

## ПОВЫШЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И СНИЖЕНИЕ ВРЕДНОСТИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ БОЛЕЗНЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АКРИЛОВОГО ГИДРОГЕЛЯ И БЕЛКОВОГО СТИМУЛЯТОРА РОСТА

Л.Е. Колесников<sup>1,2</sup>, кандидат биологических наук, М.В. Успенская<sup>2</sup>, доктор технических наук,  
М.И. Кременевская<sup>3</sup>, доктор технических наук,  
А.Г. Орлова<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, Е.В. Зувев<sup>4</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук,  
Ю.Р. Колесникова<sup>4</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,  
196601, Санкт-Петербург -Пушкин, Петербургское ш., 2  
E-mail: kleon9@yandex.ru

<sup>2</sup>Национальный исследовательский университет ИТМО, Международный научный центр Биоинженерии,  
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский просп., 49  
E-mail: mv\_uspenskaya@itmo.ru

<sup>3</sup>Национальный исследовательский университет ИТМО, факультет биотехнологий (БиоТех),  
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9  
E-mail: mikremenevskaia@itmo.ru

<sup>4</sup>Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова,  
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 42-44  
E-mail: e.zuev@vir.nw.ru

*Исследование проводили с целью определения эффективности полимерного гидрогеля на основе акрилата калия и белкового стимулятора роста растений, выработанного из побочного продукта переработки крупного рогатого скота (спилок гольевой говьяжж), на сортах мягкой пшеницы и тритикале. Оценку проводили по результатам измерения 19-и показателей, характеризующих морфологические особенности растений и структуру урожайности. Влияние изучаемых средств на снижение интенсивности развития гельминтоспориозной корневой гнили и желтой ржавчины определяли с использованием общепринятых и дополнительных (число пестуль, число и длина полос с пестульями, площадь пестульи и др.) показателей. Препараты вносили в почву при посеве. Схема опыта предусматривала следующие варианты: без препаратов (контроль, К); гидрогель в дозах 30 кг/га (0,5G) и 60 кг/га (1G); гидрогель 30 кг/га + белковый стимулятор 20 кг/га (0,5G:1S); гидрогель 60 кг/га + белковый стимулятор 40 кг/га (1G:2S). Совместное применение препаратов в полифункциональном комплексе 1G:2S способствовало максимальному повышению средней потенциальной урожайности мягкой пшеницы и тритикале. Это было обусловлено ростом полевой всхожести (на 32,1%), ускорением созревания (на 9,1%), а также снижением поражения растений корневой гнилью (на 8,1%), по сравнению с контролем. В варианте опыта 1G зарегистрирована максимальная в опыте урожайность единичного растения. Это можно объяснить наибольшим ростом продуктивной кустистости (на 26,5%); массы корней (на 68,9%), числа узловых корней (на 52,2%); числа колосков в колосе (на 7,7%) по сравнению с контролем, а также минимальным в опыте поражением растений желтой ржавчиной.*

## INCREASE IN THE YIELD OF CEREALS AND DECREASE IN THE HARMFULNESS OF PATHOGENS WHEN USING ACRYLIC HYDROGEL AND PROTEIN GROWTH STIMULATOR

Kolesnikov L.E.<sup>1,2</sup>, Uspenskaya M.V.<sup>2</sup>, Kremenevskaya M.I.<sup>3</sup>, Orlova A.G.<sup>1</sup>, Zuev E.V.<sup>4</sup>, Kolesnikova Yu.R.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University,  
196601, Sankt-Peterburg-Pushkin, Peterburgskoe sh., 2  
E-mail: kleon9@yandex.ru

<sup>2</sup>ITMO University, International Scientific and Research Institute of Bioengineering,  
197101, Sankt-Peterburg, Kronverkskii prosp., 49  
E-mail: mv\_uspenskaya@itmo.ru

<sup>3</sup>ITMO University, Faculty of Biotechnologies,  
191002, Sankt-Peterburg, ul. Lomonosova, 9  
E-mail: mikremenevskaia@itmo.ru

<sup>4</sup>Federal Research Center the Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR),  
190000, Sankt-Peterburg, ul. Bol'shaya Morskaya, 42-44  
E-mail: e.zuev@vir.nw.ru

*The polymer hydrogel based on potassium acrylate and the protein plant growth stimulant developed from a beef shin split (as a by-product of cattle processing) effectiveness on soft wheat and triticale cultivars was studied. The preparations effect on the grain crops productivity was revealed by measuring 19 indicators that characterize the plants morphological features and the yield structure. Their effect on reducing the intensity of helminthosporous root rot and yellow (stripe) rust was evaluated using generally accepted and additional indicators (in particular the pustules number (the strips number and length (the pustule area, etc.)). The preparations were introduced into the soil simultaneously with the sowing of wheat and triticale. The experience scheme included the following options: without preparations applying into the soil (control, K); hydrogel 30 kg / ha (0.5 G); hydrogel 60 kg/ha (1G); hydrogel 30 kg / ha + protein stimulant 20 kg / ha (0.5 G:1S); hydrogel 60 kg/ha + protein stimulant 40 kg/ha (1G:2S). The preparations combined application in the polyfunctional complex 1G:2S contributed to the maximum increase in the average potential yield of soft wheat and triticale. This effect was caused by an increase in field germination of seeds (by 32.1%) and an acceleration of plant maturation (by 9.1%), as well as a decrease in plant damage by root rot (by 8.1%), compared with the control. In the 1G variant of the experiment (the maximum yield of a single plant in the experiment was registered. This can be explained by the maximal increase in the productive bushiness (by 26.5%); the root weight (by 68.9%) (the number of nodal roots (by 52.2%); the number of spikelets per spike (by 7.7%) compared to the control, as well as the minimum plants damage by yellow rust in the experiment.*

**Ключевые слова:** полимерный гидрогель, белковый стимулятор роста, мягкая пшеница, тритикале, элементы продуктивности, болезни зерновых культур

**Key words:** polymer hydrogel, protein growth stimulant, soft wheat (triticale, productivity elements, diseases of grain crops

Производство зерновых культур в Российской Федерации имеет стратегическое значение для обеспечения продовольственной безопасности страны [1]. Увеличение продуктивности зерновых может быть обеспечено при максимально возможной реализации их биологического потенциала и улучшении адаптации к условиям возделывания, в том числе повышении устойчивости к вредным организмам [2]. При этом особенно важно обеспечить увеличение качества зерна, в частности содержания белка и клейковины, а также улучшение его технологических свойств [1]. На сегодняшний день возможности сортов реализуются только на 40...50 %, что связано с низким уровнем технологичности производства и недостаточной интенсификации технологий [3, 4].

