // Вестник аграрной науки. 2019. № 2 (77). С. 47–53. <https://doi.org/10.15217/issn2587-666X.2019.2.47>. EDN WLEVWW.
8. Степанова Д. И., Григорьев М. Ф., Григорьева А. И., Иванова О. Н. Влияние подкормок йодом на продуктивность огурца в условиях защищенного грунта Арктической зоны Якутии // Агрохимический вестник. 2021. № 3. С. 57–61. <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2021-3-012>.
9. Григорьев М. Ф., Степанова Д. И., Григорьева А. И., Сагиндыкова Э. У., Сидоров А. А. Возможности производства вермикомпостов для улучшения почвосмесей закрытого грунта // International Agricultural Journal. 2023. Т. 66. № 2. EDN FGCJQU.
10. Эргашева Х. И., Исмаилов З. Ф. Биотехнологические показатели некоторых видов местных дождевых червей в производстве вермикомпоста // Научное обозрение. Биологические науки. 2023. № 2. С. 34–39. <https://doi.org/10.17513/srbs.1326>.

References

1. Likhomanova M. A., Solovyova O. A. Influence of irrigation methods on efficiency of cultivation of vegetable crops. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye*, 2021;1(61):161–173. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2021-01-16> (in Russ.).
2. Galichkina E. A., Nadezhkin S. M. Influence of chelated microfertilizers on growth processes and yield of table watermelon under agricultural conditions of the Volga region. *Ovoshchi Rossii*, 2023;3:56–60. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-56-60> (in Russ.).
3. Glushchenko N. N., Nechitaylo G. S. Ecological safety of application of nanotechnologies on the example of vegetables. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2023;27;10:54–59. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2023-10-54-59> (in Russ.).
4. Santos Pereira T. dos, Monteiro Paula A. de, Ferrari L. H., Silva J. da, Borges Pinheiro J., Navas Cajamarca S. M. [et al.]. Trichoderma-enriched vermicompost extracts reduces nematode biotic stress in tomato and bell pepper crops. *Agronomy*, 2021;11(8):1655. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081655>.

5. Karmegam N., Jayakumar M., Govarthanam M., Kumar P., Ravindran B., Biruntha M. Precomposting and green manure amendment for effective vermitransformation of hazardous coir industrial waste into enriched vermicompost. *Bioresource Technology*, 2021;319:124–136. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124136>.
6. Naser A., Elnaz A. The preventive impact of vermicompost on bell pepper (*Capsicum annuum* L.) salinity resistance: An evaluation. *African Journal of Agricultural Research*, 2021;17(1):46–56. <https://doi.org/10.5897/AJAR2020.14920>.
7. Stepanova D. I., Grigorev M. F., Grigoreva A. I. Effect of vermicompost and iodine supply on the productivity of a cucumber in the conditions of a greenhouses ground of the Arctic zone of Yakutia. *Vestnik agrarnoy nauki*, 2019;2(77):47–53. <https://doi.org/10.15217/issn2587-666X.2019.2.47>. EDN WLEVWW (in Russ.).
8. Stepanova D. I., Grigorev M. F., Grigoreva A. I., Ivanova O. N. Influence of iodine dressing on cucumber productivity in sheltered ground conditions in the Arctic zone of the Yakutia. *Agrokhimicheskiy vestnik*, 2021;3:57–61. <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2021-3-012> (in Russ.).
9. Grigorev M. F., Stepanova D. I., Grigoreva A. I., Sagindykova E. U., Sidorov A. A. Opportunities for the production of vermicomposts to improve soil mixtures. *International Agricultural Journal*, 2023;66;2. EDN FGCJQU (in Russ.).
10. Ergasheva Kh. I., Ismailov Z. F. Biotechnological indicators of some native earthworms in vermicompost production. *Nauchnoye obozreniye. Biologicheskiye nauki*, 2023;2:34–39. <https://doi.org/10.17513/srbs.1326> (in Russ.).

© Степанова Д. И., Григорьев М. Ф., Герасимова Г. А., 2024

Статья поступила в редакцию 08.05.2024; одобрена после рецензирования 02.06.2024; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 08.05.2024; approved after reviewing 02.06.2024; accepted for publication 06.06.2024.

Информация об авторах

Степанова Дария Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Арктический государственный агротехнологический университет, dariv08@mail.ru;

Григорьев Михаил Федосеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Кузбасский государственный аграрный университет имени В. Н. Полецкого, grig_mf@mail.ru;

Герасимова Галина Афанасьевна, старший преподаватель, Арктический государственный агротехнологический университет, dariv08@mail.ru

Information about the authors

Daria I. Stepanova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Arctic State Agrotechnological University, dariv08@mail.ru;

Mikhail F. Grigorev, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Kuzbass State Agricultural University, grig_mf@mail.ru;

Galina A. Gerasimova, Senior Lecturer, Arctic State Agrotechnological University, dariv08@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Original article

UDC 634.31:631.544

EDN RFDROJ

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-80-88>

Identification of antimicrobial peptide biosynthetic genes of *Bacillus pumilus* in suppression of *Phytophthora* spp.

Quang Van Tran¹, Elena N. Pakina², Cuong Viet Ha³^{1,2} Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba
Moscow, Russian Federation^{1,3} Vietnam National University of Agriculture, Hanoi, Vietnam¹ 1042185109@pfur.ru, ² pakina-en@rudn.ru, ³ cuongvietha@gmail.com

Abstract. *Phytophthora* species adversely impact citrus growth and health, leading to significant reductions in quality and yield in commercial orchards. *Bacillus pumilus*, a natural inhabitant of soil, shows potential as a biological control agent for managing *Phytophthora*. PCR analysis for antimicrobial peptide genes demonstrated that *B. pumilus* strains possessed up to four distinct antibiotic biosynthesis genes: *BacA*, *BmyB*, *spaS*, and *ituC*, which contributed to the production of antibiotics including bacilysin, bacillomycin, subtilin, and iturin. This study underscores *Bacillus pumilus* isolates as effective bacterial biocontrol agents against *Phytophthora*. Moreover, applying bacterial suspensions of *B. pumilus* strains shows promise in alleviating root rot in citrus seedlings, with observed plant survival rates of 100% and maximal growth promotion particularly notable in plants treated with *B. pumilus* (VN-K13).

Keywords: lipopeptides, biosynthetic genes, bacillus, antimicrobial peptides, bacillomycin, surfactin, biological control

For citation: Tran Q. V., Pakina E. N., Ha C. V. Identification of antimicrobial peptide biosynthetic genes of *Bacillus pumilus* in suppression of *Phytophthora* spp. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;2:80–88. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-80-88>.

Научная статья

Идентификация генов биосинтеза антимикробных пептидов *Bacillus pumilus* в подавлении *Phytophthora* spp.

Куанг Ван Чан¹, Елена Николаевна Пакина², Кыонг Вьет Ха³^{1,2} Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы
Москва, Российская Федерация^{1,3} Вьетнамский национальный сельскохозяйственный университет, Ханой, Вьетнам¹ 1042185109@pfur.ru, ² pakina-en@rudn.ru, ³ cuongvietha@gmail.com

Аннотация. Виды *Phytophthora* негативно влияют на рост и здоровье цитрусовых, что приводит к значительному снижению качества и урожайности в коммерческих садах. *Bacillus pumilus*, естественный обитатель почвы, показывает потенциал как биологический агент контроля за *Phytophthora*. Анализ методом ПЦР генов антимикробных пептидов продемонстрировал, что штаммы *B. pumilus* обладают четырьмя различными генами биосинтеза антибиотиков: *BacA*, *BmyB*, *spaS* и *ituC*, которые способствуют производству антибиотиков, включая бацилизин, бацилломицин, субтилилин и итурин. Это исследование показало, что штаммы *Bacillus pumilus* – эффективные бактериальные биологические агенты контроля за *Phytophthora*. Кроме того, применение бактериальных суспензий штаммов *B. pumilus* показывает многообещающие результаты в борьбе с корневой гнилью у саженцев цитрусовых. При этом наблюдаются 100-процентная выживаемость растений и максимальное стимулирование роста; особенно заметное у растений, обработанных *B. pumilus* (VN-K13).

Ключевые слова: липопептиды, биосинтетические гены, бактерии, антимикробные пептиды, бацилломицин, сурфактин, биологический контроль

Для цитирования: Чан К. В., Пакина Е. Н., Ха К. В. Идентификация генов биосинтеза антимикробных пептидов *Bacillus pumilus* в подавлении *Phytophthora spp.* // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 2. С. 80–88. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-80-88>.

Introduction. Citrus (*Citrus spp.*) stands as one of Vietnam's most economically significant fruit crops. Nevertheless, diseases like root rot, stem rot, gummosis, and brown fruit rot, primarily caused by *Phytophthora*, are prevalent and highly damaging, notably impacting orange and pomelo varieties [1, 2]. *Bacillus pumilus*, a Gram-positive, spore-forming bacterium, is ubiquitous across diverse habitats, including marine environments, deep-sea sediments, and soils [3]. Notably resilient, it withstands adverse conditions such as nutrient scarcity, desiccation, irradiation, hydrogen peroxide, and chemical disinfection [4]. The ecological significance of *B. pumilus* is underscored by its ability to produce compounds antagonistic to fungal and bacterial pathogens, including the production of lipopeptides and hydrolytic enzymes [5]. Lipopeptides such as fengycin, iturin, bacillomycin, and surfactin are known for their broad antimicrobial spectrum and potent surfactant activities [5].

B. pumilus MTCC7615, isolated from a rice field, has been identified as an antagonist against *Rhizoctonia solani* under in vitro conditions [6]. Meanwhile, strain *Bacillus pumilus* PTB185 has demonstrated secretion of lipopeptides from the surfactin, iturin, and fengycin families against *Botrytis cinerea* [2]. Additionally, surfactin produced by *B. pumilus* strains HR10 may play a role in inhibiting the growth of *Rhizoctonia solani* in *Pinus massoniana* seedlings [7].

Notably, several strains of *Bacillus* have linked the biocontrol of plant pathogens to the presence of antimicrobial peptide biosynthetic genes, such as *bmyB*, *fenD*, *ituC*, *srfAA*, and *srfAB* [8]. The simultaneous production of various antimicrobial peptides (AMPs) is crucial for efficient disease control and underlies the broad antagonistic activity observed in *Bacillus*. For instance, the production of mixtures of bacillomycin, fengycin, and iturin A by *B. subtilis* has been associated with the control of *Podosphaera fusca* in cucurbits [9]. Similarly, the production of bacilysin, iturin, and mersacidin

in *B. subtilis* ME488 has been linked to the suppression of *Fusarium* wilt in cucumber and *Phytophthora* blight in pepper [10]. Consequently, *Bacillus* strains positive for all aforementioned AMP biosynthetic genes exhibit greater efficacy in inhibiting fungal growth compared to other isolates lacking one or more of these markers [11].

In a separate investigation, we discovered four *Bacillus pumilus* strains (VN-H5, VN-H8, VN-F8, VN-K13) to be highly effective against *Phytophthora* (unpublished data). Therefore, to assess their broad-spectrum antifungal activity, we conducted *in vivo* studies to evaluate the bioefficacy of these strains against *Phytophthora parvispora*. Additionally, we identified secondary metabolite biosynthetic genes using PCR-based molecular characterization. To the best of our knowledge, this study represents the first examination of the biocontrol ability of *Bacillus pumilus* strains with distinct lipopeptide signatures against *Phytophthora* in citrus through greenhouse assays.

Materials and methods. *Culture of B. pumilus and P. parvispora.* The microbial cultures *B. pumilus* strain H5, H8, F8 and K13 were collected from the microbial culture collection of Van Tran at the Department of Plant Pathology, Faculty of Agronomy, Vietnam National University of Agriculture.

P. parvispora – VN-Oo10 causing root rot and gummosis in citrus in northern Viet Nam was employed in this study [1, 2]. This isolate was cultured on Potato Dextrose Agar (PDA) medium at 25 °C for 5 days before further use.

Detection of biosynthetic genes from Bacillus species. DNA isolated from bacterial colonies was dissolved in a 50 µl volume of TE buffer (Tris + EDTA) at pH 8.0 within 1.5-ml Eppendorf tubes. The bacterial aliquot was then heat-treated at 100 °C for 10 minutes and utilized as the PCR template. To detect the presence of biosynthetic genes responsible for the production of bioactive compounds of the well-known antagonistic

bacterial genus *Bacillus*, six housekeeping genes were amplified employing specific primers as described in Table 1.

The PCR reaction was conducted with a total volume of 25 µl, comprising 12.5 µl of 2× MytagMM, 0.4 µl of each primer, 0.5 µl of DNA, and 11.2 µl of H₂O.

The PCR procedure was executed in a thermal cycler following these conditions: a single cycle of denaturation at 95 °C for 2 minutes, followed by 35 cycles of denaturation at 95 °C for 20 seconds, annealing for 15 seconds, extension at 72 °C for 1 minute, and a final extension step at 72 °C for 5 minutes. The annealing temperature was set to 58 °C for *fenD*, *ituC*, *srfAA*, *bacA* and *spaS*, to 55 °C for *bmyB*. Subsequently, the reaction was halted and allowed to cool to room temperature. The PCR products were visualized by electrophoresis on an agarose gel.

Evaluation of Bacillus spp. against Phytophthora under Protected Cultivation.

Preparation of plant materials. Orange (*Citrus sinensis* cv. Sanh) seeds were subjected to surface sterilization by rinsing with 95% ethanol for 30 seconds, followed by immersion in a 2.5% sodium hypochlorite (NaClO) solution for 10 minutes under constant gentle shaking. The seeds were then thoroughly rinsed with sterile distilled water ten times to remove any residual sodium hypochlorite.

Next, the seeds were treated with gibberellic acid (GA3) at a concentration of 80 ppm and incubated at 25 °C for 12 hours. These treated seeds were then planted in plastic pots (7×9 cm) filled with sterile sand. The pots were placed in an environment with temperature fluctuations ranging between 15–30 °C and a relative humidity of 60–80%. The seedlings were irrigated three times daily, and a nutrient solution was supplied weekly. After a 3-month period, orange seedlings with 3–4 true leaves were successfully grown. The pots were flooded several times with water to remove excess nutrient salts that could potentially affect zoospores before inoculation.

Preparation of biocontrol agents. *Bacillus pumilus* strains H5, H8, F8, and K13 were cultured on nutrient agar (NA) medium supplemented with yeast extract (3 g), peptone (5 g), NaCl (5 g), agar (15 g), 1,000 mL of H₂O. A loop of 24-hr-old culture of individual strains were inoculated into liquid Nutrient Broth (NB) medium, which consists of peptone (5 g/L), yeast extract (3 g/L), NaCl (5 g/L), 1,000 ml of water.

The flasks were placed on a shaker and incubated for 48 hours at 28 °C in darkness with shaking at a rate of 200 rpm. This suspension was then adjusted 1×10⁶ colony forming units (CFU)/ml and 1×10⁸ CFU/ml, respectively for the use in study.

In vivo biological control of Phytophthora sp. on citrus. Five mycelial

Table 1 – Characteristic of specific primers

| Gene | Produce name | Primer name | Sequence (5' to 3') | Size, bp |
|--------------|--------------|-------------|------------------------|----------|
| <i>spaS</i> | Subtilin | SPASF | GGTTTGTTGGATGGAGCTGT | 375 |
| | | SPASR | GCAAGGAGTCAGAGCAAGGT | |
| <i>fenD</i> | Fengycin | FENDF | GGCCCGTTCTCTAAATCCAT | 269 |
| | | FENDR | GTCATGCTGACGAGAGCAAA | |
| <i>bmyB</i> | Bacyllomycin | BMYBF | GAATCCCGTTGTTCTCCAAA | 370 |
| | | BMYBR | GCGGGTATTGAATGCTTGTT | |
| <i>bacA</i> | Bacylisin | BACF | CAGCTCATGGGAATGCTTTT | 498 |
| | | BACR | CTCGGTCCTGAAGGGACAAG | |
| <i>ituC</i> | Iturin | ITUCF | GGCTGCTGCAGATGCTTTAT | 423 |
| | | ITUCR | TCGCAGATAATCGCAGTGAG | |
| <i>srfAA</i> | Surfactin | SRFAF | TCGGGACAGGAAGACATCAT | 201 |
| | | SRFAR | CCACTCAAACGGATAATCCTGA | |

plugs from the representative *P. Parvispora* (VN-Oo10) isolate were applied to the base region of the seedlings. Two days after inoculation with *Phytophthora*, 3 ml aliquots of the supernatant solution derived from four *Bacillus* bacterial strains, at two distinct concentrations (1×10^6 and 1×10^8), were administered to each seedling. The experimental setup followed a completely randomized block design, with each treatment group comprising 12 seedlings. Notably, positive controls (inoculated with *P. parvispora*) and negative controls (untreated controls) were included.

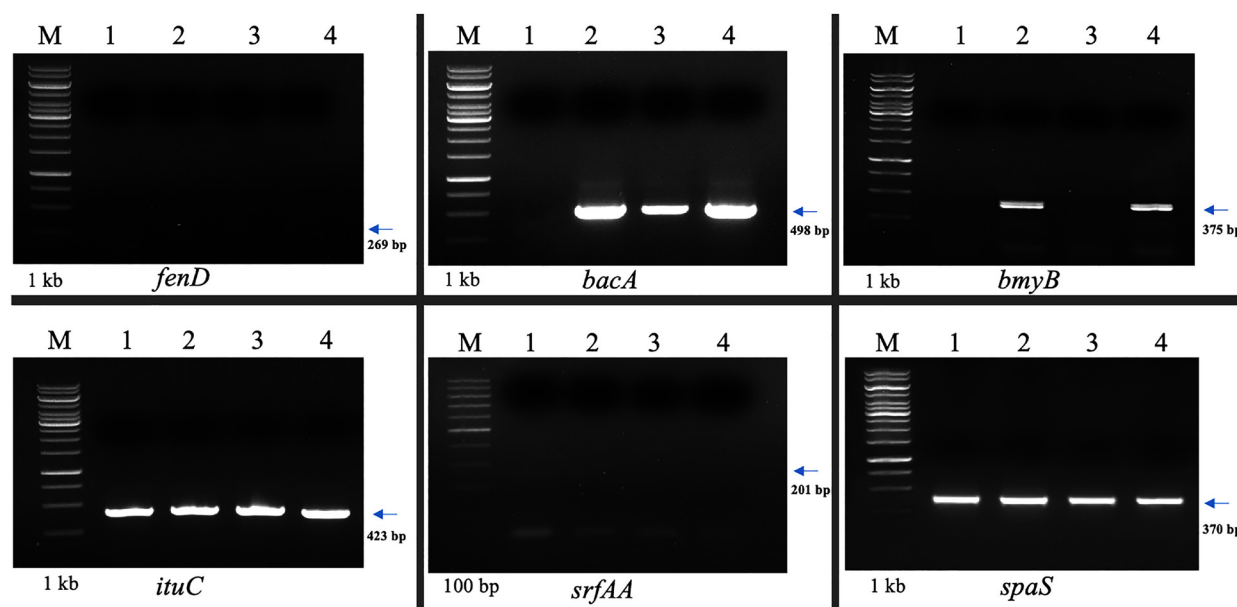
Four months after transplantation, the seedlings were carefully removed from the pots, and their roots underwent a thorough washing procedure to eliminate any residual sand particles. Subsequently, the roots and shoots of the seedlings were separated and subjected to a drying process at 80 °C for 72 hours before subsequent weighing.

Statistical analysis. All experiments were performed in triplicate. Significant differences between treatments were analysed in the SPSS statistics v. 26 software by one-way analysis of variance (ANOVA), followed by Tukey's honestly significant difference test ($P < 0.05$).

Results and discussion. *Bacillus pumilus* harbors various biosynthetic genes encoding antifungal compounds. The production of antifungal compounds plays a pivotal role in the defense mechanisms employed by Biological Control Agents (BCAs) derived from *Bacillus* species against pathogens. These antifungal compounds can directly combat pathogenic microorganisms.

Investigating antibacterial resistance involved conducting Polymerase Chain Reaction (PCR) amplifications utilizing specific primer pairs. Six primer pairs were employed to amplify genes encoding antibacterial properties in four bacterial isolates. Positive amplifications were identified using the *bacA* primer pair, linked to bacylisin production, in three isolates VN-H8, VN-F8, and VN-K13.

Concurrently, all four strains exhibited positive PCR results with the *ituC* and *spaS* primer pair, correlated with iturin and subtilin productions. Concerning the *bmyB* primer pair for bacylomycin production, positive amplification occurred exclusively in two isolates, VN-H8 and VN-K13. However, the other two targeted genes, *fenD* and *srfAA* associated with fengycin and surfactin productions, did not yield any PCR products (Fig. 1).



M: 1 kb marker (*bmyB*, *fenD*, *ituC*, *bacA*, and *spaS*). M: 100 bp marker (*srfAA*)
Lane 1: VN-H5. Lane 2: VN-H8. Lane 3: VN-F8. Lane 4: VN-K13

Figure 1 – The presence of the six Antimicrobial peptides genes was determined in the corresponding *Bacillus* isolates

In vivo biological control of phytophthora sp. on Orange (cv. Sanh) trees. After a precisely controlled 16-week inoculation period, the results indicated a significant reduction in disease severity for all four bacterial isolates – VN-H5, VN-H8, VN-F8, and VN-K13 (Table 1, Fig. 2).

However, no significant difference was observed at both dosages (1×10^6 and 1×10^8 colony-forming units (CFU)/ml). This decrease in disease severity, attributed to antagonistic bacteria, is presumed to be associated with biological control mechanisms and their adaptation to the host plant environment.

Analyzing tree height parameters, the three bacterial strains VN-H8, VN-F8, and VN-13 demonstrated dimensions comparable to the uninoculated control. Only the VN-H5 bacterial strain displayed a lower height than the uninoculated control but a height higher than that of the inoculated control.

Shifting focus to tree diameter parameters, only the strain VN-K13 exhibited a diameter surpassing that of the uninoculated control. The remaining bacterial strains showed measurements nearly equivalent to the uninoculated control and surpassed those of the inoculated control.

Regarding fresh weight parameters of shoots, the VN-H5 bacterial strain presented

a lower weight than the uninoculated control. In contrast, the other three bacterial strains demonstrated weights higher than the uninoculated control, with VN-K13 exhibiting superiority, followed by VN-F8 and VN-H8. This trend persisted when considering shoot dry weight parameters.

Upon scrutinizing fresh weight parameters of roots, only the VN-K13 bacterial strain had a lower weight than the uninoculated control, while the VN-F8 bacterial strain had a weight higher than equivalence to the uninoculated control. In contrast, both VN-H5 and VN-H8 strains displayed weights lower than the uninoculated control.

Concerning root dry weight parameters, only the strain VN-K13 had a weight higher than the uninoculated control. In contrast, the remaining three strains VN-H5, VN-H8, and VN-F8 demonstrated weights lower than the uninoculated control but higher than the inoculated controls. The survival rate of seedlings subjected to treatment with *B. pumilus* bacterial strains was higher than that of the inoculated control, highlighting the potential efficacy of these bacterial strains in enhancing plant resilience against phytopathogens.

Discussion. To predict and to some extent elucidate the antifungal compounds

Table 2 – *In vivo* evaluation of biological activity of biological control agents on the control of *Phytophthora* root rot of Orange (cv. Sanh) seedlings

| Treatment | Plant height, cm | Plant diameter, cm | Shoot fresh weight, g | Shoot dry weight, g | Root fresh weight, g | Root dry weight, g | Percentage survival, % |
|--|----------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|--------------------|------------------------|
| Uninoculated | 17.58 c ¹ | 4.55 cd | 57.2 d | 19.73 d | 40.86 f | 12.04 g | 100 |
| Inoculated | 11.83 a | 3.39 a | 38.24 a | 12.18 a | 19.12 a | 6.62 a | 75 |
| K13 (a) | 17.55 c | 4.61 cd | 64.71 f | 21.21 f | 49.78 g | 14.23 h | 100 |
| K13 (b) | 17.61 c | 4.66 d | 66.67 g | 22.22 g | 51.28 h | 14.66 i | 100 |
| H5 (a) | 16.19 b | 4.11 b | 44.64 b | 14.88 b | 27.90 b | 7.65 b | 91.67 |
| H5 (b) | 16.18 b | 4.18 b | 48.51 c | 16.17 c | 30.32 c | 8.30 c | 83.33 |
| F8 (a) | 17.48 c | 4.47 c | 61.71 e | 20.57 ef | 39.81 f | 11.07 f | 100 |
| F8 (b) | 17.52 c | 4.46 c | 61.63 e | 20.54 ef | 39.76 f | 11.03 f | 100 |
| H8 (a) | 17.46 c | 4.48 c | 58.84 d | 19.61 d | 36.78 d | 10.21 d | 100 |
| H8 (b) | 17.53 c | 4.51 cd | 60.97 e | 20.32 de | 38.11 e | 10.59 e | 91.67 |
| <i>Bacillus</i> isolates (K13 (a), H5 (a), F8 (a), H8 (a) and K13 (b), H5 (b), F8 (b), H8 (b)) were drenched at 1×10^6 or 1×10^8 CFU/ ml respectively. ¹ Means (n=12) in both columns and rows followed by the same letters are not significantly different ($p < .05$, Tukey's HSD test). | | | | | | | |



From left to right: Control without inoculated, inoculated with *P. parvispora* and *B. pumilus* K13, inoculated with *P. parvispora* and (B) root, respectively; Symptom was pictured at 4 months after inoculation

Figure 2 – Response of the leaves and roots of orange seedlings to treatment with *Phytophthora parvispora* isolate VN-Oo10 and *Bacillus pumilus* isolate VN-K13

potentially synthesized by the *B. pumilus* strains, the study investigated the presence of genes responsible for the biosynthesis of specific antimicrobial antibiotics like bacillomycin, iturin, bacylisin, subtilin, Fengycin, and surfactin using PCR. PCR-based detection of bacteria producing these specific antibiotics is preferred over screening and random isolation methods due to its efficiency and reduced time requirements.

Result, our VN-K13 strain was found to harbor genes, including *bmyB*, *ituC*, *bacA*, and *spaS*, which encode well-known antifungal compounds such as bacillomycin, iturin, bacylisin, and subtilin. These findings suggest that these *B. pumilus* strains have the potential to produce a range of antibiotics. This paves the way for an investigation into whether the combined action of these antibiotics plays a role in disease suppression, or if it's the result of the individual antibiotics, and whether this serves as a competitive strategy against other microorganisms.

The existence of biosynthetic genes responsible for antibiotic production may provide a plausible rationale for the antifungal properties observed in these

B. pumilus strains. These molecules are capable of decreasing pathogen growth [12].

Hence, our investigation furnishes compelling evidence affirming the pivotal role of genes encoding lipopeptides in combating *Phytophthora*. The bacterial capacity to synthesize lipopeptides is critical for assessing its potential as a biological control agent (BCA) against plant pathogens [13].

Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) produce various antibiotic compounds, among which lipopeptides are significant contributors to the antifungal activity of *Bacillus* species [14]. Cao et al. (2018) demonstrated that iturin and fengycin, secreted by *B. velezensis*, are responsible for its antimicrobial properties, while surfactin is implicated in biofilm formation and cell motility, crucial for successful rhizosphere colonization [14]. *Bacillus velezensis* exhibits versatility in producing antibiotic compounds, including surfactin, iturin, fengycin, ericin, and others [15].

Zalila-Kolsi et al. (2016) highlighted the broad-spectrum antifungal activity of *B. amyloliquefaciens* and *B. subtilis*, producing iturin and surfactin, and surfactin

and fengycin, respectively, against various phytopathogenic fungi [16].

Gong et al. (2015) reported that both iturin A and plipastatin (fengycine). A display fungicidal activity, with iturin A being more potent at lower concentrations than plipastatin A [17]. Furthermore, treatment with these molecules induces deformities and damages in hyphal morphology [17].

Toral et al. (2018) demonstrated that the biocontrol of *Botrytis cinerea* by *Bacillus* XT1 is facilitated by lipopeptides, suggesting that the mycelial structure of *B. cinerea* is likely degraded by these compounds [18]. Importantly, this study marks the first instance of the identification of VN-K13 and VN-F8 strains as positive for the presence of the *Bacillomycin B* gene.

Nonetheless, additional research is imperative as this observation could be linked to a malfunction in the transfer of 4'-phosphopantetheine from coenzyme A to peptidyl transport protein, potentially induced by mutations in the *sfp* gene [19], resulting in

the aforementioned strains being incapable of producing any lipopeptide.

Our results underlined an increase in the plant growth of Orange (cv. Sanh) seedlings treated with antagonist bacteria (bacterization) in comparison with untreated controls. Previous studies documented the existence of multiple biocontrol mechanisms among the studied bacteria that explains their potential as successful biocontrol [20].

In the current study, we have investigated a biocontrol strain that could be used as an alternative agent for controlling Phytophthora disease in citrus trees. Our experimental results have significantly enhanced our comprehensive understanding of the potential antifungal mechanisms of B. pumilus VN-K13. It has the potential for development as a biocontrol agent and biofertilizer due to the presence of genes encoding antimicrobial antibiotics such as bacillomycin, iturin, bacylisin, subtilin. To the best of our knowledge, this is the first study focused on citrus biocontrol using the antagonistic bacterium B. pumilus.

References

1. Van Tran Q., Ha C. V., Vvedensky V. V., Han V.-C. Current status and characterization of *Phytophthora* species associated with gummosis of citrus in Northern Vietnam. *Journal of Phytopathology*, 2023;171(9):478–488. <https://doi.org/10.1111/jph.13204>.
2. Van Tran Q., Ha C. V., Vvedensky V. V., Le T. T. L., Han V.-C. Pathogenicity and fungicide sensitivity of *Phytophthora parvispora*, a new pathogen causing gummosis and root rot disease on citrus trees. *Microbial Pathogenesis*, 2023;175:105986. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2023.105986>.
3. Priest F. G. Systematics and ecology of *Bacillus*. In: Sonenshein A. L., Hoch J. A., Losick R. (Eds.). *Bacillus subtilis* and other gram-positive bacteria: Biochemistry, physiology, and molecular genetics, Washington, American Society for Microbiology, 1993, P. 1–16. <https://doi.org/10.1128/9781555818388.ch1>.
4. Nicholson W. L., Munakata N., Horneck G., Melosh H. J., Setlow P. Resistance of *Bacillus* endospores to extreme terrestrial and extraterrestrial environments. *Microbiology and molecular biology reviews*, 2000;64(3):548–572. <https://doi.org/10.1128/mmb.64.3.548-572.2000>.
5. Bouchard-Rochette M., Machrafi Y., Cossus L., Nguyen T. T. A., Antoun H., Droit A. [et al.]. *Bacillus pumilus* PTB180 and *Bacillus subtilis* PTB185: Production of lipopeptides, antifungal activity, and biocontrol ability against *Botrytis cinerea*. *Biological Control*, 2022;170:104925. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.104925>.
6. Padaria J. C., Singh A. Molecular characterization of soil bacteria antagonistic to *Rhizoctonia solani*, sheath blight of rice. *Journal of Environmental Science and Health*, 2009;44(4):397–402. <https://doi.org/10.1080/03601230902801125>.
7. Zhu M.-L., Wu X.-Q., Wang Y.-H., Dai Y. Role of biofilm formation by *Bacillus pumilus* HR10 in biocontrol against pine seedling damping-off disease caused by *Rhizoctonia solani*. *Forests*, 2020;11(6):652. <https://doi.org/10.3390/f11060652>.
8. González-Sánchez M. Á., Pérez-Jiménez R. M., Pliego C., Ramos C., De Vicente A., Cazorla F. M. Biocontrol bacteria selected by a direct plant protection strategy against avocado white

root rot show antagonism as a prevalent trait. Journal of applied microbiology, 2010;109(1):65–78. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04628.x>.

9. Romero D., De Vicente A., Rakotoaly R. H., Dufour S. E., Veening J.-W., Arrebola E. [et al.]. The iturin and fengycin families of lipopeptides are key factors in antagonism of *Bacillus subtilis* toward *Podosphaera fusca*. Molecular Plant-Microbe Interactions, 2007;20(4):430–440. <https://doi.org/10.1094/MPMI-20-4-0430>.

10. Chung S., Kong H., Buyer J. S., Lakshman D. K., Lydon J., Kim S.-D. [et al.]. Isolation and partial characterization of *Bacillus subtilis* ME488 for suppression of soilborne pathogens of cucumber and pepper. Applied Microbiology and Biotechnology, 2008;80:115–123. <https://doi.org/10.1007/s00253-008-1520-4>.

11. Joshi R., McSpadden Gardener B. B. Identification and characterization of novel genetic markers associated with biological control activities in *Bacillus subtilis*. Phytopathology, 2006;96(2):145–154. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0145>.

12. Fira D., Dimkić I., Berić T., Lozo J., Stanković S. Biological control of plant pathogens by *Bacillus* species. Journal of Biotechnology, 2018;285:44–55. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2018.07.044>.

13. Dimkić I., Stanković S., Nišavić M., Petković M., Ristivojević P., Fira D. [et al.]. The profile and antimicrobial activity of *Bacillus* lipopeptide extracts of five potential biocontrol strains. Frontiers in microbiology, 2017;8:925. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00925>.

14. Cao Y., Pi H., Chandransu P., Li Y., Wang Y., Zhou H. [et al.]. Antagonism of two plant-growth promoting *Bacillus velezensis* isolates against *Ralstonia solanacearum* and *Fusarium oxysporum*. Scientific reports, 2018;8(1):4360. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22782-z>.

15. Adeniji A. A., Aremu O. S., Babalola O. O. Selecting lipopeptide producing, *Fusarium* suppressing *Bacillus* spp.: Metabolomic and genomic probing of *Bacillus velezensis* NWUMFkBS10.5. Microbiology Open, 2019;8(6):e00742. <https://doi.org/10.1002/mbo3.742>.

16. Zalila-Kolsi I., Mahmoud A. B., Ali H., Sellami S., Nasfi Z., Tounsi S. [et al.]. Antagonist effects of *Bacillus* spp. strains against *Fusarium graminearum* for protection of durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. durum). Microbiological research, 2016;192:148–158. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2016.06.012>.

17. Gong A.-D., Li H.-P., Yuan Q.-S., Song X.-S., Yao W. [et al.]. Antagonistic mechanism of iturin A and plipastatin A from *Bacillus amyloliquefaciens* S76-3 from wheat spikes against *Fusarium graminearum*. PloS One, 2015;10(2):e0116871. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116871>.

18. Toral L., Rodríguez M., Béjar V., Sampedro I. Antifungal activity of lipopeptides from *Bacillus* XT1 CECT 8661 against *Botrytis cinerea*. Frontiers in Microbiology, 2018;9:1315. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01315>.

19. Mootz H. D., Finking R., Marahiel M. A. 4'-Phosphopantetheine transfer in primary and secondary metabolism of *Bacillus subtilis*. Journal of Biological Chemistry, 2001;276(40):37289–37298. <https://doi.org/10.1074/jbc.M103556200>.

20. Chenniappan C., Narayanasamy M., Daniel G. M., Ramaraj G. B., Ponnusamy P., Sekar J. [et al.]. Biocontrol efficiency of native plant growth promoting rhizobacteria against rhizome rot disease of turmeric. Biological Control, 2019;129:55–64. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.07.002>.

© Tran Q. V., Pakina E. N., Ha C. V., 2024

The article was submitted 22.05.2024; approved after reviewing 07.06.2024; accepted for publication 11.06.2024.

Information about the authors

Quang Van Tran, Postgraduate Student, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3359-7427>, 1042185129@pfur.ru;

Elena N. Pakina, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Director of the Agrobiotechnological Department of the Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6493-6121>, pakina-en@rudn.ru;

Cuong Viet Ha, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Plant Pathology, Vietnam National University of Agriculture, ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-5699-1752>, cuongvietha@gmail.com

Информация об авторах

Чан Куанг Ван, аспирант, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3359-7427>, 1042185129@pfur.ru;

Пакина Елена Николаевна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, директор агробиотехнологического департамента аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6493-6121>, pakina-en@rudn.ru;

Ха Кыонг Вьет, доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры патологии растений, Вьетнамский национальный сельскохозяйственный университет, ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-5699-1752>, cuongvietha@gmail.com

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

ANIMAL BREEDING AND VETERINARY

Научная статья

УДК 636.087.7:636.03

EDN QNRPRS

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-89-96>

**Уровень молочной продуктивности коров
и некоторых показателей качества молока, на фоне
влияния комбикормовых добавок растительного происхождения**

**Антон Павлович Лашин¹, Никита Игоревич Максимов²,
Максим Викторович Сыроватский³**

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева (Калужский филиал), Калужская область, Калуга, Россия

^{2,3} Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия

¹ ant.lashin@yandex.ru, ² kit4862@mail.ru

Аннотация. Для проведения исследования было отобрано по 20 коров голштинской породы массой 500 кг, с одинаковой молочной продуктивностью, которые были разделены на 4 группы. Первая группа – контрольная, остальные группы – опытные. Животные контрольной группы кормовых добавок не получали; первой опытной группе в основной рацион добавляли 100 г высушенного измельченного растительного сырья на голову в день; второй опытной группе – 150 г; третьей опытной группе – 200 г соответственно. В течение 20 дней в рацион добавляли кормовые добавки растительного происхождения. Пробы молока отбирали в утренние часы на 1-ый, 10-ый, 20-ый, 30-ый и 40-ой дни основного опытного периода, с целью учета содержания ключевых показателей. Результаты показали, что кормовые добавки растительного происхождения позволяют значительно повысить молочную продуктивность дойных коров, но не оказывают существенного влияния на показатели качества молока. Поэтому, проявляемый эффект таких кормовых добавок зависит от их количества в рационе, в связи с чем целесообразно добавлять от 150 до 200 г на голову в день.

