

Научная статья

УДК 637.03: 633.11: 631.87: 632.93

DOI: 10.17586/2310-1164-2022-15-2-40-56

Применение белкового гидролизата, полученного методом глубокой переработки мясного сырья, для внекорневой подкормки мягкой пшеницы и снижения интенсивности развития болезней

М.И. Кременевская^{1*}, Л.Е. Колесников², Ю.Р. Колесникова³, Ф.С.У. Адхамов¹, М.М. Ткачева¹, Д.С. Минаков²¹Университет ИТМО, Россия, Санкт-Петербург, *Marianna.Kremenevskaya@mail.ru²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Россия, Санкт-Петербург³Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР), Россия, Санкт-Петербург

Аннотация. Определяли эффективность применения белкового гидролизата, полученного из побочных продуктов мясного сырья методом глубокой переработки с использованием микроконцентраций химических реагентов, для внекорневой подкормки и снижения интенсивности болезней на 25 сортах мягкой пшеницы. В полевых условиях установлено увеличение урожайности у 72% сортов пшеницы по отношению к контрольным образцам. Существенный рост показателя выявлен у образцов Сибирская 21, к-66269 – на 143,1% (2017 г.); Тулайковская 108, к-65452 – на 103,0% (2017 г.); Уральская кукушка, к-66267 – на 87,9% (2017 г.); Амурская красноколоска, к-32095 – на 69,9% (2018–2019 гг.); Красноуфимская 110, к-65478 – на 59,2% (2018–2019 гг.). Существенный рост увеличения вегетативной массы мягкой пшеницы выявлен на сортах Ленинградская 97, к-62935 – на 41,9% и к-32666 – на 39,1%. Рост урожайности и устойчивости к болезням сортов пшеницы был различным. Увеличение значений исследуемых показателей после обработки белковым гидролизатом связаны с изменением морфологических признаков растений и структуры урожая. Обработка белковым гидролизатом, стимулирующим рост растений, способствовала уменьшению развития болезней пшеницы. Выявлена тенденция статистически достоверного снижения интенсивности развития корневой гнили при $P < 0,05$ у максимального числа сортов пшеницы (44%). У сорта Уральская кукушка, к-66267 не выявлено развитие корневой гнили (в контроле – 50%) и симптомов патогенеза мучнистой росы у сорта Тюменочка, к-66271 (в контроле 11%). У сорта Тулайковская 108, к-65452 по отношению к контрольным образцам выявлено снижение развития септориозно-пиренофорозной пятнистости на 36,0% и увеличение общего азота в листьях пшеницы на 199,8%. Внекорневое опрыскивание растений белковым стимулятором роста обуславливало увеличение общего азота в листьях пшеницы у 92% образцов в среднем на 84,6%.

Ключевые слова: глубокая переработка; мясная отрасль; гидролизат; белковый стимулятор роста; мягкая пшеница; продуктивность пшеницы; болезни пшеницы

Original article

The use of protein hydrolysate obtained by deep processing of meat raw materials for foliar feeding of soft wheat and reducing the intensity of disease development

Marianna I. Kremenevskaya^{1*}, Leonid.E. Kolesnikov², Yulia R. Kolesnikova³,Firdavsi S.G. Adhamov¹, Maria M. Tkacheva¹, Denis S. Minakov²¹ITMO University, St. Petersburg, Russia, *Marianna.Kremenevskaya@mail.ru²Saint-Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg, Russia³N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia

Abstract. On 25 varieties of soft wheat, the effectiveness of the use of protein hydrolysate obtained from by-products of meat raw materials by deep processing using microconcentrations of chemical reagents was determined for foliar feeding and reducing the intensity of diseases. In field conditions, an increase in wheat yield was found in 72% of wheat varieties, in relation to control samples. A significant increase in the indicator was detected in samples Siberian 21, k-66269 – by 143.1% (2017); Tulaykovskaya 108, k-65452 – by 103.0% (2017); Ural cuckoo, k-66267 – by 87.9% (2017); Amur krasnokoloska, k-32095 – by 69.9% (2018–2019); Krasnoufimskaya 110, k-65478 – by 59.2% (2018–2019). A significant increase in the increase in the vegetative mass of soft wheat was detected in varieties Leningradskaya 97, k-62935 – by 41.9% and k-32666 – by 39.1%. The increase in yield and disease resistance of wheat varieties was different. The increase in the values of the studied parameters after treatment with protein hydrolysate was associated with a change in the morphological characteristics of plants and the structure of the crop. Treatment with protein hydrolysate, which stimulates plant growth, helped to reduce the development of wheat diseases. The tendency of a statistically significant decrease in the intensity of root rot development at $P < 0.05$ was revealed in the maximum number of wheat varieties (44%). In the Ural Cuckoo variety, k-66267, the development of root rot was not detected (in the control – 50%) and symptoms of the pathogenesis of powdery mildew in the Tyumenochka variety, k-66271 (in the control 11%). The Tulaykovskaya 108, k-65452

variety showed a decrease in the development of septoria-pyrenophorous spotting by 36.0% and an increase in total nitrogen in wheat leaves by 199.8% in relation to control samples. Foliar spraying of plants with a protein growth stimulator caused an increase in total nitrogen in wheat leaves in 92% of samples by an average of 84.6%.

