

БИОФУНГИЦИДЫ В ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Н.Г. Власенко, доктор биологических наук, академик РАН, **С.В. Бурлакова**, кандидат сельскохозяйственных наук, **М.Т. Егорычева**, кандидат сельскохозяйственных наук

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН,
630501, Новосибирская обл., пос. Краснообск
E-mail: nvlasenko@sfsca.ru

Исследования проводили с целью изучения эффективности применения биофунгицидов при выращивании яровой пшеницы. Работу выполняли в 2019–2021 гг. в Новосибирской области. Возможности использования микробиологических препаратов Триходермин, Споробактерин и Фитоспорин-М для защиты яровой пшеницы от болезней изучали на сорте Новосибирская 31. Оценивали влияние биологических препаратов на развитие листовых болезней, ростовые процессы и урожайность пшеницы. Развитие листовых инфекций было умеренным. Против септориоза в фазе начала молочной спелости зерна эффективность Фитоспорина-М составляла 47,3 %, фунгицида Титул Дуо – 67,7 %, в сочетании с обработкой семян – 31,2...75,3 %. Против мучнистой росы эффективность обработки семян Триходермином, Споробактерином, Скарлетом и опрыскивания посевов Титулом Дуо варьировала от 6,7 до 52,2 %, против бурой листовой ржавчины – от 82,6 до 95,6 %. Обработка посевов Фитоспорином-М и ее сочетание с обработкой семян не оказывала сдерживающего воздействия на эти листовые болезни. Рост площади флагового листа в опыте, относительно контроля (11,7 см²), составил 9,4...41,9 %, наибольшей она была в вариантах Триходермин + Титул Дуо и Споробактерин + Титул Дуо. При сочетании обработки семян биопрепаратами и посевов Фитоспорином-М и Титулом Дуо отмечено увеличение длины колоса на 8,1...17,9 %, количества колосков – на 6,1...14,4 %, зерен в колосе – на 21,8...43,4 %, массы зерна с колоса – на 28,9...61,1 %. Масса 1000 зерен возрастала во всех вариантах опыта на 2,7...14,0 %. Сопоставимыми по урожайности были варианты Триходермин + Титул Дуо, Споробактерин + Титул Дуо и Скарлет + Титул Дуо, обеспечившие увеличение сбора зерна на 0,75, 0,72 и 0,80 т/га соответственно, обработка посевов Фитоспорином-М позволила сформировать дополнительный урожай, относительно контроля (2,31 т/га), на уровне 0,25 т/га, Титулом Дуо – 0,66 т/га.

BIOFUNGICIDES IN THE CULTIVATION TECHNOLOGY OF SPRING WHEAT

N.G. Vlasenko, S.V. Burlakova, M.T. Egorycheva

Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnologies
of the Russian Academy of Sciences,
630501, Novosibirskaya obl., pos. Krasnoobsk
E-mail: nvlasenko@sfsca.ru

In order to reduce the pesticide load on agrocenoses, studies of the effectiveness of biofungicides in the cultivation of spring wheat are very significant. Studies were carried out in 2019–2021 on the experimental field of the plant protection department of the SFNCA RAS, located in the forest-steppe zone of Priobye. The possibilities of using microbiological preparations Trichodermin, Sporobacterin and Fitosporin-M to protect spring wheat from diseases were studied on crops of the Novosibirskaya 31 variety. The effect of biological preparations on the development of leaf diseases as well as on the growth processes and yield of wheat was studied. The development of leaf infections was moderate. Against septorioses in the phase of the beginning of milk maturity of grain efficiency of the treatments of crops with Fitosporin-M and fungicide Titul Duo was 47,3 % and 67,7 %, in combination with the treatment of seeds – 31,2–75,3 %. Against powdery mildew, the efficiency of seed treatment with Trichodermin, Sporobacterin, Scarlet, and crop treatment with fungicide Titul Duo ranged from 6.7 % to 52.2 %, and against leaf rust, from 82.6 % to 95.6 %. Treatment of crops with Fitosporin-M and its combination with seed treatment had no deterrent effect on these leaf diseases. Growth of the flag leaf area in the experiment was 9,4–41,9 % relative to control (11,7 cm²); it was greatest in Trichodermin+Titul Duo and Sporobacterin+Titul Duo variants. Treatment of seeds and crops with preparations had an effect on the structure of the wheat ear. The combined treatment of the seeds with biological preparations and sowing of wheat with Fitosporin-M and Titul Duo resulted in the increase of such indices as the ear length (by 8,1–17,9 %), number of ears (by 6,1–14,4 %) and grains (by 21,8–43,4 %) in an ear, weight of grains per ear (by 28,9–61,1 %). Weight of 1000 grains increased significantly in all variants of the experiment by 2.7–14.0 %. Trichodermin + Titul Duo, Sporobacterin + Titul Duo, and Scarlet + Titul Duo were comparable in yield, 0.75 t/ha, 0.72 t/ha, and 0.80 t/ha, respectively; treatment of the crops with Fitosporin-M and Titul Duo resulted in additional 0.25 t/ha and 0.66 t/ha of the control (2.31 t/ha).