Ключевые слова: кормовые добавки растительного происхождения, молочная продуктивность коров, крупный рогатый скот, качество молока

Для цитирования: Лашин А. П., Максимов Н. И., Сыроватский М. В. Уровень молочной продуктивности коров и некоторых показателей качества молока, на фоне влияния комбикормовых добавок растительного происхождения // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 2. С. 89–96. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-89-96>.

Original article

**Influence of mixed fodder additives of vegetable origin
on milk productivity of cows and milk quality**

Anton P. Lashin¹, Nikita I. Maksimov², Maksim V. Syrovatskiy³

¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Kaluga branch), Kaluga region, Kaluga, Russian Federation

^{2,3} Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russian Federation

¹ ant.lashin@yandex.ru, ² kit4862@mail.ru

Abstract. In this study, 20 Holstein cows were selected and divided into 4 groups. Selected heads were of similar weight (500 kg) and the same milk productivity. The first group was control; the rest three groups were experimental. Feed additives of plant origin were added to the main diet of animals of three experimental groups within 20 days. The animals of the first experimental group were fed with 100 g of dried crushed plant material per head per day; the second and third experimental groups were fed with 150 g and 200 g, respectively. Animals in the control group did not receive feed additives. Milk samples were taken in the morning on the 1st, 10th, 20th, 30th and 40th days of the main experimental period in order to evaluate the content of key milk indicators. The results have shown that feed additives of plant origin promote a significant increase in milk productivity of dairy cows, but do not have a significant effect on various milk quality indicators. The effect, capable of increasing milk production has been linked to the amount of feed additive inclusion in experimental groups, consequently it is advisable to add from 150 to 200 g per head per day.

Keywords: plant-based feed additives, milk productivity of cows, cattle, milk quality

For citation: Lashin A. P., Maksimov N. I., Syrovatskiy M. V. Influence of mixed fodder additives of vegetable origin on milk productivity of cows and milk quality. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*. 2024;18;2:89–96. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-89-96>.

Введение. В современном молочном животноводстве в качестве кормовых добавок многие ученые и специалисты предлагают включать в корма крупному рогатому скоту антибиотики, гормоны и химически синтезированные препараты с целью профилактики и лечения заболеваний, а также увеличения молочной продуктивности [1, 2, 10, 18]. Длительное применение этих веществ может вызвать ряд таких последствий, как развитие устойчивости у патогенных микроорганизмов, остаток лекарственных метаболитов в организме, что затем может отразиться на показателях доброкачественности молока и здоровье человека [3, 4, 19, 20].

В связи с этим необходимо обеспечить развитие здорового поголовья животных. Преимущество добавления комбикормовых добавок растительного происхождения в рацион животным состоит в минимизации побочных эффектов, отсутствии остаточного количества метаболитов лекарственных веществ, а также исключении устойчивости микроорганизмов [5, 6, 11, 12]. Следовательно, использование сырья растительного происхождения для создания комбикормовой добавки может положительно отразиться на состоянии животных, стабилизации лактационных периодов и уровне молочной продуктивности дойных коров голштинской породы [7, 8, 13, 14].

Целью исследования является определение уровня молочной продуктивности молочных коров на фоне влияния

комбинированных добавок растительного происхождения.

Поставленная цель предопределила решение следующих задач:

1. Произвести оценку влияния комбинированных добавок растительного происхождения на молочную продуктивность дойных коров.

2. Проанализировать влияние комбинированных добавок растительного происхождения на качественные показатели молока.

Материал и методы исследования. Исследования проводились на базе ООО СП «Калужское». Объектом исследований явились 80 голов крупного рогатого скота голштинской породы массой 500 кг, с одинаковой молочной продуктивностью, которые по методу пар-аналогов были разделены на 4 группы. Исследуемые животные находились на 1–2 месяцах лактации. Все животные, задействованные в опыте, содержались в отдельных загонах, со свободным доступом к корму и воде. Коровам каждой группы давали по 2,8 кг концентратов ежедневно, в утренние и дневные часы.

В течение 20 дней животным добавляли комбикормовые добавки растительного происхождения с целью сравнительной оценки их влияния на показатели молочной продуктивности. Для этого растительное сырье было предварительно заготовлено путем измельчения, просеивания и деления на дозы.

В состав кормовой добавки входило сырье растительного происхождения, действие которого направлено на стимуляцию ферментативных процессов, профилактику патологий обмена веществ, иммунный статус животных, а также физиологические лактационные механизмы. В частности, сырье включало по 20 граммов корня женьшеня, корня солодки, корня аралии, травы пустырника, травы донника, семян лимонника.

Животные контрольной группы кормовых добавок не получали; первой опытной группе в основной рацион добавляли 100 г высушенного измельченного растительного сырья на голову в сутки; второй опытной группе – 150 г; третьей опытной группе – 200 г соответственно.

Пробы молока отбирали в утренние часы на 1-ый, 10-ый, 20-ый, 30-ый и 40-ой дни основного опытного периода с целью учета содержания качественных показателей. Для учета показателей молочной продуктивности использовали анализатор молока Клевер-2М, предназначенный для измерения средней жирности, содержания уровня лактозы, белка, сухого обезжиренного молочного остатка, минеральных солей, а также точки замерзания и плотности в молоке.

Учет статистических данных и их обработку выполняли с помощью программы Excel. С использованием программного комплекса SPSS 6.0 проводился однофакторный дисперсионный анализ данных. Различия количественных показателей между исследуемыми независимыми группами анализировали с помощью *t*-критерия Стьюдента [9, 15].

Перед проведением исследований учитывали состав рациона подопытных коров (табл. 1). Анализ таблицы 1 показывает, что в хозяйстве используется концентратный тип кормления. Рацион задается животным в виде кормосмеси.

Результаты исследования и их обсуждение. Для выполнения первой задачи исследования нами был проведен контроль уровня молочной продуктивности дойных коров с 1-го по 40-й дни опыта, с целью сравнительной оценки воздействия различных доз комбинированных добавок из растительного сырья. Данные представлены в таблице 2.

Анализируя таблицу 2, можно отметить, что молочная продуктивность первой и второй опытных групп на 10-ый, 20-ый и 30-ый дни отличалась от контрольной. При этом молочная продуктивность третьей опытной группы на 40-ой день пре-

Таблица 1 – Рацион подопытных коров
Table 1 – Diet of experimental cows

| В килограммах (in kilogram) | |
|-----------------------------|------------|
| Состав рациона | Количество |
| Сенаж люцерновый | 6,0 |
| Сенаж многолетних злаковых | 12,5 |
| Силос кукурузный | 20,0 |
| Жмых подсолнечный | 2,0 |
| Комбикорм | 6,0 |

Таблица 2 – Влияние комбикормовых добавок растительного происхождения на молочную продуктивность коров (n=20)

Table 2 – Effect of compound feed additives of plant origin on cow milk productivity (n=20)
В килограммах (in kilogram)

| Группа животных | Производство молока на день исследования | | | | |
|-----------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1-ый | 10-ый | 20-ый | 30-ый | 40-ой |
| Контрольная | 20,4±2,40 | 20,5±2,36 | 20,5±2,30 | 20,5±2,30 | 20,6±2,18 |
| I опытная | 20,1±2,27 | 20,9±2,50 | 21,3±2,25 | 21,5±2,25 | 21,1±2,25 |
| II опытная | 20,2±2,36 | 22,5±2,28 | 23,4±2,18 | 23,0±2,20 | 22,2±2,20 |
| III опытная | 20,3±2,18 | 23,2±2,24 | 23,8±2,50 | 23,3±2,26 | 24,4±2,35 |

восходила на 18 % соответствующий показатель контрольной группы.

Анализ влияния кормовых добавок растительного происхождения на среднюю жирность молока дойных коров показывает, что процент жирности в процессе проведения научного опыта не изменяется во всех группах исследуемых животных (табл. 3).

Аналогичный вывод прослеживается из анализа влияния комбикормовых добавок растительного происхождения на содержание уровня белка в молоке, что показано в таблице 4.

В рамках исследований устанавливали содержание уровня лактозы в молоке, с целью подтверждения доброкачественности и безопасности молока, а также исключения у животных таких заболеваний, как мастит, туберкулез и др.

Исходя из данных, представленных в таблице 5, можно отметить, что содержание уровня лактозы в молоке на фоне добавления комбикормовых добавок растительного происхождения практически не изменяется во всех группах животных.

Уровень данного показателя соответствовал норме, что подтверждает эффективность применяемой комбикормовой добавки у испытуемых животных. Вместе с тем низкое содержание лактозы в молоке на стадии нормальной лактации является признаком формирования маститов.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод, что включенные в основной рацион комбикормовые добавки растительного происхождения положительно сказываются на активации ферментативных процессов и увеличении показателей молочной продуктивности: молочная продуктивность, коэффициент жирности молока, уровень лактозы и белка в молоке. При этом улучшается обмен веществ в организме, повышается синтез молока и обеспечивается стабилизация лактации. Это обусловлено содержанием биологически активных веществ, таких как сапонины, алкалоиды, кумарины, белки, витамины группы В, инулин, холин, бетаин, аминокислоты, фолиевая кислота, никотиновая кислота, сахара и др. [16, 17].

Таблица 3 – Влияние комбикормовых добавок растительного происхождения на среднюю жирность молока (n=20)

Table 3 – Effect of compound feed additives of plant origin on the average fat content of milk (n=20)

В процентах (in percent)

| Группа животных | Средняя жирность молока на день исследования | | | | |
|-----------------|--|----------|----------|----------|----------|
| | 1-ый | 10-ый | 20-ый | 30-ый | 40-ый |
| Контрольная | 3,4±0,54 | 3,4±0,55 | 3,4±0,45 | 3,4±0,51 | 3,4±0,48 |
| I опытная | 3,2±0,48 | 3,3±0,42 | 3,4±0,50 | 3,4±0,48 | 3,4±0,52 |
| II опытная | 3,3±0,57 | 3,4±0,50 | 3,5±0,52 | 3,4±0,45 | 3,4±0,47 |
| III опытная | 3,4±0,55 | 3,4±0,61 | 3,4±0,47 | 3,5±0,50 | 3,4±0,51 |

Таблица 4 – Влияние комбикормовых добавок растительного происхождения на содержание уровня белка в молоке (n=20)

Table 4 – Effect of compound feed additives of plant origin on the protein level in milk (n=20)

В процентах (in percent)

| Группа животных | Содержание молочного белка на день исследования | | | | |
|-----------------|---|----------|----------|----------|----------|
| | 1-ый | 10-ый | 20-ый | 30-ый | 40-ый |
| Контрольная | 2,8±0,25 | 2,8±0,28 | 2,8±0,31 | 2,8±0,28 | 2,8±0,30 |
| I опытная | 2,8±0,30 | 2,8±0,30 | 2,9±0,33 | 2,8±0,30 | 2,8±0,31 |
| II опытная | 2,8±0,28 | 2,9±0,32 | 2,9±0,30 | 2,9±0,32 | 2,9±0,29 |
| III опытная | 2,7±0,25 | 2,8±0,30 | 2,9±0,35 | 2,9±0,30 | 2,9±0,35 |

Таблица 5 – Влияние комбикормовых добавок растительного происхождения на содержание уровня лактозы в молоке (n=20)**Table 5 – Effect of compound feed additives of plant origin on the lactose level in milk (n=20)**
В процентах (in percent)

| Группа животных | Содержание лактозы на день исследования | | | | |
|-----------------|---|----------|----------|----------|----------|
| | 1-ый | 10-ый | 20-ый | 30-ый | 40-ый |
| Контрольная | 4,7±0,35 | 4,8±0,33 | 4,7±0,34 | 4,7±0,30 | 4,7±0,28 |
| I опытная | 4,6±0,30 | 4,8±0,30 | 4,8±0,32 | 4,8±0,32 | 4,8±0,30 |
| II опытная | 4,7±0,33 | 4,8±0,29 | 4,8±0,29 | 4,8±0,31 | 4,8±0,32 |
| III опытная | 4,6±0,30 | 4,9±0,34 | 4,9±0,34 | 4,9±0,28 | 4,9±0,30 |

Заключение. При скормливания кормовых добавок растительного происхождения на 10-ые и 20-ые сутки исследования, удои молока во второй и третьей опытных группах увеличились на 2,05 и 2,0 кг соответственно, по сравнению с контрольной группой. В то же время, используемые комбикормовые добавки из растительного сырья не оказывают су-

щественного влияния на уровень компонентов молока дойных коров.

В качестве рекомендации можно отметить, что оптимальное количество комбикормовых добавок растительного происхождения, добавляемых в рационы дойных коров, составляет от 150 до 200 граммов в сутки.

Список источников

1. Истомин М. А., Юрьева И. А. Молочная продуктивность и химический состав молока джерсейской породы коров // Интернаука. 2022. № 44–4 (267). С. 45–48. EDN QBXQOC.
2. Китаев Ю. А. Особенности развития молочного скотоводства в России и за рубежом // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. № 1 (29). С. 167–172. EDN GUIZXJ.
3. Максимов Н. И., Лашин А. П. Влияние витаминно-терапевтического премикса на клинические показатели крови и молочную продуктивность дойных коров // Эколого-биологическое благополучие растительного и животного мира : материалы междунар. науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2022. С. 120. EDN GKLPAY.
4. Максимов Н. И., Лашин А. П. Влияние комбинированного пробиотика на ростовые показатели и уровень иммунитета у поросят-отъемышей // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 1 (53). С. 56–61. <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-11008>. EDN BGPJNF.
5. Дунин И. М., Мещеров Р. К., Тяпугин С. Е., Ходыков В. П., Аджибеков В. К., Тяпугин Е. Е. Состояние и перспективы развития молочного скотоводства в Российской Федерации // Зоотехния. 2020. № 2. С. 2–5. EDN LMATCL.
6. Филиппова О. Б., Саранчина Е. Ф. Технологические приемы повышения продуктивности молочных коров с использованием фитодобавок // Наука в центральной России. 2019. № 2 (38). С. 98–103. EDN LAAJQB.
7. Хализова З. Н., Зыков С. А. Состояние и перспективы развития отрасли кормопроизводства в России // Эффективное животноводство. 2019. № 3 (151). С. 14–18. EDN KNUBSM.
8. Maksimov N. I., Lashin A. P. Influence of vitamin supplements on indicators of dairy productivity and blood morphological composition of cattle // INTERAGROMASH 2022 : XV International Scientific Conference. Springer Nature Switzerland, 2023. P. 79–89. EDN UWRAXF.
9. Lashin A., Simonova N., Miller T., Panfilov S., Chubin A. Substantiation of the choice of the model for the formation of oxidative stress in preclinical studies // Development and modern problems of aquaculture (AQUACULTURE 2022) : International Scientific and Practical

Conference. EDP Sciences, 2023. P. 01106. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338101106>. EDN PZWGAF.

10. Воронин А. Н., Труфанов А. М., Щукин С. В. Современные технологии заготовки кормов. Ярославль : Ярославская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. 228 с. EDN VUKENG.

11. Трапезникова Е. С., Водолазская Е. С., Подвалова В. В. Методы определения качества кормов для продуктивных животных // Актуальные вопросы теории и практики в зоотехнии и ветеринарной медицине : материалы междунар. науч.-практ. конф. Уссурийск : Приморская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. С. 199–203. EDN UBYVER.

12. Соляник С. В., Соляник В. В. Экспресс-расчет потребности в кормах для производства продукции животного происхождения // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. Гродно : Гродненский государственный аграрный университет, 2020. С. 208–217. EDN MKLZTT.

13. Боголюбова А. А. Кормовые добавки растительного происхождения в рационах телят молочного периода // Молодежная наука 2017: технологии и инновации : материалы всерос. науч.-практ. конф. Пермь : ИПЦ Прокрость, 2017. С. 239–241. EDN YRESBZ.

14. Витковская В. П., Каледина М. В., Байдина И. А., Волощенко Л. В. Использование растительных компонентов в кормлении молодняка крупного рогатого скота // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2023. № 2 (28). С. 63–66. EDN FEFHTG.

15. Петрова В. К., Прохоров О. Н. Использование витаминно-минеральных добавок в кормлении молодняка крупного рогатого скота // Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике : материалы XXI междунар. науч.-практ. конф. Кемерово : Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. С. 447–451. EDN IXAUCC.

16. Камбатыров М. Б., Назарбек У. Б., Тенлибаева А. С. Роль кормовых добавок в рационе питания сельскохозяйственных животных // Вестник науки Южного Казахстана. 2018. № 3 (3). С. 132–137. EDN DCJIZL.

17. Филиппова О. Б., Фролов А. И., Маслова Н. И., Бетин А. Н. Комплексная кормовая добавка для телят // Вестник АПК Верхневолжья. 2020. № 1 (49). С. 46–50. <https://doi.org/10.35694/YARCX.2020.49.1.010>. EDN HZVLNX.

18. Машкина Е. И., Степаненко Е. С. Влияние витаминно-минерального питания на развитие телят-молочников // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (149). С. 111–115. EDN YFPRNP.

19. Григорьев М. Ф. Влияние нетрадиционных кормовых добавок в кормлении крупного рогатого скота на химический состав говядины в условиях Якутии // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 227–234. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2021-03-23>. EDN QLPSXR.

20. Григорьев М. Ф., Григорьева А. И. Эффективность нетрадиционных кормовых добавок в кормлении крупного рогатого скота // Вестник Арктического государственного аграрно-технологического университета. 2021. № 3 (3). С. 27–31. EDN DXNXFA.

References

1. Istomin M. A., Yurieva I. A. Milk productivity and chemical composition of milk of Jersey breed of cows. *Internauka*, 2022;44-4(267):45–48. EDN QBXQOC (in Russ.).

2. Kitaev Yu. A. Features of development of dairy cattle breeding in Russia and abroad. *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy*, 2021;1(29):167–172. EDN GUIZXJ (in Russ.).

3. Maksimov N. I., Lashin A. P. Influence of vitamin-therapeutic premix on clinical blood parameters and milk productivity of dairy cows. Proceedings from Ecological and biological well-being of flora and fauna: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 120), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2022. EDN GKLPAY (in Russ.).

4. Maksimov N. I., Lashin A. P. Effect of combined probiotic on growth indicators and immunity level in weaning pigs. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*, 2020;1(53):56–61. <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-11008>. EDN BGPJNF (in Russ.).
5. Dunin I. M., Meshcherov R. K., Tyapugin S. E., Khodykov V. P., Adzhibekov V. K., Tyapugin E. E. Status and development prospects of dairy cattle breeding in the Russian Federation. *Zootekhniya*, 2020;2:2–5. EDN LMATCL (in Russ.).
6. Filippova O. B., Saranchina E. F. Technological methods of increasing the productivity of dairy cows with the use of phyto-additives. *Nauka v tsentral'noy Rossii*, 2019;2(38):98–103. EDN LAAJQB (in Russ.).
7. Khalizova Z. N., Zykov S. A. State and prospects of development of the forage production industry in Russia. *Effektivnoe zhivotnovodstvo*, 2019;3(151):14–18. EDN KNUBSM (in Russ.).
8. Maksimov N. I., Lashin A. P. Influence of vitamin supplements on indicators of dairy productivity and blood morphological composition of cattle. Proceedings from INTERAGROMASH 2022: XV International Scientific Conference. (PP. 79–89), Springer Nature Switzerland, 2023. EDN UWRAF.
9. Lashin A., Simonova N., Miller T., Panfilov S., Chubin A. Substantiation of the choice of the model for the formation of oxidative stress in preclinical studies. Proceedings from Development and modern problems of aquaculture (AQUACULTURE 2022): International Scientific and Practical Conference. (PP. 01106), EDP Sciences, 2023. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338101106>. EDN PZWGAF.
10. Voronin A. N., Trufanov A. M., Shchukin S. V. *Modern technologies of forage harvesting*, Yaroslavl', Yaroslavskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya, 2021, 228 p. EDN VUKENG (in Russ.).
11. Trapeznikova E. S., Vodolazskaya E. S., Podvalova V. V. Methods for determining the quality of feed for productive animals. Proceedings from Current issues of theory and practice in animal science and veterinary medicine: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 199–203), Ussuriysk, Primorskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya, 2022. EDN UBYVER (in Russ.).
12. Solyanik S. V., Solyanik V. V. Express calculation of food needs for production of animal origin. Proceedings from *Sel'skoe khozyaystvo – problemy i perspektivy*. (PP. 208–217), Grodno, Grodnenskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2020. EDN MKLZTT (in Russ.).
13. Bogolyubova A. A. Feed additives of vegetable origin in diets of calves of milk period. Proceedings from Youth Science 2017: technologies and innovations: *Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 239–241), Perm', IPTs Prokrost". 2017, EDN YRESBZ (in Russ.).
14. Vitkovskaya V. P., Kaledina M. V., Baydina I. A., Voloshchenko L. V. Use of plant components in feeding of young cattle. *Aktual'nye voprosy sel'skokhozyaystvennoy biologii*, 2023;2(28):63–66. EDN FEFHTG (in Russ.).
15. Petrova V. K., Prokhorov O. N. Use of vitamin and mineral supplements in the feeding of young cattle. Proceedings from Current trends in agricultural production in the global economy: *XXI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 447–451), Kemerovo, Kuzbasskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya, 2022. EDN IXAUCC (in Russ.).
16. Kambatyrov M. B., Nazarbek U. B., Tenlibaeva A. S. Role of feed additives in the diet of farm animals. *Vestnik nauki Yuzhnogo Kazakhstana*, 2018;3(3):132–137. EDN DCJIZL (in Russ.).
17. Filippova O. B., Frolov A. I., Maslova N. I., Betin A. N. Complex food supplement for calves. *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya*, 2020;1(49):46–50. <https://doi.org/10.35694/YARCX.2020.49.1.010>. EDN HZVLNX (in Russ.).
18. Mashkina E. I., Stepanenko E. S. The effect of vitamin and mineral nutrition on the development of pre-weaning calves. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017;3(149):111–115. EDN YFPRNP (in Russ.).

19. Grigoryev M. F. The influence of non-traditional feed additives in feeding cattle on the chemical composition of beef in Yakutia. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2021;3(63):227–234. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2021-03-23>. EDN QLPSXR (in Russ.).

20. Grigoryev M. F., Grigoryeva A. I. Efficiency of non-traditional feed additives for cattle. *Vestnik Arkticheskogo gosudarstvennogo agrarno-tekhnologicheskogo universiteta*, 2021;3(3):27–31. EDN DXNXFA (in Russ.).

© Лашин А. П., Максимов Н. И., Сыроватский М. В., 2024

Статья поступила в редакцию 15.04.2024; одобрена после рецензирования 29.05.2024; принята к публикации 03.06.2024.

The article was submitted 15.04.2024; approved after reviewing 29.05.2024; accepted for publication 03.06.2024.

Информация об авторах

Лашин Антон Павлович, доктор биологических наук, профессор кафедры ветеринарии и физиологии животных, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева (Калужский филиал), ant.lashin@yandex.ru;

Максимов Никита Игоревич, доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры кормления и кормопроизводства, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, kit4862@mail.ru;

Сыроватский Максим Викторович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры кормления и кормопроизводства, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина

Information about the authors

Anton P. Lashin, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Veterinary Medicine and Animal Physiology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Kaluga Branch), ant.lashin@yandex.ru;

Nikita I. Maksimov, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Feeding and Feed Production, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, kit4862@mail.ru;

Maksim V. Syrovatskiy, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Feeding and Feed Production, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья

УДК 636.2:612.3:636.087.7

EDN NCNGTD

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-97-105>

Влияние комплексных кормовых добавок в рационе телят на физиологические процессы в организме

Александр Александрович Овчинников

Южно-Уральский государственный аграрный университет,

Челябинская область, Троицк, Россия, ovchin@bk.ru

Аннотация. Исследована фитоминеральная кормовая добавка в рационе телят молочного периода выращивания в дозе 100 мл/гол. в сутки совместно с ферментом Глюколюкс F в количестве 0,50 кг/т концентрированного корма, а также их отдельное применение. Обосновано, что при комплексном применении происходит повышение в организме телят целлюлозолитической и протеолитической функции микрофлоры рубца. Установлено в данной группе увеличение количества азота химуса рубца телят на 16,9 %, белкового азота – на 26,3 %, ЛЖК – на 33,1 %. Доказано, что при отдельном скормливании изучаемых кормовых добавок различие по белковому азоту составило 4,0–19,0 %, ЛЖК – 3,6–19,4 %. Проведен анализ совместного использования фитоминерально-ферментного комплекса в рационе телят, показавший увеличение переваримости сырого протеина на 3,35 %, сырой клетчатки – на 6,35 % и сырого жира – на 3,02 %. Обосновано, что обменная энергия рациона телят данной группы превосходила аналогов контрольной на 13,1 %, а чистая продуктивная энергия корма в сравнении с контрольной группой увеличилась на 40,0 %, в то время как в группе с одним ферментом разница по данным видам энергии составила 8,4 и 21,5 %, а у телят получавших фитоминеральный комплекс она незначительно отличалась от животных контрольной группы и была на уровне 29,04–29,78 МДж обменной и 2,68–2,70 МДж чистой энергии. Доказано высокое использование азота рациона в группе телят при добавлении в корм одного фермента и при его совмещении с фитоминеральной добавкой, что увеличило количество переваренного и отложенного в теле азота соответственно на 5,8 и 6,3 %; 8,4 и 14,2 %.

Ключевые слова: телята молочного периода выращивания, кормовые добавки, рубцовое пищеварение, переваримость питательных веществ рациона, использование энергии корма

Для цитирования: Овчинников А. А. Влияние комплексных кормовых добавок в рационе телят на физиологические процессы в организме // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 2. С. 97–105. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-97-105>.

Original article

Effect of complex feed additives in diets of calves on physiological processes in body

Alexander A. Ovchinnikov

South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk region, Troitsk, Russian Federation

ovchin@bk.ru

Abstract. A phytomineral feed additive was studied in the diet of calves during preweaning period at a dose of 100 ml/head per day along with Glucolux F enzyme in the amount of 0.50 kg/t

of concentrated feed, as well as their separate use. With complex use, it is justified to increase the cellulolytic and proteolytic functions of rumen microflora in animal body. In this group, an increase in the amount of nitrogen in calf rumen chyme by 16.9%, protein nitrogen – by 26.3%, and VFA – by 33.1% was established. It has been proven that when feeding the studied feed additives separately, the difference in protein nitrogen was 4.0–19.0%, VFA – 3.6–19.4%. An analysis of the combined use of phytomineral-enzyme complex in the diet of calves was carried out, which showed an increase in the digestibility of crude protein by 3.35%, crude fiber – by 6.35% and crude fat – by 3.02%. It has been substantiated that the metabolic energy of the diet of calves of this group exceeded the control analogues by 13.1%, and the net productive energy of feed in comparison with the control group increased by 40.0%. The difference in these types of energy in the group with one enzyme was 8.4 and 21.5%, and in calves receiving phytomineral complex it differed slightly from animals in the control group and was at the level of 29.04–29.78 MJ of metabolic and 2.68–2.70 MJ of net energy. A high use of dietary nitrogen in a group of calves has been proven when one enzyme was added to the feed and when combined with a phytomineral supplement, which increased the amount of nitrogen digested and deposited in the body by 5.8 and 6.3%, 8.4 and 14.2%, respectively.

Keywords: dairy calves, feed additives, rumen digestion, digestibility of diet nutrients, use of feed energy

For citation: Ovchinnikov A. A. Effect of complex feed additives in diets of calves on physiological processes in body. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;2:97–105. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-97-105>.

Введение. Минеральная питательность кормов в региональном аспекте во многом зависит от их накопления в литосфере. Основное поступление, как макро-, так и микроэлементов в организм животных происходит через трофическую цепочку «почва – вода – растение». Поэтому обеспеченность организма минеральным питанием напрямую связана с внешней средой [1, 2].

Количество нормируемых для животных биоэлементов за последние несколько десятков лет значительно увеличилось. Принимая во внимание учение А. П. Виноградова о биогеохимических провинциях, количество нормируемых эссенциальных элементов возросло в полтора – два раза.

Большой вклад в развитие учения об эндемических зонах Южного Урала внес А. А. Кабыш, который установил 14 аномальных зон в регионе, разработал пути решения эндемических заболеваний за счет применения в рационе животных солей микроэлементов [3].

Однако не все соли одинаковы по биологическому действию. Хуже усваиваются углекислые и оксиды, лучше хлориды, сульфиты и сульфаты. Имеются случаи, когда производители премиксов

и полнорационных комбикормов допускают ошибки в комплектации состава минерального премикса различными солями, что снижает степень обеспеченности организма животного дефицитными минеральными элементами и напрямую отражается на обмене веществ, продуктивности животных, защитных силах организма и рентабельности производства.

Не случайно одним из вариантов решения обеспеченности животных биоэлементами являлся способ применения их хелатирующих форм вначале для внутримышечного, подкожного; а затем использования сухих форм для производства комбикормов.

В последние годы успешно ведутся работы по использованию в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы ультрадисперсных форм, как отдельных микроэлементов, так и их композиций [4, 5]. Сдерживающим фактором широкого их применения остается высокая стоимость получения готового биологически активного продукта.

Наряду с этим, вот уже более тридцати лет наукой накоплен опыт получения и применения лекарственных растительных форм, как отдельных, так и обогащенных микроэлементами [6–10]. Преимущество

данного метода заключается в скорости производства, относительно доступной цене, нетоксичности и высоком биологическом эффекте полученного фитокомплекса. Гидро- и баротермическая обработка растительного сырья для получения экстракта, водные вытяжки, настои, масла позволяют получить биокомплексы с высокой степенью усвояемости, проявлением антимикробного действия.

Для более полного гидролиза питательных веществ органической части рациона животных используется широкий ассортимент ферментов узконаправленного и комплексного действия [11].

Поэтому изучить влияние жидких форм растительных хелатокомплексов, как отдельно, так и с ферментативным препаратом в рационе молодняка сельскохозяйственных животных на метаболические процессы в организме является актуальным вопросом.

Целью исследований выступает сравнение особенностей пищеварения в первые месяцы постнатального развития телят при использовании в рационе добавки фермента Глюколюкс F и хелатирующего растительного комплекса отдельных биогенных микроэлементов.

В задачи исследований входило сопоставление степени изменения биохимических показателей микробиома, переваримости и усвоения азота корма с изучаемыми добавками.

Условия, объекты и методика исследований. Исследования выполнены в сельскохозяйственном предприятии ООО «Нижняя Санарка» (Троицкий район Челябинской области), специализирующемся на выращивании ремонтного молодняка для молочного комплекса.

Из молодняка, после молозивного периода, было сформировано три группы, по 15 голов в каждой. При формировании групп основными методическими критериями служили возраст, порода, пол, живая масса телят черно-пестрой породы.

При выращивании телят до 6-месячного возраста во всех группах среднесуточный рацион состоял из сенажа злаково-бобовых трав (1,55–1,63 кг), сена кострцевого (0,92–0,97 кг), молочных кормов (4,72 кг), комбикорма (0,95–0,99 кг), подкормки поваренной соли и кальциево-фосфорной до-

бавки. При выпаивании молочных кормов, а затем и с водой, каждый теленок первой опытной группы получал фитоминеральный комплекс в количестве 100 мл/гол. в сутки, второй опытной группы – фермент Глюколюкс F (0,50 кг/т комбикорма), третьей опытной группы – совместную добавку фитоминерального комплекса и фермента Глюколюкс F, используемых в такой же дозировке.

Фитоминеральный комплекс был получен путем гидробаротермической обработки сена люцерны с последующим добавлением в экстракт сернокислых солей меди, цинка, кобальта, йода и марганца, являющихся дефицитными микроэлементами для территории землепользования хозяйства, в результате чего их содержание в нем было на уровне 10,31; 32,01; 1,17; 0,75 и 43,0 мг% соответственно.

У трех телят, по завершению молочного периода в возрасте 4,5 месяцев, путем зондирования было взято рубцовое содержимое для определения в нем реакции среды, концентрации азота (общего и белкового), аммиака, общего числа инфузорий в единице объема. Параллельно у данных животных изучалась переваримость питательных веществ рациона в нижележащих отделах желудочно-кишечного тракта, на основании чего были рассчитаны их коэффициенты переваримости и баланс азота, а также баланс энергии в организме телят подопытных групп.

Цифровой материал обрабатывался биометрически с определением уровня достоверности.

Результаты исследований и их обсуждение. Степень рубцового пищеварения во многом зависит от обеспеченности организма животного белком, липидами и углеводами [12]. При этом особенно важны углеводы, так как для нормальной жизнедеятельности микробиома требуется постоянное поступление легкопереваримых углеводов. В молочный период это лактоза молока и обрат, в старшем возрасте – углеводы сенажа и патоки, как неотъемлемой кормовой добавки для рациона полигастрических животных.

Проведенные исследования химуса рубца через три часа после кормления телят показали (рис. 1), что различие в потреблении корма подопытными животными способствовало повышению обще-

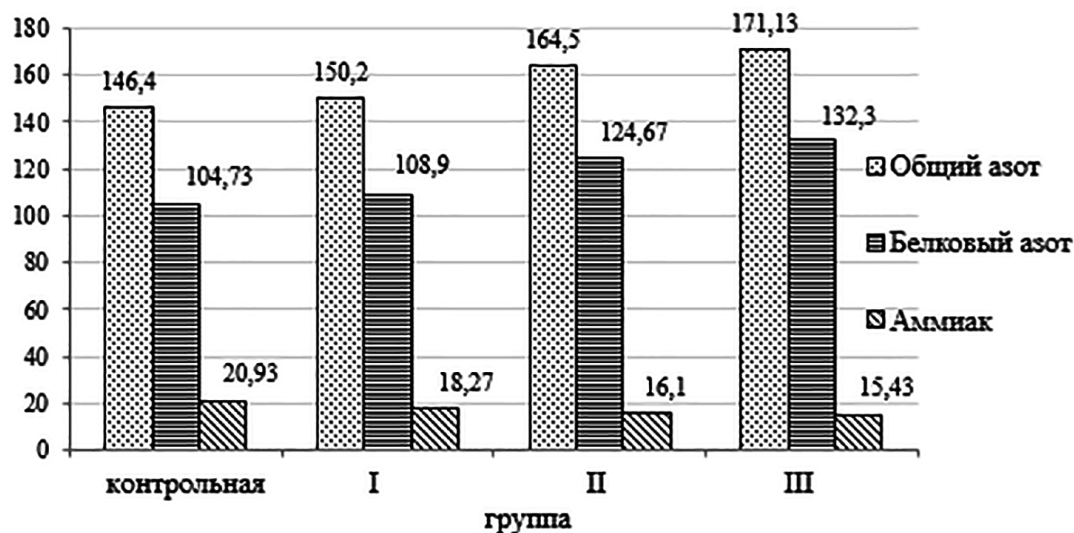


Рисунок 1 – Содержание азотистых фракций в химусе рубца, ммоль/л
Figure 1 – Content of nitrogen fractions in rumen chyme, mmol/l

го азота со 146,4 ммоль/л в контрольной группе на 2,6 % в I опытной, на 12,4 % – во II опытной ($P \leq 0,01$), на 16,9 % – в III опытной группе ($P \leq 0,01$).

Наряду с этим аналогичная тенденция просматривается и по количеству белкового азота, синтезируемого микрофлорой рубца. При этом разница с контрольной группой составила 4,0 % в I опытной, 19,0 % – во II опытной ($P \leq 0,01$) и 26,3 % – в III опытной группе ($P \leq 0,01$).