Keywords: deep processing; meat industry; hydrolysate; protein growth stimulator; soft wheat; wheat productivity; wheat diseases

Введение

Во всем мире насчитывается около 1,5 млрд поголовья крупного рогатого скота [1], что приводит к значительным объемам вторичных ресурсов. Неиспользуемые в настоящее время некоторые виды побочных продуктов и отходы мясоперерабатывающих производств являются потенциальным источником не только пищевого и кормового белка, но могут применяться для получения белоксодержащих препаратов в качестве регулятора и стимулятора роста развития растений. В России, учитывая прогнозы увеличения объемов производства скота и птицы, при сохранении тенденций и уровня глубины мясо- и птицепереработки, ежегодно образующиеся около 700 тыс т побочных продуктов достигнут к 2025 году 2,83 млн т. Утилизация отечественных ресурсов, 65% которых составляет белоксодержащее сырье, приведет к затратам в размере свыше 174 млрд рублей в год. Отсутствие коммерциализации этого направления не позволяет сделать рентабельным мясное скотоводство, наладить в полной мере выпуск широкой линейки таких видов продукции с добавленной стоимостью, как перевариваемые формы биоактивных пептидов и гидролизатов направленного действия заданного состава для пищевых, кормовых продуктов, наладить для растениеводства выпуск регуляторов роста, обеспечивающих повышение урожайности сельскохозяйственных культур не только за счет стимуляции развития растений, но и ингибирования грибных поражений, создавать коллагенсодержащие комплексы для фармацевтической и косметической отраслей.

Исследования различных белковых препаратов, в том числе «Белкозин-А» и «Белкозин-М», включенных в Список пестицидов, разрешенных для применения в личных подсобных хозяйствах, как регуляторы роста растений, для нужд сельского хозяйства проводили с 1990-х годов. Однако, в 2010-х годах выпуск препаратов «Белкозин» был прекращен, поэтому для дальнейших исследований использовали белковые гидролизаты, созданные с применением ресурсосберегающих технологий [2]. Применение белковых препаратов и гидролизатов позволило ускорить (стимулировать) рост и развитие растений, сократить не только период их вегетации, но и увеличить урожайность зерновых, овощных, зеленных культур в условиях открытого, закрытого грунта и гидропоники.

Исследования воздействия гидролизатов белка, полученных из сырья животного и растительного происхождения, показывают их положительное влияние на морфофизиологические и метаболические характеристики [3], рост [4] и физиологические параметры растений [5], улучшение качества рассады овощей [6]. Некорневая подкормка биостимуляторами улучшает качественные характеристики, например томатных овощей, предназначенных для последующей переработки [7], а их обработка экзогенными белковыми гидролизатами из свиной крови смягчает солевой стресс [8]. Отмечается увеличение антиоксидантной активности растений за счет способности стимуляторов регулировать биосинтез фенольных соединений [9]. Белковые гидролизаты являются потенциальными биостимуляторами [10], способными моделировать развитие и метаболизм растений [11]. При изучении аминокислотных удобрений, оказывающих ростостимулирующее действие, следует обращать внимание не только на значительную прибавку урожая зерна [12], но и выявлять их способность воздействовать на неблагоприятные абиотические, антропогенные факторы и болезни растений [13]. Несмотря на имеющиеся положительные результаты ученых при обработке растений аминокислотными регуляторами, полученными в основном методами термического, химического (в присутствии достаточно высоких концентраций реагентов), ферментативного гидролиза, специфичность которого в условиях многотоннажных производств не решена на сегодняшний день, в условиях значительного повышения давления, микроволнового излучения, представленные ниже исследования будут касаться обработки пшеницы гидролизатом, полученным из побочного сырья мясоперерабатывающих производств в присутствии микроконцентраций химического реагента [2] и его влиянию на урожайность и болезни растений в условиях рискованного земледелия Северо-Западного региона.

Всесторонний анализ воздействия новых белковых препаратов, полученных методом глубокой переработки мясного сырья, в одном из важнейших секторов, обеспечивающих продовольственную безопасность страны, позволит прогнозировать урожайность пшеницы и снизить риски зернопроизводства, несмотря на достигнутый в 2020 году высокий уровень самообеспечения отрасли по данным OECD – FAO Agricultural outlook [14].