Важное место при возделывании сельскохозяйственных культур должны занимать инновационные полифункциональные средства интенсификации, включающие комплексы макро- и микроэлементов, аминокислоты, гуминовые вещества и др. [5]. Кроме того, внимание исследователей привлекают полимерные гидрогели, обладающие высокой водосорбирующей способностью, которые могут использоваться в растениеводстве для улучшения влагообеспечения растений [6]. Их применение снижает испаряемость, способствует сохранению продуктивной влаги в корнеобитаемом слое в течение всего вегетационного периода [7].

В исследованиях, выполненных в 2016–2019 гг., была показана перспективность использования белкового стимулятора роста из побочного продукта переработки крупного рогатого скота (спилок гольевой говядины) при возделывании мягкой пшеницы [8, 9]. Его внесение обеспечивало достоверный рост урожайности пшеницы, преимущественно сортов российской селекции, и снижение вредоносности развития болезней

Цель нашего исследования – обоснование перспективности использования полимерного гидрогеля на основе акрилата калия и белкового стимулятора роста из побочного продукта переработки крупного рогатого скота для повышения урожайности и снижения вредоносности возбудителей болезней пшеницы и тритикале.

**Методика.** Работу проводили на кафедре защиты и карантина растений Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, факультетов прикладной оптики и биотехнологий Университета ИТМО. Экспериментальные исследования выполняли в 2019–2020 гг. в условиях опытного поля научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» ФГБНУ «ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова» (ВИР). В исследования были включены сорта мягкой пшеницы Ленинградская 97 (к-62935), Ленинградская 6 (к-64900), Trizo (к-64981, Германия) и сорт тритикале Dua (к-828, Австралия), предоставленные для изучения отделом генетических ресурсов пшениц ВИР.

Объектом исследования выступала влагопоглощающая полимерная гидрогелевая композиция на основе акрилата калия и  $N,N'$ -метиленбисакриламида в качестве сшивающего агента [10]. Полимерный гидрогель на основе акрилата калия был изготовлен по уникальной технологии в Международном научно-исследовательском институте биоинженерии Университета ИТМО.

Технологическую схему процесса синтеза композиционного супервлагоабсорбента можно представить

следующим образом: приготовление реакционной смеси; полимеризация; отмывка гидрогеля от мономеров (удаление золь-фракции); сушка акрилового гидрогелевого композита при температуре не более 40 °С; дробление. Вспомогательная стадия – очистка исходных мономеров и реагентов: персульфат аммония (ПСА) предварительно перекристаллизовывают по стандартной методике для удаления примесей [11], акриловую кислоту (АК) – перегоняют под вакуумом для удаления ингибитора полимеризации. При приготовлении 8N водного раствора гидроксида калия концентрацию КОН определяют титрованием 0,1N раствора соляной кислоты в присутствии фенолфталеина. В качестве окислительно-восстановительной системы используют ПСА –  $N,N,N',N'$ -тетраметилэтилендиамин в мольном соотношении 1:1 [10].

Белковый гидролизат изготовлен по уникальной технологии на мегафакультете пищевых биотехнологий и низкотемпературных систем Университета ИТМО из продуктов переработки убойных животных [12]. В его состав входят в различных сочетаниях полипептиды разной молекулярной массы и аминокислоты, влияющие на урожайность сельскохозяйственных культур и повышающие их устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды. Основным действующим компонентом белкового гидролизата – аминокислота глицин, на долю которой в используемом белковом наполнителе приходится треть от общей массы всех присутствующих аминокислот.

Препараты вносили в почву, одновременно с посевом. Посев пшеницы и тритикале осуществляли в середине мая вручную на делянках площадью 1 м<sup>2</sup>, рядовым способом посева с междурядьями 15 см и расстоянием в ряду 2 см. Повторность трехкратная. Учетная делянка состояла из 6 рядков, в каждом из которых при посеве размещали по 50 зерен. Норма высева – 300 зерен на 1 м<sup>2</sup>, глубина заделки – 5...6 см. Уход за растениями и уборку осуществляли согласно методическим указаниям ВИР [13].

Схема опыта предусматривала следующие варианты: без внесения препаратов в почву (контроль) – К; гидрогель (в перерасчете на возможность связывания 200 мл влаги в почве), 30 кг/га – 0,5G; гидрогель (в перерасчете на возможность связывания 400 мл влаги в почве), 60 кг/га – 1G; гидрогель 30 кг/га + белковый стимулятор 20 кг/га – 0,5G:1S; гидрогель 60 кг/га + белковый стимулятор 40 кг/га – 1G:2S.

Механизм действия исследуемых препаратов на растения основан на том, что полимерные гранулы гидрогеля обволакивают корни пшеницы, образуя защитный чехол и препятствуют их пересыханию (рис. 1), а белковый стимулятор улучшает питание растений.

Продуктивность пшеницы описывали 19-ю показателями, характеризующими морфологические признаки растений в фазах колошения–цветения и созревания, а также структуру урожая выращиваемых культур [14]. В частности, учитывали общую и продуктивную кустистость растений, фазы онтогенеза, площадь флагового и предфлагового листьев (см<sup>2</sup>), массу вегетативной части растения (г) и др. Для определения структуры урожая учитывали число колосков в колосе (шт.), длину колоса (см), массу колоса с зерном (г), число зе-



Рис. 1. Полимерные гранулы гидрогеля на корнях мягкой пшеницы.

рен в колосе (шт.), массу зерен с колоса (г), массу 1000 зерен (г). Кроме того, определяли полевую всхожесть. Объем выборки по каждому варианту опыта составлял 20 растений.

Потенциальную (биологическую) урожайность единичного растения рассчитывали согласно данным по продуктивной кустистости и массе зерен колоса одного растения (г/растение). Применительно к площади посева потенциальную урожайность  $Y_n$  (т/га) определяли по продуктивной кустистости, массе зерен колоса и числу растений, сохранившихся к уборке на 1 м<sup>2</sup>:

$$Y_n = M_k \cdot K_n \cdot P_n \cdot 10000,$$

где  $M_k$  – масса зерен колоса одного растения, г;  $K_n$  – продуктивная кустистость,  $P_n$  – плотность посева, раст./м<sup>2</sup>.

Интенсивность поражения болезнями определяли

с использованием общепринятых (развитие болезни, тип реакции) и дополнительных (число пустул на лист, площадь пустулы – для ржавчинных грибов, число пятен с налетом, площадь пятен с налетом – для мучнистой росы и др.) критериев. Характеристику показателей патогенеза давали по результатам изучения листьев растений в лаборатории с использованием бинокуляра МБС-9 и тринокуляра «Микромед» [15]. Оценка такого комплекса показателей патогенеза позволила расширить возможности статистического анализа данных и повысить точность опыта при определении биологической эффективности акрилового гидрогеля и белкового стимулятора роста, в том числе при совместном применении.