В то же время количество аммиака снизилось с 20,93 ммоль/л в контрольной группе до уровня 18,27 ммоль/л – в I опытной, 16,1 ммоль/л – во II опытной и

до 15,43 ммоль/л – в III опытной группе, что составило 12,7; 23,1 и 26,3 % соответственно.

Количество ЛЖК в химусе рубца напрямую влияет на реакцию среды и жизнедеятельность всего микробного сообщества. Определение суммарного значения ЛЖК и pH химуса (рис. 2) показало, что фитоминеральная добавка отдельно и в комплексе с ферментом в большей степени стимулировали целлюлозолитическую деятельность микробиома.

В результате этого уровень ЛЖК в III группе превосходил контрольную группу на 33,1 % ($P \leq 0,001$), II опытную –

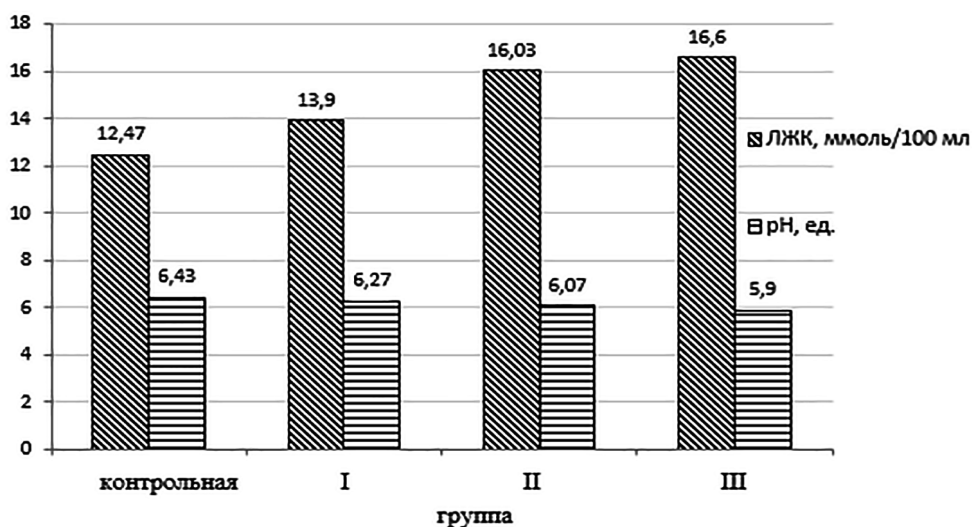


Рисунок 2 – Общая концентрация ЛЖК и pH химуса рубца телят
Figure 2 – Total VFA concentration and pH of calf rumen chyme

на 3,6 % и I опытную группу – на 19,4 %. При этом реакция среды соответственно изменилась со слабо кислой в щелочную сторону.

В нижележащих отделах желудочно-кишечного тракта изучаемые биологически активные комплексы оказали позитивное влияние на переваримость и использование питательных веществ рациона (рис. 3, 4).

Если в контрольной группе переваримость сырого протеина была на уровне 72,6 %, то с фитоминеральным комплексом она повысилась на 0,69 %, с ферментом – на 2,24 % ($P \leq 0,05$), при совместном их использовании – на 3,35 % ($P \leq 0,05$).

Переваримость БЭВ в группах изменялась от 86,52 до 91,64 %.

Амилолитические процессы в рубце повысили переваримость сырой клетчатки с 44,33 % в контрольной группе до 49,82 % во II опытной и до 50,68 % в III опытной группе ($P \leq 0,01$), а сырого жира – с 52,17 до 55,19 %.

Различия в использовании органической части корма рациона телят при использовании изучаемых кормовых добавок отразились и на балансе энергии, данные которого отражены на рисунке 5.

Чистая энергия прироста у животных, как конечный результат энергетического обмена, в контрольной и в I опыт-

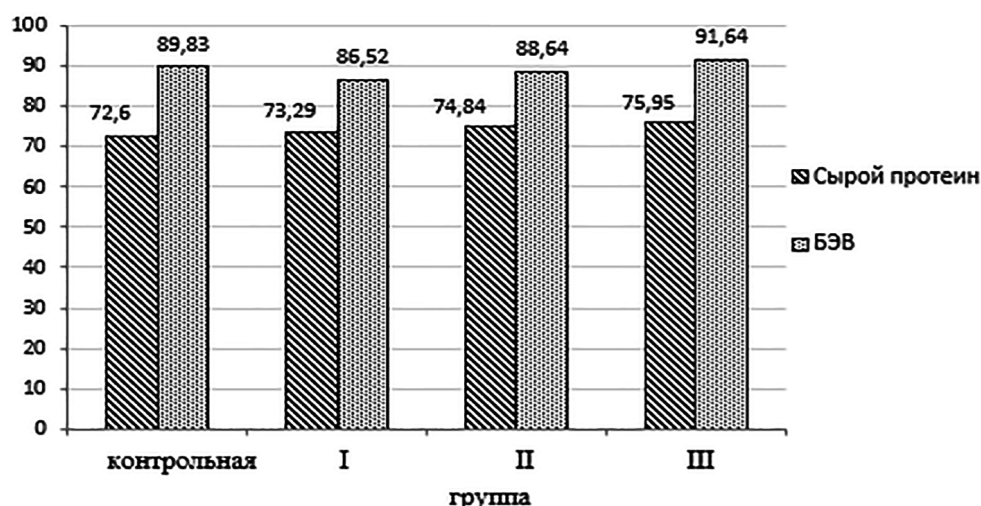


Рисунок 3 – Коэффициенты переваримости сырого протеина и БЭВ рациона телят, %
Figure 3 – Digestibility coefficients of crude protein and NFE of calf diet, %

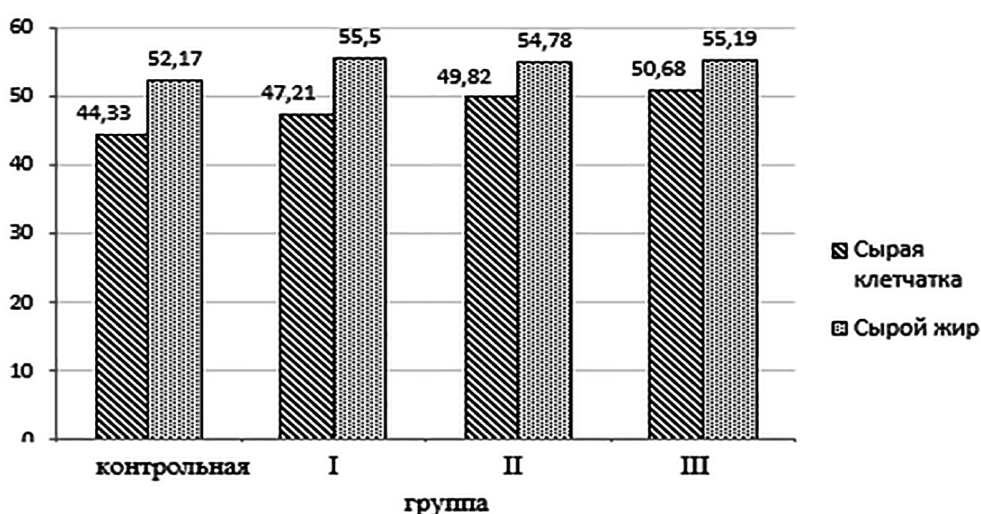


Рисунок 4 – Коэффициенты переваримости сырой клетчатки и сырого жира рациона телят, %
Figure 4 – Digestibility coefficients of crude fiber and crude fat in the calf diet, %

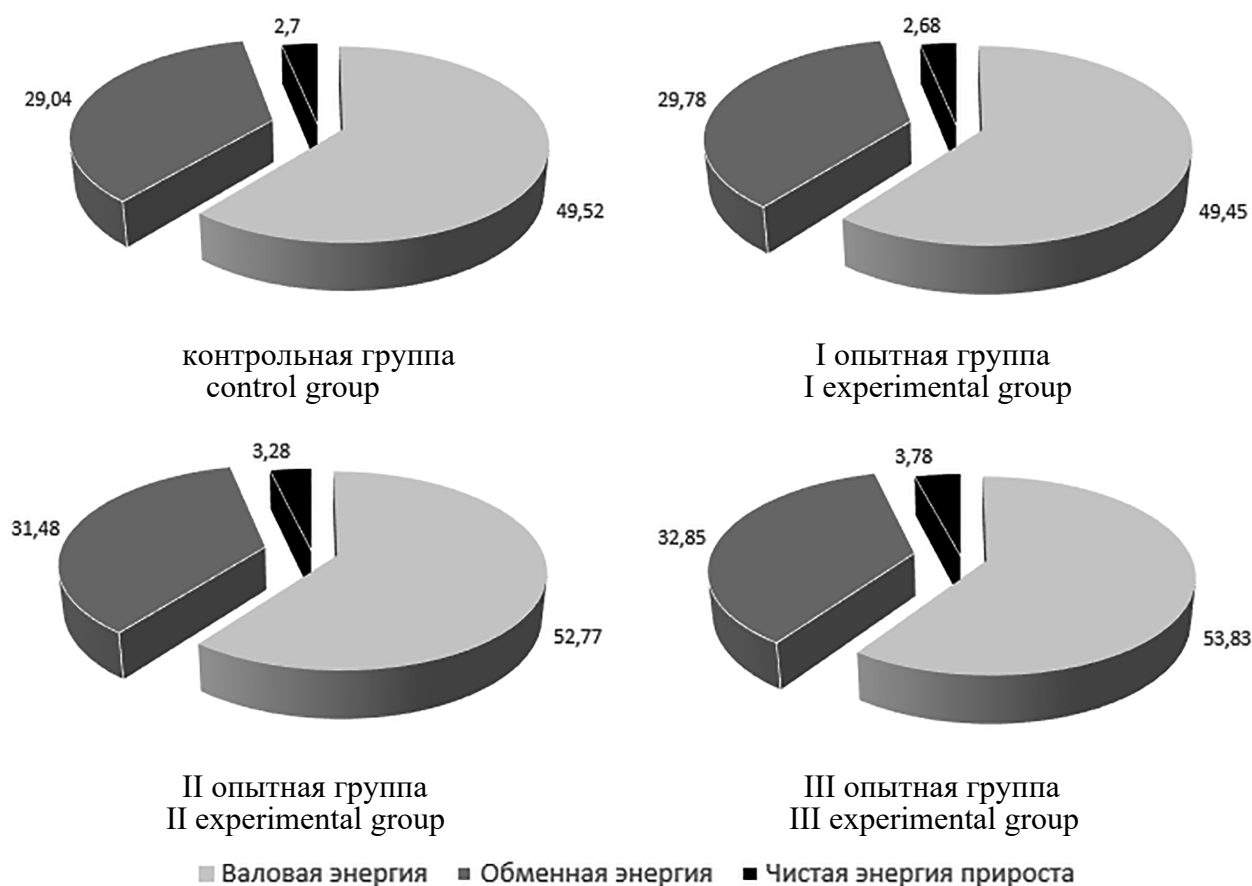


Рисунок 5 – Различия в использовании энергии суточного рациона телят, МДж/гол.
Figure 5 – Differences in energy use of daily diet of calves, MJ/head

ной группе составила 2,68–2,70 МДж, во II опытной группе она возросла на 21,5 %, в III опытной группе – на 40,0 %.

Положительным моментом в совместном использовании фитоминеральной добавки и фермента является более высокое отложение в теле телят двух последних опытных групп азота, как основного строительного материала для тканей и органов растущего организма (рис. 6).

Проведенный расчет показывает, что если в первых двух группах среднесуточное поступление азота было близким по значению, то в последних двух опытных группах его количество превосходило на 1,6–2,2 %, а по переваренному и отложенному в теле было выше контрольной группы на 5,8 и 6,3 %; 8,4 и 14,2 %, что соответственно составило 3,50 и 3,77 г ($P \leq 0,01$); 1,88 и 3,18 г ($P \leq 0,05$ – $0,001$).

Закключение. Включение в рацион телят молочного периода выращивания фитоминерального комплекса, полученного из сена люцерны путем гидробаротермической обработки с последующим насыщением биогенными микроэлементами при совмещении с глюколитическим ферментом Глюколюкс F, оказывает на организм телят молочного периода выращивания позитивный эффект.

Он проявляется в увеличении целлюлозолитических и протеолитических процессов в рубце; переваримости органической части корма в нижележащих отделах желудочно-кишечного тракта, что ведет к повышенному отложению азота корма в теле и чистой продуктивной энергии на анаболические процессы роста и развития животных.

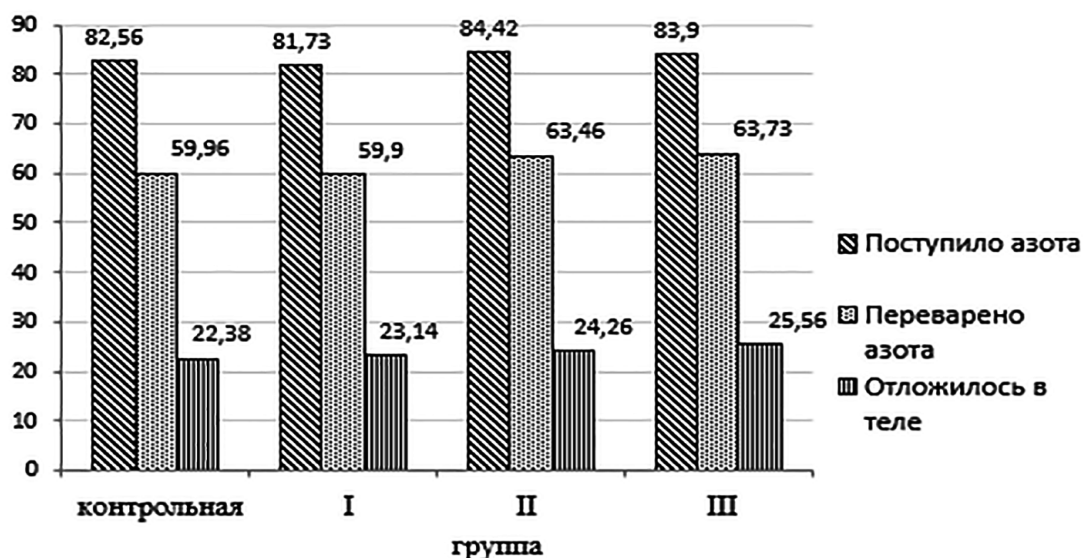


Рисунок 6 – Баланс азота в организме телят, г/гол. в сутки

Figure 6 – Nitrogen balance in body of calves, g/head per day

Список источников

1. Ермохин Ю. И., Бобренко И. А., Бобренко Е. Г. Микроэлементный состав растений сельскохозяйственных культур в условиях Сибири // Электронный научно-методический журнал Омского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (21). С. 1–10. EDN QLEPHV.
2. Войнар А. О. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. М.: Советская наука, 1953. 496 с.
3. Кабыш А. А. Этиология и принципы лечения эндемических болезней с нарушением обмена // Ветеринария. 2007. № 12. С. 43–44. EDN IIRTWF.
4. Курилкина М. Я., Холодилина Т. Н., Муслумова Д. М., Завьялов О. А., Атланделова К. Н. Баланс азота, обмен кальция и фосфора в организме бычков при использовании рационов, содержащих высокодисперсные частицы металлов // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 1. С. 116–122. EDN XXYJJJ.
5. Лебедев С. В., Мирошникова Е. П., Гречкина В. В., Муслумова Д. М., Курилкина М. Я. Влияние микрочастиц железа и пробиотического препарата соя-бифидум на рост, развитие и морфобиохимические показатели цыплят-бройлеров // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 4. С. 227–237. doi: 10.33284/2658-3135-102-4-227. EDN SMVSOV.
6. Крюков В. С., Кузнецов С. Г., Некрасов Р. В., Зиновьев С. В. Особенности действия органических и неорганических источников микроэлементов в питании животных (обзор) // Проблемы биологии продуктивных животных. 2020. № 3. С. 27–54. doi: 10.25687/1996-6733. prodanimbiol.2020.3.27-54. EDN FYRPPL.
7. Ивановский А. А., Латушкина Н. А., Тимкина Е. Ю. Влияние фитоэкстракта из трав на показатели метаболизма свиноматок и поросят // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 3 (22). С. 428–435. doi: 10.30766/2072-9081.2021.22.3.428-435. EDN DTMQCV.
8. Меднова В. В., Ляшук А. Р., Буяров В. С. Использование фитобиотиков в животноводстве // Биология в сельском хозяйстве. 2021. № 1 (30). С. 11–16. EDN RAXIZB.
9. Kulakova T. S., Tretyakov E. A., Fomina L. L., Zakrepina E. N., Zhuravlyova S. G. Effects of adsorbent and phytobiotic on density of rumen infusoria and cow milk production // Russian Agricultural Sciences. 2019. Vol. 45. No. 2. P. 194–196. doi: 10.3103/S1068367419020137.
10. Tapki I., Ozalpaydin H. B., Tapki N., Aslan M., Selvi M. H. Effects of oregano essential oil on reduction of weaning age and increasing economic efficiency in Holstein Friesian calves // Pakistan Journal of Zoology. 2020. Vol. 52. No. 2. P. 745–752. doi: 10.17582/journal.pjz/20180606130639.

11. Костылева Е. В., Середа А. С., Цурикова Н. В., Великорецкая И. А., Айсина А. М., Михайличенко Е. А. Исследование эффективности ферментного препарата на основе нового мутантного штамма *Trichoderma reesei* при гидролизе зерновых смесей // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. 2018. № 1. С.38–40. EDN YWNYQY.

12. Мирошникова М. С. Расщепление биосубстратов в рубце. Микробные взаимодействия при деградации волокна (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 1. С. 109–117. doi: 10.33284/2658-3135-104-1-109. EDN FVLAKS.

References

1. Ermokhin Yu. I., Bobrenko I. A., Bobrenko E. G. Microelement composition of agricultural plants in Siberia. *Elektronnyy nauchno-metodicheskiy zhurnal Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020;2(21):1–10. EDN QLEPHV (in Russ.).

2. Voinar A. O. *Biological role of microelements in the body of animals and humans*, Moscow, Sovetskaya nauka, 1953, 496 p. (in Russ.).

3. Kabysh A. A. The etiology and principles of therapy endemic diseases with infringement of metabolism. *Veterinariya*, 2007;12:43–44. EDN IIRTWF (in Russ.).

4. Kurilkina M. Ya., Kholodilina T. N., Muslyumova D. M., Zavyalov O. A., Atlanderova K. N. The balance of nitrogen, calcium and phosphorus exchange in the body of bulls using diets containing finely dispersed metals particles. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2018;101;1:116–122. EDN XXYJJJ (in Russ.).

5. Lebedev S. V., Miroshnikova E. P., Grechkina V. V., Muslyumova D. M., Kurilkina M. Ya. The effect of iron microparticles and the probiotic preparation soya-bifidum on the growth, development and morpho-biochemical parameters of broiler chickens. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2019;102;4:227–237. doi: 10.33284/2658-3135-102-4-227. EDN SMVSOV (in Russ.).

6. Kryukov V. S., Kuznetsov S. G., Nekrasov R. V., Zinoviev S. V. Features of the action of organic and inorganic sources of microelements in animal food: a review. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh*, 2020;3:27–54. doi: 10.25687/1996-6733.prodanimbio.2020.3.27-54. EDN FYRPPL (in Russ.).

7. Ivanovskiy A. A., Latushkina N. A., Timkina E. Yu. The effect of herbal phytoextract on metabolic parameters of sows and piglets. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2021;3(22):428–435. doi: 10.30766/2072-9081.2021.22.3.428-435. EDN DTMQCV (in Russ.).

8. Mednova V. V., Lyashuk A. R., Buyarov V. S. The use of phytobiotics in livestock (review). *Biologiya v sel'skom khozyaystve*, 2021;1(30):11–16. EDN RAXIZB (in Russ.).

9. Kulakova T. S., Tretyakov E. A., Fomina L. L., Zakrepina E. N., Zhuravlyova S. G. Effects of adsorbent and phytobiotic on density of rumen infusoria and cow milk production. *Russian Agricultural Sciences*, 2019;45;2:194–196. doi: 10.3103/S1068367419020137.

10. Tapki I., Ozalpaydin H. B., Tapki N., Aslan M., Selvi M. H. Effects of oregano essential oil on reduction of weaning age and increasing economic efficiency in Holstein Friesian calves. *Pakistan Journal of Zoology*, 2020;52;2:745–752. doi: 10.17582/journal.pjz/20180606130639.

11. Kostyleva E. V., Sereda A. S., Tsurikova N. V., Velikoretskaya I. A., Aysina A. M., Mikhaylichenko E. A. A study of the effectiveness of an enzyme preparation obtained from a new mutant *Trichoderma reesei* strain in the cereal mixtures hydrolysis. *Khranenie i pererabotka sel'skokhozyaistvennogo syr'ya*, 2018;1:38–40. EDN YWNYQY (in Russ.).

12. Miroshnikova M. S. Segregation of biosubstrates in rumen. Microbial interactions in fiber degradation (review). *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2021;104;1:109–117. doi: 10.33284/2658-3135-104-1-109. EDN FVLAKS (in Russ.).

© Овчинников А. А., 2024

Статья поступила в редакцию 08.04.2024; одобрена после рецензирования 29.04.2024; принята к публикации 08.05.2024.

The article was submitted 08.04.2024; approved after reviewing 29.04.2024; accepted for publication 08.05.2024.

Информация об авторе

Овчинников Александр Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления, гигиены животных, технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Южно-Уральский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7530-3159>, Author ID: 119247, ovchin@bk.ru

Information about the author

Alexander A. Ovchinnikov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Feeding, Animal Hygiene, Technology of Production and Processing of Agricultural Products, South Ural State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7530-3159>, Author ID: 119247, ovchin@bk.ru

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

AGRO-ENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Научная статья

УДК 629.3:621.039.54

EDN OIHVXJ

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-106-114>**Пути повышения эффективности применения водородных топливных элементов (протонообменной мембраны) на энергетических средствах****Наталья Федоровна Двойнова¹, Светлана Владимировна Абрамова²,
Евгений Николаевич Бояров³**^{1, 2, 3} Сахалинский государственный университет

Сахалинская область, Южно-Сахалинск, Россия

¹ dnfsach@yandex.ru, ² abramova_sv@list.ru, ³ e.boyarov@mail.ru

Аннотация. Для повышения экологической безопасности в настоящее время большое внимание уделяется использованию в качестве энергоносителей альтернативных источников энергии, что в значительной мере позволяет снизить токсичность выхлопных газов. Значительная роль отводится внедрению в отрасли сельского хозяйства альтернативных видов энергии, основанных на водородных топливных элементах. Для автомобильного транспорта в последние годы широкое применение получило использование в качестве источника электрической энергии, а также гибридных автомобилей, у которых совмещено использование жидкого топлива и накопителей энергии в виде электрических батарей. При оснащении энергетических систем топливными элементами на основе протонообменной мембраны основным критерием эффективности по-прежнему выступает коэффициент полезного действия, позволяющий достоверно оценить техническое совершенство предлагаемого преобразователя энергии. Полученные аналитические зависимости дают возможность рассчитать значения коэффициента полезного действия топливного элемента в рабочей зоне идеальной батареи. Экспериментально полученные вольт-амперные зависимости при последовательном и параллельном соединении двух топливных элементов на основе протонообменной мембраны при времени продувки 50 и 100 секунд позволяют определять напряжение при заданном токе, а также выявлять влияние многообразных факторов на работу топливных элементов на основе протонообменной мембраны; дают возможность провести сравнительный анализ топливных элементов и различных способов их соединения, адекватно оценить энергоэффективность топливных элементов. Комбинированное соединение топливных элементов на основе протонообменной мембраны позволяет увеличить выходное напряжение до 38 %. Проведенные исследования дают возможность наметить пути повышения эффективности применения водородных топливных элементов на энергетических средствах на основе применения их комбинированного соединения, своевременного обеспечения поступления соответствующих реагентов.

Ключевые слова: коэффициент полезного действия, мощность, топливный элемент, вольт-амперный метод, топливо, сила тока, напряжение

Для цитирования: Двойнова Н. Ф., Абрамова С. В., Бояров Е. Н. Пути повышения эффективности применения водородных топливных элементов (протонообменной мембраны) на энергетических средствах // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 2. С. 106–114. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-106-114>.

Original article

**Ways to increase efficiency of using hydrogen fuel cells
(proton exchange membrane) in energy facilities**

Natalia F. Dvoynova¹, Svetlana V. Abramova²,
Evgeny N. Boyarov³

^{1,2,3} Sakhalin State University, Sakhalin region, Yuzhno-Sakhalinsk, Russian Federation

¹ dnfsach@yandex.ru, ² abramova_sv@list.ru, ³ e.boyarov@mail.ru

Abstract. To improve environmental safety, much attention is currently paid to the use of alternative energy sources as energy carriers, which significantly reduces the toxicity of exhaust gases. Considerable attention is paid to the introduction of alternative types of energy based on hydrogen fuel cells into the agricultural sector. In recent years, the use of electric energy as a source has been widely used for automobile transport, as well as the use of hybrid cars, which combine the use of liquid fuel and energy storage devices in the form of electric batteries, as a result, environmental pollution is reduced. When equipping power systems with fuel cells based on proton exchange membrane, the main criterion for efficiency is still the efficiency coefficient, which makes it possible to reliably assess the technical perfection of the proposed energy converter. The obtained analytical relationships make it possible to calculate the efficiency of fuel cell in working zone of an ideal battery. Experimentally obtained volt-ampere dependences at series and parallel connection of two thermopiles at purge time of 50 and 100 seconds make it possible to determine voltage at the specified current, as well as to identify the influence of various factors on the operation of proton exchange membrane fuel cells. It makes it possible to carry out a comparative analysis of fuel cells and various methods of connecting them; adequately assess the energy efficiency of fuel cells, since it is not advisable to calculate values pointwise, it is desirable to predict the result in a wide range of load. The combined fuel cells based on proton exchange membrane connection makes it possible to increase the output voltage to 38%. The studies made it possible to outline ways to increase the efficiency of the use of hydrogen fuel cells, establishing the use of a combined compound of fuel cells on energy resources, and timely ensuring the supply of appropriate reagents.

Keywords: efficiency coefficient, power, fuel cell, volt-ampere method, fuel, current, voltage

For citation: Dvoynova N. F., Abramova S. V., Boyarov E. N. Ways to increase efficiency of using hydrogen fuel cells (proton exchange membrane) in energy facilities. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*. 2024;18;2:106–114. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-106-114>.

Введение. Основной проблемой в настоящее время является экологическая безопасность, которая во многом обусловлена выбросом в атмосферу вредных веществ, способствующих снижению озонового слоя. В современных сферах производственных процессов в качестве энергетических средств используются машины, где источником энергии являются полезные ископаемые и продукты, полученные в результате их переработки, такие как дизельное топливо, керосин, бензин и ряд других производных.

С целью уменьшения влияния данных источников энергии большое внимание уделяется применению в качестве энергоносителя газа. Это в значительной мере позволяет снизить токсичность

выхлопных газов. В тоже время необходимо не забывать, что резкий переход на этот вид топлива практически невозможен, особенно для сельскохозяйственных регионов. Это объясняется тем, что основным энергетическим средством при проведении сельскохозяйственных работ являются двигатели внутреннего сгорания, работающие в основном на жидком топливе. В тоже время невозможно обеспечить дозаправку газом энергетических средств (тракторов) в полевых условиях, так как для этого пришлось бы устанавливать газозаправочные станции на полях.

Наряду с этим нужно помнить, что резкий перевод на газ не решает проблему, так как сырьевые источники не безграничны, поэтому необходимо изыскивать

другие способы получения энергии. Для автомобильного транспорта в последние годы находит широкое применение использование в качестве источника электрической энергии, а также применение гибридных автомобилей, у которых совмещено использование жидкого топлива и накопителей энергии в виде электрических батарей.

В настоящее время значительное внимание уделяется внедрению в отрасль сельского хозяйства альтернативных видов энергии, основанных на водородных топливных элементах. Однако рекомендации по повышению энергоэффективности топливных элементов на основе протонообменной мембраны (ТЭПМ) не нашли подтверждения в работах [1–9], поскольку авторы не пришли к единому мнению при оценке их эффективности.

Это объясняется тем, что при проведении экспериментальных исследований по оценке энергоэффективности ТЭПМ необходимо учитывать большое количество процессов, протекающих одновременно в водородных топливных элементах. В то же время построение зависимости выходного сигнала при заданной силовой нагрузке позволяет достоверно прогнозировать энергетическую эффективность ТЭПМ в достаточно большом диапазоне исследования, что существенно повышает возможности их использования в технологических системах.

Материалы и методы исследований. При оснащении энергетических систем ТЭПМ основным критерием эффективности по-прежнему выступает коэффициент полезного действия (КПД), позволяющий достоверно оценить техническое совершенство предлагаемого преобразователя энергии.

Расчетное значение данного показателя определяется отношением работы, полученной в ТЭПМ, к количеству подведенной к нему химической энергии. Подводимое к топливному элементу количество химической энергии на один моль топлива равно изменению энтальпии (1):

$$\eta = \frac{A}{-\Delta H} \quad (1)$$

где A – работа тока, Дж;
 ΔH – изменение энтальпии, Дж.

Необходимо при определении реального КПД топливных элементов на основе протонообменной мембраны учитывать потери реагентов вследствие дополнительной химической реакции на электродах, а также негерметичность системы, что приводит к снижению искомого значения.

Поэтому целесообразно определять мгновенную эффективность топливного элемента при условии стремления работы тока и изменения энтальпии к бесконечно малым величинам, используя формулу (2) с учетом формулы (3):

$$\begin{aligned} \eta' &= \frac{dA}{d(-\Delta H)} = \frac{\frac{dA}{dt}}{\frac{d(-\Delta H)}{dt}} = \\ &= \frac{P}{\frac{d(-\Delta H)}{dt}} = \frac{Uj}{\frac{j}{2F} \cdot (-\Delta_r H_{f,m})} = \frac{U}{U'} \end{aligned} \quad (2)$$

$$U' = \frac{-\Delta_r H_{f,m}}{2F} \quad (3)$$

где η' – мгновенное значение эффективного КПД;

t – время, с;

P – мощность, Вт;

U – напряжение, В;

j – плотность тока, А/см²;

F – постоянная Фарадея, кл/моль;

$\Delta_r H_{(f,m)}$ – молярное изменение энтальпии топливного элемента, Дж/моль;

U' – термоэлектродвижущая сила топливного элемента, В.

Анализ представленных выражений показывает, что при вычислении мгновенного значения эффективного КПД ТЭПМ для реальных условий эксплуатации, которое соответствует незначительным изменениям парциального давления и температуры, целесообразно не учитывать дополнительные факторы, принимающие малые значения по сравнению с постоянной Фарадея.

Из представленного выражения (3) видно, что при таких условиях эксплуатации топливных элементов молярная энтропия принимает постоянные значения, а, следовательно, термоэлектродвижущая сила топливного элемента также не изменяется со временем.

Анализируя выражение (2), можно прийти к выводу, что для определения

среднего значения эффективного КПД ТЭПМ достаточно знать значения напряжения и плотности тока [10–12].

Аналитические выражения (2), (3) позволяют рассчитать значения КПД топливного элемента в рабочей зоне идеальной батареи, тогда как достоверные результаты исследования без учета большого количества факторов, кроме напряжения камеры на выходе, возможно получить построением вольт-амперной зависимости.

Проанализируем работу топливных элементов на основе протонообменной мембраны за определенный промежуток времени работы тока, принимая, что изменения энтальпии не являются бесконечно малыми величинами. При заданной нагрузке средняя эффективность топливного элемента в течение рабочего времени ($o-t$) может быть представлена выражением (4):

$$\bar{\eta} = \frac{2F Pt}{\int_0^t j \cdot (-\Delta_r H_{f,m}) dt} \quad (4)$$

Среднее значение напряжения топливного элемента под нагрузкой вычисляется по формуле (5):

$$\bar{U} = Pt \frac{1}{\int_0^t j dt} \quad (5)$$

Концентрация молей водорода, потребляемых топливным элементом (n_{H_2}), находится из выражения (6):

$$n_{H_2} = \frac{\int_0^t j dt}{2F} \quad (6)$$

Формулу (4) с учетом выражений (5) и (6) можно представить следующим образом:

$$\bar{\eta} = \frac{A}{n_{H_2} \cdot (-\Delta_r H_{f,m})} = \frac{\bar{U}}{U'} \quad (7)$$

Анализируя формулы (5), (6), можно отметить, что средняя эффективность то-

пливного элемента прямо пропорциональна соотношению среднего напряжения к концентрации поступающего водорода в камеру топливного элемента, учитывая соотношение (3). Из сказанного следует, что значение КПД топливного элемента является показателем эффективного использования топлива.

Однако достоверно рассчитать, как мгновенное, так и среднее значения КПД топливного элемента по формулам (1), (2), (7) представляется сложной задачей, из-за трудностей определения параметров и констант топливных элементов на основе протонообменной мембраны. Поэтому целесообразно строить экспериментальную вольт-амперную зависимость, позволяющую определять напряжение при заданном токе, а также выявлять влияние многообразных факторов на работу топливных элементов на основе протонообменной мембраны.

Результаты исследований и их обсуждение. Вольт-амперная кривая, являясь важной характеристикой, дает возможность провести сравнительный анализ топливных элементов и различных способов их соединения (рис. 1).

Экспериментальные значения напряжения на выходе топливных элементов на основе протонообменной мембраны от заданной нагрузки определялись на лабораторном стенде (рис. 2).

Анализ представленных результатов показал, что наибольшее напряжение вырабатывается при подаче топлива, составляющей 56 мл/мин., в режиме заданной продолжительности продувки клапанов 100 с, что объясняется более эффективной продолжительностью очистки системы.

С целью расширения диапазона выходных параметров целесообразно провести экспериментальные исследования при комбинированном способе соединения топливных элементов на основе протонообменной мембраны.