Ключевые слова: яровая пшеница (*Triticum aestivum* L.), биофунгициды, обработка семян и посевов, болезни, площадь листьев, структура колоса, урожайность.

Key words: spring wheat (*Triticum aestivum* L.), biofungicides, seed and crop treatment, diseases, leaf area, ear structure, yield.

Биологизация земледелия становится настоящим трендом в нашей стране, но бережное отношение к окружающей среде должно быть подкреплено современными научными разработками, а также обязательным экспертным и консультационным сопровождением. В России сейчас производят десятки наименований биопрепаратов, но далеко не все они обладают заявленной эффективностью [1]. Применение биопрепаратов сокращает риск загряз-

нения окружающей среды и выращиваемой продукции, усиливает саморегулирующую способность агрофитоценоза, способствует сохранению урожая с минимальными затратами. Речь не идет о полной замене химических препаратов на биологические, но в случае невысокого развития болезней такой подход возможен [2].

У биологических препаратов расширен период применения, благодаря малому сроку ожидания после об-

работки их можно использовать практически в любой стадии развития растений [3]. Экологически безопасные биопрепараты при грамотном использовании (системные обработки, своевременное применение и др.) не только обеспечивают высокий урожай, но и повышают его качество.

Интерес к биологическим препаратам возрастает еще и из-за того, что многие из них обладают антистрессовым эффектом, повышая устойчивость растений к абиотическим факторам внешней среды [4, 5], а также обеспечивают стимуляцию роста и развития растений [6, 7]. Весьма актуальны экологически и экономически обоснованные исследования по поиску высокоэффективных биофунгицидов, ускоряющих рост растений, способных контролировать фитосанитарное состояние посевов и оказывать прямое или опосредованное положительное воздействие на биогенность почвы [8, 9]. В последние годы наиболее широко для защиты зерновых культур от болезней используют препараты на основе грибов родов *Trichoderma*, *Streptomyces*, различных видов и штаммов бактерий родов *Bacillus* и *Pseudomonas* и др. [10, 11].

Цель исследований – изучение возможностей включения биопрепаратов в систему защиты яровой пшеницы от листовых инфекций в условиях лесостепи Приобья.

Основной задачей исследований было определить влияние обработки семян и посевов биопрепаратами на основе *Trichoderma viride* и *Bacillus subtilis* на фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы и урожайность зерна.

Методика. Работу выполняли в 2019–2021 гг. на опытном поле отдела защиты растений СФНЦА РАН, расположенном в Центральном-лесостепном Приобском агроландшафтном районе Новосибирской области. Возможность использования микробиологических препаратов Триходермин, Споробактерин и Фитоспорин-М для защиты яровой пшеницы от болезней изучали на посевах сорта Новосибирская 31, которые размещали по паровому предшественнику. Посев осуществляли сеялкой СЗС-2,1 с анкерными сошниками, норма высева – 6 млн всхожих семян на 1 га.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемошный среднегумусный среднесуглинистый. Содержание гумуса (по Тюрину) в пахотном слое составляло 5,2 %, нитратного азота – 8,3 мг/кг; подвижного фосфора (по Карпинскому-Замятиной) – 0,79 мг/кг, подвижного калия (по Чирикову) – 180 мг/кг почвы.