Оценку степени поражения растений гельминтоспориозной корневой гнилью *Bipolaris sorokiana* (Sacc.) Shoem. в фазы кущения (законченное кущение) и колошения–цветения проводили в лабораторных условиях в соответствии с общепринятой методикой [16]. Интенсивность поражения флаговых и предфлаговых листьев возбудителем мучнистой росы *Blumeria graminis* Spreng. определяли в соответствии с графической шкалой условной степени поражения растений [17], учитывали число и площадь пятен с налетом [9]. Интенсивность поражения возбудителем желтой ржавчины *Puccinia striiformis* West. син. *P. glumarum* Eriks. et Henn. оценивали по общепринятой шкале Маннерса. Кроме того, определяли суммарное число пустул на лист, число полос с пустулами, длину полос с пустулами, площадь пустулы и их число в полосе. Площадь пустул и пятен с налетом видов ржавчины и мучнистой росы рассчитывали с предположением об их эллиптической форме [9, 18].

Алгоритм статистической обработки результатов полевого опыта был основан на создании электронной базы данных сначала в электронных таблицах Microsoft Excel, далее в программной платформе IBM SPSS Statistics. При расчетах использовали методы параметрической статистики на основе расчета стандартных ошибок средних  $\pm$ SEM, 95 %-ных доверительных интервалов и t-критерия Стьюдента.

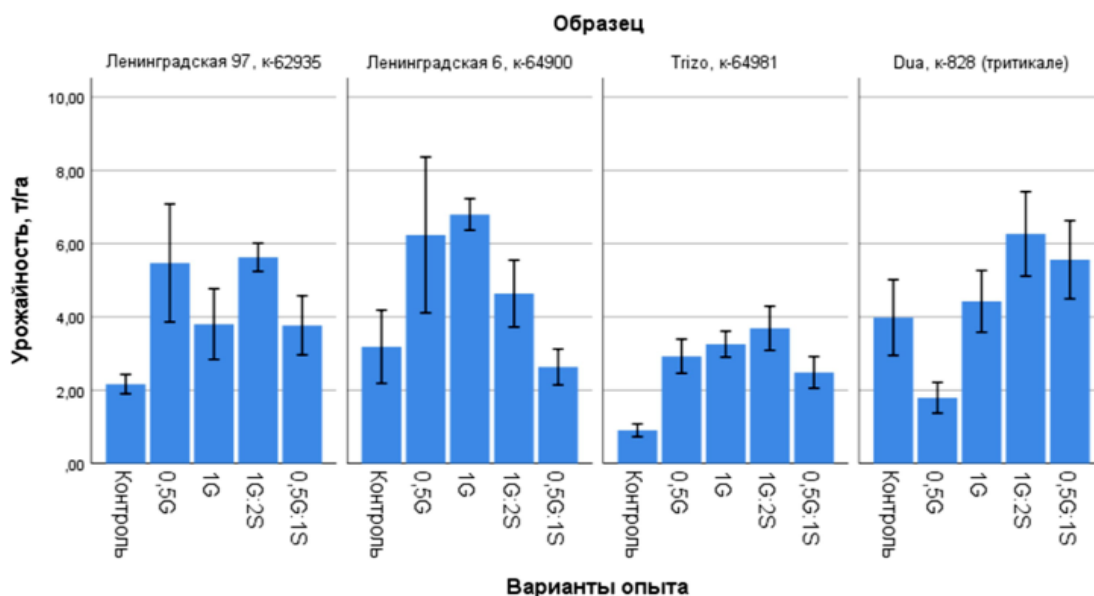


Рис. 2. Урожайность мягкой пшеницы и тритикале при использовании полимерного гидрогеля и белкового стимулятора роста.

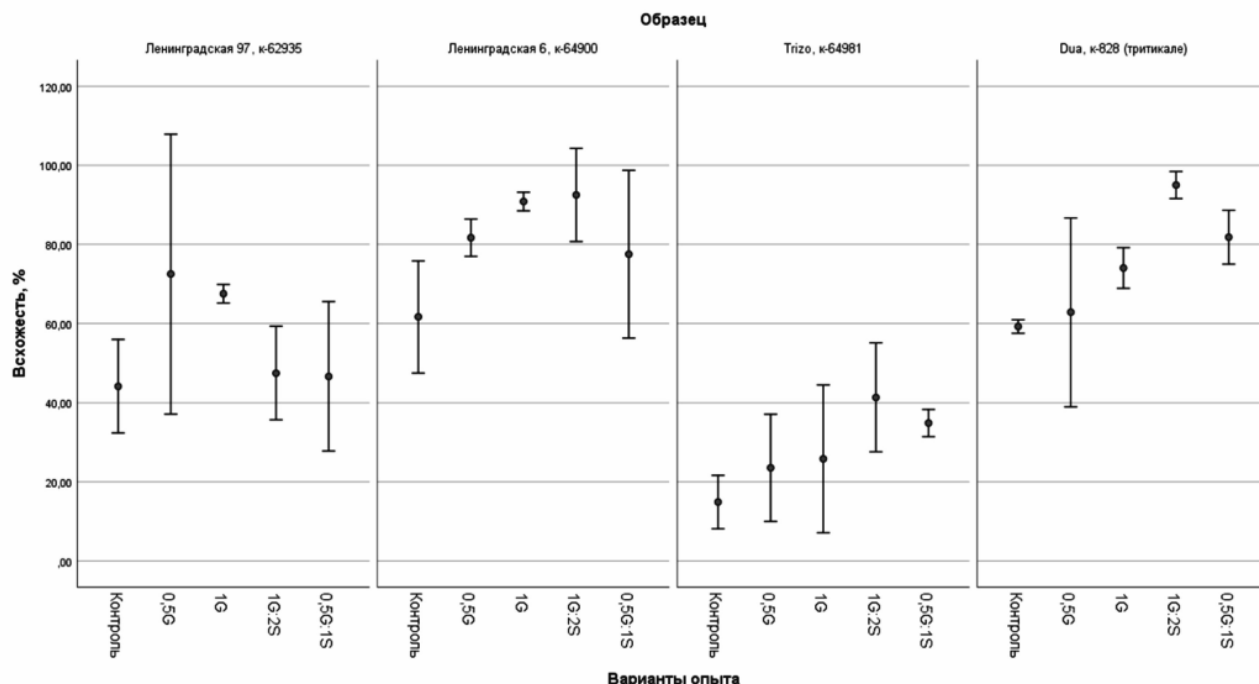


Рис. 3. Полевая всхожесть мягкой пшеницы и тритикале при использовании полимерного гидрогеля и белкового стимулятора роста.