Полученные по заданным значениям нагрузки зависимости напряжения от электрического тока при последовательном и параллельном соединении двух топливных элементов при времени продувки, составляющем 50 и 100 секунд, представлены на рисунке 3. Анализ исследуемых зависимостей показывает, что в заданном

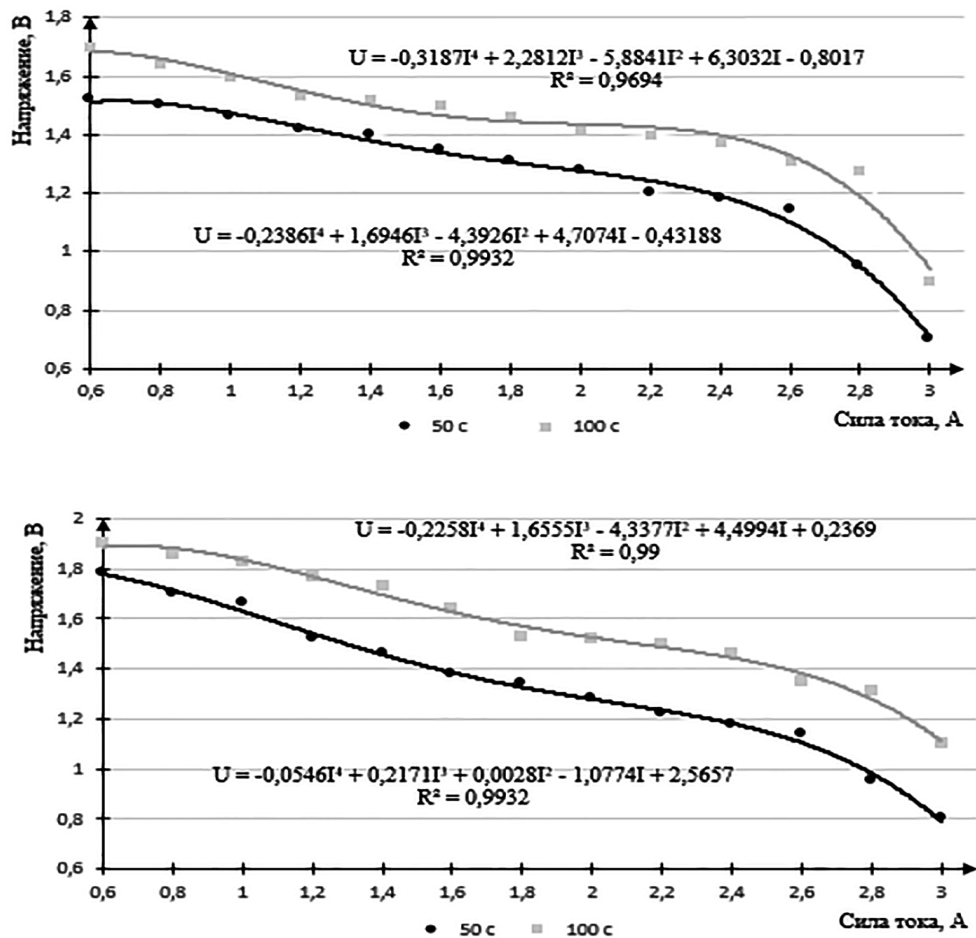


Рисунок 1 – Зависимость напряжения от силы тока

при подаче топлива 30 мл/мин (верхний график)

и при подаче топлива 56 мл/мин (нижний график)

в режимах заданной продолжительности продувки клапанов

Figure 1 – Dependence of voltage on current with a fuel supply of 30 ml/min (top chart) and with a fuel supply of 56 ml/min (lower chart) in modes of a given valve purge duration



Рисунок 2 – Исследование напряжения ТЭПМ от заданной нагрузки

Figure 2 – Study of FCPEM voltage from a given load

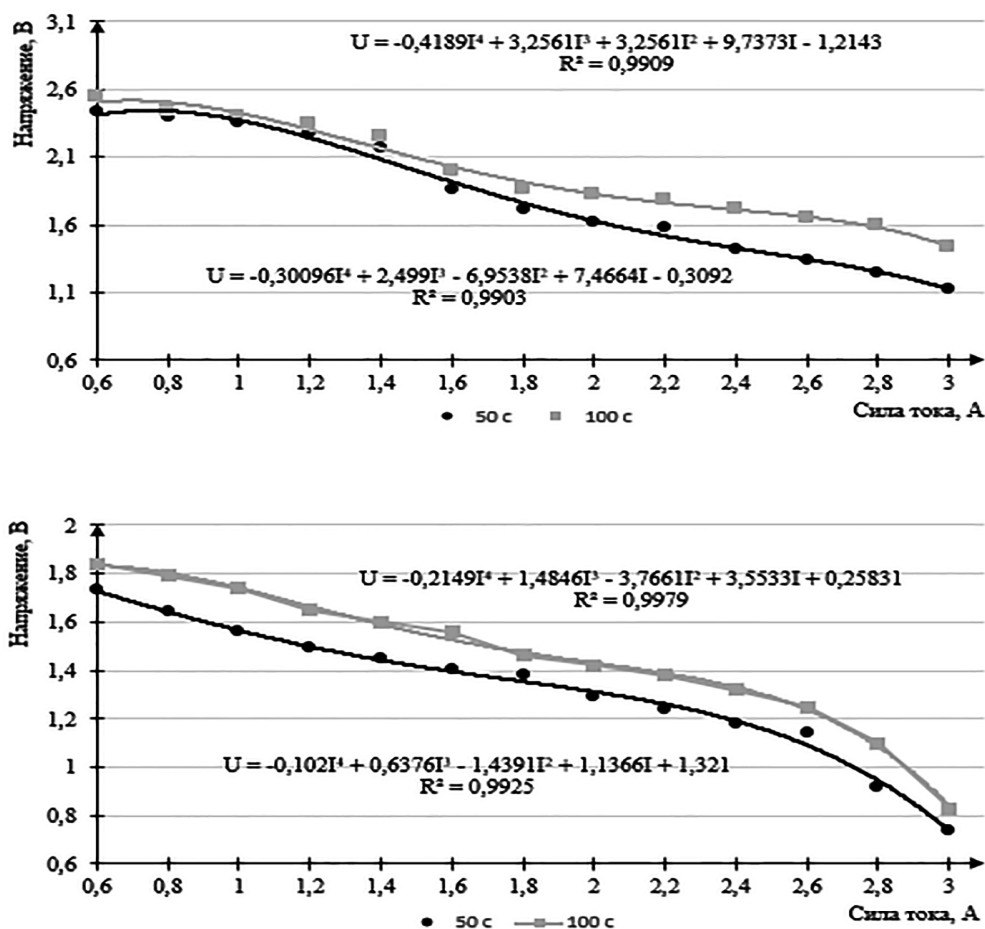


Рисунок 3 – Зависимость напряжения от силы тока при комбинированном соединении: последовательном соединении (верхний график); параллельном соединении (нижний график)
Figure 3 – Dependence of voltage on current with a combined connection: serial connection (top chart); parallel connection (lower chart)

режиме нагрузки при последовательном соединении двух топливных элементов напряжение увеличивается более чем на 24 %. При параллельном соединении двух топливных элементов напряжение изменяется незначительно. Комбинированное соединение ТЭПМ позволяет увеличить выходное напряжение до 38 %.

Представленные результаты исследований позволяют проанализировать влияние силы тока и расхода топлива на энергоэффективность топливных элементов, используя универсальный математический пакет MathCAD (рис. 4).

Закключение. Проведенные исследования позволили наметить пути повышения эффективности применения водородных топливных элементов на энергетических средствах:

1. Использование формул по определению мгновенной и средней эффектив-

сти топливного элемента позволяет адекватно оценить энергоэффективность топливных элементов на основе протонообменной мембраны. При этом желательно прогнозировать результат в широком диапазоне нагрузки, используя вольт-амперный метод исследования.

2. Данный метод применим к различным типам топливных элементов. Он учитывает поляризационные потери, омическое падение напряжения, концентрацию реагентов.

3. Средняя эффективность топливного элемента зависит от характеристик и обеспечения поступления необходимых реагентов.

4. Комбинированное соединение топливных элементов на основе протонообменной мембраны позволяет увеличить выходное напряжение до 38 %.

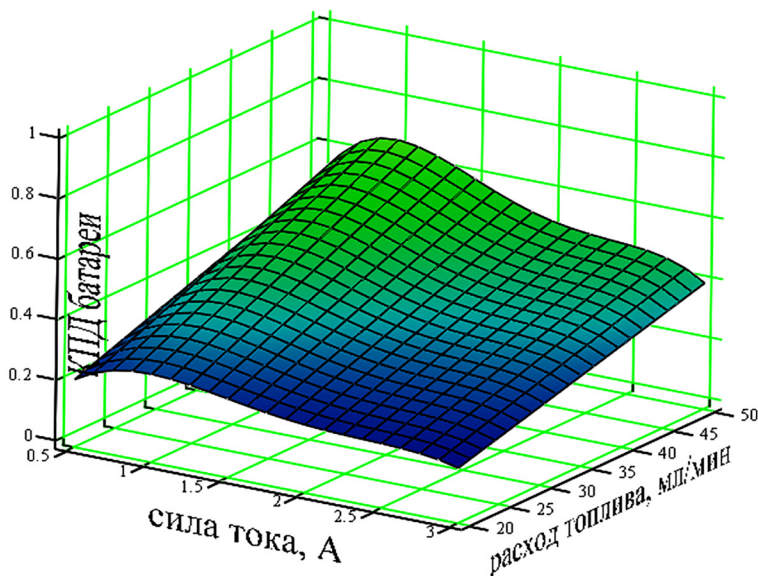


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента полезного действия ТЭПМ от нагрузки и расхода топлива

Figure 4 – Dependence of efficiency coefficient of FCPEM on load and fuel consumption

Список источников

1. Belyaev P. V., Mischenko V. S., Podberezkin D. A., Em R. A. Simulation modeling of proton exchange membrane fuel cells // Dynamics of systems, mechanisms and machines (dynamics). Omsk, 2016. P. 1–5. <https://doi.org/10.1109/Dynamics.2016.7818980>.
2. Najafizadegan H., Zarabadipour H. Control of voltage in proton exchange membrane fuel cell using model reference control approach // International Journal of Electrochemical Science. 2012. Vol. 7. Iss. 8. P. 6752–6761. [https://doi.org/10.1016/S1452-3981\(23\)15744-0](https://doi.org/10.1016/S1452-3981(23)15744-0).
3. Nowdeh S. A., Ghahnavieh A. R., Shojaei H. Reliable designing of standalone PV/FC hybrid system // Majlesi Journal of Electrical Engineering. 2012. Vol. 7. No. 2. P. 41–47.
4. Zhang H. F., Pei P. C., Yuan X., Wang X. Z. Regularization of the degradation behavior and working zone of proton exchange membrane fuel cells with a five-constant ideal cell as prototype // Energy Conversion and Management. 2011. Vol. 52. Iss. 10. P. 3189–3196. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2011.04.022>.
5. Belmokhtar K., Hammoudi M., Doumbia M. L., Agbossou K. Modeling and fuel flow dynamic control of proton exchange membrane fuel cell // Power engineering, energy and electrical drives (POWERENG) : Fourth International Conference. Istanbul, 2013. P. 415–420. <https://doi.org/10.1109/PowerEng.2013.6635643>.
6. Hähnel C., Aul V., Horn J. Power efficient operation of a PEM fuel cell system using cathode pressure and excess ratio by nonlinear model predictive control // European Control Conference (ECC). Linz, 2015. P. 334–3345. <https://doi.org/10.1109/ECC.2015.7331050>.
7. Gonnet A. E., Robles S., Moro L., Performance study of a PEM fuel cell // International Journal of Hydrogen Energy. 2012. Vol. 37. No. 19. P. 14757–14760. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2011.12.076>.
8. Zhang Xiuqin, Guo Juncheng, Chen Jincan. The parametric optimum analysis of a proton exchange membrane (PEM) fuel cell and its load matching // Energy. 2010. Vol. 35. Iss. 12. P. 5294–5299. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.07.034>.
9. Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Abramova S. V., Dvoynova N. F., Kidyaeva N. P. Estimation by volt-ampere method of fuel battery efficiency based on proton-

exchange membrane // INTERAGROMASH 2022 : XV International Scientific Conference. Springer, 2023. P. 90–98. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21432-5_10.

10. Кривуца З. Ф., Двойнова Н. Ф. Оценка вольт-амперным методом эффективности солнечных батарей // Актуальные вопросы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2021. С. 47–52. EDN KUANZB.

11. Кривуца З. Ф., Сергеева В. В., Двойнова Н. Ф. Результаты исследования энергоэффективности топливных элементов на основе протонообменной мембраны // Актуальные вопросы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2022. С. 104–110. https://doi.org/10.22450/9785964205777_104.

12. Кривуца З. Ф., Щитов С. В., Двойнова Н. Ф. Определение энергоэффективности топливной батареи на основе протонообменной мембраны // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы всерос. науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2023. С. 107–113. EDN UIEVQK.

References

1. Belyaev P. V., Mischenko V. S., Podberezkin D. A., Em R. A. Simulation modeling of proton exchange membrane fuel cells. In.: Dynamics of systems, mechanisms and machines (dynamics), Omsk, 2016, P. 1–5. <https://doi.org/10.1109/Dynamics.2016.7818980>.

2. Najafizadegan H., Zarabadipour H. Control of voltage in proton exchange membrane fuel cell using model reference control approach. International Journal of Electrochemical Science, 2012;7;8:6752–6761. [https://doi.org/10.1016/S1452-3981\(23\)15744-0](https://doi.org/10.1016/S1452-3981(23)15744-0).

3. Nowdeh S. A., Ghahnavieh A. R., Shojaei H. Reliable designing of standalone PV/FC hybrid system. Majlesi Journal of Electrical Engineering, 2012;7;2:41–47.

4. Zhang H. F., Pei P. C., Yuan X., Wang X. Z. Regularization of the degradation behavior and working zone of proton exchange membrane fuel cells with a five-constant ideal cell as prototype. Energy Conversion and Management, 2011;52;10:3189–3196. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2011.04.022>.

5. Belmokhtar K., Hammoudi M., Doumbia M. L., Agbossou K. Modeling and fuel flow dynamic control of proton exchange membrane fuel cell. Proceedings from Power engineering, energy and electrical drives (POWERENG): Fourth International Conference. (PP. 415–420), Istanbul, 2013. <https://doi.org/10.1109/PowerEng.2013.6635643>.

6. Hähnel C., Aul V., Horn J. Power efficient operation of a PEM fuel cell system using cathode pressure and excess ratio by nonlinear model predictive control. Proceedings from European Control Conference (ECC). (PP. 334–3345), Linz, 2015. <https://doi.org/10.1109/ECC.2015.7331050>.

7. Gonnet A. E., Robles S., Moro L., Performance study of a PEM fuel cell. International Journal of Hydrogen Energy, 2012;37;19:14757–14760. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2011.12.076>.

8. Zhang Xiuqin, Guo Juncheng, Chen Jincan. The parametric optimum analysis of a proton exchange membrane (PEM) fuel cell and its load matching. Energy, 2010;35;12:5294–5299. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.07.034>.

9. Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Abramova S. V., Dvoynova N. F., Kidyaeva N. P. Estimation by volt-ampere method of fuel battery efficiency based on proton-exchange membrane. Proceedings from INTERAGROMASH 2022: XV International Scientific Conference. (PP. 90–98), Springer, 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21432-5_10.

10. Krivutsa Z. F., Dvoynova N. F. Volt-ampere evaluation of solar panel efficiency. Proceedings from Topical issues of energy in the agro-industrial complex: *Vserossiiskaya (natsional'naya) nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 47–52), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2021, EDN KUANZB (in Russ.).

11. Krivutsa Z. F., Sergeeva V. V., Dvoynova N. F. Results of a study of the energy efficiency of fuel cells based on a proton exchange membrane. Proceedings from Topical issues of energy in the agro-industrial complex: *Vserossiiskaya (natsional'naya) nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 104–110), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2022 https://doi.org/10.22450/9785964205777_104 (in Russ.).

12. Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Dvoynova N. F. Determination of the energy efficiency of a fuel battery based on a proton exchange membrane. Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: *Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 107–113), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2023 EDN UIEVQK (in Russ.).

© Двойнова Н. Ф., Абрамова С. В., Бояров Е. Н., 2024

Статья поступила в редакцию 26.04.2024; одобрена после рецензирования 17.05.2024; принята к публикации 24.05.2024.

The article was submitted 26.04.2024; approved after reviewing 17.05.2024; accepted for publication 24.05.2024.

Информация об авторах

Двойнова Наталья Федоровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Сахалинский государственный университет, dnfsach@yandex.ru;

Абрамова Светлана Владимировна, доктор педагогических наук, доцент, Сахалинский государственный университет, abramova_sv@list.ru;

Бояров Евгений Николаевич, доктор педагогических наук, доцент, Сахалинский государственный университет, e.boyarov@mail.ru

Information about the authors

Natalia F. Dvoynova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Sakhalin State University, dnfsach@yandex.ru;

Svetlana V. Abramova, Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Sakhalin State University, abramova_sv@list.ru;

Evgeny N. Boyarov, Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Sakhalin State University, e.boyarov@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья

УДК 631.316

EDN JPXURO

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-115-123>

**Сравнительная оценка использования многофункционального
почвообрабатывающего агрегата в технологии возделывания кукурузы на зерно**

**Владимир Валерьевич Мазур¹, Владимир Александрович Сахаров²,
Алексей Алексеевич Кувшинов³**

^{1, 2, 3} Всероссийский научно-исследовательский институт сои

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ vmazur149@mail.ru, ² sva@vniisoi.ru, ³ kyaa@vniisoi.ru

Аннотация. Проблемой при возделывании кукурузы на зерно является защищенность посевов от сорных растений, особенно в период прорастания и набора высоты растений до 20–30 см, после чего культурные растения начинают затенять и угнетать сорную растительность. Основными методами защиты посевов кукурузы выступают химический, который заключается в опрыскивании гербицидом в нескольких повторностях за период вегетации, и механический – с применением нескольких междурядных культиваций. Основным недостатком химического метода состоит в гербицидной нагрузке на почву, что можно исключить при использовании междурядных обработок с применением пропашного культиватора с набором научно обоснованных конструктивно-режимных параметров. Целью данных исследований является обоснование повышения урожайности зерна кукурузы путем совершенствования технологического процесса междурядной обработки посевов и за счет снижения гербицидной нагрузки в условиях Амурской области. Выяснено, что использование двух универсальных стрельчатых лап со смещением в комплексе с долотообразной лапой и игольчатыми дисками по центру многофункционального почвообрабатывающего агрегата для междурядной обработки почвы и уничтожения сорняков в широкорядных посевах кукурузы обеспечило получение урожайности зерна на уровне 9,7 т/га без применения химических средств борьбы с сорняками.

Ключевые слова: кукуруза, междурядная обработка, культиватор

Для цитирования: Мазур В. В., Сахаров В. А., Кувшинов А. А. Сравнительная оценка использования многофункционального почвообрабатывающего агрегата в технологии возделывания кукурузы на зерно // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 2. С. 115–123. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-115-123>.

Original article

**Comparative assessment of use of a multifunctional
tillage unit in corn cultivation technology for grain**

**Vladimir V. Mazur¹, Vladimir A. Sakharov²,
Alexey A. Kuvshinov³**

^{1, 2, 3} All-Russian Scientific Research Institute of Soybean

Amur region, Blagoveshchensk, Russian Federation

¹ vmazur149@mail.ru, ² sva@vniisoi.ru, ³ kyaa@vniisoi.ru

Abstract. When corn cultivation for grain, the protection of crops from weeds is an issue, especially during the period of germination and plant height gain of about 20–30 cm, when cul-

tivated plants begin to shade and oppress weeds. The main methods of protecting corn crops are the chemical method, which consists in spraying with herbicide in several repetitions during the growing season, and the mechanical method using several row-to-row cultivations. The main disadvantage of the chemical method is the herbicidal load on the soil, which can be eliminated when using row-to-row developments by a row cultivator with a set of scientifically sound design and operating parameters. The purpose of these studies is to substantiate the increase in corn grain yield by improving the technological process of row-to-row processing of crops and by reducing the herbicidal load in the Amur region. It was found out that the use of two universal pointed paws with displacement in combination with a chisel-shaped paw and needle discs in the center of a multifunctional tillage unit for row-to-row tillage and weed eradication in wide-row corn crops ensured grain yields at the level of 9.7 t/ha without the use of chemical weed control agents.

Keywords: corn, row-to-row processing, cultivator

For citation: Mazur V. V., Sakharov V. A., Kuvshinov A. A. Comparative assessment of use of a multifunctional tillage unit in corn cultivation technology for grain. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;2:115–123. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-115-123>.

Введение. Возделывание сельскохозяйственных культур сопровождается произрастанием сорных растений. В этой связи на обрабатываемых землях формируются сообщества культурных и сорных растений – агрофитоценозы, где доминируют более конкурентоспособные растения. Они формируют густую листву, затеняя более слабые; либо более развитую корневую систему, что способствует лучшему потреблению воды и питательных веществ.

Кукуруза – теплолюбивое растение. В период дождей со снижением температуры она может замедляться в росте, особенно при прорастании и в фазу всходов. В 2022 году во время посева наблюдалось переувлажнение во II и III декадах мая, в 2021 году основная норма осадков пришла на II декаду мая, и к посеву кукурузы состояние почвы в указанные годы оценивалось, как удовлетворительное, с оптимальными значениями по содержанию доступной влаги и высокими показателями аэрации, что положительно отразилось на росте растений (по данным Амурского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды).

При разработке и использовании биологизированного земледелия необходимо снижать химическую нагрузку на почву. Применение химического способа борьбы с сорной растительностью приводит к появлению резистентности у некоторых видов сорняков к гербицидам, что требует увеличения доз внесения или разработки новых химических средств, и,

в конечном итоге, вызывает большее загрязнение окружающей среды [1].

Вопросам сравнительного анализа технологий возделывания кукурузы на зерно технологическим адаптером с различным набором вариантов технологических операций и обоснованию системы машин, обеспечивающей возделывание кукурузы на зерно в хозяйствах Амурской области, посвящена работа Е. С. Петренко с соавторами [2].

Исследованиям по влиянию междурядных обработок кукурузы на плотность почвы, ее биологическую активность посвящена работа А. П. Авдеенко и В. В. Дудник [3]. Проведенный анализ позволил сделать вывод, что междурядная обработка посевов кукурузы способствует снижению плотности почвы в слоях 0–5 и 5–10 см до оптимальных значений. Проведение двух междурядных обработок почвы способствует увеличению биологической активности почвы по сравнению с показателем при одной обработке на 2,5 %, а по сравнению с контролем – на 4,1 %.

Во время исследований продуктивности гибридов зерновой кукурузы в зависимости от приемов возделывания в условиях лесостепной зоны Поволжья А. Л. Тойгильдиным, М. И. Подсеваловым и др. было выявлено, что при междурядной обработке почвы численность сорных растений в среднем по гибридам кукурузы составила 8,4 шт./м², а при внесении гербицида снизилась до уровня 5,1 шт./м²; при оценке воздушно-су-

хой массы сорных растений она составила соответственно 65,2 и 27,5 г/м² [4].

Основная причина снижения урожайности сельскохозяйственных культур состоит в высокой засоренности их посевов. В ходе исследования С. М. Накаевым и З. П. Оказовой установлено, что засоренность кукурузы на протяжении вегетационного периода постоянно изменяется. Доминирующими сорными растениями в течение всего периода являются злаковые сорняки [5].

Н. И. Джаббаров, А. В. Добринов в своей статье показали, что применяемые в настоящее время лапы культиваторов имеют ряд недостатков, среди которых можно отметить постоянные углы резания и крошения, недостаточную глубину обработки, невозможность изменения площади ее фронтальной проекции для уменьшения тягового сопротивления. При этом не обеспечивается качественный срез мощной корневой системы многолетних сорных растений, происходит забивание сорными растениями рабочих органов, сохраняется большое количество неподрезанных сорняков на поле [6].

А. М. Shpanev и V. V. Smuk утверждают, что погодные условия оказали решающее влияние на начальную засоренность сорняками и меньшее влияние на видовую численность и надземную биомассу сорняков. Также совместное действие минеральных удобрений и гербицидов повлияло на скорость образования надземной массы сорняков, особенно в годы с избыточным увлажнением [7].

Обработка почвы – обычная сельскохозяйственная практика, которая помогает подготовить почву и удалить сорняки. Результаты исследований С. Lu, Z. Yu, D. A. Hennessy и др. ученых показывают, что выбор фермерами методов борьбы с устойчивостью к гербицидам может помочь снизить выбросы парниковых газов в сельском хозяйстве, что подчеркивает важность альтернативной стратегии борьбы с сорняками [8].

Устойчивые к гербицидам сорняки представляют существенную угрозу глобальной продовольственной безопасности. Особенно опасны многолетние виды сорняков. По мнению D. Lauenroth и С. S. Gokhale, сочетание обработки почвы и применения гербицидов эффек-

тивно снижает плотность засорения и риск неудачной борьбы, не задерживая адаптацию к устойчивости [9].

По мнению Y. Mo, Y. Zhang, D. Wang и др., сложность прорастания сельскохозяйственных культур в районах, подверженных засухе, в период посева является общемировой проблемой. Альтернативная посадка в ряд, при которой семена кукурузы высаживались под борозду, применялась для улучшения всхожести и урожайности кукурузы в Пекине.

При этом были проведены полевые эксперименты для оценки влияния трех глубин борозд: 0; 10 и 15 см. Результаты показали, что содержание влаги в почве вокруг семян увеличивалось с увеличением глубины борозды, в то время как температура почвы снижалась. Время прорастания семян сократилось при этом на 3–5 дней, а скорость появления всходов возросла. Обработка на глубину 15 см позволила достичь максимального уровня всходов, составившего 91,8 % в среднем за два года [10].

Цель исследований – обоснование повышения урожайности зерна кукурузы путем совершенствования технологического процесса междурядной обработки посевов и за счет снижения гербицидной нагрузки в условиях Амурской области.

Материалы и методы исследований. В 2021 году был создан опытный образец многофункционального почвообрабатывающего агрегата (МПА) для ухода за ширококрядными посевами кукурузы на зерно, который испытан на опытном поле Всероссийского научно-исследовательского института сои в 2021–2022 годы. Выполнен подбор оптимального сочетания почвообрабатывающих рабочих органов, их расстановки в агрегате на основе сравнения между собой полученных вариантов, а также с традиционной для Амурской области технологией возделывания кукурузы на зерно на основе применения средств химической защиты растений.

Параметры оценки эффективности комбинаций рабочих органов в системе технологий механизированного ухода за ширококрядными посевами кукурузы представлены в таблице 1.

В опыте изучали кукурузу гибрида Фалькон с нормой высева 70 тыс. всхожих

Таблица 1 – Варианты оценки способов ухода за широкорядными посевами кукурузы при возделывании на зерно**Table 1 – Options for evaluating methods of tillage of wide-row corn crops during grain cultivation**

| Вариант | Характеристика варианта |
|--|---|
| 1. Контроль (комплекс химических средств защиты растений от сорняков) | Почвенник Гардо Голд (С-Метолахлор 312,5 г/л + Тербутилазин 187,5 г/л) – 3–4 л/га по вегетирующим растениям; Титус Плюс (Дикамба (диметиламинная соль) 609 г/кг + Римсульфурон 32,5 г/кг) – 0,385 кг/га; Тренд 90 (водный раствор этоксилата изодецилового спирта 900 г/л) – 0,2 л/га |
| 2. Две односторонние плоскорежущие лапы (бритвы) со смещением Стрельчатая лапа | Подрезание сорняков и рыхление почвы в междурядьях на глубину до 6 см Сплошная обработка междурядий на глубину до 14 см |
| 3. Две односторонние плоскорежущие лапы (бритвы) со смещением Долотообразная лапа Игольчатые диски | Подрезание сорняков и рыхление почвы в междурядьях на глубину до 6 см Рыхление почвы на глубину до 15 см Разрушение почвенной корки и уничтожение сорняков в защитных зонах |
| 4. Две универсальные стрельчатые лапы со смещением Игольчатые диски | Сплошная обработка междурядий на глубину до 14 см Разрушение почвенной корки и уничтожение сорняков в защитных зонах |
| 5. Две универсальные стрельчатые лапы со смещением Долотообразная лапа Игольчатые диски | Сплошная обработка междурядий на глубину до 14 см Рыхление почвы на глубину до 15 см Разрушение почвенной корки и уничтожение сорняков в защитных зонах |

семян на 1 га. Посев кукурузы в опыте проводили сеялкой СН-16.

Кроме того, в одном из севооборотов также возделывали кукурузу на зерно, но ширина междурядий была 45 см, что позволило провести сравнительный анализ способов посева на 45 и 70 см. Технология возделывания кукурузы в обоих вариантах была одинакова.

Результаты исследований и их об-суждение. За годы исследований в опытах под посевами кукурузы с шириной междурядий 45 см было обнаружено 14 видов сорняков из 9 семейств; с междурядьями 70 см – 9 видов сорняков из 5 семейств, причем общее количество сорняков в варианте с шириной междурядий 70 см было больше на 8 % и составило 125,7 шт./м².

При посеве на 45 см многолетние и малолетние сорняки находились в равном соотношении; при посеве на 70 см основную долю составляла группа малолетних

сорняков, на долю многолетних приходилось 18,5 % от общего количества (табл. 2).

При оценке исходного состояния участка под широкорядными посевами кукурузы для проведения междурядных обработок было обнаружено 12 видов сорняков из 8 семейств. Основная доля сорняков представлена группой малолетних сорняков (80,2 %, 247,7 шт./м²). Эффект от применения почвенного гербицида Гардо Голд составил 49,2 % в варианте с посевом кукурузы на 70 см и 53,2 % – на 45 см.

Относительно исходного состояния участков отмечено снижение общей засоренности от 13 до 46 % и доли многолетних сорняков от 54 до 95 % в посевах кукурузы с использованием МПА в технологии ухода за посевами. В вариантах с применением химических средств защиты растений, как при посеве на 45 см, так и на 70 см, отмечено увеличение общей засоренности. Рост количества многолетних сорняков со-

Таблица 2 – Количество сорняков в агрофитоценозе широкорядных посевов кукурузы на зерно, 2021–2022 гг.**Table 2 – The number of weeds in agrophytocenosis of wide-row corn crops for grain, 2021–2022****В шт/м² (in pcs/m²)**

| Сорные растения | Количество сорняков после применения почвенного гербицида | | Исходное количество сорняков |
|--------------------------|---|---------------|------------------------------|
| | способ посева (см) | | |
| | 45 | 70 | 70 |
| Хвощ полевой | 28,00 | 22,00 | 45,65 |
| Шерстяк волосистый | 21,15 | 41,00 | 5,90 |
| Коммелина обыкновенная | 3,35 | 2,65 | 35,85 |
| Осот полевой | 28,30 | 1,00 | 3,35 |
| Щирица запрокинутая | 1,35 | 3,70 | 16,65 |
| Полынь обыкновенная | 0,70 | 0,35 | 0 |
| Акалифа южная | 3,35 | 5,30 | 13,90 |
| Марь белая | 16,00 | 6,00 | 14,65 |
| Горец вьюнковый | 0,35 | 0 | 0,35 |
| Просо куриное | 10,65 | 42,35 | 110,35 |
| Канатник Теофраста | 0,35 | 0 | 0,35 |
| Дурнишник сибирский | 0,35 | 0,35 | 0,35 |
| Овес обыкновенный | 0 | 1,00 | 0,35 |
| Пикульник двунадрезанный | 1,65 | 0 | 0 |
| Пырей ползучий | 0,35 | 0 | 0 |
| Сорные, всего | 115,90 | 125,70 | 247,70 |
| в том числе малолетние | 58,55 | 102,35 | 198,70 |
| многолетние | 57,35 | 23,35 | 49,00 |
| из них стержнекорневые | 0,70 | 0,35 | 0 |
| корневищные | 28,35 | 22,00 | 45,65 |
| корнеотпрысковые | 28,30 | 1,00 | 3,35 |

ставил 64 % при посеве на 45 см и 142 % при посеве на 70 см (табл. 3).

Существенных различий по общему количеству сорняков не выявлено. Значительно большее количество малолетних сорняков отмечено в варианте с применением двух односторонних плоскорежущих лап (бритв) со смещением и одной стрелчатой лапой по центру МПА относительно варианта с применением химических средств защиты растений при посеве на 45 см. Использование химических средств защиты растений приводит к существенному увеличению количества многолетних сорняков.

Способ посева не оказал существенного влияния на формирование урожайности зерна кукурузы (табл. 4).

При сравнении агротехнических приемов ухода за широкорядными посевами кукурузы между собой и с традиционной технологией, включающей комплекс химических средств защиты растений в посевах, существенных различий по уровню урожайности не установлено (табл. 5).

Посев кукурузы на ширину междурядий 45 см позволяет получить урожайность 6,39 т/га с окупаемостью 32,0 руб. на каждый дополнительно затраченный рубль и условно чистым доходом, составляющим 40,2 тыс. руб./га.

Использование комбинации рабочих органов в виде двух универсальных стрелчатых лап с перекрытием кромки рабочего органа в комплексе с долотообразной лапой и игольчатыми дисками

Таблица 3 – Количество сорняков в агрофитоценозах кукурузы на зерно при разных способах ухода за широкорядными посевами, 2021–2022 гг.**Table 3 – The number of weeds in agrophytocenoses of corn for grain with different methods of tillage of wide-row crops, 2021–2022****В шт./м² (in pcs/m²)**

| Сорные растения | Способ посева (см) | | | | | |
|--|--------------------|--|--------|--------|--------|--------|
| | 45 | 70, способ ухода за посевами (номер способа согласно таблицы 1) | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Шерстняк волосистый | 51,10 | 90,65 | 66,00 | 55,70 | 70,60 | 50,65 |
| Просо куриное | 1,65 | 1,35 | 116,00 | 70,65 | 28,65 | 76,65 |
| Соя | 4,35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Полынь обыкновенная | 7,65 | 0 | 0,65 | 0,65 | 0 | 0,65 |
| Осот полевой | 61,30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Горошек мышиный | 0 | 2,65 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Щирица запрокинутая | 0,65 | 2 | 2,65 | 2,00 | 8,70 | 6 |
| Марь белая | 2,00 | 6,65 | 4,65 | 4,00 | 1,35 | 6 |
| Горец вьюнковый | 0,35 | 0 | 0 | 0,65 | 0,65 | 0 |
| Горец почечуйный | 0 | 0 | 1,35 | 0 | 0,65 | 0,65 |
| Коммелина обыкновенная | 1,00 | 2 | 0,65 | 1,35 | 0,35 | 0,35 |
| Канатник Теофраста | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,65 |
| Акалифа южная | 16,00 | 20,30 | 13,65 | 17,00 | 19,50 | 16,00 |
| Пикульник двундрезанный | 4,35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Хвощ полевой | 26,00 | 54,00 | 9,70 | 21,65 | 2,35 | 19,65 |
| Сорные всего (НСР ₀₅ = 115,23; $F_{\text{факт}}$ = 0,51; $F_{\text{теор}}$ = 3,33) | 176,40 | 179,60 | 215,30 | 173,65 | 132,80 | 177,25 |
| в том числе малолетние (НСР ₀₅ = 111,71; $F_{\text{факт}}$ = 1,34; $F_{\text{теор}}$ = 3,33) | 81,45 | 122,95 | 204,95 | 151,35 | 130,45 | 156,95 |
| многолетние (НСР ₀₅ = 39,42; $F_{\text{факт}}$ = 7,81; $F_{\text{теор}}$ = 3,33) | 94,95 | 56,65 | 10,35 | 22,30 | 2,35 | 20,30 |
| из них стержнекорневые | 26,00 | 54,00 | 9,70 | 21,65 | 2,35 | 19,65 |
| корневищные | 26,00 | 54,00 | 9,70 | 21,65 | 2,35 | 19,65 |
| корнеотпрысковые | 61,3 | 2,65 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Таблица 4 – Урожайность зерна кукурузы в зависимости от способа посева, 2022 г.**Table 4 – Corn grain yield depending on sowing method, 2022****В т/га (in t/ha)**

| Способ посева | Урожайность | | Средняя урожайность |
|--|-------------|---------|------------------------|
| | 2021 г. | 2022 г. | |
| 45 см | 3,59 | 9,18 | 6,39 |
| 70 см | 3,92 | 8,4 | 6,16 |
| НСР ₀₅ ($F_{\text{факт}}$ = 0,50; $F_{\text{теор}}$ = 18,51) | — | — | 1,38 |

Таблица 5 – Урожайность кукурузы на зерно при комбайновой уборке

Table 5 – Corn yield for grain during combine harvesting

В т/га (in t/ha)

| Вариант | Урожайность | | | Прибавка | |
|--|-------------|---------|---------|----------|-------|
| | 2021 г. | 2022 г. | средняя | т/га | % |
| Контроль (комплекс химических средств защиты растений от сорняков) | 3,92 | 8,4 | 6,16 | – | – |
| Две односторонние плоскорежущие лапы (бритвы) с перекрытием кромки рабочего органа + стрелчатая лапа по центру междурядья | 3,62 | 7,16 | 5,39 | –0,77 | –12,5 |
| Две односторонние плоскорежущие лапы (бритвы) с перекрытием кромки рабочего органа + долотообразная лапа и игольчатые диски по центру междурядья | 2,52 | 8,88 | 5,70 | –0,46 | –7,5 |
| Две универсальные стрелчатые лапы с перекрытием кромки рабочего органа + игольчатые диски по центру междурядья | 2,57 | 9,15 | 5,86 | –0,30 | –4,9 |
| Две универсальные стрелчатые лапы с перекрытием кромки рабочего органа + долотообразная лапа и игольчатые диски по центру междурядья | 3,01 | 8,82 | 5,92 | –0,25 | –4,0 |
| НСР ₀₅ ($F_{\text{факт}} = 0,57$; $F_{\text{теор}} = 3,84$) | – | – | 1,23 | – | – |

по центру междурядья (вариант 5) позволило сформировать урожайность 5,92 т/га экологически чистой продукции при рентабельности производства 156,1 % и экономии затрат на сумму 7,4 тыс. руб./га.

В результате применения МПА в условиях засушливой весны и большей части лета 2023 года получена урожайность 9,69 т/га экологически чистого зерна кукурузы. Экономия затрат на производство при этом составила 8,07 тыс. руб./га; уровень рентабельности при цене реализации одной тонны 12,9 тыс. руб и ее себестоимости 2,91 тыс. руб. достигал 342,8 %.

Заключение. Использование двух универсальных стрелчатых лап со смещением в комплексе с долотообразной лапой и игольчатыми дисками по центру многофункционального почвообрабатывающего агрегата для междурядной обработки почвы и уничтожения сорняков в широкорядных посевах кукурузы обеспечило получение урожайности зерна на уровне 9,7 т/га (без применения химических средств борьбы с сорняками). Производственные затраты сократились на 8,1 тыс. руб./га, а себестоимость единицы продукции снизилась на 0,83 тыс. руб.

по сравнению с возделыванием культуры при использовании гербицидов. Рентабельность увеличилась до 342,8 %, что больше на 40 % ее уровня, полученного с применением химических средств защиты растений.