Предпосевная обработка семян предусматривала следующие варианты: без обработки (контроль); Триходермин, П (*Trichoderma viride*, титр более 6 млрд спор/г, 80 г/т); Споробактерин, СП (*Bacillus subtilis* + *Trichoderma viride*, штамм 4097, 0,5 кг/т); Скарлет, МЭ – химический эталон (имазалил, 100 г/л + тебуконазол, 60 г/л, 0,3 л/т). Норма расхода рабочего раствора 10 л/т семян, площадь делянки 44,1 м² (2,1 м × 21 м), расположение последовательное в один ярус, повторность – 4-кратная. Применение препаратов по вегетирующим растениям предусматривало следующие варианты: без обработки (контроль); Фитоспорин-М, П (*Bacillus subtilis*, штамм 26 Д, титр живых спор и клеток не менее 2 млрд/г, 0,4 кг/га) в фазы кушения и колошения культуры; фунгицид Титул Дуо, ККР (пропиконазол, 200 г/л + тебуконазол, 200 г/л), 0,32 л/га в фазе колошения культуры. Варианты по обработке посевов накладывали на схему опыта методом расщепленных делянок.

Норма расхода рабочей жидкости – 200 л/га. Фоновое опрыскивание против злаковых и двудольных сорняков проводили в фазе кушения пшеницы баковой

смесью гербицидов Аксил, КЭ (1 л/га) + Примадонна, СЭ (0,4 л/га) + Гекстар, ВДГ (10 г/га). Норма расхода рабочей жидкости – 270 л/га.

Изучали воздействие биофунгицидов на развитие септориоза, мучнистой росы и бурой листовой ржавчины в фазе начала молочной спелости зерна [13], на площадь флагового листа [14], структуру колоса и крупность зерна [15]. Урожай учитывали методом прямого комбайнирования комбайном Сампо, выход зерна приводили к 14 %-ной влажности и 100 %-ной чистоте. Статистическую обработку данных проводили с использованием прикладных программ Snedecor, Excel [16].

Метеоусловия в годы исследований существенно различались. В целом 2019 г. был неблагоприятным для формирования высокой продуктивности растений. Всего за вегетационный период выпало 189 мм осадков, что меньше нормы на 43 мм, при этом в мае приход атмосферной влаги составил 43 мм, в июне – 26, в июле – 98, в августе – 22 мм (среднегодовое значение – соответственно 36, 58, 72, 66 мм). Среднесуточная температура воздуха в мае составляла 10,9 °С, в июне – 16,4 °С, в июле – 19,2 °С, в августе – 18,3 °С (среднегодовое значение – соответственно 10,3, 16,7, 19,0, 15,8 °С). Вегетационный период 2020 г. характеризовался повышенной теплообеспеченностью и достаточной увлажненностью. Сумма осадков за вегетационный период с мая по август составила 245 мм, их распределение по месяцам было крайне неравномерным, в мае выпало 54, в июне – 24, в июле – 85, в августе – 82 мм при температуре воздуха 16,5, 16,6, 19,6 и 18,6 °С соответственно. В 2021 г. температура воздуха в мае составила – 14,3 °С, в июне – 16,2 °С, в июле – 19,6 °С, в августе – 18,1 °С. Осадков выпало на 45 мм меньше среднегодовое значение: 187 мм за вегетационный период, в том числе в мае – 25, в июне – 73, в июле – 22, в августе – 67 мм.

Результаты и обсуждение. Условия вегетационных периодов способствовали умеренному развитию септориоза, мучнистой росы, а также низкому развитию бурой листовой ржавчины. В фазе начала колошения пшеницы пораженность растений септориозом варьировала по годам исследований от 4,8 до 5,1 %, мучнистой росой – от 1,0 до 2,5 %.

К фазе молочной спелости зерна развитие септориоза возросло до 5,4...14,2 %, мучнистой росы – до 5,6...10,8 %, появилась бурая листовая ржавчина, степень развития которой варьировала от 0,4 до 6,1 %. Обработка посевов пшеницы Фитоспорином-М в период молочной спелости зерна оказала подавляющее воздействие только на возбудителей септориоза, биологическая эффективность составила 47,3 %. Применение препарата по фону протравливания семян фунгицидом Скарлет повышало величину этого показателя до 50,5 %, а комплексное использование биопрепаратов (обработка семян и опрыскивание посевов) обеспечило подавление болезни на 40,9 и 31,2 % (табл. 1).