**Результаты и обсуждение.** Максимальная в опыте и статистически достоверная прибавка урожая отмечена при использовании полифункционального комплекса из полимерного гидрогеля и белкового стимулятора роста в варианте 1G:2S: Ленинградская 97, к-62935 – 3,5 т/га, Trizo, к-64981 – 2,8 т/га, Dua, к-828 – 2,3 т/га. Исключение составил сорт Ленинградская 6, к-64900, урожайность которого сильнее всего увеличилась в варианте 1G – на 3,6 т/га (рис. 2).

В варианте 1G:2S у большинства генотипов отмечали и самое значительное повышение полевой всхожести ( $p < 0,05$ ). У сорта Ленинградская 6, к-64900 она возросла на 30,8 % ( $t=4,7$ ); Trizo, к-64981 – на 26,4 % ( $t=18,1$ ); Dua, к-828 – на 35,8 % ( $t=8,1$ ) (рис. 3).

При совместном применении полимерного гидрогеля и белкового стимулятора роста (1G:2S) отмечено ускорение прохождения этапов онтогенеза пшеницы. По сравнению с контролем, у сорта Ленинградская 97, к-62935 ( $t=2,3$ ) оно составило 7,4 %; Ленинградская 6, к-64900 ( $t=5,5$ ) – 15,1 %; Dua, к-828 ( $t=4,1$ ) – 16,3 %. В этом же варианте растения пшеницы сортов Ленинградская 6, к-64900 и Dua, к-828, отличались большей, по сравнению с контролем, высотой растений – соответственно на 22,0 % ( $t=3,6$ ) и на 18,7 % ( $t=2,4$ ).

Продуктивность зерновых культур в значительной степени определяет мощность развития корневой системы. В нашем опыте наибольшая ее масса у мягкой пшеницы отмечена в варианте 1G, в котором она в среднем по сортам была выше, чем в контроле, на 0,9 г, а у тритикале при использовании полифункционального комплекса в соотношении 1G:2S, прирост составил 1,7 г (рис. 4).

Наибольшее увеличение, по сравнению с контролем ( $p < 0,05$ ), числа узловых корней пшеницы, играющих важную роль в формировании урожая и развивающихся только при наличии влаги в зоне узла кушения, у сортов пшеницы отмечено преимущественно в ва-

риантах 1G (Ленинградская 97, к-62935 – на 102,5 %;  $t=2,5$  и Trizo, к-64981 – на 72,4 %;  $t=2,4$  и 0,5G:1S (Ленинградская 6, к-64900 – на 46,7 %;  $t=2,4$  и Ленинградская 97, к-62935 – на 134,8 %;  $t=4,4$ ).

Продуктивная и общая кустистость пшеницы – достаточно изменчивый признак, который зависит от факторов внешней среды, в том числе нормы высева, содержания влаги в почве и др. Совместное применение полимерного гидрогеля и белкового стимулятора роста (1G:2S) определяло статистически достоверное повышение продуктивной кустистости, по сравнению с контролем, у сортов Trizo, к-64981 и Ленинградская 97, к-62935 на 49,0 % ( $t=4,7$ ) и 55,3 % ( $t=2,6$ ) соответственно. У сорта Trizo, к-64981 величина этого показателя, кроме того, возрастала при внесении только гидрогеля в дозах 30 и 60 кг/га – на 33,3 % ( $t=3,4$ ) и 49,2 % ( $t=4,7$ ) соответственно. Общая кустистость образцов по вариантам опыта в наибольшей степени различалась на сорте Trizo, к-64981. При использовании смеси 0,5G:1S она была выше, чем в контроле, на 121,4 % ( $t=6,6$ ); 0,5G – на 111,1 % ( $t=8,2$ ); 1G:2S – на 69,6 % ( $t=2,8$ ); 1G – на 42,3 % ( $t=2,9$ ).

Применение полимерного гидрогеля в дозе 60 кг/га определяло существенное увеличение длины колоса у сортов Ленинградская 97, к-62935 и Trizo, к-64981 соответственно на 21,6 % ( $t=2,5$ ) и 24,6 % ( $t=3,3$ ), массы колоса – на 89,5 % ( $t=4,5$ ) и 38,9 % ( $t=2,3$ ), числа колосков в колосе – на 8,9 % ( $t=2,6$ ) и 9,0 % ( $t=2,3$ ), массы вегетативной части – на 69,1 % ( $t=4,6$ ) и 46,0 % ( $t=2,6$ ).

Площадь флагового листа пшеницы, влияющая, как известно, на озерненность колоса, сильнее всего (на 80,3 %;  $t=2,8$ ) увеличивалась, по сравнению с контролем, у тритикале (Dua, к-828) в варианте 0,5G:1S. При использовании композиции 1G:2S на сорте Ленинградская 97, к-62935 она возрастала на 27 % ( $t=2,6$ ), одновременно число зерен в колосе увеличилось на 37,7 % ( $t=8,0$ ), масса зерен в колосе – на 47,4 % ( $t=6,5$ ). Кроме