Для обеспечения указанного выхода экологически чистого урожая зерна без потерь необходимо обеспечить оптимальную густоту стояния растений к уборке (6–7 растений на 1 м²), что достигается путем высева 70–80 тыс. всхожих семян на 1 га. Следует также применять качественную систему обработки почвы и уничтожения сорняков агротехническими способами, что достигается посевом кукурузы с шириной междурядий 70 см и применением в технологии ухода за широкорядными посевами созданного во Всероссийском научно-исследовательском институте сои многофункционального почвообрабатывающего агрегата на основе пропашного культиватора с использованием двух универсальных стрелчатых лап со смещением в комплексе с долотообразной лапой и игольчатыми дисками по центру. Это снизит производственные затраты на один гектар на 8,1 тыс. руб. и повысит рентабельность производства до 342,8 %.

Список источников

1. Мазур В. В., Никульчев К. А., Кувшинов А. А., Сахаров В. А. Определение оптимальных параметров комбинации рабочих органов культиватора для междурядной обработки кукурузы в условиях Амурской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Т. 17. № 4. С. 197–208. EDN BVAQTK.
2. Петренко Е. С., Эрнст О. Г., Смолянинова Н. О., Ахалбедашвили Д. В. Особенности технологии возделывания кукурузы на зерно в условиях Амурской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 12–7. С. 1266–1269. EDN XHJJYR.
3. Авдеенко А. П., Дудник В. В. Эффективность междурядных обработок при выращивании среднеранних гибридов кукурузы на зерно // АгроЭкоИнфо. 2019. № 2 (36). С. 19. EDN JVJRDC.
4. Тойгильдин А. Л., Подсёвалов М. И., Аюпов Д. Э., Тюрин А. В. Продуктивность гибридов кукурузы на зерно в зависимости от приемов возделывания в условиях лесостепной зоны Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 4 (52). С. 56–64. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2020-4-56-64>. EDN UMMRXXF.
5. Накаев С. М., Оказова З. П. Доминирующие сорные растения и их вредоносность в посевах кукурузы // Успехи современной науки. 2017. Т. 2. № 12. С. 199–201. EDN YMQUFD.
6. Джаббаров Н. И., Добринов А. В. Обоснование конструктивных параметров рабочего органа для рыхления почвы и уничтожения сорных растений в органическом земледелии // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15. № 1 (72). С. 23–33. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_1_23.
7. Shpanev A. M., Smuk V. V. The contribution of factors to the formation of pollution of grain-grass-rowed crops in the north-west of the Russian Federation // Russian Agricultural Sciences. 2023. No 4. P. 38–42. <https://doi.org/10.31857/S2500262723040075>. EDN JXTEPV.
8. Lu C., Yu Z., Hennessy D. A., Feng H., Tian H., Hui D. Emerging weed resistance increases tillage intensity and greenhouse gas emissions in the US corn-soybean cropping system // Nature Food. 2022. No. 3 (4). P. 266–274. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00488-w>.
9. Lauenroth D., Gokhale Ch. S. Theoretical assessment of persistence and adaptation in weeds with complex life cycles // Nature Plants. 2023. Vol. 9. No. 8. P. 1267–1279. <https://doi.org/10.1038/s41477-023-01482-1>. EDN NQXCNM.
10. Mo Y., Zhang Y., Wang D., Wang J., Li G., Gong Sh. [et al.]. Germination and growth of corn submitted to sowing and cultivation management by subsurface drip irrigation in the North China Plain // Irrigation Science. 2023. <https://doi.org/10.1007/s00271-023-00900-8>. EDN HSMLMG.

References

1. Mazur V. V., Nikulchev K. A., Kuvshinov A. A., Sakharov V. A. Determination of optimal parameters of cultivator working body combination for row-to-row processing of corn in Amur region. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:197–208 EDN BVAQTK (in Russ.).
2. Petrenko E. S., Ernst O. G., Smolyaninova N. O., Akhalbedashvili D. V. Features of technology of cultivation of corn for grain in conditions of the Amur region. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2016;12–7:1266–1269 EDN XHJJYR (in Russ.).
3. Avdeenko A. P., Dudnik V. V. The effectiveness of row-to-row treatments in the cultivation of medium-early corn hybrids for grain. *AgroEkoInfo*, 2019;2(36):19 EDN JVJRDC (in Russ.).
4. Toigildin A. L., Podsevalov M. I., Ayupov D. E., Tyurin A. V. Productivity of corn hybrids for grain depending on cultivation methods in the conditions of the Volga forest-steppe zone. *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2020;4(52):56–64. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2020-4-56-64>. EDN UMMRXXF (in Russ.).
5. Nakaev S. M., Okazova Z. P. Dominant weeds and their harmfulness in corn crops. *Uspekhi sovremennoy nauki*, 2017;2;12:199–201 EDN YMQUFD (in Russ.).

6. Dzabborov N. I., Dobrinov A. V. Validation of the design parameters of the tillage tool developed for soil loosening and clean weeding in organic farming. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022;15;1(72):23–33. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_1_23 (in Russ.).

7. Shpanev A. M., Smuk V. V. The contribution of factors to the formation of pollution of grain-grass-rowed crops in the north-west of the Russian Federation. *Russian Agricultural Sciences*, 2023;4:38–42. <https://doi.org/10.31857/S2500262723040075>. EDN JXTEPV.

8. Lu C., Yu Z., Hennessy D. A., Feng H., Tian H., Hui D. Emerging weed resistance increases tillage intensity and greenhouse gas emissions in the US corn-soybean cropping system. *Nature Food*, 2022;3(4):266–274. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00488-w>.

9. Lauenroth D., Gokhale Ch. S. Theoretical assessment of persistence and adaptation in weeds with complex life cycles. *Nature Plants*, 2023;9;8:1267–1279. <https://doi.org/10.1038/s41477-023-01482-1>. EDN NQXCNM.

10. Mo Y., Zhang Y., Wang D., Wang J., Li G., Gong Sh. [et al.]. Germination and growth of corn submitted to sowing and cultivation management by subsurface drip irrigation in the North China Plain. *Irrigation Science*, 2023. <https://doi.org/10.1007/s00271-023-00900-8>. EDN HSMLMG.

© Мазур В. В., Сахаров В. А., Кувшинов А. А., 2024

Статья поступила в редакцию 09.04.2024; одобрена после рецензирования 27.04.2024; принята к публикации 08.05.2024.

The article was submitted 09.04.2024; approved after reviewing 27.04.2024; accepted for publication 08.05.2024.

Информация об авторах

Мазур Владимир Валерьевич, научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0001-9544-2140, Author ID: 1051393, vmazur149@mail.ru;

Сахаров Владимир Александрович, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0003-3471-301X, Author ID: 959033, sva@vniisoi.ru;

Кувшинов Алексей Алексеевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0002-6332-5406, Author ID: 898389, kya@vniisoi.ru

Information about the authors

Vladimir V. Mazur, Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0001-9544-2140, Author ID: 1051393, vmazur149@mail.ru;

Vladimir A. Sakharov, Senior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0003-3471-301X, Author ID: 959033, sva@vniisoi.ru;

Alexey A. Kuvshinov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0002-6332-5406, Author ID: 898389, kya@vniisoi.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья

УДК 631.354

EDN JSREVN

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-124-135>**Обоснование конструктивно-режимных параметров работы половосборника и дальнейшие пути развития технологии уборки сои со сбором половы****Владимир Александрович Сахаров¹, Александр Васильевич Липкань²,
Алексей Алексеевич Кувшинов³, Вячеслав Сергеевич Усанов⁴**^{1, 2, 3, 4} Всероссийский научно-исследовательский институт сои

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ sva@vniisoi.ru, ² lav-blg@mail.ru, ³ kyaa@vniisoi.ru, ⁴ uvs@vniisoi.ru

Аннотация. Обеспечение грубыми кормами отрасли животноводства выступает важной проблемой в сельском хозяйстве Амурской области. В целях повышения производства соевого зерна площади, занятые под кормовые угодья, начинают использовать для вовлечения в севооборот, усугубляя нехватку грубых кормов. Решением данной проблемы может являться использование для корма скоту соевой половы, оставляемой на поле после уборки сои. Особенностью соевой половы является ее малый вес и скважистость насыпной массы. При этом кормовая ценность половы составляет 0,56 корм. ед., что позволяет считать ее альтернативой сене и соломе. Многими авторами проводились исследования по техническим вопросам транспортировки незерновой части урожая с полей при уборке различных сельскохозяйственных культур. Малая объемная масса половы может быть нивелирована использованием большеобъемных кузовов емкостью 25 м³ и более. Недостаток технологии со сбором половы состоит в пожарной опасности при хранении ее на складах и на открытых площадках. Также при уборке предпочтение отдается перевозке зерна, тем более что уборочный процесс необходимо завершить в кратчайшие сроки, чтобы не допустить потерь от перестоя урожая на корню. В данных условиях важно модернизировать предлагаемые ранее технологии с учетом современных реалий: внедрение автоматизированных систем, разработка беспилотных аппаратов, использование GPS-технологий и др.

Ключевые слова: технология, уборка сои, соевая полова, половосборник

Для цитирования: Сахаров В. А., Липкань А. В., Кувшинов А. А., Усанов В. С. Обоснование конструктивно-режимных параметров работы половосборника и дальнейшие пути развития технологии уборки сои со сбором половы // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 2. С. 124–135. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-124-135>.

Original article

Substantiation of design and operating parameters of a chaff collector and further developing ways of soybeans harvesting technology with chaff collection**Vladimir A. Sakharov¹, Alexander V. Lipkan²
Alexey A. Kuvshinov³, Vyacheslav S. Usanov⁴**^{1, 2, 3, 4} All-Russian Scientific Research Institute of Soybean

Amur region, Blagoveshchensk, Russian Federation

¹ sva@vniisoi.ru, ² lav-blg@mail.ru, ³ kyaa@vniisoi.ru, ⁴ uvs@vniisoi.ru

Abstract. The coarse feed provision to livestock industry is an important problem in Amur region agriculture. In order to increase soybean production, the areas occupied by forage lands are

involving to be used in crop rotation, exacerbating the shortage of coarse feed. The solution to this problem may be the use of soybean chaff for livestock feed, which is left in the field after soybean harvesting. The peculiarity of soybean chaff is its low weight and porosity of bulk mass. At the same time, its feed value is 0.56 feed unit, which makes it possible to consider it an alternative to hay and straw. Many authors have conducted research on the technical issues of transporting the non-grain part of crop from the fields during harvesting of various crops. The small volume mass of chaff can be offset by use of large-volume bodies with a capacity of 25 m³ or more. The disadvantage of the technology with chaff collection is a fire hazard when storing in warehouses and in open areas. Also, when harvesting, preference is given to the transportation of grain, especially since the harvesting process must be completed as soon as possible in order to prevent losses from dead-ripe stage of standing crop. In these conditions, it is necessary to modernize the technologies offered earlier, taking into account modern realities: the introduction of automated systems, the development of unmanned vehicles, the use of GPS technologies, etc.

Keywords: technology, soybean harvesting, soybean chaff, chaff collector

For citation: Sakharov V. A., Lipkan A. V., Kuvshinov A. A., Usanov V. S. Substantiation of design and operating parameters of a chaff collector and further developing ways of soybeans harvesting technology with chaff collection. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;2:124–135. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-124-135>.

Введение. Уборку сои необходимо проводить в кратчайшие сроки, чтобы не допустить потерь от перестоя урожая на корню. После уборки на полях остается побочный продукт – соевая солома. По данным авторов работы [1], кормовая ценность соевой соломы составляет 0,56 корм. ед., что позволяет считать ее альтернативой сене и другим грубым кормам для удовлетворения нужд отрасли животноводства в обеспечении полнорационного кормления крупного рогатого скота.

Актуальность использования соломы вызвана не только необходимостью увеличения продуктивности отрасли животноводства, но и меньшими затратами на ее получение по сравнению с заготовкой сена и соломы. Результаты исследования свидетельствуют, что питательность 1,7 тонн соломы, полученной с четырех гектаров соевого поля, соответствует аналогичным характеристикам 1,7 тонн злакового сена, получаемого с одного посевного гектара [2].

Для сбора соевой соломы необходима дополнительная техника, не увеличивающая сроков уборки. Удельная масса соевой соломы составляет 75 кг/м³, что ведет к необходимости ее перевозки в большеобъемных кузовах. Недостатком является также пожарная опасность при хранении соломы. В связи с этим необходимо модернизировать предлагаемые ранее технологии путем внедрения авто-

матизированных систем управления, разработки беспилотных аппаратов, использования машинного зрения и т. д.

Традиционно в сельском хозяйстве для поддержания плодородия почвы незерновая часть урожая (солома и солова) остается на полях. При массовом использовании соевой соломы, как грубого корма, соевая солома с более низким содержанием питательных веществ будет использована в качестве органического удобрения.

Авторами работы [3] представлено несколько примеров обработки волокон, демонстрирующих потенциал использования преимуществ механических свойств соевой соломы. Приведен обзор потенциальных направлений будущих исследований по созданию следующего поколения интегрированных биоперерабатывающих производств из соевой соломы, чтобы продемонстрировать перспективный потенциал возможностей применения этой биомассы. Рассматриваются потенциальные области применения соевой соломы с акцентом на устойчивое производство биотоплива, биоэнергетики и современных материалов.

В условиях Амурской области агрономической наукой и многолетней практикой разработаны различные виды технологических приемов, использование которых способствует повышению уровня плодородия почвы и росту потенциаль-

ной урожайности сои. Для обоснования оптимальных параметров измельчителей нового образца проведены исследования, позволяющие получить приемлемые по размерам части стеблей для быстрого разложения их в почве. Соевая солома и створки содержат 35,2–35,5 % клетчатки, 3,2–3,5 % протеина, 2,62–3,07 % химических элементов. Почвенная биота, разрушающая биологическую массу, образует вещества, необходимые для роста и развития растений, получения высокой урожайности культур в севообороте. Технологические воздействия, направленные на поддержание жизнедеятельности этих организмов, позволяют существенно повысить почвенное плодородие [4].

Технологии уборки, приведенные авторами в классификации, имеют определенные преимущества и недостатки. При неблагоприятных погодных условиях комбайны допускают потери зерна выше агротехнических требований. Сбор всего биологического урожая или его части с обработкой на стационарных пунктах решает многие задачи, стоящие перед сельскохозяйственным производством – полный сбор зерна и незерновой части урожая как ценного корма для животных, что придает уборочному процессу индустриальные черты, обеспечивает поточность, повышает качество послеуборочной обработки почвы [5].

Авторами работы [6] концептуально изложены агротехнические и агроэкологические требования, определяющие инновационные пути совершенствования технологического процесса и технических средств для реализации уборки зерновых культур и сои. Предлагаемые технические решения выполнены на уровне изобретений, новизна которых подтверждена патентами РФ в области создания менее энергозатратных технологий и облегченных полевых машин нового поколения для уборки сельскохозяйственных культур методом очеса на корню.

Технология уборки зерновых и сои методом очеса на корню и использование мягких контейнеров биг-бэг для сбора зерна позволят исключить заезд автотранспорта на поле, устранить взаимобусловленные простои комбайнов и автотранспорта в ожидании погрузочно-разгрузочных работ. Автотранспорт

понадобится для сбора расположенных на краю поля вдоль дороги мягких контейнеров и доставки их в пункт переработки.

В работе [7] выделено перспективное направление зональной технологии уборки сои со сбором половы в мягкие контейнеры с измельчением и разбрасыванием соломы с помощью монтируемого на комбайн адаптера типа модернизированного приспособления универсального навесного (ПУН-5). Предложена конструкция кассетного половосборника с автоматической подачей очередного мягкого контейнера на загрузку и разгрузку под действием веса заполненного контейнера (патент РФ № 2788129), а также совмещаемая с ним конструкция двухпоточного измельчителя-разбрасывателя (патент РФ № 2766007). Представлены результаты оценки качества перебивания соевой соломы современными отечественными однобарабанными комбайнами «Вектор-410» с измельчителями-разбрасывателями классического типа.

В последние годы в рамках развития технологий сбора незерновой части разработкой технических средств занимались несколько коллективов ученых.

Коллектив авторов под руководством М. В. Кандели предложил ряд уборочных машин для сбора невяянного зернового вороха и отдельного сбора незерновой части урожая при уборке зерновых и зернобобовых культур:

машина полевая гусеничная для заготовки и сбора зернового вороха (патент РФ № 2601819, 2016 г.);

машина полевая для заготовки и сбора зернового вороха (патент РФ № 2579783, 2016 г.);

машина полевая гусеничная универсальная (патент РФ № 2631394, 2017 г.);

комбайн гусеничный для заготовки грубых кормов (патент РФ № 2625659, 2017 г.);

комбайн зерноуборочный гусеничный (патент РФ № 2607101, 2016 г.);

машина полевая гусеничная (патент РФ № 2646639, 2018 г.);

комбайн гусеничный для уборки зерновых культур и сои (патент РФ № 2646632, 2018 г.);

машина полевая гусеничная (патент РФ № 2646629, 2018 г.).

Коллектив авторов под руководством С. П. Присяжной занимался вопросами совершенствования уборки сои с одновременным сбором полова на кормовые цели:

приспособление к зерноуборочному комбайну для сбора соевой половы (патент РФ № 2315464, 2008 г.);

копнитель для сбора половы (патент РФ № 2417572, 2011 г.);

устройство для сбора соевой половы в контейнер (патент РФ № 2529914, 2014 г.);

способ сбора биологического урожая сои с измельчением и разбрасыванием соломы и устройство для его осуществления (патент РФ № 2506737, 2013 г.);

всасывающе-нагнетательное устройство для сбора половы (патент РФ № 2554997, 2015 г.).

Некоторые изготовленные прототипы устройств представлены на рисунках 1 и 2 [1].

Перечисленные и приведенные технические устройства и машины отличаются следующими недостатками: использование дополнительных устройств в конструкции уборочной машины ведет к ее утяжелению, что будет негативно сказываться на уплотнении почвы. Также за дополнительными устройствами необходимо следить, производить замену

емкостей под полову, что требует дополнительного обслуживающего персонала. Использование дополнительных транспортных средств в период уборки ведет к несбалансированности логистики уборочного процесса и требует увеличения человеческих и материальных ресурсов, что сказывается на себестоимости соевой половы, как корма.

Оптимизировать логистический процесс уборки сои с одновременным сбором половы возможно с применением беспилотного транспортного средства. Ниже представлены технические устройства, которые можно применить при разработке данного транспортного устройства.

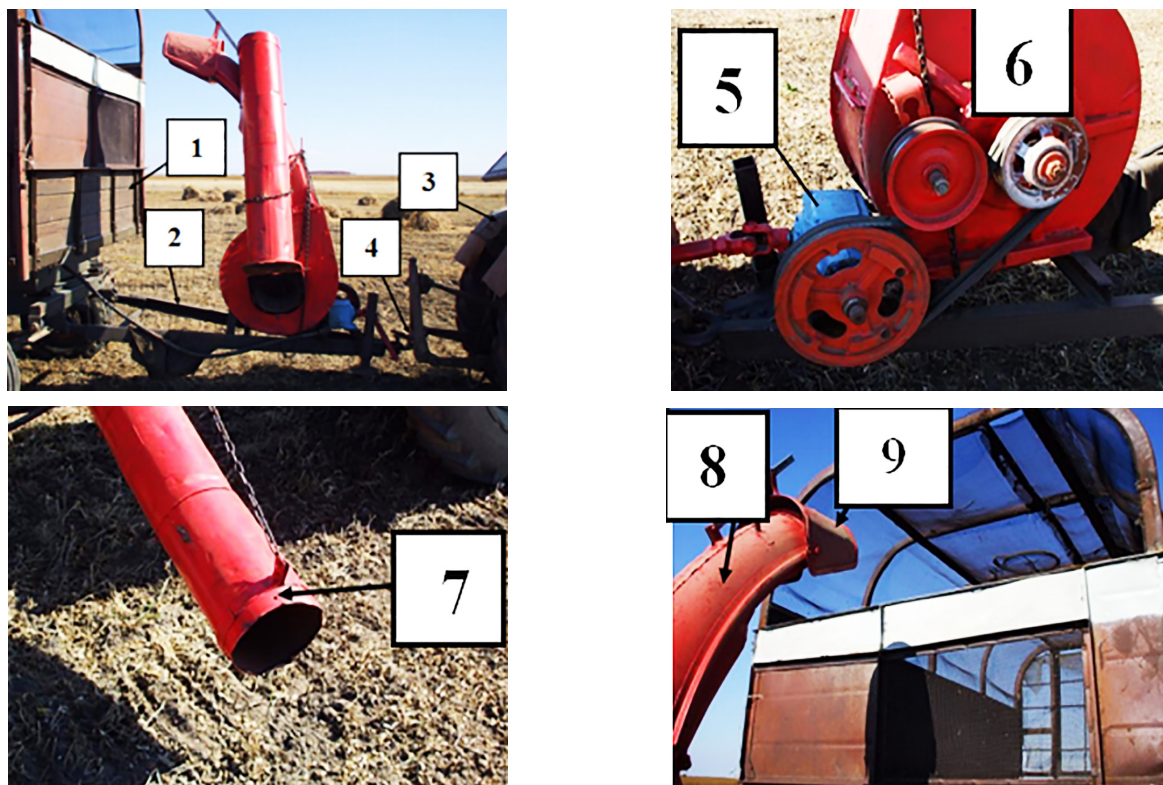
Известен способ сортировки мусора, который включает захват предметов с конвейера манипуляторами, управляемыми системами распознавания предметов, содержащими устройства сканирования, спектрометрирования и детектирования сортируемых предметов, путем сравнения их данных с образами в компьютерном программном обеспечении (патент РФ № 2624288, 2017 г.). Системы распознавания предметов содержат маркирующие устройства, которые наносят кодированные метки на сортируемые предметы, а захват предметов манипуляторами осуществляют с помощью детекторов кода меток.



- 1 – корытообразный шнек подачи половы; 2 – всасывающий пологопровод;
3 – центробежный вентилятор-швырялка; 4 – нагнетательный пневмополовопровод
1 – trough-shaped chaff supplying auger; 2 – suction chaff pipeline;
3 – centrifugal fan-thrower; 4 – forcing pneumatic chaff pipeline

Рисунок 1 – Устройство для сбора и подачи соевой половы в транспортное средство (патент РФ № 2315464)

Figure 1 – Device for soybean chaff collecting and supplying it into a vehicle (RF Patent No. 2315464)



- 1 – транспортная тележка; 2 – рама; 3 – трактор; 4 – прицепное устройство трактора;
 5 – редуктор; 6 – вентилятор; 7 – заборное устройство всасывающего пневмополовопровода;
 8 – нагнетательный пневмополовопровод; 9 – регулируемый половоднаправитель
- 1 – transport trolley; 2 – frame; 3 – tractor; 4 – tractor towbar; 5 – gearbox; 6 – fan;
 7 – intake device of suction pneumatic chaff pipeline; 8 – forcing pneumatic chaff pipeline;
 9 – adjustable chaff guide

Рисунок 2 – Всасывающе-нагнетательное устройство для сбора половы (патент РФ № 2554997)

Figure 2 – Suction and discharge device for chaff collecting (RF patent No. 2554997)

Данное решение можно использовать для маркировки емкостей с половой.

В настоящее время технология радиочастотной идентификации RFID имеет огромный потенциал массового применения в самых разных сферах общественных отношений [8].

Появление энергоэффективных сетей дальнего и ближнего действия позволяет разрабатывать устройства для удаленного цифрового мониторинга определенных производственных параметров животноводства, в данном случае связанных с контролем надоев молока.

Разработанное устройство реализовано на вспомогательной плате для Arduino Mega и включает в себя молокомер на герконе; считыватель RFID-меток LF; модуль RFM95W для передачи дан-

ных по протоколу LoRa и контроллер на базе Atmega 2560 [9].

Авторами работы [10] представлен всеобъемлющий обзор наземных сельскохозяйственных роботизированных систем и приложений с особым упором на уборку урожая, охватывающий исследовательские и коммерческие продукты и результаты, а также их вспомогательные технологии. Рассматриваются положения о разработке конкретных функциональных возможностей и аппаратного обеспечения, которые обычно требуются действующему сельскохозяйственному роботизированному комбайну. Они включают системы визуального наблюдения, методологии планирования движения и навигации (для роботизированной платформы и манипулятора), стратегии взаи-

модействия человека и робота с 3D-визуализацией, стратегии планирования работы системы и захвата, а также дизайн роботизированного захвата.

Очевидно, что автоматизированное сельское хозяйство и, в частности, автономный сбор урожая с помощью роботизированных систем представляют область исследований, которая остается широко открытой, предлагая ряд задач, в решение которых можно внести новый вклад.

Цель исследования – обосновать режимные параметры устройства для сбора соевой половы в мягкие контейнеры при уборке сои и предложить пути развития технологии для уборки сои со сбором незерновой части урожая.

При технологии уборки сои с одно-временным сбором половы, полова будет собираться в специальный половосборник (рис. 3). Данный половосборник совмещен с универсальным навесным адаптером типа ПУН-5 (патент РФ № 2788129, 17.01.2023).

Материалы и методы исследования. Для бесперебойной работы половосборника по загрузке половы в мягкие контейнеры обоснованы конструктивно-режимные параметры его элементов: винтового шнека и нагнетающего вентилятора с диффузором. Обоснование параметров проводили расчетным методом с применением данных научной литературы.

Результаты исследований и их обсуждение. Расчет параметров шнекового транспортера. Теоретическая производительность винтового шнека зависит от плотности перемещаемого груза, площади полезного поперечного сечения шнека и скорости перемещения груза, зависящей от скорости вращения шнека и шага витков спирали, и определяется формулой (1):

$$P_{ш} = 3600 \cdot \gamma_c \cdot F_c \cdot u_s \quad (1)$$

где γ_c – плотность груза, кг/м³ (составляет от 71,9 до 80,2 кг/м³);

F_c – площадь поперечного полезного сечения шнека, м²;

u_s – осевая скорость перемещаемого груза, м/с.

Для расчета площади поперечного сечения шнека и осевой скорости пере-

мещаемого груза используем формулы (2) и (3):

$$F_c = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \quad (2)$$

$$u_s = \frac{S \cdot n}{60} \quad (3)$$

где D – диаметр шнека по виткам спирали, м;

d – диаметр вала шнека, м;

S – шаг витков спирали шнека, м;

n – скорость вращения шнека, мин⁻¹.

Объем перемещаемой половы на длине одного шага составит:

$$V_g = F_c \cdot K_v \cdot S \quad (4)$$

где K_v – коэффициент использования межвиткового объема (равен от 0,2 до 0,9).

Учитывая коэффициенты загрузки и разгрузки (K_z), коэффициент скорости транспортирования половы (K_v), коэффициент угла наклона шнека K_β , получим интегральный коэффициент производительности (K_n), равный произведению трех вышеуказанных коэффициентов и коэффициента использования межвиткового объема (K_v).

Покажем расчет шнекового транспортера при урожайности сои 25 ц/га, ширине жатки 5 м, скорости уборки 7 км/час (2 м/с); при этом убираемая площадь составит 10 м²/с. Подача половы при данных условиях равна 1 кг/с или 0,015 м³/с.

Исходя из данных, один мягкий контейнер объемом 1 м³ будет заполняться за 1/0,015 = 66,7 секунд, то есть около одной минуты.

При использовании подающего шнека от серийного комбайна диаметром равным 250 мм, объем одного витка составит:

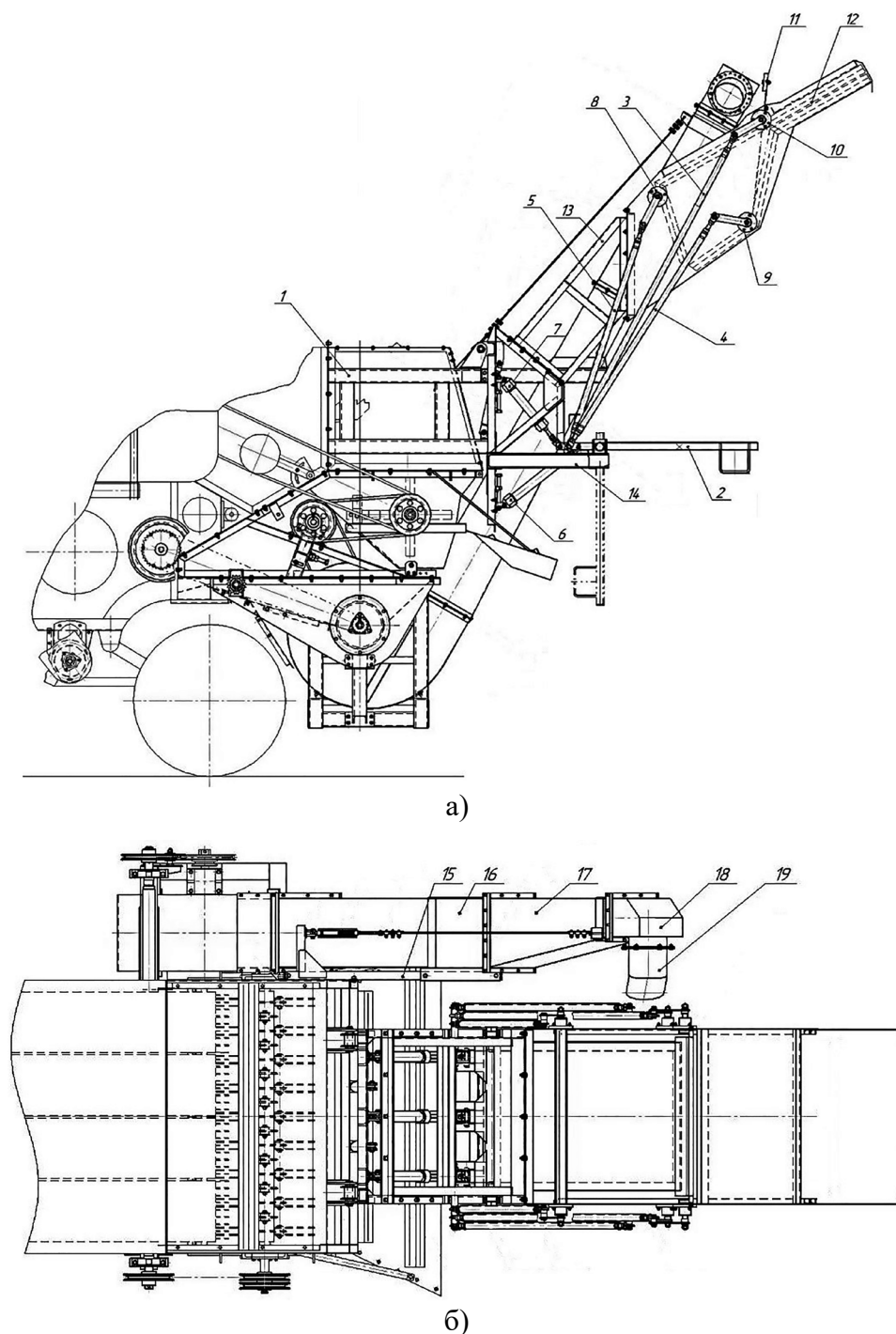
$$\pi/4 \cdot (0,25^2 - 0,06^2) \cdot 0,24 = 0,01 \text{ м}^3$$

Для обеспечения заполнения мягкого контейнера за одну минуту, обороты шнека должны составлять не менее 2 с⁻¹ или 120 мин⁻¹ (без учета коэффициентов).

С учетом интегрального коэффициента производительности (K_n), равного:

$$0,94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,55 = 0,51$$

имеем $n = 2/0,51 = 3,9 \text{ с}^{-1}$ или 234 мин⁻¹



а) вид сбоку; б) вид сверху

1 – капот измельчителя; 2 – поворотная платформа; 3, 4, 5 – тяги; 6 – нижняя упругая опора; 7 – верхняя упругая опора; 8, 9, 10 – дозаторы-ограничители; 11 – заслонка; 12 – направляющий корпус; 13 – опора; 14 – рама; 15 – опора половопровода; 16 – половопровод; 17 – конфузор; 18 – головка половопровода; 19 – направляющий патрубок

а) side view б) view from above

1 – chopper hood; 2 – rotating platform; 3, 4, 5 – thrust; 6 – lower elastic support; 7 – upper elastic support; 8, 9, 10 – dispensers-limiters; 11 – damper; 12 – guide body; 13 – support; 14 – frame; 15 – chaff support; 16 – chaff pipeline; 17 – confuser; 18 – head of chaff pipeline; 19 – guide pipe

Рисунок 3 – Устройство для сбора половы в мягкие контейнеры**Figure 3 – Device for chaff collecting in soft containers**

Таким образом принимаем:

- 1) диаметр шнека (D) – 0,25 м;
- 2) диаметр вала шнека (d) – 0,06 м;
- 3) шаг шнека (S) – 0,24 м;
- 4) частота вращения (n) – 240 мин⁻¹ (25 с⁻¹).

Данные для проектирования пневматического транспортера:

- 1) производительность – 4 т/ч;
- 2) вид половопровода – прямой;
- 3) физико-механические свойства транспортируемой половы: скорость витания соевой половы (u_k) составляет от 3,09 до 6,11 м/с, удельная масса половы (γ_c) равна 71,9–80,2 кг/м³.

Необходимо установить:

- 1) потребный расход воздуха $V_{\text{в}}$, м³/с;
- 2) необходимое сечение всасывающего и нагнетательного половопровода, м².

Большинство установок, применяемых в сельскохозяйственном производстве и на пищевых предприятиях, работают при коэффициенте концентрации менее 8–10, со скоростями воздуха от 10 до 30 м/с. Наиболее распространены скорости от 15 до 25 м/с.

На основании опыта эксплуатации и экспериментов определены или же рекомендуются значения коэффициента весовой концентрации для зерна и продуктов его переработки от 1 до 25 [1].

С учетом скорости витания створок сои принимаем номинальную скорость движения воздуха 15 м/с.

Скорость движения воздуха для всасывающих и нагнетательных установок низкого давления определяется по формуле (5):

$$u_{\text{в}} = \varphi \cdot u_k \quad (5)$$

где φ – коэффициент потерь, зависящий от сложности пути перемещения половы, концентрации смеси половы и воздуха, физико-механических свойств половы;

u_k – скорость витания груза, м/с.

Для половы, перемещаемой вентилятором, коэффициент весовой концентрации находится в диапазоне ($\mu = 1–1,5$). Принимая его равным единице, определим расход воздуха по формуле (6):

$$V_{\text{в}} = \frac{\Pi}{3,6 \cdot \mu \cdot \gamma_{\text{в}}} \quad (6)$$

В нашем случае расход воздуха составит: $4/(3,6 \cdot 1 \cdot 1,24) = 0,9$ м³/с.

Площадь сечения трубопровода найдем по формуле (7):

$$F = \frac{V_{\text{в}}}{u_{\text{в}}} \quad (7)$$

Она составит: $0,9/15 = 0,06$ м².

Используя цилиндрический трубопровод, найдем его диаметр, используя формулу (8):

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} \quad (8)$$

Диаметр равен 0,28 метров.

Принимаем, что для пневматической транспортировки половы необходим вентилятор с производительностью не менее 1 м³/с и цилиндрический трубопровод с диаметром 0,28 м.

На основании разработанной конструкторской документации отделом экспериментальных технологий и машин Всероссийского научно-исследовательского института сои был изготовлен макетный образец устройства для сбора соевой половы (рис. 4).

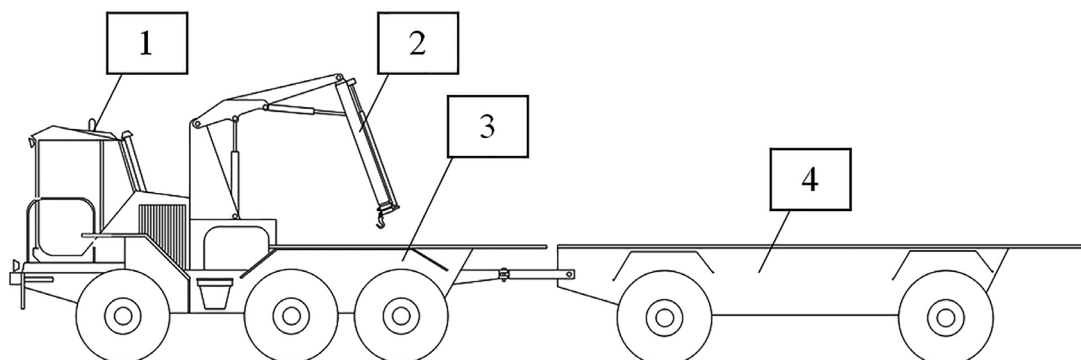
Дальнейшее развитие данной технологии будет связано с внедрением новых материалов, систем машинного зрения, спутниковых систем, дистанционного управления и других инновационных разработок.