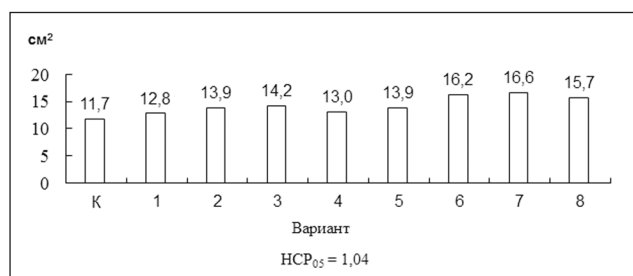
Опрыскивание посевов пшеницы химическим фунгицидом Титул Дуо в сочетании с предпосевной обработкой семян Триходермином или Споробактерином обеспечило к концу вегетации максимальное в опыте снижение пораженности растений септориозом на 75,3 и 63,4 %, бурой листовой ржавчиной – на 86,9 и 82,6 %. Мучнистую росу комплекс Триходермин + Титул Дуо подавлял на 42,2 %. Эффективность указанных сочетаний препаратов была ниже, чем у химических эталонов Скарлет и Титул Дуо, у которых против бурой листовой ржавчины и мучнистой росы она составляла 95,6 и 52,2 %. В отношении септориоза величина этого показателя находилась на одном уровне с другими вариантами – 71,0 %.

Табл. 1. Влияние биопрепаратов на развитие листовых инфекций на посевах яровой пшеницы в фазе начала молочной спелости (среднее за 2019–2021 гг.), %

Вариант	Септориоз		Мучнистая роса		Бурая ржавчина	
	разви- тие бо- лезни	эффе- ктив- ность	разви- тие бо- лезни	эффе- ктив- ность	разви- тие бо- лезни	эффе- ктив- ность
Контроль	9,3	-	9,0	-	2,3	-
Фитоспорин-М	4,9*	47,3	10,0	0	2,6	0
Триходермин + Фитоспорин-М	5,5*	40,9	10,6	0	2,6	0
Споробактерин + Фитоспорин-М	6,4*	31,2	10,4	0	2,3	0
Скарлет + Фитоспорин-М	4,6*	50,5	10,2	0	3,1	0
Титул Дуо	3,1*	66,7	5,3*	41,1	0,3*	86,9
Триходермин + Титул Дуо	2,3*	75,3	5,2*	42,2	0,3*	86,9
Споробактерин + Титул Дуо	3,4*	63,4	8,7	6,7	0,4*	82,6
Скарлет + Титул Дуо	2,7*	71,0	4,3*	52,2	0,1*	95,6

*варианты достоверно отличаются от контроля на уровне P_{05} по критерию U – Манна-Уитни.

Обработка семян и посевов препаратами оказывала влияние на формирование фотосинтетического аппарата пшеницы. Было отмечено в большей или меньшей степени ростостимулирующее воздействие различных комбинаций препаратов на площадь флагового листа (см. рисунок). В опыте рост величины этого показателя, относительно контроля, составил 9,4...41,9 %. Существенное увеличение площади флагового листа отмечали в вариантах с обработкой семян Триходермином или Споробактерином и посевов Фитоспорином-М – соответственно на 18,8 и 21,4 %, при обработке семян Триходермином или Споробактерином и посевов Титулом Дуо – на 38,5 % и 41,9 %, при обработке посевов фунгицидом Титул Дуо – на 18,8 %. В варианте с применением химических препаратов площадь флагового листа возросла, относительно контроля, на 34,2 %.

**Влияние обработок семян и посевов биопрепаратами на площадь флагового листа (среднее за 2019–2021 гг.), см²:**

К – контроль; 1 – Фитоспорин-М; 2 – Триходермин + Фитоспорин-М; 3 – Споробактерин + Фитоспорин-М; 4 – Скарлет + Фитоспорин-М; 5 – Титул Дуо; 6 – Триходермин + Титул Дуо; 7 – Споробактерин + Титул Дуо; 8 – Скарлет + Титул Дуо.