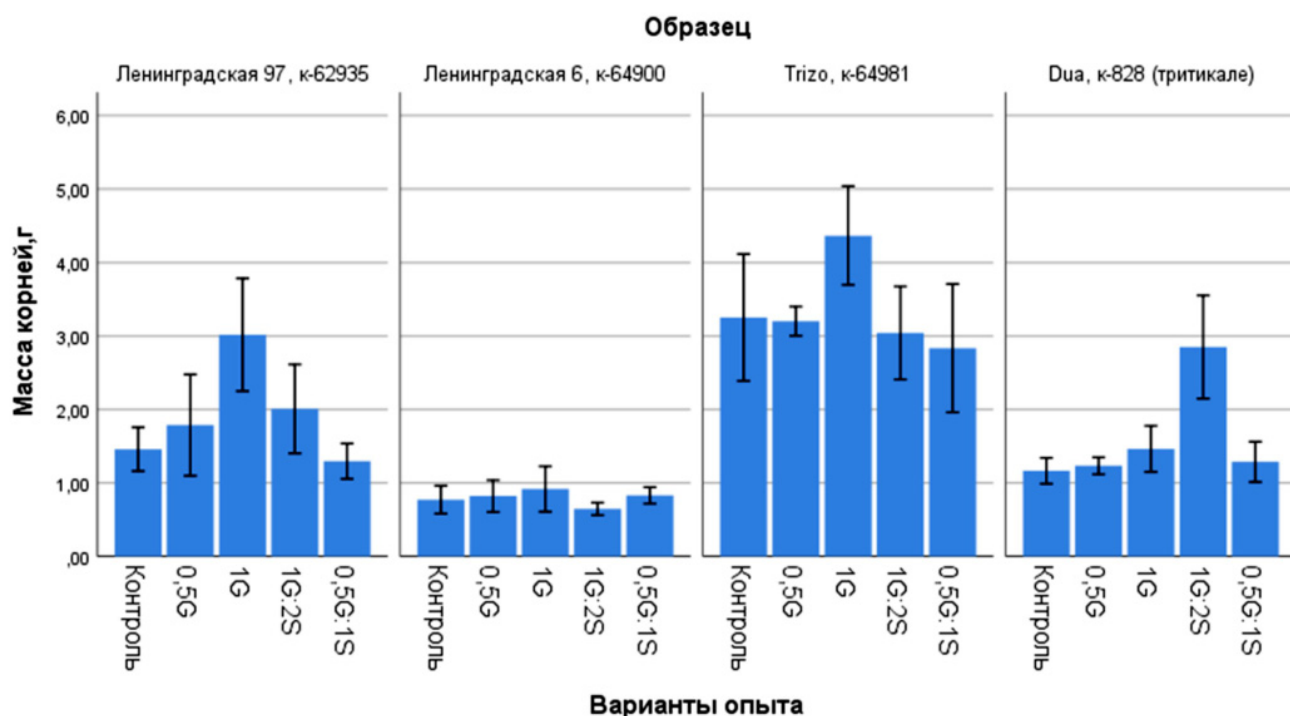


Рис. 4. Масса корней мягкой пшеницы и тритикале при использовании полимерного гидрогеля и белкового стимулятора роста.

того, на сорте Ленинградская 6, к-64900 в указанном варианте опыта зафиксирован наибольший рост массы 1000 зерен (на 16,1 %;  $t=3,6$ ). На сортах Trizo, к-64981 и Dua, к-828 наибольшее повышение числа зерен в колосе отмечено при использовании 60 кг/га гидрогеля (на 24,2 %;  $t=3,4$  и 22,6 %;  $t=2,8$  соответственно), площадь флагового листа растений сорта Ленинградская 6, к-64900 в этом варианте увеличилась на 41,3 % ( $t=3,0$ ).

Существенный рост наибольшего числа показателей продуктивности (31,6 %), по сравнению с другими

вариантами опыта, на сортах мягкой пшеницы Ленинградская 6, к-64900 и тритикале Dua, к-828 определило совместное применение полимерного гидрогеля и белкового стимулятора роста (0,5G:1S). Использование только полимерного гидрогеля (1G) обуславливало преимущественный рост показателей, по сравнению с контролем, на сортах Ленинградская 97, к-62935 (47,4 %) и Trizo, к-64981 (52,6 %). В варианте 1G:2S выявлены следующие тенденции роста показателей продуктивности: Ленинградская 97, к-62935 – на 31,6 %; Ленинград-

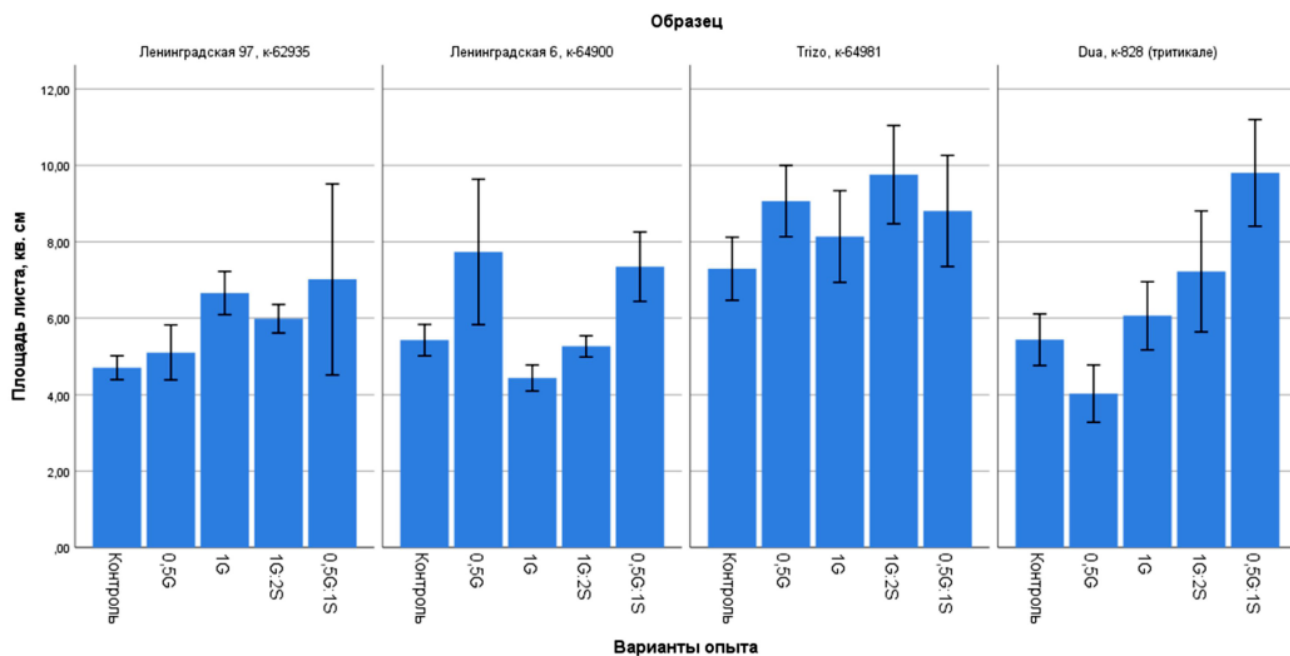


Рис. 5. Площадь флагового листа мягкой пшеницы и тритикале при использовании полимерного гидрогеля и белкового стимулятора роста.