Предлагается общий вид универсального транспортного средства, которое можно использовать не только для перевозки контейнеров с половой, но и для других маловесных перевозок. В качестве источника энергии возможно использование двигателя внутреннего сгорания, солнечных батарей и др.

Предлагается универсальное транспортное устройство на шинах низкого давления с платформой и манипулятором, показанное на рисунке 5.



Рисунок 4 – Макетный образец устройства для сбора соевой половы
Figure 4 – A mock-up sample of a device for soybean chaff collecting



1 – GPS-антенна; 2 – манипулятор; 3 – транспортное средство; 4 – прицепная платформа
 1 – GPS-antenna; 2 – manipulator; 3 – vehicle; 4 – trailed platform

Рисунок 5 – Универсальное транспортное средство
Figure 5 – Universal vehicle

Рабочий процесс сбора половы осуществляется следующим образом.

Зерноуборочный комбайн, двигаясь по полю, производит уборку зерна сои. При этом с помощью пневматического навесного устройства он заполняет емкости с половой, с предварительно установленными на них RFID-метками. При наполнении емкости, происходит ее сброс на поле.

Универсальное транспортное средство останавливается рядом с емкостью с половой; с помощью считывателя меток определяет емкость как искомый объект

и с помощью манипулятора загружает на прицепную платформу. При полной загрузке емкостями платформы, универсальное транспортное средство движется к месту выгрузки по заданному маршруту. Позиционирование комбайна и универсального транспортного средства выполняется с использованием спутниковой навигации.

Заключение. В целях повышения производства соевых семян путем увеличения посевных площадей с одновременным обеспечением грубыми кормами

отрасли животноводства одним из вариантов может являться использование для корма скоту соевой половы, оставляемой после уборки сои.

Нами приведены расчеты конструктивных элементов половосборника соевой половы и представлен изготовленный образец данного технического устройства.

В развитие темы сбора половы показан принципиальный вид универсального технического средства с автоматическим управлением, а также предложено описание уборочного процесса сои с учетом использования предлагаемых технических решений.

Список источников

1. Присяжная С. П., Присяжный М. М., Панасюк А. Н., Присяжная И. М. Совершенствование технологии сбора половы с измельчением и разбрасыванием соломы при комбайновой уборке сои : монография. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2012. 209 с. EDN TEUNDP.
2. Михалев В. В., Шульженко Е. А. Замена производства сена использованием в кормлении скота соевой половы // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. № 8. С. 90–93. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1345170>. EDN UWAKDB.
3. Gonzalez P. G. A., de Jesus Gariboti J. C., Leal Silva J. F., Lopes E. S., Abaide E. R., Lopes M. S. [et al.]. Soybean straw as a feedstock for value-added chemicals and materials: recent trends and emerging prospects // Bioenergy research. 2023. Vol. 16 (2). P. 717–740. <https://doi.org/10.1007/s12155-022-10506-1>.
4. Присяжная И. М., Синеговский М. О., Присяжная С. П., Синеговская В. Т. Использование незерновой части урожая сои в качестве органического удобрения // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 1. С. 62–66. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2022/1/62-66>.
5. Поляков Г. Н., Болоев П. А. Классификация и анализ технологии уборки зерновых колосовых культур // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 64. С. 107–113. EDN TESXCN.
6. Канделя М. В., Канделя Н. М., Земляк В. Л., Бумбар И. В. Пути совершенствования технологии уборки зерновых культур и сои // Дальневосточный аграрный вестник. 2019. № 2 (50). С. 98–109. <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2019-12027>.
7. Сахаров В. А., Липкань А. В., Кувшинов А. А. Совершенствование конструкции измельчителя соломы, комбинированного с половосборником для зерноуборочного комбайна на уборке сои // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Т. 17. № 2. С. 121–130. https://doi.org/10.22450/19996837_2023_2_121. EDN DZXDWG.
8. Крюкова А. А., Трухина А. Д. Применение RFID-технологий в современном бизнесе // Актуальные вопросы современной экономики. 2019. № 6–2. С. 759–764. <https://doi.org/10.34755/IROK.2019.31.81.118>. EDN IKCNRV.
9. Baiguanys S. B., Mirmanov A. B., Stukach O. V., Isabekova S. A. Dairy productivity accounting automatic device based on Rfid and Lora technologies // Herald of Science of Seifullin Kazakh Agrotechnical University. 2020. No. 4 (107). P. 116–126. [https://doi.org/10.51452/kazatu.2020.4\(107\).131](https://doi.org/10.51452/kazatu.2020.4(107).131). EDN AEZYQT.
10. Droukas L., Doulgeri Z., Tsakiridis N. L., Triantafyllou D., Kleitsiotis I., Mariolis I. [et al.]. A survey of robotic harvesting systems and enabling technologies // Journal of Intelligent and Robotic Systems. 2023. Vol. 107. No. 2. P. 21. <https://doi.org/10.1007/s10846-022-01793-z>. EDN VFKQJ.

References

1. Prisyazhnaya S. P., Prisyazhnyy M. M., Panasyuk A. N., Prisyazhnaya I. M. *Improvement of the technology of harvesting straw with crushing and scattering of straw during combine harvesting of soybeans: monograph*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2012, 209 p. EDN TEUNDP (in Russ.).

2. Mikhalev V. V., Shulzhenko E. A. Replacement of manufacturing of hay by use soy chaff in farm animals feeding. *Byulleten' nauki i praktiki*, 2018;4;8:90–93. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1345170> (in Russ.).
3. Gonzalez P. G. A., de Jesus Gariboti J. C., Leal Silva J. F., Lopes E. S., Abaide E. R., Lopes M. S. [et al.]. Soybean straw as a feedstock for value-added chemicals and materials: recent trends and emerging prospects. *Bioenergy research*, 2023;16(2):717–740. <https://doi.org/10.1007/s12155-022-10506-1>.
4. Prisyazhnaya I. M., Sinegovskiy M. O., Prisyazhnaya S. P., Sinegovskaya V. T. Usage of not grain part of soybean grain as organic manure. *Vestnik rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki*, 2022;1:62–66. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2022/1/62-66> (in Russ.).
5. Polyakov G. N., Boloev P. A. Classification and analysis of harvesting technology of grain crops. *Vestnik Irkutskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaystvennoi akademii*, 2014;64:107–113. EDN TESXCN (in Russ.).
6. Kandelya M. V., Kandelya N. M., Zemlyak V. L., Bumbar I. V. Ways to improve the technology of harvesting grain crops and soybeans. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*, 2019;2(50):98–109. <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2019-12027> (in Russ.).
7. Sakharov V. A., Lipkan A. V., Kuvshinov A. A. Improving the design of a straw shredder combined with a chaff saver for a combine harvester while soybean harvesting. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*, 2023;17;2:121–130. https://doi.org/10.22450/19996837_2023_2_121. EDN DZXDWG (in Russ.).
8. Kryukova A. A., Trukhina A. D. Application of RFID technologies in modern business. *Aktual'nye voprosy sovremennoy ekonomiki*, 2019;6–2:759–764. <https://doi.org/10.34755/IROK.2019.31.81.118>. EDN IKCNRV (in Russ.).
9. Baiguanysh S. B., Mirmanov A. B., Stukach O. V., Isabekova S. A. Dairy productivity accounting automatic device based on Rfid and Lora technologies. *Herald of Science of Seifullin Kazakh Agrotechnical University*, 2020;4(107):116–126. [https://doi.org/10.51452/kazatu.2020.4\(107\).131](https://doi.org/10.51452/kazatu.2020.4(107).131). EDN AEZYQT.
10. Droukas L., Doulgeri Z., Tsakiridis N. L., Triantafyllou D., Kleitsiotis I., Mariolis I. [et al.]. A survey of robotic harvesting systems and enabling technologies. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 2023;107;2:21. <https://doi.org/10.1007/s10846-022-01793-z>. EDN VFKQGI.

© Сахаров В. А., Липкань А. В., Кувшинов А. А., Усанов В. С., 2024

Статья поступила в редакцию 09.04.2024; одобрена после рецензирования 27.04.2024; принята к публикации 08.05.2024.

The article was submitted 09.04.2024; approved after reviewing 27.04.2024; accepted for publication 08.05.2024.

Информация об авторах

Сахаров Владимир Александрович, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0003-3471-301X, Author ID: 959033, sva@vniisoi.ru;

Липкань Александр Васильевич, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0002-2769-6672, Author ID: 610444, lav-blg@mail.ru;

Кувшинов Алексей Алексеевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0002-6332-5406, Author ID: 898389, kyaa@vniisoi.ru;

Усанов Вячеслав Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0002-4288-9835, Author ID: 876149, uvs@vniisoi.ru

Information about the authors

Vladimir A. Sakharov, Senior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0003-3471-301X, Author ID: 959033, sva@vniisoi.ru;

Alexander V. Lipkan, Senior Researcher, All-Russian Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0002-2769-6672, Author ID: 610444, lav-blg@mail.ru;

Alexey A. Kuvshinov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0002-6332-5406, Author ID: 898389, kyaa@vniisoi.ru;

Vyacheslav S. Usanov, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0002-4288-9835, Author ID: 876149, uvs@vniisoi.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья

УДК 621.362

EDN FFDXPJ

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-136-143>

**Пиролизная технология – основа
для создания автономной пироэлектрической станции**

**Жанна Григорьевна Сивцева¹, Варвара Петровна Друзьянова²,
Юлия Сергеевна Кулешова³, Надежда Ивановна Кондакова⁴**

¹ Якутский индустриально-педагогический колледж имени В. М. Членова
Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

^{2,3} Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова
Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

⁴ Арктический государственный агротехнологический университет
Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

¹ jeannasivtseva@mail.ru, ² druzvar@mail.ru, ³ cyanmillia@gmail.com, ⁴ konadiv57@mail.ru

Аннотация. Развитие техники и технологий повлияло на социально-бытовой уклад жизни сельских жителей – меньше становится поселений, заготавливающих дрова и использующих печное отопление. Повсеместно жилье селян подключено к магистральным сетям отопления, производящим тепло на угольном, газовом, конденсатном или электрическом источниках. Однако человек становится более зависимым от таких благ, и в критических ситуациях может возникнуть опасность замерзания помещения в холодное время года. Аварийное отключение подачи тепла и электричества может привести к приостановке производства. Решением проблем может быть внедрение в селах автономных технологий, позволяющих из доступного сырья в виде отходов производства получать альтернативный источник энергии. Существуют различные способы производства альтернативного топлива – ветровая и солнечная энергетика, биогазовая и пиролизная технологии и другие. В каждом отдельном случае необходимо выявить наиболее подходящий способ, обосновать его технологически и экономически, подобрать цепочку надежного оборудования, теоретически и экспериментально подтвердить предложение и только после всего внедрить в производство. С учетом того, что в сельских поселениях образовался и хранится немалый объем отходов различного происхождения и, ввиду отсутствия в большинстве сел технологий по переработке и утилизации этих отходов, предпочтение следует отдавать технологиям, преобразующим отходы в альтернативное топливо без нанесения вреда экологии. В статье дается обоснование внедрения пиролизной технологии, рассмотрен вопрос о возможности применения автономной пироэлектрической станции для населения Нюрбинского района Республики Саха (Якутия).

Ключевые слова: пиролиз, пирогаз, пиролизная установка, утилизации сырья, автономная пироэлектрическая станция, пиролизная технология

Для цитирования: Сивцева Ж. Г., Друзьянова В. П., Кулешова Ю. С., Кондакова Н. И. Пиролизная технология – основа для создания автономной пироэлектрической станции // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 2. С. 136–143. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-136-143>.

Original article

**Pyrolysis technology as a basis
for creating an autonomous pyroelectric power plant**

**Zhanna G. Sivtseva¹, Varvara P. Druzyanova²,
Yulia S. Kuleshova³, Nadezhda I. Kondakova⁴**

¹ Yakutsk Industrial and Pedagogical College named after V. M. Chlenov
Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russian Federation

^{2,3} North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov
Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russian Federation

⁴ Arctic State Agrotechnological University
Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russian Federation

¹ jeannasivtseva@mail.ru, ² druzvar@mail.ru, ³ cyanmillia@gmail.com, ⁴ konadiv57@mail.ru

Abstract. The development of equipment and technology has made its contribution to the social and everyday life of modern rural residents. There are fewer settlements that collect firewood and heat their homes with stoves. Villagers' homes are connected to main heating networks that produce heat from coal, gas, condensate or electric sources. However, a person becomes more dependent on such benefits, there is a danger of freezing in the premises during the cold season. An emergency shutdown of the heat and electricity supply can lead to the suspension of production. The solution to the above problems may be the introduction of autonomous technologies in villages, which make it possible to obtain an alternative source of energy from available raw materials in the form of industrial waste. There are various ways to produce alternative fuels – wind and solar energy, biogas and pyrolysis technologies and others. In each individual case, it is necessary to identify the most suitable of the above types, justify it technologically and economically, select a chain of reliable equipment, theoretically and experimentally confirm the proposal put forward, and only after all, implement it into production. Considering that currently a considerable amount of waste of various origins has been generated and stored in rural settlements and due to the lack of technologies for processing and disposal of this waste in most villages, preference should be given to technologies that convert waste into alternative fuel without harming the environment. The article provides a justification for the introduction of pyrolysis technology, considers the possibility of using an autonomous pyroelectric station for the population of the Nyurbinsky district of the Republic of Sakha (Yakutia).

Keywords: pyrolysis, pyrolysis gas, pyrolysis unit, recycling raw materials, autonomous pyroelectric plant, pyrolysis technology

For citation: Sivtseva Zh. G., Druzyanova V. P., Kuleshova Yu. S., Kondakova N. I. Pyrolysis technology as a basis for creating an autonomous pyroelectric power plant. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*. 2024;18;2:136–143. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-136-143>.

Введение. По данным региональных информационных агентств, угрозы заморозки помещений и приостановки производства из-за аварийных ситуаций ежегодно возникают в Нюрбинском районе Республики Саха (Якутия). В этой связи рассматриваются различные технологии по производству альтернативных видов энергии [1–3]. Пиролизная технология по утилизации твердого отхода, разработанная В. А. Глушковым, является наиболее подходящей для создания автономной пироэлектрической линии [2–4].

Переработка твердых масс отходов позволит не только очистить окружающую среду, но и даст возможность жителям села сохранить свою продукцию – молоко, преобразовывая пирогаз в электрическую энергию. Соответственно, модульная автономная электростанция позволит не только решить проблему за-

мерзания помещений, но и исключит потери, связанные с простоями сельскохозяйственных предприятий [5–9].

В настоящее время разработаны ряд математических моделей, описывающих процесс пиролиза (рис. 1) [5, 10].

Цель исследований – обосновать внедрение пиролизной технологии и рассмотреть вопрос возможности применения автономной пироэлектрической станции для населения Нюрбинского района Республики Саха (Якутия).

Материалы и методы исследований. Поскольку мы преследуем цель преобразования энергии, заключенной в пирогазе, в электрическую энергию, нами разработана энергетическая модель пиролизной установки, подробно описанная в работе [4]. Для раскрытия предложенной энергетической модели составлена тепло-

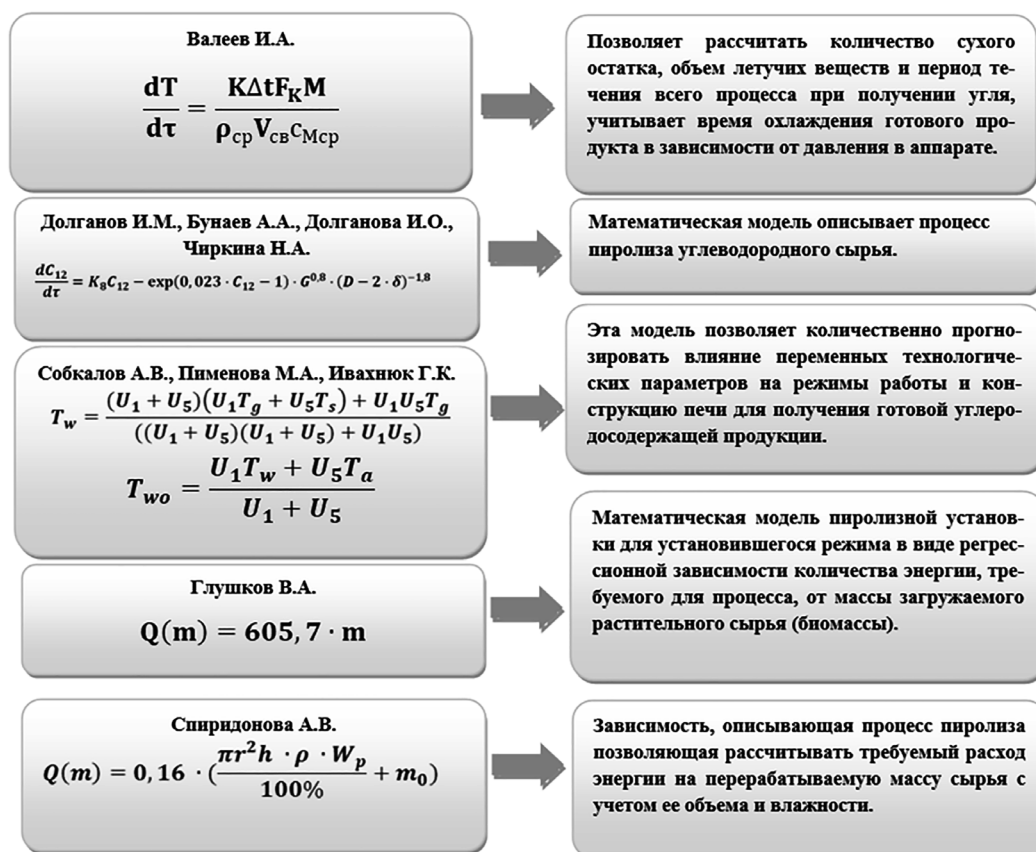


Рисунок 1 – Известные модели, описывающие процесс пиролиза

Figure 1 – Known models describing the pyrolysis process

техническая модель, учитывающая тепловые потоки, проходящие через пиролизную установку [4].

С учетом данных моделей, нами получена математическая зависимость, позволяющая определять количество производимой электрической энергии от объема пирогаза с учетом параметров окружающей среды [4]:

$$W_{эл.эн} = \frac{V_{п} c_{п} (T_{нагр} - T_{окр})}{3600 \cdot t} \quad (1)$$

где $W_{эл.эн}$ – количество вырабатываемой энергии, кВт·ч;

$V_{п}$ – объем пирогаза, м³;

$c_{п}$ – удельная теплоемкость пирогаза, кДж/К·м³;

$T_{нагр}$ – рабочая температура пиролиза, К;

$T_{окр}$ – температура окружающей среды, К.

Согласно формулы (1), ожидаемый объем электроэнергии из одного кубического метра опилок будет находиться в пределах от 0,033 до 0,1 кВт·ч. Следует отметить, что далее, с учетом результатов практических исследований, модель потребует коррекции в виде введения уточняющего коэффициента.

На первом этапе исследований проведены работы по выявлению и устранению неисправностей установки ГВА-1. Проведена модернизация пиролизной установки по направлениям, обозначенным в таблице 1.

На рисунке 2 показана пиролизная установка до и после модернизации.

В качестве сырья нами выбраны опилки, которых образуется достаточное количество в сельских поселениях Нюрбы. Согласно данным за 2022 г., в районе имеется 60 действующих пилорам и в год образуется более 7 тонн опилок и щепы.

Таблица 1 – Неисправности и пути модернизации пиролизной установки ГВА-1
Table 1 – Malfunctions and ways to modernize the pyrolysis plant GVA-1

| Неисправность | Модернизация |
|---|--|
| Нестабильность работы: конденсат газа (вода) попадает обратно в термореактор, что приводит к остановке процесса | Стабильность процесса: установлен отстойник для удаления конденсата газа (воды) между термореактором и гидрозатвором |
| Проблемы с герметизацией: каждый раз необходимо перед загрузкой сырья очищать верхний обод термореактора от накопившегося и засохшего герметика; затем герметизировать крышку и ждать полного высыхания (24 ч и более); ненадежное крепление крышки термореактора; при нагреве крышки резьбы обычных болтов размягчились, произошел срыв крышки | Герметизация: герметик заменен на асбестовую (ленту) веревку; обычные резьбовые болты заменены на более надежные каленые болты |
| Электронные приборы показателей: отсутствуют независимые приборы для снятия текущих показателей | Автономность показателей: идет процесс установки механических манометров и термометров |
| Небезопасность: отсутствие клапана аварийного сброса излишнего давления от гидрозатвора и термореактора при длительном процессе пиролиза отхода; отсутствие автоматического выключателя электропитания ТЭН | Безопасность: установлен взрывной клапан в гидрозатворе; установлен клапан аварийного сброса давления газа; установлен автоматический выключатель электропитания, дифференциальный автомат |

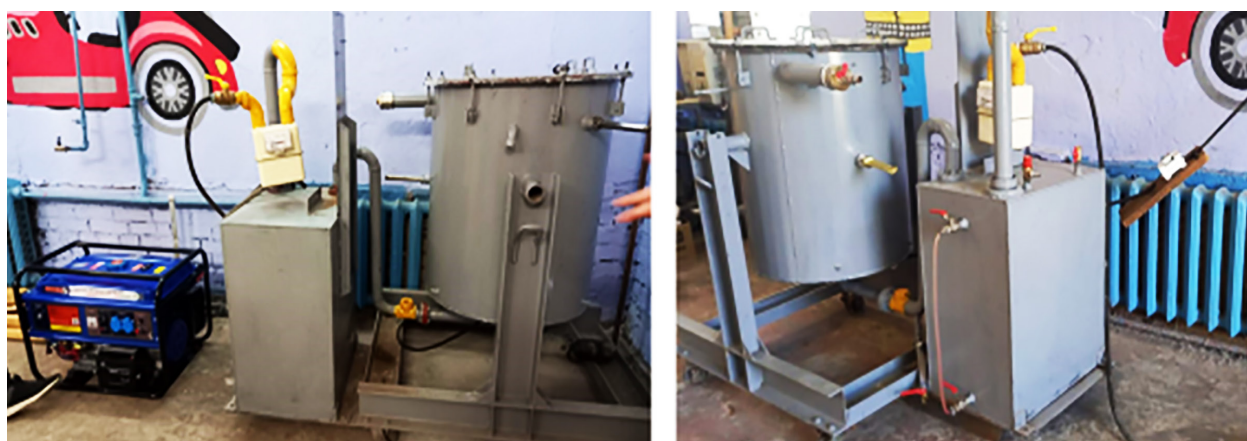


Рисунок 2 – Пиролизная установка ГВА-1 до модернизации (слева) и после модернизации (справа)
Figure 2 – Pyrolysis unit GVA-1 before modernization (left) and after modernization (right)

В качестве сырья были выбраны три вида древесных отходов: древесная щепа, опилки и опилки мелкие (пылевидные).

При пиролизации отходы должны иметь влажность, составляющую от 2 до 50 % [3]. В таблице 2 показаны параметры древесных отходов.

Нами собрана автономная пироэлектрическая станция, включающая следующие основные узлы: термореактор, гидрозатвор, газгольдер-компрессор, генератор гибридный газобензиновый модели СПЕЦ-HG-7000, прожектор светодиодный СДО-8.

Проведен анализ полученных объемов пирогаза (табл. 3).

Для применения пирогаза в качестве моторного топлива содержание метана в нем должно быть более 80 % [9, 10]. Как видно из таблицы 3, максимальное содержание оксида углерода имеет пирогаз от мелких опилок (0,2–0,9 мм) – 0,44 %. Также при утилизации пылевидных опилок обнаружено образование смолы, которая забивает патрубки установки. Поэтому предлагаем в качестве сырья использовать щепу (5–20 мм) и опилки (1–5 мм).

Результаты исследований и их обсуждение. Управляющими факторами процесса пиролизации являются влажность сырья и размеры его фракций.

Таблица 2 – Параметры древесных отходов

Table 2 – Wood waste parameters

| Вид древесного отхода | Масса, г | | | | | Температура сушки, °С | Влажность, % |
|---------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|--------------|
| | с тарой влажная | влажная | тары | с тарой сухая | сухая | | |
| Опилки, 1–5 мм | 282,11–357,39 | 62,37–66,35 | 214,76–296,02 | 281,13–354,64 | 57,62–63,37 | 100 | 4,5–4,7 |
| Опилки мелкие, 0,2–0,9 мм | 282,04–321,88 | 52,20–98,26 | 224,62–227,84 | 94,65–267,96 | 39,09–318,27 | 100 | 2,7–3,7 |
| Щепа, 5–20 мм | 358,27–597,14 | 142,45–252,82 | 214,82–343,32 | 116,04–163,12 | 331,86–507,44 | 100 | 21,5–53,9 |

Таблица 3 – Результаты анализа пирогаза из различных видов отходов

Table 3 – Results of analysis of pyrolysis gas from different types of waste

В процентах (in percent)

| Древесный отход, размер фракции | CO ₂ | CH ₄ | O ₂ | Прочие газы |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|-------------|
| Щепа, 5–20 мм | 0,28 | 90,36 | 0,00 | 0,00 |
| Опилки, 1–5 мм | 0,03 | 90,70 | 0,00 | 0,00 |
| Опилки мелкие, 0,2–0,9 мм | 0,44 | 90,20 | 0,00 | 0,00 |

Определены значения основных факторов, влияющих на эффективность процесса когенерационной технологии:

- 1) *влажность твердых отходов* – 4,5–4,6 %;
- 2) *размеры фракций сырья* – 1–5 мм;
- 3) *температура окружающей среды* – 20–21 °С;
- 4) *температура пиролиза* – 300 °С;
- 5) *содержание метана в пирогазе* – от 90 %;
- 6) *диаметр жиклера* – 3,5 см.

На основании результатов исследований, определен корректирующий коэффициент, равный 0,24. С учетом этого необходимо уточнить математическую модель процесса пиролиза с применением установки ГВА-1. Для этого при расчете количества вырабатываемой энергии по формуле (1) полученный результат необходимо умножить на 0,24.

После уточнения математической модели процесса пиролизации нами построен график сравнения результатов теоретических и экспериментальных исследований, показанный на рисунке 3.

Анализ полученного графика позволяет сделать вывод, что теоретические и практические результаты находятся в доверительных интервалах.

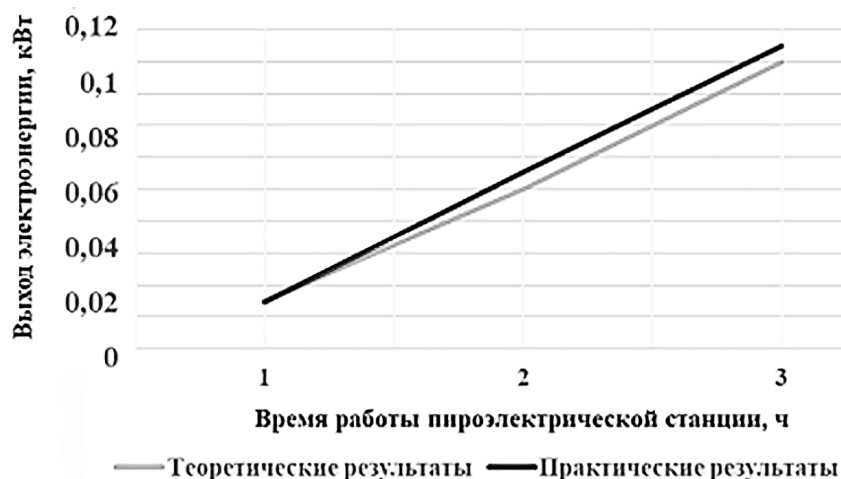


Рисунок 3 – Сравнение результатов теоретических и экспериментальных исследований

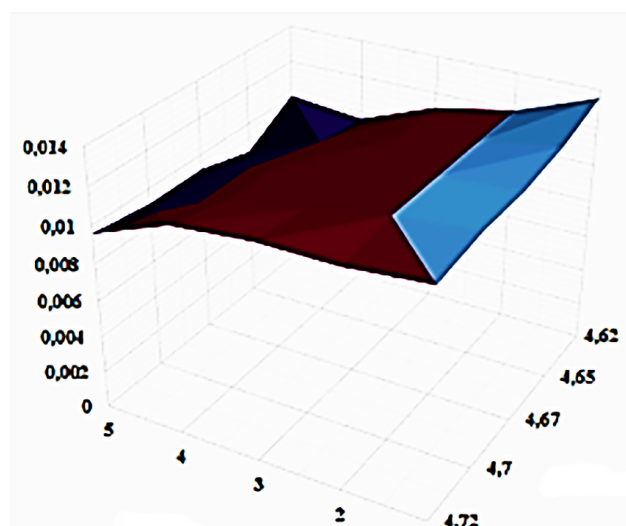
Figure 3 – Comparing the results of theoretical and experimental studies

Данные экспериментальных исследований были обработаны с помощью программы Statistica, в результате чего построена поверхность отклика, описывающая выход электрической энергии (рис. 6).

Эффективность пиролизной технологии рассчитана на примере Нюрбинского улуса. По плану Министерства сельского хозяйства Якутии, в год производство и

сдача молока составляет 420 т. Зная указанное значение, можно определить среднесуточный объем производства молока, с учетом которого при аварии электролинии произойдет утрата качества и порча молока стоимостью более 525 тыс. руб.

С использованием накопленного пиролизного газа, это молоко можно сохранить в холодильнике или переработать в



$$y = -0,12x_1^2 + 8,52x_2 - 0,48$$

по оси Ox_1 отложен показатель размера фракций, мм; по оси Ox_2 – показатель влажности, %; по оси Oy – выход электрической энергии, кВт·ч

Ox_1 – the fraction size indicator, mm; Ox_2 – the humidity indicator, %;

Oy – the output of electric energy, kWh

Рисунок 4 – Поверхность отклика, описывающая выход электрической энергии

Figure 4 – Response surface describing electrical energy output

какой-нибудь иной молочный продукт. При этом на работу пироэлектрической линии с устройством ГВА-1 за 8 часов работы расходуется 24 кВт·ч электроэнергии стоимостью 360 руб.

Заключение. В представленном научном исследовании обоснованы параметры автономной электрической станции:

из 1 кг опилок можно производить объем пирогаза, равный 0,09–0,1 м³;

установка ГВА-1 потребляет за час работы 3 кВт·ч электроэнергии; тогда за один полный цикл работы потребление электроэнергии установкой будет составлять 9,75 кВт·ч;

стоимость одного киловатт-часа пиролизной электроэнергии равна 15 руб.;

стоимость автономной электрической станции составляет 446 955 руб.

Список источников

1. Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М. Биогаз: теория и практика. М. : Колос, 1982. 148 с.
2. Баротфи И., Рафаи П. Энергосберегающие технологии и агрегаты на животноводческих фермах. М. : Агропромиздат, 1988. 227 с.
3. Глушков В. А., Тарануха В. П., Печенкин А. Ю., Русяк И. Г. Технологические режимы получения энергоносителей путем переработки биомассы. Ижевск : Ижевский государственный технический университет, 2011. 112 с. EDN XUZFRT.
4. Друзьянова В. П., Сивцева Ж. Г. Создание пироэлектрической линии для электро-снабжения аграрного сектора на примере Нюрбинского улуса Республики Саха (Якутия) // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы всерос. науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2023. С. 72–79. EDN WPIQRP.
5. Глушков В. А., Ушаков Н. А. Математическая модель установки пиролиза растительного сырья с возвратом пиролизных смол. Ижевск : Ижевский государственный технический университет, 2006. 19 с. EDN PKCTPD.
6. Аникин Е. В. Пиролизная установка по переработке резинотехнических отходов с минимальным вредом окружающей среде // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 110. С. 1273–1282. EDN UHSETV.
7. Савватеева И. А., Друзьянова В. П. Электроэнергия из биогаза // Актуальные вопросы аграрной науки. 2020. № 34. С. 27–37. EDN WWUGEE.
8. Спиридонова А. В., Друзьянова В. П. Пиролизная технология в животноводстве // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 2 (58). С. 152–159. <https://doi.org/10.24412/1999-6837-2021-2-152-159>.

References

1. Baader V., Done E., Brändenderfer M. *Biogas: theory and practice*, Moscow, Kolos, 1982, 148 p. (in Russ.).
2. Barotfi I., Rafai P. *Energy-saving technologies and units on livestock farms*, Moscow, Agropromizdat, 1988, 227 p. (in Russ.).
3. Glushkov V. A., Taranukha V. P., Pechenkin A. Yu., Rusyak I. G. *Technological modes for obtaining energy resources through processing biomass*, Izhevsk, Izhevskiy gosudarstvennyy tekhnicheskij universitet, 2011, 112 p. EDN XUZFRT (in Russ.).
4. Druzyanova V. P., Sivtseva Zh. G. Creation of a pyroelectric line for the power supply of the agricultural sector on the example of the Nyurbinsky ulus of the Republic of Sakha (Yakutia). Proceedings from Agro-industrial complex: problems and development prospects: *Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 72–79), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2023. EDN WPIQRP (in Russ.).
5. Glushkov V. A., Ushakov N. A. *Mathematical model of plant raw material pyrolysis installation with return of pyrolysis resins*, Izhevsk, Izhevskiy gosudarstvennyy tekhnicheskij universitet, 2006, 19 p. EDN PKCTPD (in Russ.).

6. Anikin E. V. Pyrolysis plant for processing rubber waste with minimal harm to the environment. *Politematicheskiiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2015;110:1273–1282. EDN UHSETV (in Russ.).

7. Savvateeva I. A., Druzyanova V. P. Electricity from biogas. *Aktual'nye voprosy agrarnoy nauki*, 2020;34:27–37. EDN WWUGEE (in Russ.).

8. Spiridonova A. V., Druzyanova V. P. Pyrolysis technology in animal husbandry. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*, 2021;2(58):152–159. <https://doi.org/10.24412/1999-6837-2021-2-152-159> (in Russ.).

© Сивцева Ж. Г., Друзьянова В. П., Кулешова Ю. С., Кондакова Н. И., 2024

Статья поступила в редакцию 19.04.2024; одобрена после рецензирования 01.06.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 19.04.2024; approved after reviewing 01.06.2024; accepted for publication 10.06.2024.

Информация об авторах

Сивцева Жанна Григорьевна, преподаватель, Якутский индустриально-педагогический колледж имени М. В. Членова, jeannasivtseva@mail.ru;

Друзьянова Варвара Петровна, доктор технических наук, профессор, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, druzvar@mail.ru;

Кулешова Юлия Сергеевна, студент, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, cyanmillia@gmail.com;

Кондакова Надежда Ивановна, старший преподаватель, Арктический государственный агротехнологический университет, konadiv57@mail.ru

Information about the authors

Zhanna G. Sivtseva, Lecturer, Yakutsk Industrial and Pedagogical College named after V. M. Chlenov, jeannasivtseva@mail.ru;

Varvara P. Druzyanova, Doctor of Technical Sciences, Professor, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, druzvar@mail.ru;

Yulia S. Kuleshova, Undergraduate Student, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, cyanmillia@gmail.com;

Nadezhda I. Kondakova, Senior Lecturer, Arctic State Agrotechnological University, konadiv57@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья

УДК 543.645.6

EDN JMAZYV

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-144-151>

Новый пищевой биопептид с регенеративными свойствами, полученный с помощью молекулярной пептидной трансплантации: виртуальный скрининг токсичности

Сергей Леонидович Тихонов¹, Наталья Валерьевна Тихонова²

¹ Уральский государственный лесотехнический университет

Свердловская область, Екатеринбург, Россия

^{1,2} Уральский государственный аграрный университет

Свердловская область, Екатеринбург, Россия

¹ tihonov75@bk.ru

Аннотация. На основе анализа научной литературы и протеомных баз данных спроектирован новый пищевой биопептид с последовательностью CTKSICTKKTLRTCPPIC, изучена возможность его использования в составе пищевой продукции в качестве функционального ингредиента. Для устойчивости пептида к протеолизу и повышения биодоступности использован метод молекулярно-пептидной трансплантации. Проведен виртуальный скрининг токсичности пептида. Установлено, что пептид не обладает: острой токсичностью, кардиотоксичностью, гепатотоксичностью, цитотоксичностью; он безопасен для перорального применения и, соответственно, может быть использован в качестве функционального ингредиента в составе пищевой продукции специализированного и функционального назначения.

Ключевые слова: биологически активные пептиды, регенеративные свойства, аминокислотная последовательность, заряд, виртуальный скрининг токсичности

Для цитирования: Тихонов С. Л., Тихонова Н. В. Новый пищевой биопептид с регенеративными свойствами, полученный с помощью молекулярной пептидной трансплантации: виртуальный скрининг токсичности // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 2. С. 144–151. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-144-151>.