Обработка семян и посевов препаратами оказывала влияние на структуру колоса пшеницы (табл. 2). При сочетании обработки семян биопрепаратами Триходермин или Споробактерин и посевов пшеницы Фитоспорином-М наблюдали тенденцию роста длины колоса (на 8,1...10,6 %), количества колосков (на 6,1...6,2 %) и зерен (на 21,8...23,3 %) в колосе, массы зерна с колоса (на 28,9...30,0 %) и достоверное их увеличение при обработке семян фунгицидом Скарлет (на 12,8, 11,1, 27,2 и 32,2 % соответственно). При сочетании обработки семян и посевов Титулом Дуо все

Табл. 2. Влияние обработки семян и посевов препаратами на структуру урожая и урожайность яровой пшеницы (среднее за 2019–2021 гг.)

Вариант	Колос				Масса 1000 зерен, г	Урожайность, т/га
	длина, см	количество колосков, шт.	количество зерен, шт.	масса зерна, г		
Контроль	8,77	15,37	30,20	0,90	29,36	2,31
Фитоспорин-М	9,42	16,28	32,73	1,00	30,14	2,56
Триходермин + Фитоспорин-М	9,48	16,33	36,80	1,16	30,79	2,53
Споробактерин + Фитоспорин-М	9,70	16,31	37,24	1,17	30,94	2,67
Скарлет + Фитоспорин-М	9,89	17,08	38,42	1,19	30,87	2,60
Титул Дуо	9,37	16,09	36,23	1,18	32,80	2,97
Триходермин + Титул Дуо	10,05	16,85	37,82	1,27	33,43	3,06
Споробактерин + Титул Дуо	9,64	16,61	37,66	1,24	33,27	3,03
Скарлет + Титул Дуо	10,34	17,58	43,31	1,45	33,48	3,11
HCP ₀₅	0,97	1,24	5,62	0,22	0,70	0,19

указанные показатели возрастали на 9,9...17,9; 8,1...14,4; 24,7...43,4 и 37,8...61,1 %. Масса 1000 зерен существенно повышалась во всех вариантах опыта на 2,7...14,0 %. Длина колоса и количество колосков в колосе были выше при обработке семян Триходермином и посевов Титулом Дуо, а также при протравливании семян эталоном Скарлет с опрыскиванием посевов Титулом Дуо. Масса зерна с колоса и масса 1000 зерен были наибольшими при сочетании обработки семян любым из изучаемых препаратов с опрыскиванием посевов фунгицидом Титул Дуо.

Во всех вариантах опыта происходило достоверное увеличение урожайности пшеницы. Сочетание каждого из препаратов для обработки семян с обработкой посевов Фитоспорином-М повышало сбор зерна на 0,22...0,36 т/га относительно контроля, а наибольшая прибавка урожая получена при обработке семян Споробактерином и посевов Фитоспорином-М.

Обработка семян биопрепаратами или Скарлетом с последующим опрыскиванием посевов фунгицидом Титул Дуо обеспечила наибольшие прибавки урожая. В среднем за годы исследований сопоставимыми по урожайности были варианты Триходермин + Титул Дуо, Споробактерин + Титул Дуо и Скарлет + Титул Дуо, в которых ее рост, по отношению к контролю (2,31 т/га), составил 0,75 т/га, 0,72 т/га и 0,80 т/га соответственно.

Выводы. Эффективность Фитоспорина-М и фунгицида Титул Дуо против септориоза на фоне умеренного развития листовых инфекций, составила соответственно 47,3 и 67,7 %, в сочетании с обработкой семян – 31,2...75,3 %. Эффективность обработки семян Триходермином, Споробактерином, Скарлетом и обработки посевов Титулом Дуо против мучнистой росы варьировала от 6,7 до 52,2 %, против бурой листовой ржавчины – от 82,6 до 95,6 %.

Препараты оказывали на культуру ростостимулирующее влияние. Наибольшая площадь флагового листа пшеницы отмечена в вариантах Триходермин + Титул Дуо и Споробактерин + Титул Дуо, в которых она была на 38,5 % и 41,9 % выше относительно контроля (11,7 см²). При сочетании обработки семян любым из изучаемых препаратов с опрыскиванием посевов Фитоспорином-М, или фунгицидом Титул Дуо длина колоса возрастала на 8,1...17,9 %, количество колосков – на 6,1...14,4 %, зерен в колосе – на 21,8...43,4 %, масса

зерна с колоса – на 28,9...61,1 % (для всех перечисленных сочетаний). Масса 1000 зерен во всех вариантах опыта увеличивалась на 2,7...14,0 %.