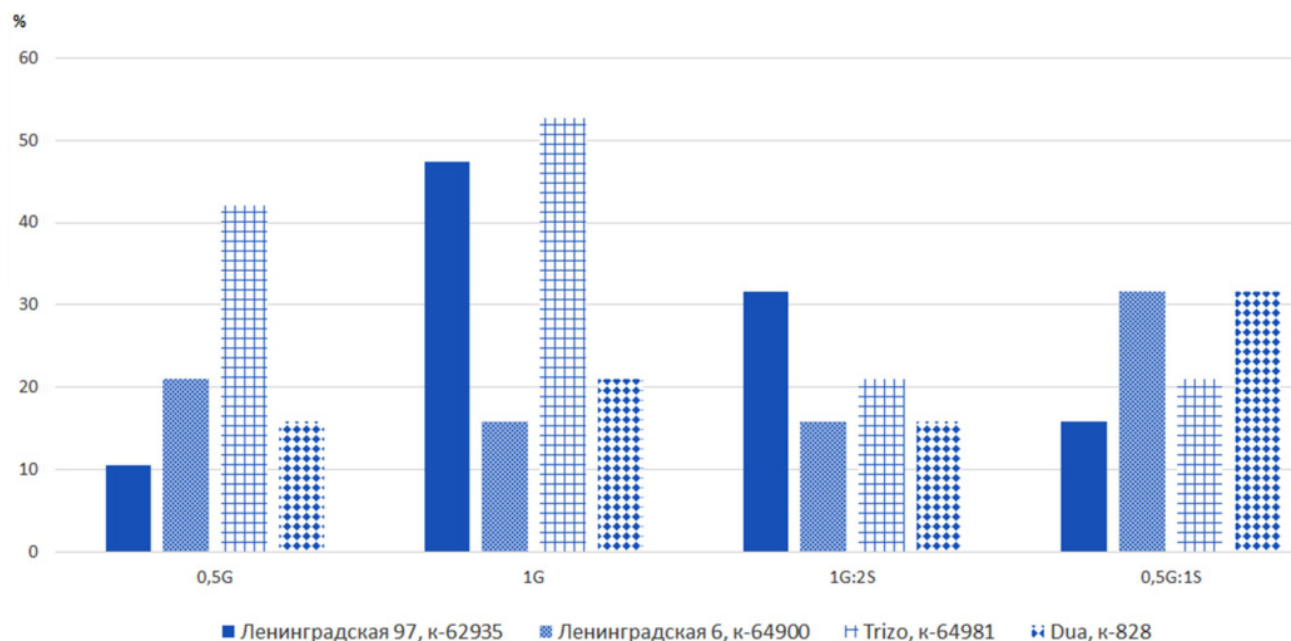


Рис. 6. Изменения (%) величин показателей продуктивности пшеницы и тритикале при использовании полимерного гидрогеля и белкового стимулятора роста.

ская 6, к-64900 – на 15,8 %; Trizo, к-64981 – на 21,1 %; Dua, к-828 – на 15,8 % (рис. 6).

В среднем развитие корневой гнили пшеницы и тритикале при использовании полимерного гидрогеля и белкового стимулятора роста (0,5G:1S) существенно снижалось, по сравнению с контролем (на 11,0 %;  $t=2,4$ ) и другими вариантами опыта (рис. 7).

Наибольшее уменьшение развития желтой ржавчины (рис. 8) на мягкой пшенице отмечено в вариантах 0,5G:1S (сорт Ленинградская 97, к-62935 – на 30,5 %;  $t=2,4$ ) и 1G (сорт Ленинградская 6, к-64900 – на 28,8 %;

$t=2,5$ ). При совместном использовании двух препаратов (0,5G:1S) на флаговых листьях сорта Ленинградская 97, к-62935 происходило достоверное, по сравнению с контролем, снижение числа полос желтой ржавчины – на 71,2 % ( $t=2,3$ ). В варианте 1G на флаговых листьях сорта Ленинградская 6, к-64900 выявлено существенное уменьшение числа полос желтой ржавчины, по сравнению с контролем, на 52,3 % ( $t=3,0$ ), длины полосы – на 40,9 % ( $t=3,0$ ), числа пустул в полосе – на 68,4 % ( $t=2,8$ ), суммарного числа пустул на лист – на 64,2 % ( $t=2,3$ ).

Максимальное в опыте уменьшение площади пусту-

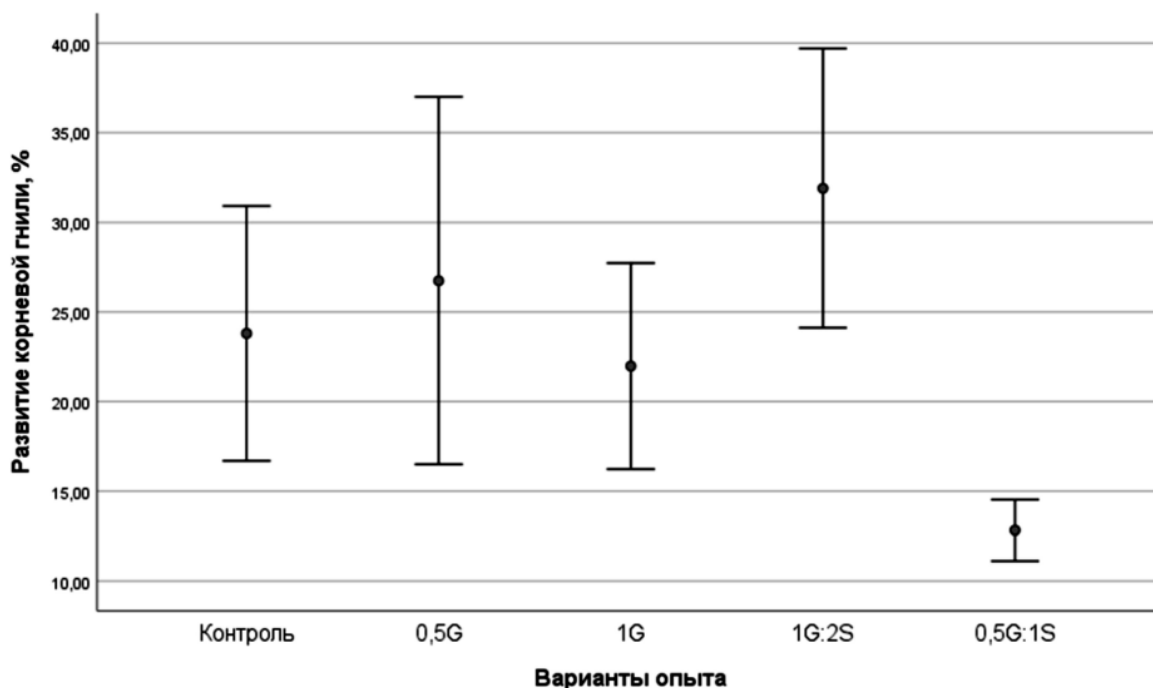
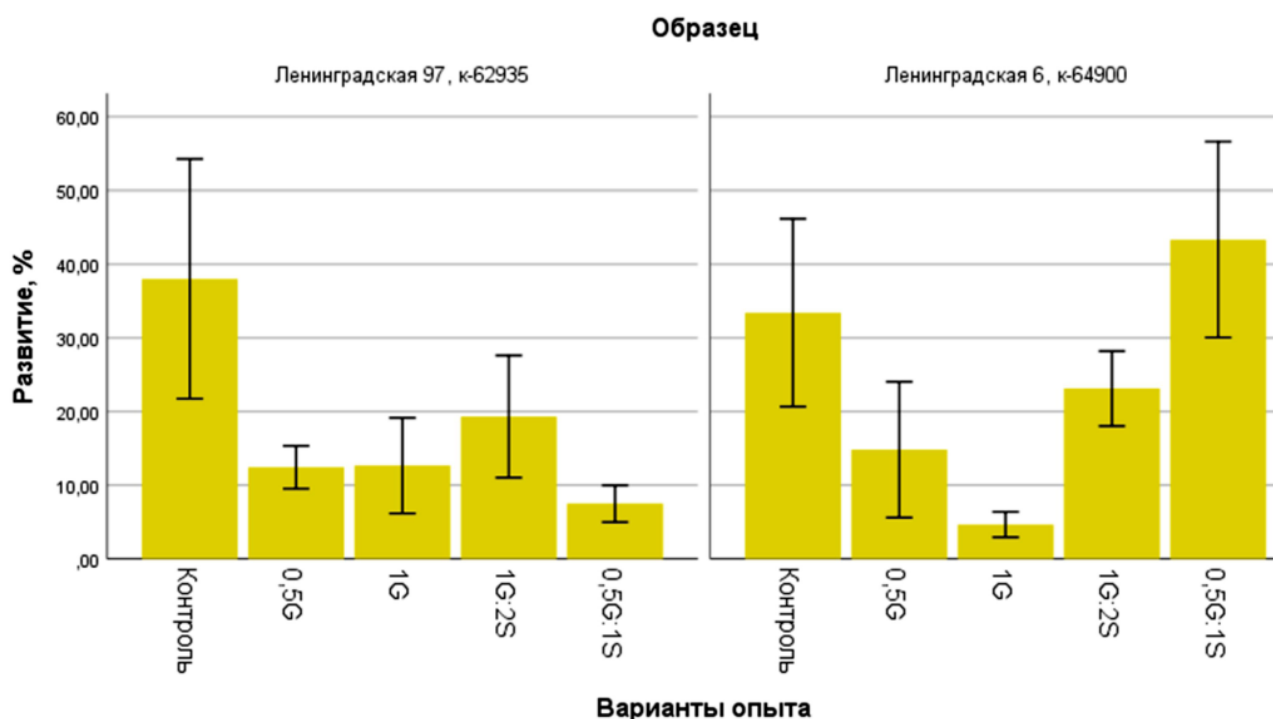