Original article

New food biopeptide with regenerative properties obtained from molecular peptide transplantation: virtual toxicity screening

Sergey L. Tikhonov¹, Natalya V. Tikhonova²

¹ Ural State Forestry University, Sverdlovsk region, Ekaterinburg, Russian Federation

^{1,2} Ural State Agrarian University, Sverdlovsk region, Ekaterinburg, Russian Federation

¹ tihonov75@bk.ru

Abstract. Based on existing research works and proteomic databases, a new food biopeptide with the CTKSICTKKTLRTCPPIC sequence was designed. The possibility of its use in food products as a functional ingredient was studied. The method of molecular peptide transplantation was used to increase the peptide's resistance to proteolysis and bioavailability. A virtual screening of toxic compounds was carried out. It has been established that the peptide does not possess: acute toxicity, cardiotoxicity, hepatotoxicity, cytotoxicity. It is safe for oral use and, accordingly, can be used as a functional ingredient in food products of specialized and functional purpose.

Keywords: biologically active peptides, regenerative properties, amino acid sequence, charge, virtual toxicity screening

For citation: Tikhonov S. L., Tikhonova N. V. New food biopeptide with regenerative properties obtained from molecular peptide transplantation: virtual toxicity screening. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;2:144–151. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-144-151>.

Введение. Создание функциональных и специализированных пищевых продуктов остается актуальным направлением научных исследований. Авторами работ [1, 2] разработаны мясорастительные полуфабрикаты и ферментированные молочные напитки различной функциональной направленности.

Не менее важным для успешной реализации указанного направления является поиск новых функциональных ингредиентов. К таким ингредиентам можно отнести биопептиды. Пептидные препараты и смеси успешно разрабатываются *in silico* для их будущих пищевых применений, в частности для регенерации кожи, усиления синтеза коллагена, эластина и заживления ран *in vivo* [3].

Авторами работы [4] доказано, что циклический пептид CAR (последовательность CARSKNKDC) эффективен при заживлении раны и распознает ангиогенные кровеносные сосуды в регенерирующих тканях. Наряду с CAR-пептидом, для применения в регенеративной медицине были охарактеризованы другие пептиды, фрагменты белка и антитела, способные самонастраиваться на регенерирующие ткани. Эти самонаводящиеся носители успешно использовались для улучшенной доставки терапевтических рекомбинантных белков, наночастиц, содержащих лекарственные препараты или даже стволовые клетки к поврежденной ткани [4]. Наиболее клинически продвинутые ранозаживляющие пептиды (антитела) проходят II и III фазы клинических испытаний в онкологии [5].

Авторами работы [6] обосновано, что вводимый внутривенно CAR-пептид способствует заживлению ран.

В исследованиях, приведенных в работе [7], установлено, что пептид TKKTLRT, конъюгированный с несколькими факторами роста, лекарственными средствами, ускоряет заживление диабетических ран.

Применение биопептидов в составе пищевых продуктов в качестве функциональных ингредиентов ограничено из-за их протеолиза в желудочно-кишечном

тракте и быстрого выведения из организма [8]. Решить проблему устойчивости к ферментативному гидролизу и повысить биодоступность возможно путем создания новых биопептидов с помощью молекулярной пептидной трансплантации – выделение/синтез биоактивного фрагмента пептида/белка и последующий перенос его в целевой белок/пептид [9].

Но вместе с тем необходимо, чтобы новый пептид был нетоксичен. Поэтому, прежде чем перейти к производству и исследованию новых биопептидов и пищевых продуктов с их использованием целесообразно спрогнозировать токсичность пептида с помощью вычислительной токсикологии «*in silico toxicology*».

Целью исследований является виртуальный скрининг токсичности нового пищевого биопептида с регенеративными свойствами, полученного с помощью молекулярной пептидной трансплантации.

Методы исследований. Новый биопептид с регенеративными свойствами проектировали с использованием отечественных и зарубежных литературных источников, протеомных баз данных DRAMP (<http://dramp.cpu-bioinform.org/>) и APD 3 (<https://aps.unmc.edu/home>).

Уникальность пептида оценивали по пептидной базе данных EROP-Moscow (<http://erop.inbi.ras.ru/index.html>).

Биологические свойства прогнозировали по предсказателю активности пептидов Peptide Ranker (<http://distilldeep.ucd.ie/PeptideRanker>).

Виртуальный скрининг токсичности пептида проводили на платформе ADMETlab 3 (<https://admetlab3.scbdd.com/documentation/#/>).

Результаты исследований и их обсуждение. Циклические пептиды устойчивы к протеолизу [10]. Поэтому в качестве каркаса использовали циклический пептид с номером [Nphe5]SFTI-1(100) в базе циклических пептидов Cybase.

Пептид [Nphe5]SFTI-1(100) имеет следующую последовательность:

GRCTXSIPPICFFD

В аминокислотную последовательность пептида [Nphe5]SFTI-1(100) методом молекулярной пептидной трансплантации вставили пептид TKKTLRT, который обладает регенерирующими свойствами. TKKTLRT конкурентно связывается с коллагеном первого типа с высокой специфичностью, что снижает вероятность деградации на основе коллагеназы, но и может быть функционализирован для доставки факторов, стимулирующих регенерацию ткани в зонах нарушения регуляции. На сегодняшний день TKKTLRT был конъюгирован с несколькими факторами роста, лекарственными средствами и показал высокую эффективность в заживлении диабетических ран, нейрогенеза, васкуляризации и целлюляризации [11].

Спроектирован новый пептид с регенеративными свойствами со следующей последовательностью:

CTKSICTKKTLRTCPPIC

При поиске пептида по протеомной базе EROP-Moscow он не найден, что свидетельствует о его идентичности.

Согласно предсказателю биологической активности пептидов Peptide Ranker, коэффициент активности данного пептида равен 0,6687. Следовательно, исследуемый пептид является биоактивным (при коэффициенте более 0,5 пептиды считаются биоактивными).

С помощью калькулятора свойств пептидов PepCalc и базы данных APD

установлены следующие характеристики пептида:

1) молекулярная формула пептида $C_{83}H_{150}N_{24}O_{24}S_4$;

2) молекулярная масса – 1 996 Да;

3) общий заряд +4;

4) изоэлектрическая точка находится на уровне 9,34;

5) пептид хорошо растворим в воде, общее гидрофобное соотношение составляет 39 %; при этом гидрофобность пептида по Уимли-Уайту в целом остатке (то есть сумма энергии переноса пептида без остатка из воды на поверхность раздела ROPC) равна 3,23;

6) потенциал связывания с белками (индекс Бомана) составляет 1,4 ккал/моль.

Последовательность содержит четное количество Cys и может образовывать связанную дисульфидными связями дефениноподобную бета-структуру; спиральные структуры, содержащие S-S связь или множественные тиоэфирные связи. Полученные результаты свойств подтверждают высокую биоактивность исследуемого пептида.

На рисунке 1 представлена структура пептида CTKSICTKKTLRTCPPIC.

В таблице 1 представлены результаты прогнозирования токсичности пептида CTKSICTKKTLRTCPPIC.

Оценку кардиотоксичности новых биологически активных и лекарственных веществ проводят по показателю блокиро-



Рисунок 1 – Структура пептида CTKSICTKKTLRTCPPIC
Figure 1 – Structure of CTKSICTKKTLRTCPPIC peptide

Таблица 1 – Результаты прогнозирования токсичности исследуемого пептида CTKSICTKKTLRTCPPIC**Table 1 – Results of toxicity prediction of CTKSICTKKTLRTCPPIC peptide**

| Наименование показателя | Значение | Результат |
|--|----------|--|
| hERG-блокаторы, ед. | 0,0 | не кардиотоксичен |
| DILI, ед. | 0,29 | не гепатотоксичен |
| Гепатотоксичность для человека, ед. | 0,0 | не гепатотоксичен |
| Острая токсичность при пероральном применении крысам, ед. | 0,0 | не обладает острой токсичностью |
| Пороговая токсическая доза для человека (FDAMDD), ммоль/кг массы тела в сутки | 0,0 | пороговую токсическую дозу определить не удалось |
| Канцерогенность | 0,0 | не канцерогенен |
| Раздражение слизистой оболочки глаз, ед. | 0,0 | не вызывает раздражение слизистой оболочки глаз |
| Раздражение слизистой органов дыхательной системы, ед. | 0,0 | не является респираторным токсикантом |
| Медикаментозная нейротоксичность, ед. | 0,0 | не обладает нейротоксичностью |
| Иммунотоксичность RPMI-8226, ед. | 0,01 | не иммунотоксичен |
| Цитотоксичность Нек293, ед. | 0,0 | не цитотоксичен |
| Коэффициент биоконцентрации BCF, ед. | 0,119 | не вызывает вторичного отравления |
| IGC50, $\log_{10}[(\text{мг/л})/(1\ 000 \times \text{МВТ})]$ | 3,439 | не токсичен |
| Примечание: результаты прогнозирования преобразуются в шесть значений: 0–0,1 (отлично); 0,1–0,3 (очень хорошо); 0,3–0,5 (хорошо); 0,5–0,7 (средне); 0,7–0,9 (плохо) и 0,9–1,0 (очень плохо). | | |

вания hERG-калиевого канала, поскольку блокада этого канала может привести к потенциально смертельному заболеванию, называемому синдромом удлиненного интервала QT [12]. Следовательно, пептиды-кандидаты, которые могут связываться с hERG, должны быть исключены как можно раньше в исследованиях по поиску новых функциональных ингредиентов. Установлено, что исследуемый пептид не является hERG-блокатором.

Медикаментозное повреждение печени (DILI) считается нечастой причиной как острых, так и хронических заболеваний печени. По оценкам, 22 % неудач в клинических испытаниях и 32 % изъятий терапевтических препаратов с рынка происходят из-за гепатотоксичности. Гепатотоксичность обычно не выявляется в доклинических исследованиях, что создает повышенный риск для участников клинических испытаний. Поэтому прогнозирование

показателя DILI является важным при разработке новых биологически активных веществ и лекарств [13]. Установлено, что исследуемый пептид по показателю DILI не токсичен для печени.

При применении внутрь лабораторным животным (крысам) исследуемый пептид не обладает острой токсичностью. Пороговую дозу токсичности пептида определить не удалось.

Канцерогенность пептида составляет 0,0 единиц, что свидетельствует о ее полной отсутствии. Пептид не вызывает раздражения слизистой глаз и дыхательных путей.

Различные препараты и биологически активные вещества могут вызывать клинически значимые нейротоксические эффекты. Прогнозирование вероятности этих побочных эффектов представляет собой обязательный этап клинической

токсикологии [14]. Установлено, что исследуемый пептид не обладает нейротоксичностью.

Биопептиды предлагают широкий спектр потенциальных применений, в том числе как функциональных ингредиентов, но существуют опасения относительно их иммунотоксичности, что характеризуется повышением выработки воспалительных цитокинов, указывающих на изменения в активности иммунной системы [15]. Установлено, что исследуемый пептид не иммунотоксичен.

При прогнозировании токсичности пептида на клеточной линии эмбриональной почки человека НЕК 293 доказано, что любая концентрации пептида не цитотоксична.

Одним из важных показателей оценки токсичности является коэффициент биоконцентрации (BCF), отражающий наличие в воде токсических веществ, воздействие их на живые организмы и возможность возникновения вторичного отравления [16]. BCF у исследуемого пептида находится на уровне 0,119, что позволяет заключить, что он не вызывает вторичного отравления.

Проведено прогнозирование токсичности пептида на реснитчатых высокоразвитых простейших с несколькими специализированными органеллами, функционально сходными с высшими организмами (*Tetrahymena pyriformis*). *T. pyriformis* может поглощать инород-

ные предметы, вредные вещества через свой ротовой аппарат актинзависимым образом с участием лектинов, локализованных на поверхности клетки, подобно фагоцитам млекопитающих [17].

При прогнозировании токсичности на *T. pyriformis* установлено, что данный пептид не токсичен, так как его концентрация, способная вызвать 50 % гибели *T. pyriformis* (IGC50) находится на уровне $3,49 \log_{10}[(\text{мг/л})/(1\ 000 \times \text{MBT})]$.

Заключение. В результате исследований спроектирован новый биологически активный пептид, состоящий из 18 аминокислотных остатков.

При создании пептида учитывали необходимость его устойчивости к ферментативному гидролизу в желудочно-кишечном тракте и наличие требуемых регенеративных свойств. Предсказание структуры, физико-химических характеристик пептида подтвердило его высокую биологическую активность.

В результате виртуального скрининга токсичности установлено, что пептид не обладает: острой токсичностью, кардиотоксичностью, гепатотоксичностью, цитотоксичностью. Он безопасен для перорального применения и, соответственно, может быть использован в качестве функционального ингредиента в составе пищевой продукции специализированного и функционального назначения.

Список источников

1. Решетник Е. И., Шарипова Г. В., Максимюк В. А. Исследование влияния виноградной муки на функциональные свойства геродиетических мясорастительных полуфабрикатов // Техника и технология пищевых производств. 2014. № 2 (33). С. 71–75. EDN SEPQOH.
2. Решетник Е. И., Уточкина Е. А. Разработка технологии ферментированного молочно-растительного напитка с функциональными свойствами // Техника и технология пищевых производств. 2011. № 2 (21). С. 53–56. EDN NYGVHX.
3. Apone F., Barbulova A., Colucci M. G. Plant and microalgae derived peptides are advantageously employed as bioactive compounds in cosmetics // Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10. P. 756. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00756>.
4. Järvinen T. A. H., Pemmari T. Systemically administered, targetspecific, multi-functional therapeutic recombinant proteins in regenerative medicine // Nanomaterials. 2020. Vol. 10. No. 2. P. 226. <https://doi.org/10.3390/nano10020226>.
5. Ruoslahti E. Molecular ZIP codes in targeted drug delivery // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2022. Vol. 119. No. 28. P. e2200183119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2200183119>. EDN QAGFCN.

6. Maldonado H., Savage B. D., Barker H. R., May U., Vähätupa M., Badiani R. K. [et al.]. Systemically administered wound-homing peptide accelerates wound healing by modulating syndecan-4 function // *Nature Communications*. 2023. Vol. 14. No. 1. P. 8069. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-43848-1>. EDN CEIMJP.
7. Fan C., Li X., Xiao Z., Zhao Y., Liang H., Wang B. [et al.]. A modified collagen scaffold facilitates endogenous neurogenesis for acute spinal cord injury repair // *Acta Biomater*. 2017. Vol. 51. P. 304–316. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2017.01.009>.
8. Nie C., Zou Y., Liao S., Gao Q., Li Q. Peptides as carriers of active ingredients: A review // *Current Research in Food Science*. 2023. Vol. 7. P. 100592. <https://doi.org/10.1016/j.crf.2023.100592>. EDN BVELIJ.
9. Pravdyuk N. G., Novikova A. V., Shostak N. A., Buianova A. A., Tairova R. T., Patsap O. I. [et al.]. Immunomorphogenesis in degenerative disc disease: the role of proinflammatory cytokines and angiogenesis factors // *Biomedicines*. 2023. Vol. 11. No. 8. P. 2184. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11082184>. EDN VKMEDG.
10. Jaradat D. M. Solid-phase peptide cyclization with two disulfide bridges // *Methods in Molecular Biology*. 2022. Vol. 2371. P. 19–29. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1689-5_2.
11. Zhang J., Ding L., Zhao Y., Sun W., Chen B., Lin H. [et al.]. Collagen-targeting vascular endothelial growth factor improves cardiac performance after myocardial infarction // *Circulation*. 2009. Vol. 119. No. 13. P. 1776–1784. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.800565>.
12. Kalyanamoorthy S., Barakat K. H. Development of safe drugs: the hERG challenge // *Medicinal Research Reviews*. 2018. Vol. 38. No. 2. P. 525–555. <https://doi.org/10.1002/med.21445>. EDN SCDIWF.
13. Zhang Ch. J., Meyer S. R., O'Meara M. J., Huang Sh., Capeling M. M., Ferrer-Torres D. [et al.]. A human liver organoid screening platform for DILI risk prediction // *Journal of Hepatology*. 2023. Vol. 78. No. 5. P. 998–1006. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2023.01.019>. EDN XFKEAI.
14. Caruso G., Privitera A., Antunes B. M., Lazzarino G., Lunte S. M., Aldini G. [et al.]. The therapeutic potential of carnosine as an antidote against drug-induced cardiotoxicity and neurotoxicity: focus on Nrf2 pathway // *Molecules*. 2022. Vol. 27. No. 14. P. 4452. <https://doi.org/10.3390/molecules27144452>. EDN RDRGSO.
15. Di Ianni E., Moller P., Vogel U. B., Jacobsen N. R. Pro-inflammatory response and genotoxicity caused by clay and graphene nanomaterials in A549 and THP-1 cells // *Mutation Research. Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. 2021. Vol. 872. P. 503405. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2021.503405>.
16. Palladini J., Bagnati R., Passoni A., Davoli E., Lanno A., Terzaghi E. [et al.]. Bioaccumulation of PCBs and their hydroxy and sulfonated metabolites in earthworms: Comparing lab and field results // *Environmental Pollution*. 2022. Vol. 293. P. 118507. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118507>. EDN LAPJRH.
17. Woods A. L., Lilly M.-D., Dzink-Fox J., Ryder N. S., Dean C. R., Parker D. [et al.]. High-throughput screen for inhibitors of *Klebsiella pneumoniae* virulence using a tetrahymena pyriformis co-culture surrogate host model // *ACS Omega*. 2022. Vol. 7. No. 6. P. 5401–5414. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c06633>. EDN BRSNYU.

References

1. Reshetnik E. I., Sharipova G. V., Maksimuk V. A. Influence of grape flour on functional properties of meat-and-cereal semi-finished products for elderly age group. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2014;2(33):71–75. EDN SEPQOH (in Russ.).
2. Reshetnik E. I., Utochkina E. A. Fermented plant milk drink with functional characteristics: technology development. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2011;2(21):53–56. EDN NYGVHX (in Russ.).
3. Apone F., Barbulova A., Colucci M. G. Plant and microalgae derived peptides are advantageously employed as bioactive compounds in cosmetics. *Frontiers in Plant Science*, 2019; 10:756. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00756>.

4. Järvinen T. A. H., Pemmari T. Systemically administered, targetspecific, multi-functional therapeutic recombinant proteins in regenerative medicine. *Nanomaterials*, 2020;10;2:226. <https://doi.org/10.3390/nano10020226>.
5. Ruoslahti E. Molecular ZIP codes in targeted drug delivery. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2022;119;28:e2200183119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2200183119>. EDN QAGFCN.
6. Maldonado H., Savage B. D., Barker H. R., May U., Vähätupa M., Badiani R. K. [et al.]. Systemically administered wound-homing peptide accelerates wound healing by modulating syndecan-4 function. *Nature Communications*, 2023;14;1:8069. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-43848-1>. EDN CEIMJP.
7. Fan C., Li X., Xiao Z., Zhao Y., Liang H., Wang B. [et al.]. A modified collagen scaffold facilitates endogenous neurogenesis for acute spinal cord injury repair. *Acta Biomater*, 2017;51: 304–316. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2017.01.009>.
8. Nie C., Zou Y., Liao S., Gao Q., Li Q. Peptides as carriers of active ingredients: A review. *Current Research in Food Science*, 2023;7:100592. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100592>. EDN BVELIJ.
9. Pravdyuk N. G., Novikova A. V., Shostak N. A., Buianova A. A., Tairova R. T., Patsap O. I. [et al.]. Immunomorphogenesis in degenerative disc disease: the role of proinflammatory cytokines and angiogenesis factors. *Biomedicines*, 2023;11;8:2184. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11082184>. EDN VKMEDG.
10. Jaradat D. M. Solid-phase peptide cyclization with two disulfide bridges. *Methods in Molecular Biology*, 2022;2371:19–29. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1689-5_2.
11. Zhang J., Ding L., Zhao Y., Sun W., Chen B., Lin H. [et al.]. Collagen-targeting vascular endothelial growth factor improves cardiac performance after myocardial infarction. *Circulation*, 2009;119;13:1776–1784. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.800565>.
12. Kalyaanamoorthy S., Barakat K. H. Development of safe drugs: the hERG challenge. *Medicinal Research Reviews*, 2018;38;2:525–555. <https://doi.org/10.1002/med.21445>. EDN SCDIWF.
13. Zhang Ch. J., Meyer S. R., O'Meara M. J., Huang Sh., Capeling M. M., Ferrer-Torres D. [et al.]. A human liver organoid screening platform for DILI risk prediction. *Journal of Hepatology*, 2023;78;5:998–1006. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2023.01.019>. EDN XFKEAI.
14. Caruso G., Privitera A., Antunes B. M., Lazzarino G., Lunte S. M., Aldini G. [et al.]. The therapeutic potential of carnosine as an antidote against drug-induced cardiotoxicity and neurotoxicity: focus on Nrf2 pathway. *Molecules*, 2022;27;14:4452. <https://doi.org/10.3390/molecules27144452>. EDN RDRGSO.
15. Di Ianni E., Moller P., Vogel U. B., Jacobsen N. R. Pro-inflammatory response and genotoxicity caused by clay and graphene nanomaterials in A549 and THP-1 cells. *Mutation Research. Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 2021;872:503405. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2021.503405>.
16. Palladini J., Bagnati R., Passoni A., Davoli E., Lanno A., Terzaghi E. [et al.]. Bioaccumulation of PCBs and their hydroxy and sulfonated metabolites in earthworms: Comparing lab and field results. *Environmental Pollution*, 2022;293:118507. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118507>. EDN LAPJRH.
17. Woods A. L., Lilly M.-D., Dzink-Fox J., Ryder N. S., Dean C. R., Parker D. [et al.]. High-throughput screen for inhibitors of *Klebsiella pneumoniae* virulence using a *tetrahymena pyriformis* co-culture surrogate host model. *ACS Omega*, 2022;7;6:5401–5414. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c06633>. EDN BRSNYU.

© Тихонов С. Л., Тихонова Н. В., 2024

Статья поступила в редакцию 23.04.2024; одобрена после рецензирования 29.05.2024; принята к публикации 03.06.2024.

The article was submitted 23.04.2024; approved after reviewing 29.05.2024; accepted for publication 03.06.2024.

Информация об авторах

Тихонов Сергей Леонидович, доктор технических наук, профессор кафедры химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов, Уральский государственный лесотехнический университет; профессор кафедры пищевой инженерии и аграрного производства, Уральский государственный аграрный университет, tihonov75@bk.ru;

Тихонова Наталья Валерьевна, доктор технических наук, заведующая кафедрой пищевой инженерии и аграрного производства, Уральский государственный аграрный университет

Information about the authors

Sergey L. Tikhonov, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Chemical Technology of Wood, Biotechnology and Nanomaterials, Ural State Forestry University; Professor of the Department of Food Engineering and Agricultural Production, Ural State Agrarian University, tihonov75@bk.ru;

Natalya V. Tikhonova, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Food Engineering and Agricultural Production, Ural State Agrarian University

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья

УДК 664.951.4

EDN DDVDQB

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-152-163>

**Пищевая и биологическая ценность
рыборастительных консервов из скумбрии дальневосточной**

**Лидия Васильевна Шульгина¹, Константин Геннадьевич Павел²,
Галина Николаевна Тимчишина³, Александр Русланович Бутенко⁴,
Евгений Валентинович Якуш⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5} Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии, Приморский край, Владивосток, Россия

¹ lvshulgina@mail.ru

Аннотация. На Дальнем Востоке Российской Федерации запасы скумбрии дальневосточной в последние годы позволяют вылавливать около 260,0 тыс. т. и получать продукцию массового назначения. Содержание жира в скумбрии может достигать 23,0 %. Он представляет собой богатый источник полиненасыщенных жирных кислот семейства омега-3. На основе скумбрии дальневосточной разработан ассортимент рыборастительных консервов. Массовая доля рыбы в зависимости от вида консервов составляла 56,4–61,2 %, растительного сырья – 38,2–43,6%. Разработан режим стерилизации, обеспечивающий промышленную стерильность продуктов. Изготовленные консервы имели внешний вид многокомпонентного продукта с приятным вкусом и запахом. Содержание белков в консервах составляло 13,5–13,9%, жира – 14,7–14,8%. В жирно-кислотном составе продуктов преобладала группа полиненасыщенных жирных кислот. Содержание жирных кислот семейства омега-3 составляло 2,3–2,5 г/100 г продукта, а сумма эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот – 1,9–2,0 г/100 г продукта. Рыборастительные консервы в количестве 100 г почти на 100 % способны удовлетворить организм человека в полиненасыщенных жирных кислотах омега-3. Для характеристики функциональной значимости жирового компонента консервов были определены пищевые индексы качества липидов. В основу их расчета положены соотношения между отдельными жирными кислотами и их группами, выполняющими различную физиологическую функцию. Полученные значения по соотношению в консервах отдельных групп жирных кислот, а также индексы качества липидов показали высокую ценность жирового компонента рыборастительных консервов и их потенциальную способность проявлять профилактические свойства.

Ключевые слова: скумбрия дальневосточная, биологическая ценность скумбрии, полиненасыщенные жирные кислоты, индексы качества липидов

Благодарности: авторы выражают благодарность ведущему специалисту аналитической научно-испытательной лаборатории Тихоокеанского филиала Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии Самойленко Галине Владимировне за оказание помощи при определении аминокислотного состава белков консервов. Работа выполнена в рамках бюджетного финансирования.

Для цитирования: Шульгина Л. В., Павел К. Г., Тимчишина Г. Н., Бутенко А. Р., Якуш Е. В. Пищевая и биологическая ценность рыборастительных консервов из скумбрии дальневосточной // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 2. С. 152–163. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-152-163>.

Original article

**Nutritional and biological value
of canned fish and vegetable with Far Eastern mackerel****Lidiya V. Shulgina¹, Konstantin G. Pavel²,****Galina N. Timchishina³, Alexander R. Butenko⁴, Evgeniy V. Yakush⁵**^{1, 2, 3, 4, 5} Pacific branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography
Primorsky krai, Vladivostok, Russian Federation¹ lvshulgina@mail.ru

Abstract. Far Eastern mackerel stocks of the Russian Federation in recent years have been large enough to catch about 260 thousand tons and receive mass-produced products. The fat content of mackerel can reach 23.0%, which represents a rich source of omega-3 PUFAs. A range of canned fish and vegetable products has been developed based on Far Eastern mackerel. The mass fraction of fish, depending on the type of canned food, was 56.4–61.2%, vegetable raw materials – 38.2–43.6%. A sterilization regime has been developed to ensure industrial sterility of products. The produced canned food had the appearance of a multi-component product, pleasant taste and smell. The protein content in canned food was 13.5–13.9%, fat – 14.7–14.8%. The fatty acid composition of the products was dominated by the group of polyunsaturated fatty acids. The content of omega-3 fatty acids was 2.3–2.5 g per 100 g of product. The sum of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids was 1.9–2.0 g per 100 g of product. Canned fish and vegetables in an amount of 100 g are almost 100% capable of satisfying the human body in omega-3 PUFAs. To characterize the functional significance of the fat component of canned food, nutritional lipid quality indices were determined. Their calculation was based on the relationships between individual fatty acids and their groups that performed different physiological functions. The obtained values for the ratio of certain groups of fatty acids in canned food, as well as lipid quality indices, showed the high value of the fatty component of canned fish and vegetables and their potential ability to exhibit preventive properties.

Keywords: Far Eastern mackerel, biological value of mackerel, polyunsaturated fatty acids, lipid quality indices

Acknowledgments: the authors express their gratitude to the Leading Specialist of the Analytical Research Laboratory of the Pacific branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography Galina V. Samoilenko for providing assistance in determining the amino acid composition of canned proteins. The work was carried out within the framework of budget funding.

For citation: Shulgina L. V., Pavel K. G., Timchishina G. N., Butenko A. R., Yakush E. V. Nutritional and biological value of canned fish and vegetable with Far Eastern mackerel. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*. 2024;18;2:152–163. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-2-152-163>.

Введение. Запасы скумбрии *Scomber japonicus* (японской, япономорской, курильской) в дальневосточном рыбохозяйственном регионе очень высокие. Начиная с 2020 г., к общему вылову скумбрии дальневосточной было рекомендовано 260 тыс. т. В связи с высокими объемами возможного изъятия этого ресурса возникает необходимость разработки новых путей рационального его использования, в том числе создания новых ассортиментов массовых продуктов питания длительного срока хранения.

Скумбрия дальневосточная может достигать в длину 50 см и иметь массу

тела 1,5 кг, но в мороженной продукции промышленных уловов она встречается разных размеров, в том числе до 20 см [1].

Выход при разделке крупной и мелкой скумбрии имеет некоторые различия, но в среднем выход тушки составляет 65,9–68,9 %, филе – 48,7–62,0 %. Крупная скумбрия по сравнению с мелкой характеризуется меньшим содержанием белков и более высоким жира, содержание которого может достигать 23,0 %. Белки мышечной ткани скумбрии японской содержат весь набор аминокислот; по соотношению незаменимых они сбалансированы. В липидах основным классом являются триацилгли-

церины (72,5–77,5 %), вторым по количеству выступают фосфолипиды (8,5–14,8 % от общей суммы липидов).

Состав жирных кислот скумбрии из разных районов промысла и разного размера тела рыбы различается незначительно. Основную долю составляют ненасыщенные жирные кислоты при почти равных долях мононенасыщенных (34,5–37,9 %) и полиненасыщенных (36,3–36,7 % от общей суммы жирных кислот). Сумма биологически значимых жирных кислот – эйкозапентаеновой (ЭПК) и докозагексаеновой (ДГК) в скумбрии дальневосточной составляет 17,4–21,0 % от общей суммы жирных кислот, что обуславливает эту рыбу как источник эссенциальных липидов.

Однако скумбрия дальневосточная и продукты на ее основе, в том числе консервы, как богатый источник полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) омега-3, ранее не выступали объектом исследований.

Известно, что в консервах из жирных рыб при длительном хранении исключаются гидролиз и окисление липидов, так как в содержимом ингибированы ферменты и отсутствует кислород [2]. Потери ПНЖК при стерилизации консервов не превышают 10 % от общей их суммы. Это характеризует консервирование как рациональный способ переработки больших объемов жирных рыб, а также как один из способов доставки потребителю ценных липидов. В настоящее время основным видом консервов из скумбрии дальневосточной являются «натуральные» и «натуральные с добавлением масла», в которых под действием высокой температуры с бульоном происходит отделение жира от плотной части до 30,0 %. В многокомпонентных консервах, например, паштетных или с овощами, отделение бульона и жира практически не происходит.

На данный момент ассортимент из скумбрии дальневосточной в группе «рыборастительных» консервов отсутствует. Разработка таких консервов является перспективным направлением при рациональном освоении уловов данной рыбы. Она позволяет расширить линейку стерилизованной рыбной продукции, представляющей собой богатый источник эссенциальных липидов.

Целью работы явилась разработка ассортимента консервов из скумбрии

дальневосточной с включением компонентов растительного происхождения, а также оценка их качества и функциональной значимости.

Материалы и методы исследований. Для получения консервов была использована мороженная скумбрия дальневосточная. Рыба была заморожена в блоках по 10,0 кг, срок хранения составлял не более 2 месяцев при температуре минус 18 °С. В качестве дополнительных компонентов использованы лук, морковь, бобовые (фасоль и соя), капуста белокочанная, картофель, паста томатная, сахар, соль, специи (перец душистый и перец черный молотые), масло подсолнечное рафинированное.

Размораживание и подготовку скумбрии, материалов и тары, фасование, эксгаустирование и закатывание банок, стерилизацию и охлаждение, мойку и сушку консервов производили согласно технологических инструкций по производству рыбных консервов.

Разработку режимов стерилизации консервов осуществляли в соответствии с рекомендациями РД 10.03.02–88 «Система технологической документации. Порядок разработки режимов стерилизации и пастеризации консервов и консервированных полуфабрикатов».

Контроль измерения температуры и фактического стерилизующего эффекта осуществляли на приборе СТ-9004 фирмы «Эллаб» (Дания).

Подготовку проб к анализу и определение содержания воды, белков, жира и минеральных веществ осуществляли стандартными методами с учетом требований ГОСТ 7636–85 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа».

Изучение аминокислотного состава белков проводили с использованием автоматического аминокислотного анализатора L-8900 (Hitachi, Япония). Подготовку проб для анализа аминокислотного состава белков осуществляли методом кислотного гидролиза 6N соляной кислотой.

Сбалансированность белков оценивалась по индексам незаменимых аминокислот, представляющим отношение фактического уровня их в белках продукта к рекомендованным в стандартном

белке FAO/WHO [3]. Для определения жирно-кислотного состава использовали хроматограф Shimadzu GC-14B с капиллярной колонкой и пламенно-ионизационным детектором. Идентификацию жирных кислот выполняли с использованием индексов эквивалентной длины цепи, а содержание устанавливали по площадям пиков с помощью базы обработки данных Shimadzu Chromatopac C-R4A.

Для обоснования функциональной значимости рыборастворительных консервов использовали различные показатели соотношения ПНЖК и насыщенных жирных кислот (ПНЖК/НЖК), омега-6 и омега-3 жирных кислот (n-6/n-3), а также пищевые индексы качества липидов (health lipid indices), определение которых проводили согласно рекомендуемых методов [4].

Статистическую обработку полученных результатов исследований осуществляли общепринятыми математическими методами с использованием программы Microsoft Excel. Полученные результаты представляют собой средние значения и стандартное отклонение (плюс, минус).

Результаты исследований и их обсуждение. Предварительно были разработаны восемь рецептов рыборастворительных консервов, различающихся различным

составом и соотношением компонентов растительного сырья, а также способом их подготовки.

Выбор растительного сырья (овощей и бобовых) для консервов обусловлен необходимостью улучшения органолептических показателей и формирования комплексобразующей способности продуктов, а также снижению их стоимости. Известно, что растительные компоненты в составе продуктов из животного сырья способствуют повышению их функционально-технологических характеристик и сохранению жира от окисления за счет содержания пищевых волокон и пектиновых веществ [5].

После проведения предварительных экспериментов были выбраны два варианта рецептов консервов из скумбрии дальневосточной и растительного сырья, приемлемых по органолептическим характеристикам, состав которых приведен в таблице 1.

Подготовленное филе рыбы нарезали на кусочки размерами, не превышающими 20×40 мм. Для получения консервов использованы некрахмальные сорта картофеля белого цвета, которые очищали от кожицы, мыли в воде, резали на кусочки размером 10×10 мм. Капусту белокочан-

Таблица 1 – Состав консервов на основе скумбрии и растительного сырья
Table 1 – Composition of canned food based on mackerel and vegetable raw materials
В кг на 1 000 учетных банок (in kg per 1,000 accounting cans)

| Компоненты | Содержание | |
|--|------------|-----------|
| | вариант 1 | вариант 2 |
| Скумбрия (филе-кусочки) | 197,4 | 214,2 |
| Лук пассерованный | 29,0 | 28,6 |
| Морковь пассерованная | 31,0 | 28,6 |
| Фасоль | 21,4 | – |
| Соя | – | 21,4 |
| Капуста белокочанная бланшированная | – | 35,7 |
| Картофель | 35,7 | – |
| Паста томатная пассерованная | 17,9 | – |
| Масло растительное, используемое для пассерования овощей | 21,4 | 21,1 |
| Сахар | – | 4,2 |
| Соль | 3,2 | 3,2 |
| Перец душистый молотый | 0,01 | 0,01 |
| Перец черный молотый | 0,01 | 0,01 |

ную очищали от верхних зеленых листьев, промывали, вырезали кочерыжку вертикальными надрезами, листья измельчали ножом и бланшировали в воде. Фасоль и сою инспектировали, удаляли некондиционные примеси, замачивали на 4 часа в воде при температуре 50–60 °С при массовом соотношении 1:3, тщательно промывали и подвергали стеканию. Лук и морковь очищали, направляли на мойку, нарезали на кусочки размером не более 1,0×1,5 см. Лук пассеровали в растительном масле до светло-золотистого цвета, морковь – до удаления свободной воды. Томатную пасту пассеровали до удаления свободной воды. Для пассерования овощей использовали масло подсолнечное, массовая доля которого в исходной смеси составила 6,0 %.

Все подготовленные компоненты тщательно перемешивали и полученную таким образом смесь фасовали в металлические банки № 6 массой нетто 240 г, укупоривали на вакуум-закаточной машине и стерилизовали по предварительно разработанным режимам.

Стерилизацию осуществляли в вертикальном автоклаве периодического действия типа АВ; греющей средой являлся пар. Температура стерилизации составляла 115 °С. Охлаждение консервов осуществляли водой с противодавлением (0,18 МПа).

Активная реакция среды (рН) содержимого консервов находилась в пределах 5,8–6,8, при которых термоустойчивость спор *Cl. sporogenes* составляла 0,75 мин., а величина требуемой летальности режимов стерилизации (или нормативный стерилизующий эффект) – 6,2 усл. мин.