Наибольший рост урожая зерна отмечали при использовании сочетаний Триходермин + Титул Дуо, Споробактерин + Титул Дуо и Скарлет + Титул Дуо – на 0,75, 0,72 и 0,80 т/га соответственно. Положительное влияние на урожайность оказывали также обработки посевов Фитоспорином-М и Титулом Дуо, что позволило получить дополнительно 0,25 т/га и 0,66 т/га зерна, относительно контроля (2,31 т/га).

Обработки семян биофунгицидами в сочетании с фунгицидной обработкой посевов могут быть рекомендованы для включения в технологии выращивания яровой пшеницы с целью повышения ее продуктивности, снижения токсической нагрузки на ценоз.

Литература

1. Зыков С. А. Биопрепараты в современном земледелии // Агрофорум. 2019. № 3. С. 21–27.
2. Ямалиева А. М., Апаева Н. Н. Применение биопрепаратов при возделывании яровой пшеницы // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2019. Т. 5. № 4. С. 432–439. doi: 10.30914/2411-9687-2019-5-4-432-439.
3. Монастырский О. А., Першакова Т. В. Современные проблемы и решения создания биопрепаратов для защиты сельскохозяйственных культур от возбудителей болезней // АгроXXI. 2009. № 7–9. С. 3–5.
4. Поварницына А. В., Шитикова А. В. Биопрепараты: значение в современном земледелии // Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XIX Международной научно-практической конференции. Пенза: ООО «Наука и Просвещение», 2021. С. 174–178.
5. Ласточкина О. В. Адаптация и устойчивость растений пшеницы к засухе, опосредованная природными регуляторами роста *Vaccillus spp.*: механизмы реализации и практическая значимость // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 5. С. 843–867. doi: 10.15389/agrobiol.2021.5.843rus.
6. Ali S., Moon Y. S., Hamayun M., Khan M. A., Bibi K., Lee I. J. Pragmatic role of microbial plant biostimulants in abiotic stress relief in crop plants // Journal of Plant Interactions. 2022. Vol. 17. No. 1. P. 705–718. doi: 10.1080/17429145.2022.2091801.
7. Брескина Г. М., Чуян Н. А., Панкова Т. И. Действие биопрепаратов на рост и развитие сельскохозяйственных культур // Земледелие. 2021. № 3. С. 27–30. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10306.
8. O'Brien P. A. Biological control of plant diseases // Australasian Plant Pathology. 2017. Vol. 46. P. 293–304. doi: 10.1007/s13313-017-0481-4.
9. Tariq M., Khan A., Asif M., Khan F., Ansari T., Shariq M., Siddiqui M. A. Biological control: a sustainable and practical approach for plant disease management // Acta Agriculturae Scandinavica: Section B – Soil and Plant Science. 2020. Vol. 70. No. 6. P. 507–524. doi: 10.1080/09064710.2020.1784262.
10. Санин С. С., Назарова Л. Н., Неклеса Н. П., Полякова Т. М., Гудвин С. Эффективность биопестицидов и регуляторов роста растений в защите пшеницы от болезней // Защита и карантин растений. 2012. № 3. С. 16–18.
11. Puyat A. Advent of Trichoderma as a bio-control agent – A review // Journal of Applied and Natural Science. 2016. Vol. 8. No 2. P. 1100–1109. doi: 10.31018/jans.v8i2.927
12. Практические рекомендации по диагностике, учету и защите пшеницы от бурой ржавчины, септориоза и мучнистой росы / С. С. Санин, Г. В. Пыжикова, Н. П. Неклеса и др. М.: Агро НИИТЭИПП, 1988. 28 с.
13. Дмитриев Н. Н., Хуснидинов Ш. К. Методика ускоренного определения площади листовой поверхности сельскохозяйственных культур с помощью компьютерной технологии // Вестник Красноярского аграрного университета. 2016. № 7. С. 88–93.
14. Еценко В. Е., Трифонова М. Ф., Копытко П. Г. Основы опытного дела в растениеводстве М.: Колос С, 2009. 268 с.
15. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. 2-е изд. Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2012. 282 с.

Поступила в редакцию 07.06.2023

После доработки 27.06.2023

Принята к публикации 11.07.2023