Рис. 7. Развитие корневой гнили мягкой пшеницы и тритикале при использовании полимерного гидрогеля и белкового стимулятора роста.



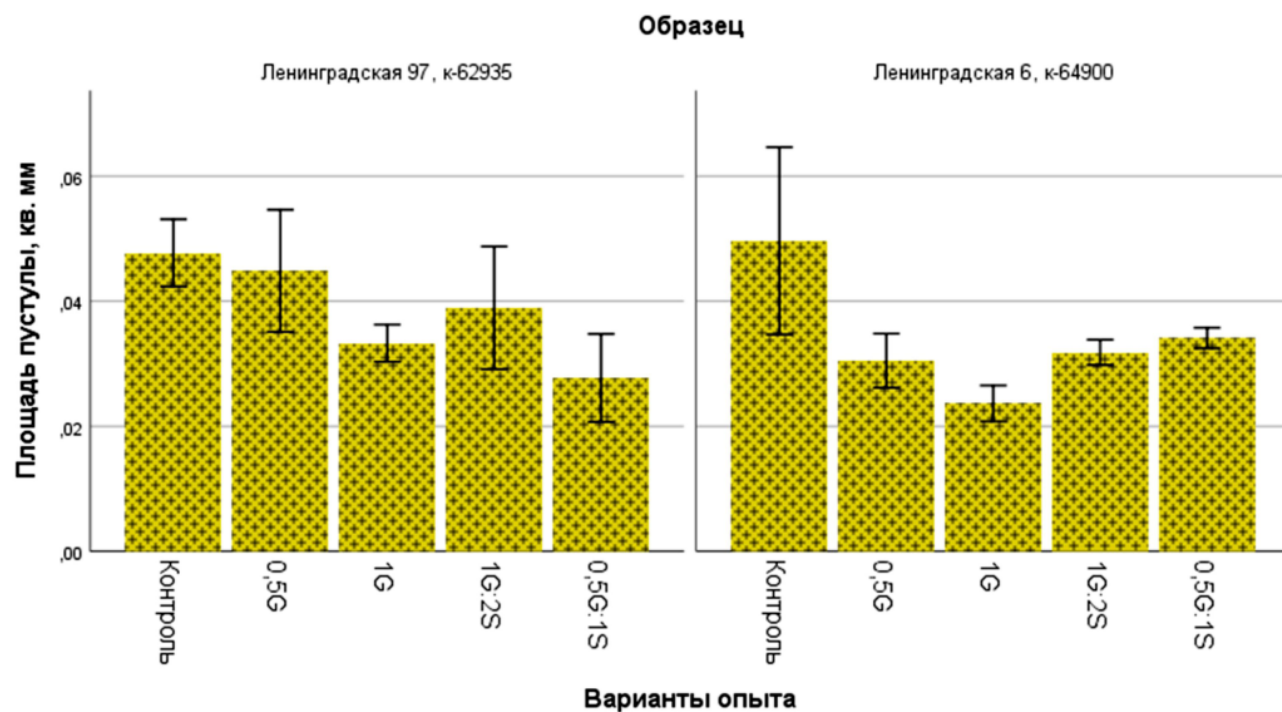


*Рис. 8. Развитие желтой ржавчины на мягкой пшенице при использовании полимерного гидрогеля и белкового стимулятора роста.*

лы желтой ржавчины (рис. 9) зарегистрировано на сорте Ленинградская 97, к-62935 в вариантах 1G (на 30,3 %;  $t=2,6$ ) и 0,5G:1S (на 41,9 %;  $t=2,3$ ), а также на сорте Ленинградская 97, к-62935 – в варианте 1G (на 52,4 %;  $t=2,2$ ).