В процессе стерилизации консервов при температуре 115 °С определяли их прогреваемость. Было установлено, что

собственно стерилизация их на протяжении 70 минут обеспечивала величину фактического стерилизующего эффекта выше нормативного значения (табл. 2).

Стерилизованные по разработанным режимам консервы из скумбрии и растительного сырья были промышленно стерильными и стабильными при хранении в течение 24 месяцев.

Изготовленные консервы из скумбрии дальневосточной представляли собой рыборастворительные продукты с высокими органолептическими характеристиками. Они имели приятный вкус и запах, свойственные рыборастворительным консервам, без постороннего привкуса и запаха. Консистенция содержимого консервов была мягкой и сочной.

Химический состав изготовленных рыборастворительных консервов приведен в таблице 3. По содержанию основных пищевых веществ оба варианта консервов из скумбрии дальневосточной и растительного сырья были близки. Жировой компонент, массовая доля которого составляла 14,7±1,1–14,7±1,1 %, включал жир скумбрии дальневосточной (8,7 %) и растительное масло (6,0 %), используемое для пассерования овощей.

Результаты исследования аминокислотного состава (табл. 4) показали, что белки консервов сбалансированы по соотношению незаменимых аминокислот, сумма которых превышает их содержание в идеальном белке. Лимитирующие аминокислоты отсутствовали в консервах, что обусловлено включением в их состав бобов фасоли и сои, белки которых характеризуются сбалансированным аминокислотным составом.

Результаты исследования состава жирных кислот в липидах рыборастворительных консервов приведены в таблице 5.

Таблица 2 – Режимы стерилизации рыборастворительных консервов из скумбрии дальневосточной

Table 2 – Sterilization regimes for canned fish with vegetables from Far Eastern mackerel

| Варианты консервов | Продолжительность, мин. | Температура, °С | Фактический стерилизующий эффект, усл. мин. при Z = 10 °С |
|--------------------|-------------------------|-----------------|---|
| 1 | 5–15–70–20 | 115 | 6,7±0,2 |
| 2 | 5–15–70–20 | 115 | 6,5±0,2 |

Таблица 3 – Химический состав консервов на основе скумбрии дальневосточной и растительного сырья**Table 3 – Chemical composition of canned food based on Far Eastern mackerel and vegetable raw materials****В процентах (in percent)**

| Наименование | Содержание | |
|----------------------|------------|-----------|
| | вариант 1 | вариант 2 |
| Вода | 66,2±2,1 | 65,2±1,9 |
| Белок | 13,5±1,2 | 13,9±1,4 |
| Жир | 14,7±1,1 | 14,8±1,3 |
| Углеводы | 4,4±0,4 | 4,7±0,4 |
| Минеральные вещества | 1,2±0,2 | 1,4±0,1 |

Таблица 4 – Состав незаменимых аминокислот в белках консервов из скумбрии дальневосточной и растительного сырья**Table 4 – Composition of essential amino acids in proteins of canned Far Eastern mackerel with vegetable raw materials****В г на 100 г белков (in g per 100 g of protein)**

| Аминокислота | Содержание | |
|--------------|------------|-----------|
| | вариант 1 | вариант 2 |
| Val | 5,2 | 5,4 |
| Leu | 8,1 | 8,0 |
| Ile | 5,2 | 5,1 |
| Thr | 5,0 | 5,1 |
| Met + Cys | 3,5 | 3,7 |
| Phe + Tyr | 7,4 | 7,6 |
| Lys | 7,8 | 7,7 |
| Сумма | 42,2 | 43,6 |

Содержание насыщенных жирных кислот в консервах из скумбрии дальневосточной не превышало 25,0 %, мононенасыщенных – в пределах от 32,5 до 33,63 % от общей суммы жирных кислот. В этой группе жирных кислот в липидах консервов отмечено высокое содержание олеиновой кислоты (18:1 n-9).

Группа полиненасыщенных жирных кислот во всех вариантах рыборастворительных консервов была преобладающей и составляла более 40,0 %. При этом около половины ПНЖК от их общей суммы были представлены жирными кислотами семейства омега-3. Число ЭПК и ДГК составляло около одной трети от всей суммы ПНЖК, что указывает на высокую ценность липидного компонента консер-

вов из скумбрии дальневосточной и растительного сырья.

В содержимом консервов в пересчете на 100 г количество омега-3 составляло 2,3–2,5 г, а сумма ДГК и ЭПК оказалась равна 1,9–2,0 г. При этом известно, что рекомендуемый уровень суточного потребления омега-3 жирных кислот (альфа-линоленовой, ЭПК и ДГК) для человека составляет от 1,0 до 3 г [6, 7].

Следовательно, консервы из скумбрии дальневосточной и растительного сырья способны удовлетворить организм человека почти на 100 % в полиненасыщенной жирной кислоте омега-3, в том числе в эссенциальных жирных кислотах (эйкозапентаеновой и докозагексаеновой).

Таблица 5 – Состав и содержание жирных кислот в липидах консервов из скумбрии дальневосточной**Table 5 – Composition and content of fatty acids in lipids of canned Far Eastern mackerel**
В % от общей суммы жирных кислот (in % of the total amount of fatty acids)

| Насыщенные | | | Мононенасыщенные | | | Полиненасыщенные | | |
|----------------|-----------|-----------|------------------|-----------|-----------|------------------|-----------|-----------|
| жирная кислота | вариант 1 | вариант 2 | жирная кислота | вариант 1 | вариант 2 | жирная кислота | вариант 1 | вариант 2 |
| 14:0 | 2,65 | 2,43 | 16:1 n-7 | 3,53 | 3,24 | 16:2 n-4 | 0,83 | 0,77 |
| i-15:0 | 0,16 | 0,15 | 16:1 n-5 | 0,17 | 0,15 | 16:3 n-4 | 0,34 | 0,30 |
| 15:0 | 0,27 | 0,23 | 18:1 n-9 | 20,12 | 20,78 | 16:4 n-1 | 0,35 | 0,31 |
| 16:0 | 16,18 | 15,91 | 18:1 n-7 | 3,69 | 3,56 | 18:2 n-6 | 19,47 | 22,36 |
| i-17:0 | 0,19 | 0,17 | 18:1 n-5 | 0,22 | 0,20 | 18:3 n-3 | 0,64 | 0,62 |
| ai-17:0 | 0,14 | 0,13 | 20:1 n-11 | 1,14 | 1,03 | 18:4 n-3 | 1,02 | 0,89 |
| 17:0 | 0,21 | 0,20 | 20:1 n-9 | 1,45 | 1,38 | 20:2 n-6 | 0,13 | 0,17 |
| i-18:0 | 0,18 | 0,15 | 20:1 n-7 | 0,14 | 0,16 | 20:4 n-6 | 0,63 | 0,53 |
| 18:0 | 4,15 | 4,18 | 20:1 n-5 | 0,13 | 0,14 | 20:4 n-3 | 0,35 | 0,28 |
| 19:0 | 0,11 | – | 22:1 n-11 | 1,28 | 1,24 | 20:5 n-3 | 8,45 | 7,61 |
| 20:0 | 0,18 | 0,19 | 22:1 n-9 | 0,44 | 0,45 | 21:5 n-3 | 0,24 | 0,24 |
| 22:0 | 0,26 | 0,27 | 22:1 n-7 | – | 0,21 | 22:5 n-6 | 0,11 | – |
| 24:0 | 0,12 | – | 24:1 n-9 | 0,21 | 0,23 | 22:5 n-3 | 1,26 | 1,04 |
| Сумма | 24,80 | 24,01 | Сумма | 32,52 | 32,77 | 22:6 n-3 | 7,45 | 6,80 |
| – | – | – | – | – | – | Сумма | 41,27 | 41,92 |
| – | – | – | – | – | – | в том числе n-3 | 19,41 | 17,48 |
| – | – | – | – | – | – | n-6 | 20,34 | 23,06 |
| – | – | – | – | – | – | ЭПК и ДГК | 15,90 | 14,41 |

Для характеристики качества и диетической значимости жирового компонента консервов из скумбрии дальневосточной, обусловленных положительным его воздействием на здоровье человека, были определены пищевые индексы качества липидов (табл. 6), или, как их еще называют в научной литературе, липидные индексы здоровья (health lipid indices) [4, 8].

В основу расчета этих показателей положены соотношения отдельных групп жирных кислот, которые выполняют различную физиологическую функцию. Известно, что высокий уровень насыщенных жирных кислот в питании обуславливает повышение общего уровня холестерина и липопротеинов низкой плотности в крови человека, что приводит к образованию холестериновых бляшек и тромбов в сосудах [6]. Основными жирными кислотами, обладающими самым мощным повы-

шающим холестерин действием, являются лауриновая (C12:0), миристиновая (C14:0) и пальмитиновая (C16:0). Ненасыщенные жирные кислоты, наоборот, способны снизить уровень холестерина в крови человека и связанный с этим риск развития сердечно-сосудистых заболеваний.

Индекс атерогенности (IA) характеризует взаимосвязь между количеством проатерогенных (C12:0, C14:0 и C16:0) и антиатерогенных (общая сумма ненасыщенных) жирных кислот [4, 8, 9], он показывает атерогенный потенциал липидов продукта. Принято считать, что потребление продуктов с более низким значением данного индекса будет способствовать снижению уровня холестерина и липопротеинов низкой плотности в плазме крови человека. Для мясных продуктов IA находится в пределах 0,16–1,41; для сливочного масла – 2,13; мяса кеты – 0,92;

Таблица 6 – Пищевые индексы качества липидов для образцов рыборастворительных консервов

Table 6 – Nutritional lipid quality indices for canned fish with vegetable samples

| Пищевые индексы качества липидов | Варианты консервов | |
|--|--------------------|----------|
| | 1 | 2 |
| ПНЖК/НЖК | 1,66/1,0 | 1,74/1,0 |
| IA (атерогенности) | 0,37 | 0,35 |
| IT (тромбогенности) | 0,27 | 0,28 |
| Н/Н (гипо- / гиперхолестеринемические) | 3,39 | 3,61 |
| n-6/n-3 | 1,05/1 | 1,32/1 |

хека – 1,02. Липидный профиль рыборастворительных консервов из скумбрии дальневосточной характеризуется низкими значениями этого индекса – 0,35–0,37, что показывает потенциальную способность продуктов оказывать положительное воздействие на липидный обмен.

Тромбогенный потенциал жирных кислот, то есть способность продуктов питания влиять на свертываемость крови и здоровье человека, характеризует *индекс тромбогенности (IT)* [4, 8, 9–11]. Отмечено, что употребление продуктов, липиды которых имеют низкое значение данного индекса, способствует снижению тромбообразования в сосудах и риска развития заболеваний сердечно-сосудистой системы. Величина IT для рыбных жиров и рыбных продуктов находится в пределах 0,14–0,87; мясных продуктов – 0,29–1,69; сливочного масла – 2,87; мяса кеты – 0,86; хека – 0,76. Консервы из скумбрии дальневосточной имели очень низкие значения индекса тромбогенности (0,27–0,28), что обусловлено высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот в их липидном компоненте (73,7–73,8 %).

Индекс Н/Н характеризует взаимосвязь между гипохолестеринемическими (включающими 18:1, сумму ПНЖК n-3 и сумму ПНЖК n-6) и гиперхолестеринемическими (сумма 14:0 и 16:0) жирными кислотами. Он позволяет более точно оценить влияние жирно-кислотного состава продуктов на развитие сердечно-сосудистых заболеваний [4, 8, 9–11]. Повышенное значение индекса Н/Н характеризует способность его снизить риск развития нарушений холестеринового обмена у человека. Продукты, липиды которых характеризуются более высоким значением этого

показателя, являются наиболее благоприятными для здоровья человека.

Для мяса и мясопродуктов показатели Н/Н считаются низкими (1,27–2,78), что вызвано высоким содержанием насыщенных жирных кислот в их жире [3]. Сведения источников показали, что этот индекс у рыбных липидов находится между 0,65 и 2,46 [11, 12]. Так, самое высокое значение Н/Н среди всех проанализированных видов рыб южной части Тихого океана обнаружено у красного кускового угря (2,93), за ним следуют чилийский хек (2,23) и чилийский окунь (1,54) [13]. Жирно-кислотный состав липидов в рыборастворительных консервах из скумбрии дальневосточной показал, что индекс Н/Н для них находился в пределах от 3,39 до 3,61, что характеризует высокую ценность жирового компонента этих продуктов.

Одним из показателей пищевой ценности жира и эффективности жирных кислот для снижения риска развития сердечно-сосудистых заболеваний является *соотношение жирных кислот семейства омега-6 и омега-3 (n-6/n-3)* [14]. В России в суточном рационе соотношение этих жирных кислот рекомендовано от 5/1 до 10/1. Согласно рекомендаций Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, соотношение n-6/n-3 в рационе человека не должно превышать 5/1, а рациональным его значением считается от 2/1 до 3/1, в том числе для пациентов с заболеваниями сердечно-сосудистой системы – 1,5/1,0 [15]. В консервах из скумбрии дальневосточной и растительного сырья соотношение жирных кислот n-6/n-3 находилось в пределах от 1,05/1 до 1,32/1, что указывает на потенциальную возможность проявления как профилактического,

так и лечебного эффекта при употреблении этих продуктов.

Таким образом, полученные результаты показывают, что консервы из скумбрии дальневосточной и растительного сырья характеризуются показателями качества липидов, обосновывающими потенциальное защитное действие на организм человека.

На основе приведенных результатов исследования нами разработаны и утверждены нормативные документы на производство консервов:

1. Технические условия ТУ 10.20.25–417–35313404–2023. Консервы рыбораствительные. Технические условия.

2. Технологическая инструкция на производство консервов рыбораствительных (№ 418–2023).

Образцы консервов были представлены на отраслевой дегустационный совет во Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, где установлено высокое их качество, а также присвоены номера ассортиментных знаков.

Заключение. Разработан новый ассортимент рыбораствительных консервов из скумбрии дальневосточной. Предложены режимы их стерилизации, обеспечивающие промышленную стерильность и качество продуктов при хранении. В состав консервов введены различные овощи, формирующие высокие вкусоароматические свойства продуктов.

Установлено, что в консервах на основе скумбрии дальневосточной и рас-

тительного сырья содержание белков находилось в пределах 13,5–13,9 %, жира – 14,7–14,8 %. В жирно-кислотном спектре липидов содержимого консервов преобладала группа полиненасыщенных жирных кислот (41,2–41,9 % от суммы жирных кислот), почти половина из которых представлена омега-3 жирными кислотами (17,5–19,4 % от числа жирных кислот или 2,3–2,5 г на 100 г продукта).

Содержание эссенциальных жирных кислот (сумма ЭПК и ДГК) в консервах из скумбрии и растительного сырья составляло 1,9–2,0 г на 100 г продукта, что соответствует рекомендуемой суточной норме потребления этих веществ.

Определение соотношений жирных кислот (полиненасыщенных к насыщенным и n-6/n-3), а также пищевых индексов качества липидов (атерогенности, тромбогенности и гипо-/гиперхолестеринемического показателя) для разработанных ассортиментов консервов показало потенциальную способность продуктов проявлять профилактические свойства и снижать риск развития сердечно-сосудистых заболеваний.

Консервы из скумбрии дальневосточной и растительного сырья являются источниками эссенциальных жирных кислот; они соответствуют требованиям, предъявляемым к продуктам функционального и специального питания. Введение в рацион питания населения консервов из скумбрии дальневосточной и растительного сырья позволит снизить дефицит омега-3 жирных кислот.

Список источников

1. Шульгина Л. В., Давлетшина Т. А., Павловский А. М., Солодова Е. А., Павел К. Г. Состав липидов и жирных кислот в мышечной ткани японской скумбрии *Scomber japonicus* // Известия ТИНРО. 2019. Т. 196. С. 193–203. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2019-196-193-203>. EDN PKZSLB.
2. Шульгина Л. В., Павел К. Г., Солодова Е. А., Якуш Е. В. Пищевая ценность и диетическая значимость натуральных консервов из скумбрии японской // Труды ВНИРО. 2023. Т. 192. С. 181–191. <https://doi.org/10.36038/2307-3497-2023-192-181-191>. EDN YEYSBU.
3. Решетник Е. И., Грибанова С. Л. Использование бетулина для обогащения альбуминной пасты // Современное состояние, перспективы развития АПК и производства специализированных продуктов питания : материалы междунар. науч.-практ. конф. Омск : Омский государственный аграрный университет, 2020. С. 476–479. EDN BODDQD.
4. Chen J., Liu H. Nutritional indices for assessing fatty acids: A mini-review // International Journal of Molecular Sciences. 2020. Vol. 21. No. 16. P. 5695. <https://doi.org/10.3390/ijms21165695>. EDN UHKJXW.

5. Лисовицкая Е. П., Патиева С. В. Использование растительных компонентов для формирования комплексообразующей способности мясных продуктов функционального назначения // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11. № 1. С. 34–38. <https://doi.org/10.12737/19319>. EDN WAOJSV.
6. Da Silva M. S., Julien P., Perusse L., Vohl C. M., Rudkowska I. Natural rumen-derived trans fatty acids are associated with metabolic markers of cardiac health // *Lipids*. 2015. Vol. 50. P. 873–88. <https://doi.org/10.1007/s11745-015-4055-3>.
7. Решетник Е. И., Уточкина Е. А. Реализация принципа сбалансированности жирно-кислотного состава многокомпонентного пищевого модуля // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2016. № 2–3 (350–351). С. 66–69. EDN WDHTTT.
8. Ulbricht T. L. V., Southgate T. A. D. Coronary heart disease: seven dietary factors // *The Lancet*. 1991. Vol. 338. No. 8773. P. 985–992. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M). EDN BKQINB.
9. Krešić G., Vulić A., Dergestin Bačun L., Lešić T., Želježić D., Pleadi J. Nutritive composition and lipid quality indices of commercially available filleted fish // *Hrana u zdravlju i bolesti: znanstveno-stručni časopis za nutricionizam i dijetetiku*. 2019. Vol. 8. No. 1. P. 67–73.
10. Zula A. T., Desta D. T. Fatty acid-related health lipid index of raw and fried Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fish muscle // *Journal of Food Quality*. 2021. Vol. 2021. P. 1–9. <https://doi.org/10.1155/2021/6676528>.
11. Fernandes C. E., Vasconcelos M. A. S., Ribeiro M. A., Sarubbo L. A., Andrade S. A. C., Filho A. B. M. Nutritional and lipid profiles in marine fish species from Brazil // *Food Chemistry*. 2014. Vol. 160. P. 67–71. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.055>.
12. Zhang X., Ning X., He X., Sun X., Yu X., Cheng Y. [et al.]. Fatty acid composition analyses of commercially important fish species from the Pearl River Estuary, China // *PLoS ONE*. 2020. Vol. 15. No. 1. P. e0228276. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228276>.
13. Rincón-Cervera M. Á., González-Barriga V., Romero J., Rojas R., López-Arana S. Quantification and distribution of omega-3 fatty acids in south pacific fish and shellfish species // *Foods*. 2020. Vol. 9. No. 2. P. 233. <https://doi.org/10.3390/foods9020233>.
14. Субботина М. А. Физиологические аспекты использования жиров в питании // Техника и технология пищевых производств. 2009. № 4 (15). С. 54–57а. EDN KYQOV.
15. Плотникова Е. Ю., Синькова М. Н., Исаков Л. К. Роль омега-3 ненасыщенных кислот в профилактике и лечении различных заболеваний // *Лечащий врач*. 2018. № 8. С. 56–61. EDN XYWDAT.

References

1. Shulgina L. V., Davletshina T. A., Pavlovsky A. M., Solodova E. A., Pavel K. G. Composition of lipids and fatty acids in muscle tissue of chub mackerel *Scomber japonicus*. *Izvestiya TINRO*, 2019;196:193–203. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2019-196-193-203>. EDN PKZSLB (in Russ.).
2. Shulgina L. V., Pavel K. G., Solodova E. A., Yakush E. V. Nutritional value and dietary significance of natural canned japanese mackerel. *Trudy VNIRO*, 2023;192:181–191. <https://doi.org/10.36038/2307-3497-2023-192-181-191>. EDN YEYSBU (in Russ.).
3. Reshetnik E. I., Griбанова S. L. Using betulin to enrich album paste. Proceedings from Current state, prospects of development of agro-industrial complex and production of specialized food products: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 476–479), Omsk, Omskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2020. EDN BODDQD (in Russ.).
4. Chen J., Liu H. Nutritional indices for assessing fatty acids: A mini-review. *International Journal of Molecular Sciences*, 2020;21;16:5695. <https://doi.org/10.3390/ijms21165695>. EDN UHKJXW.
5. Lisovitskaya E. P., Patieva S. V. The use of plant components for formation complexing ability of functionality meat products. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016;11;1:34–38. <https://doi.org/10.12737/19319>. EDN WAOJSV (in Russ.).

6. Da Silva M. S., Julien P., Perusse L., Vohl C. M., Rudkowska I. Natural rumen-derived trans fatty acids are associated with metabolic markers of cardiac health. *Lipids*, 2015;50:873–88. <https://doi.org/10.1007/s11745-015-4055-3>.
7. Reshetnik E. I., Utochkina E. A. Implementation of the principle of balanced fatty acid composition of multicomponent food module. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya*, 2016;2–3(350–351):66–69. EDN WDHTTT (in Russ.).
8. Ulbricht T. L. V., Southgate T. A. D. Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet*, 1991;338;8773:985–992. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M). EDN BKQINB.
9. Krešić G., Vulić A., Dergestin Bačun L., Lešić T., Želježić D., Pleadi J. Nutritive composition and lipid quality indices of commercially available filleted fish. *Hrana u zdravlju i bolesti: znanstveno-stručni časopis za nutricionizam i dijetetiku*, 2019;8;1:67–73.
10. Zula A. T., Desta D. T. Fatty acid-related health lipid index of raw and fried Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fish muscle. *Journal of Food Quality*, 2021;2021:1–9. <https://doi.org/10.1155/2021/6676528>.
11. Fernandes C. E., Vasconcelos M. A. S., Ribeiro M. A., Sarubbo L. A., Andrade S. A. C., Filho A. B. M. Nutritional and lipid profiles in marine fish species from Brazil. *Food Chemistry*, 2014;160:67–71. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.055>.
12. Zhang X., Ning X., He X., Sun X., Yu X., Cheng Y. [et al.]. Fatty acid composition analyses of commercially important fish species from the Pearl River Estuary, China. *PLoS ONE*, 2020;15;1:e0228276. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228276>.
13. Rincón-Cervera M. Á., González-Barriga V., Romero J., Rojas R., López-Arana S. Quantification and distribution of omega-3 fatty acids in south pacific fish and shellfish species. *Foods*, 2020;9;2:233. <https://doi.org/10.3390/foods9020233>.
14. Subbotina M. A. Physiological aspects of the use of fats in the nourishment. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2009;4(15):54–57a. EDN KYQQOV (in Russ.).
15. Plotnikova E. Yu., Sin'kova M. N., Isakov L. K. Role of omega-3 unsaturated acids in the prevention and treatment of various diseases. *Lechashchiy vrach*, 2018;8:56–61. EDN XYWDAT (in Russ.).

© Шульгина Л. В., Павел К. Г., Тимчишина Г. Н., Бутенко А. Р., Якуш Е. В., 2024

Статья поступила в редакцию 05.05.2024; одобрена после рецензирования 25.05.2024; принята к публикации 31.05.2024.

The article was submitted 05.05.2024; approved after reviewing 25.05.2024; accepted for publication 31.05.2024.

Информация об авторах

Шульгина Лидия Васильевна, доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией технологии переработки гидробионтов, Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ORCID 0000-0002-1767-0129, Author ID: 484469, lvshulgina@mail.ru;

Павел Константин Геннадьевич, кандидат химических наук, ведущий специалист, Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ORCID: 0000-0003-1476-9577, kg.pavel@yandex.ru;

Тимчишина Галина Николаевна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ORCID: 0000-0002-8889-8657, galina.timchishina@tinro.vniro.ru;

Бутенко Александр Русланович, студент магистратуры, Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, alexandr.butenko@tinro.vniro.ru;

Якуш Евгений Валентинович, кандидат химических наук, первый заместитель руководителя, Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ORCID: 0000-0001-7837-5943, evyakush@mail.ru

Information about the authors

Lidiya V. Shulgina, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Hydrobiont Processing Technology, Pacific branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, ORCID: 0000-0002-1767-0129, Author ID: 484469, lvshulgina@mail.ru;

Konstantin G. Pavel, Candidate of Chemical Sciences, Leading Specialist, Pacific branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, ORCID: 0000-0003-1476-9577, kg.pavel@yandex.ru;

Galina N. Timchishina, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, Pacific branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, ORCID: 0000-0002-8889-8657, galina.timchishina@tinro.vniro.ru;

Alexander R. Butenko, Master's Degree Student, Pacific branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, alexandr.butenko@tinro.vniro.ru;

Evgeniy V. Yakush, Candidate of Chemical Sciences, First Deputy Head, Pacific branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, ORCID: 0000-0001-7837-5943, evyakush@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

ПОРЯДОК НАПРАВЛЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К НАУЧНЫМ СТАТЬЯМ, ПУБЛИКУЕМЫМ В ЖУРНАЛЕ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК»

Представленные к публикации статьи должны содержать результаты неопубликованных законченных научных исследований, представлять научную новизну и иметь практическую значимость.

Редакция журнала принимает статьи по следующим научным специальностям:

- 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки).
- 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки).
- 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки).
- 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (биологические науки, ветеринарные науки).
- 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (биологические науки, сельскохозяйственные науки).
- 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки).
- 4.3.3. Пищевые системы (технические науки).

Авторы несут ответственность за соблюдение прав третьих лиц, достоверность сведений, используемых в материалах статьи и достоверность источников, указанных в работе.

Принимаются оригинальные научные статьи, неопубликованные ранее и не отправленные для публикации в другие издания. Проверка на оригинальность проводится в системе «Антиплагиат». Минимальный уровень оригинальности текста – 80 %. Самоцитирование, как и цитирование других авторов, должно быть обоснованным и соответствовать тематике, целям и задачам научной работы.

Допускается самоцитирование в объеме не более 10 %.

Объем научной статьи должен составлять не менее 25 000 знаков с пробелами, что приблизительно соответствует 15–16 страницам текста, набранного шрифтом размером 14 пт, полуторным междустрочным интервалом, включая текст таблиц и аннотацию (в подсчет не включается список источников и переведенный текст).

При подаче статьи авторы указывают: ФИО полностью, место работы, должность, ученое звание, степень, контактную информацию (телефон, e-mail, почтовый адрес для отправки печатной версии журнала).

Обязательно – Author ID (идентификатор автора в РИНЦ).

Желательно – ORCID (международный, открытый идентификатор исследователя и автора). Регистрация на сайте <https://orcid.org/>

Принимается рукопись статьи, имеющая не более 5 авторов.

Структура статьи должна быть разбита на логично взаимосвязанные разделы с использованием следующих подзаголовков: «Введение», «Материалы и методы», «Результаты и обсуждение», «Заключение», «Список источников». Во введении в обязательном порядке указывается цель исследования, в заключении приводятся выводы.

В аннотации указывают существо проведенных автором научных исследований, выполненные автором работы и полученные результаты. Аннотация должна показывать научную новизну и практическую значимость проведенного исследования. Структура аннотации аналогична структуре статьи. *Рекомендуемый объем аннотации – от 200 до 250 слов. При подготовке аннотации необходимо соблюдать следующие правила:*

1) аннотация излагается тезисно, простыми короткими предложениями; при этом начинать каждое предложение рекомендуется с глагола в прошедшем времени (исследовано..., проведен анализ..., доказано..., обосновано... и т. д.);

2) при изложении аннотации нужно использовать простые речевые обороты, не усложнять и не загромождать текст сложными конструкциями; не приводить примеры;

3) аннотация не должна содержать дополнительную интерпретацию или критические замечания автора статьи; в ней также не должно быть информации, которой нет в статье;

4) в аннотации не следует приводить мнения ученых по научной проблеме, делать их аналитический обзор, давать ссылки на использованные источники;

5) необходимо избегать употребления личных местоимений (нами выполнено, мы доказали, на наш взгляд, мы полагаем и т. д.); следует выражаться обезличено;

6) в аннотации не допускается дословное повторение формулировок научной статьи, простое копирование ее положений;

7) в аннотации запрещается разрывать текст на абзацы, а также использовать иллюстрации, таблицы, формулы и сноски.

Текст научной статьи должен быть тщательно вычитан и отредактирован. При этом в процессе редакционно-издательской обработки в текст могут вноситься изменения лингвостилистического характера, а также изменения в части соответствия представления текста требованиям государственных стандартов.

Текст научной статьи набирается в текстовом редакторе с использованием формата листа А4. Размеры полей листа: верхнее, нижнее и правое – по 20 мм; левое – 25 мм. Используется шрифт Times New Roman с кеглем 14 пт (в отношении таблиц, рисунков размер шрифта может понижаться, но не ниже, чем 10 пт; формул – не ниже, чем 12 пт). Принимается полуторный междустрочный интервал (при подготовке таблиц, рисунков, формул допускается одинарный интервал). *Автоматическая расстановка переносов не устанавливается.*

До основного текста статьи приводят на языке текста статьи, а затем повторяют на английском языке (кроме УДК) следующую информацию:

- код УДК;
- через одну строку: *название статьи* (строчными буквами (с первой прописной), полужирным начертанием шрифта, с выравниванием по центру, без абзацного отступа);
- через одну строку: *имя, отчество (при наличии) и фамилия автора (полностью)*;
- на следующей строке – *полное наименование организации*, являющейся местом работы (учебы) автора, с указанием региона, города и страны; адреса электронной почты автора;
- в случае нескольких авторов статьи информация повторяется для каждого автора в отдельности; при этом, если все авторы статьи работают (обучаются) в одной организации, место работы (учебы) каждого автора отдельно не указывается;
- через одну строку – *Аннотация*;
- на следующей строке – *Ключевые слова*. Количество ключевых слов (словосочетаний) не должно быть меньше 5 и больше 10 слов (словосочетаний), отражающих предметную и терминологическую область статьи.

После ключевых слов – *Благодарности*, где приводят слова благодарности организациям, научным руководителям и другим лицам, оказавшим помощь в проведении исследования, подготовке статьи, а также сведения о финансировании исследования, подготовки и публикации статьи.

При изложении текста статьи необходимо соблюдать правила:

1. В тексте статьи картинки и фотографии применяются только в случае необходимости, с учетом научной значимости изображения.
2. Рисунки, диаграммы, графики – не цветные. Рисунки должны быть хорошего качества, пригодные для печати. В отдельных случаях, исходя из научной целесообразности, допускается включение цветного изображения.
3. Таблицы, формулы, диаграммы, блок-схемы приводить только в редактируемом формате. Не допускается вставка данных объектов в виде картинок, фотографий, сканированных изображений. Рекомендуется приложить к тексту статьи файлы, в которых содержатся соответствующие объекты, выполненные в программах *Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Visio*.
4. При размещении диаграммы следует подписывать оси, указывая соответствующие величины и их размерность; приводить легенду; а, по возможности, и подписи данных.
5. При создании математических формул допускается использовать «Редактор уравнений» *Microsoft Word*, либо специализированную программу *Math Type* не ниже седьмой версии. Не следует применять редактор формул *Microsoft Equation*.
6. В тексте допустимо использование только общепринятых сокращений, установленных правилами русского языка, и общеизвестных аббревиатур; в остальных случаях – автор обязательно должен давать расшифровку. Это же касается и обозначений, приводимых в формулах, блок-схемах.
7. Подписи к изображениям, рисункам, таблицам, графикам, диаграммам повторяются на английском языке.

При оформлении списка источников следует учитывать:

1. Список источников должен включать только те источники, которые были использованы при проведении исследования и подготовке статьи.
2. Список источников – не менее 10 и не более 20 источников, в том числе
 - не менее 50 % ссылок на публикации из периодических изданий – журналов за последние 5 лет;
 - не менее 30 % ссылок – на публикации из ядра РИНЦ;
 - допускается не более 10 % ссылок старше 10 лет; ссылки на такие источники должны быть логически обоснованы;
 - ссылки на материалы конференции – не более 3 лет после опубликования материалов;
 - в числе источников должно быть не менее 20 % зарубежных публикаций.

3. В список источников **не включаются** неопубликованные работы, учебники и учебные пособия, тезисы материалов конференций, сведения о положительных решениях и заявках на получение патентов на изобретения и полезные модели, диссертации. При необходимости сослаться на результаты диссертационного исследования – в списке приводятся журнальные статьи, опубликованные по результатам исследования или автореферат диссертации.

4. Не рекомендуется ссылаться на издания, недоступные для большинства читателей и не имеющие авторства (ведомственные издания и инструкции, ГОСТ, СНИП, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах и журналах, общепринятые методики, официальные сайты и т. д.). Ссылка на данные документы оформляется в тексте (закljučаются в круглые скобки) или оформляется подстрочными ссылками в соответствии с ГОСТ Р 7.05–2008.

5. При ссылке на нормативный документ обязательно указывать дату его принятия, номер и название нормативного акта.

6. *Список источников оформляют в соответствии с ГОСТ 7.0.5–2008. «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».*

При этом нужно учесть, что в заголовке описания источника (перед названием) указываются все авторы. В случае, если авторов больше шести, то указывают первые шесть авторов и далее ставится приписка и др. Менять очередность авторов в изданных источниках не допускается.

7. Список источников составляется в порядке упоминания в тексте. В тексте ссылки на цитируемую литературу приводятся в квадратных скобках в конце предложения перед точкой, с указанием порядкового номера ссылки и страницы, например: [2], [1, С. 15]. **При отсутствии ссылки в тексте, при редакционно-издательской обработке источник будет удален из списка.**

8. Библиографическое описание источника приводится на языке, на котором он опубликован.

9. Ссылки должны быть верифицированы, выходные данные проверены на официальном сайте журналов или издательств, в РИНЦ.

10. При наличии идентификатора статьи DOI и (или) EDN – он приводится в обязательном порядке в конце библиографического описания источника.

11. Ссылка на электронный ресурс должна отсылать читателя непосредственно на цитируемый источник, а не на страницу сайта, где он размещен.

12. Если журнал издается только в электронном виде – ссылка оформляется на электронный ресурс, с указанием даты обращения к источнику.

Информация об авторах статьи. По каждому автору статьи необходимо привести:

- фамилия, имя и отчество (при наличии) – полностью;
- ученую степень (при наличии);
- ученое звание (при наличии);
- для авторов, не имеющих ученой степени и ученого звания, указывается занимаемая должность (например, младший научный сотрудник, старший преподаватель и т. д.);
- если автором является обучающийся, указывается категория обучающегося (например, аспирант, студент магистратуры и т. д.);
- наименование организации, являющейся основным местом работы (учебы);
- адрес электронной почты.

Вклад авторов. Сведения о вкладе каждого автора, если статья имеет несколько авторов, приводят после «Информации об авторах». Кратко описывается личный вклад каждого автора (идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи и т. д.) либо указывается – все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов. Приводится информация о конфликте интересов либо его отсутствии. Автор обязан уведомить редакцию о реальном или потенциальном конфликте интересов. Если конфликта интересов нет, автор должен также сообщить об этом. Пример формулировки: «Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

Обращаем внимание, что переводятся на английский язык: информация об авторах, аннотация, ключевые слова, благодарности, подписи к изображениям, рисункам, таблицам, графикам, диаграммам.

Электронная версия статьи передается по электронной почте на адрес издания:

dvagrovestnik@dalgau.ru

При наличии замечаний по научной статье, они направляются автору на указанный им адрес электронной почты. Автор обязуется ответить на замечания в течение пяти рабочих дней с даты получения письма или связаться с редакцией с просьбой продления срока. В противном случае автор несет риск неопубликования статьи в текущем номере издания.

РЕДАКЦИЯ:

Михайлов А. А. – редактор, ведущий специалист по редакционно-издательской подготовке Центра публикационной активности Дальневосточного ГАУ;

Сысоенко В. В. – переводчик, ст. преподаватель кафедры гуманитарных дисциплин Дальневосточного ГАУ;

Борденюк Д. В. – специалист по информационным ресурсам, ведущий программист центра информатизации учебного процесса Дальневосточного ГАУ;

Черных Е. И. – корректор

675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86, каб. 301,
редакция журнала «Дальневосточный аграрный вестник»

тел. (факс) (4162) 995127

тел. (4162) 995115 – главный редактор; e-mail: tikhonchukp@rambler.ru

тел. (4162) 995147 – редакция журнала; e-mail: DVagrovestnik@dalgau.ru