Таким образом, в результате исследований экспериментально показана перспективность использования полимерного гидрогеля на основе акрилата калия и нового белкового стимулятора роста и развития расте-

ний для повышения продуктивности и защиты растений пшеницы и тритикале от болезней. Разные дозы полимерного гидрогеля и различные его соотношения с белковым стимулятором роста обуславливали разную степень и выраженность тех или иных изменений показателей продуктивности зерновых культур. В частности, максимальное в опыте среднее увеличение урожайности пшеницы и тритикале, зарегистрированное в



*Рис. 9. Изменения значений площади пустулы желтой ржавчины на мягкой пшенице при использовании полимерного гидрогеля и белкового стимулятора роста.*

варианте 1G:2S, может быть обусловлено наибольшим положительным воздействием полифункционального комплекса на полевую всхожесть семян (на 32,1 %;  $t=6,8$ ), ускорение созревания пшеницы (на 9,1 %;  $t=4,0$ ) и снижение поражения растений корневой гнилью (на 8,1 %). В то же время, при сравнительном анализе средних значений продуктивности единичного растения мягкой пшеницы и тритикале наибольшая величина этого показателя зарегистрирована при использовании только полимерного гидрогеля (1G). Это можно объяснить максимальным в опыте ростом в указанном варианте опыта, по сравнению с контролем, продуктивной кустистости (на 26,5 %;  $t=2,5$ ); массы корней (на 68,9 %;  $t=2,4$ ), числа узловых корней (на 52,2 %;  $t=2,3$ ); числа колосков в колосе (на 7,7 %;  $t=2,4$ ), а также снижением поражения растений желтой ржавчиной (степень поражения – на 9,2 %;  $t=2,1$ , площадь пустулы – на 39,0 %;  $t=3,1$ ). Совместное применение полимерного гидрогеля и белкового стимулятора роста в варианте 0,5G:1S обусловило увеличение урожайности пшеницы с единицы площади посева на 44,2 % ( $t=3,1$ ) и оказывало преимущественное, по сравнению с другими вариантами опыта, влияние на рост общей кустистости (на 39,0 %;  $t=2,2$ ), массы вегетативной части (на 28,9 %;  $t=2,7$ ), площади флагового (на 45,3 %;  $t=3,1$ ) и предфлагового листа (на 28,1 %;  $t=3,2$ ). Кроме того, развитие корневой гнили в при использовании этой комбинации снизилось на 11 %. Внесение полимерного гидрогеля в дозе 0,5G способствовало достоверному росту урожайности пшеницы с единицы площади на 48,1 % ( $t=2,7$ ) и с одного растения – на 31,1 % ( $t=2,3$ ). По сравнению с контролем, в этом варианте выросла общая кустистость образцов (на 31,8 %;  $t=2,2$ ) и полевая всхожесть (на 10,6 %;  $t=2,5$ ). Полученные результаты свидетельствуют о наличии сортовых особенностей в реакции растений на применение изучаемых препаратов, поэтому необходимы более детальные исследования для уточнения их оптимальных доз и сочетаний.

#### Литература.

1. Сандухадзе Б.И. Селекция озимой пшеницы – важнейший фактор повышения урожайности и качества // *Достижения науки и техники АПК*. №11. 2010. С. 4–6
2. Павлюшин В.А., Новикова И.И., Бойкова И.В. Микробиологическая защита растений в технологиях фитосанитарной оптимизации агроэкосистем: теория и практика // *Сельскохозяйственная биология*. 2020. Т. 55. № 3. С. 421–438.
3. Милащенко Н.З., Трушкин С. В. Резервы производства высококачественного зерна пшеницы в российской земледелии // *Земледелие*. 2018. № 7. С. 30–33. doi: 10.24411/0044-3913-2018-10708.
4. Горьков А.А. Агробиологическое обоснование применения биопрепаратов для озимой пшеницы // *Вестник аграрной науки*. 2019. №5(80). С. 133–139. doi: 10.15217/48484.
5. Можарова И.П., Коршунов А.А., Вознесенская Т.Ю. Влияние полифункциональных удобрений с включением гуминовых веществ, аминокислот, макро- и микроэлементов на урожайность и качество яровой и озимой пшеницы // *Агробиологический вестник*. 2018. № 6. С. 39–43. doi: 10.24411/0235-2516-2018-10058.
6. Тибирьков А.П., Филин В.И. Влияние полимерного гидрогеля и условий минерального питания на урожай и качество зерна озимой пшеницы на светло-каштановых почвах // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2012. № 3. С. 66–70.
7. Ревенко В.Ю., Агафонов О.М. Использование гидрогелей в растениеводстве // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2018. № 11-2. С. 59–65.
8. Биологическое обоснование использования белкового стимулятора роста для повышения урожайности пшеницы и оценка качества зерна методами микрофокусной рентгенографии и оптического анализа / Л.Е. Колесников, И.И. Кременевская, Н.С. Пряткин и др. // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2020. № 3. С.21–27.
9. The biological basis for the use of protein growth stimulant made from cattle split for wheat foliar feeding and disease suppression / L.E. Kolesnikov, M.I. Kremenevskaya, I.E. Razumova, et al. // *Agronomy Research*. 2020. 18 (S2). P. 1336–1349. doi: 10.15159/AR.20.082.
10. Polymer acrylic hydrogels with protein filler: Synthesis and characterization / M. Baidakova, V. Sitnikova, M. Uspenskaya, et al. // *Agricultural Research*. 2019. V. 17. No. 1. P. 913–922.
11. Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник / Под ред. А.А. Потехина, А.И. Ефимова. 3 изд., перераб. и доп. Л.: Химия, 1991. 432 с.
12. Кременевская М.И., Кременевская В.С., Соснина В.А. Способ получения белкового продукта / Патент РФ № 2662782. 31.07.2018. Бюл. 16.
13. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале: методические указания / А.Ф. Мережко, Р.А. Удачин, Е.В. Зуев и др. Санкт-Петербург: ВИР, 1999. 81 с.
14. Multifunctional biologics which combine microbial antifungal strains with chitosan improve soft wheat (*Triticum aestivum* L.) yield and grain quality / L.E. Kolesnikov, E.V. Popova, I.I. Novikova, et al. // *Agricultural Biology*. 2019. Vol. 54. No. 5. P. 1024–1040.
15. Estimation of the Efficiency of the Combined Application of Chitosan and Microbial Antagonists for the Protection of Spring Soft Wheat from Diseases by Spectrometric Analysis / L.E. Kolesnikov, I.I. Novikova, V.G. Surin, et al. // *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2018. 54(5). P. 546–552
16. Popov Y.V. Method for the estimation of the root rots development in cereals. *Plant protection and quarantine*. 2011. № 8. С.45–47.
17. Гешеле Э.Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений. М.: Колос. 1978. 53 с.
18. The effectiveness of biopreparations in soft wheat cultivation and the quality assessment of the grain by the digital x-ray imaging / L.E. Kolesnikov, I.I. Novikova, E.V. Popova, et al. // *Agronomy Research*. 2020. Vol. 18. No. 4. P. 2436–2448. doi: 10.15159/AR.20.206.

Поступила в редакцию 02.03.2021

После доработки 08.04.2021

Принята к публикации 30.04.2021