Целью представляемых исследований являлся анализ изменения структуры продуктивности и интенсивности поражения пшеницы болезнями при обработке гидролизатом – белковым стимулятором роста (БСР).

Объекты и методы исследования

Объекты изучения – контрольные и обработанные БСР сорта мягкой пшеницы Ленинградская 6, к-64900; Ленинградская 97, к-62935; к-32666; Памяти Юдина, к-65243; Уралосибирская, к-65244; Тюменская 29, к-65247; Тюменская 30, к-65248; Ульянская 100, к-65250; Василиса, к-65445; Кампанин, к-65445; ЛП-588-1-06, к-65446; Амурская красноколоска, к-32095; Оренбургская 22, и-147624; Тулайковская 108, к-65452, Тулайковская 110, к-65454; Красноуфимская 110, к-65478; Сударыня, к-66407; Trizo, к-64981; Уральская кукушка, к-66267; Челябинская ранняя, к-66268; Сибирская 21, к-66269; Кинельская юбилейная, к-66270; Тюменочка, к-66271; Ирень 2, к-66272; Кинельская волна, к-66274. Образцы предоставлены отделом генетических ресурсов пшениц ВИР. Обработка образцов проводилась водным раствором БСР концентрацией 0,195 мг/л.

Эффективность применения БСР исследовали в фазы кущения и формирования флаг-листа по изменениям показателей, характеризующих признаки растений и структуру урожая [15]. Для определения устойчивости мягкой пшеницы к болезням использовали показатели патогенеза, которые формируются в процессе развития корневой гнили, мучнистой росы, бурой и желтой ржавчины, септориозно-пиренофорозной пятнистости пшеницы [16].

При расчетах использовали методы параметрической статистики (на основе средних значений и их стандартных ошибок \pm SEM, 95% доверительных интервалов и t -критерия Стьюдента). Статистический анализ полученных результатов проводили с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2016, IBM SPSS Statistics 21 и Statistica 6.0 (StatSoft Inc.).

Результаты и их обсуждение

За период 2017–2019 гг. проанализировано изменение структуры продуктивности и интенсивности поражения пшеницы болезнями у 25 сортов пшеницы при внекорневой подкормке растений белковым стимулятором роста в сравнении с контролем, результаты которого представлены в таблице 1 и рисунках 1–7.

Обработка растений БСР обуславливала увеличение урожайности у 72% сортов пшеницы, при этом существенный рост показателя в сравнении с контролем выявлен у 16% образцов (рисунок 1): Сибирская 21, к-66269 – на 143,1% (с 1,53 до 3,71 г/растение, 2017 г.); Тулайковская 108, к-65452 – на 103,0% (с 1,0 до 2,0 г/растение, 2017 г.); Уральская кукушка, к-66267 – на 87,9% (с 1,91 до 2,32 г/растение, 2017 г.); Амурская красноколоска, к-32095 – на 69,9% (с 0,73 до 2,24 г/растение, 2018–2019 гг.); Красноуфимская 110, к-65478 – на 59,2% (с 2,45 до 3,90 г/растение, 2018–2019 гг.).

Рост урожайности пшеницы у некоторых сортов, в частности, Сибирская 21, к-66269 в варианте с БСР (2017 г.) связан с большими значениями у растений числа корней – на 50%; числа узловых корней – на 111,5%; продуктивной кустистости – на 56,3%; общей кустистости – на 352,0% (с 2,0 до 9,0 шт.); массы корней – на 100,0%; длины колоса – на 18,1%; числа колосков в колосе – на 36,8%; числа зерен в колосе – на 43,5%; массы зерен одного колоса – на 51,0% в сравнении с контролем. Развитие болезней в данном варианте опыта существенно не отличалось от контроля. Рост урожайности сорта Уральская кукушка, к-66267 в сравнении с контролем в 2017 г. определялся увеличением числа корней – на 33,3%, числа узловых корней – на 114,3%, продуктивной кустистости – на 84%, общей кустистости – на 268% (с 1,1 до 4,0 шт.), длины колоса – на 39,2%, числа колосков в колосе – на 45,5%; массы корней – на 118,2%. В 2017 г. в варианте опыта с БСР не выявлено развитие корневой гнили (в контроле – 50%), развитие мучнистой росы снизилось на 4% (с 5 до 1%).

Таблица 1. Изменение структуры продуктивности мягкой пшеницы при внекорневой обработке растений белковым стимулятором роста в сравнении с контролем, 2017–2019 гг.

Table 1. Changes of soft wheat yield structure after foliar feeding by protein growth stimulator in relation to control samples from 2017 to 2019

Образец	Число положительных изменений к контролю, %	Число существенных положительных изменений к контролю при $P < 0,05$, %	Число отрицательных изменений к контролю, %	Число существенных отрицательных изменений к контролю при $P < 0,05$, %
фаза онтогенеза	52	4	48	4
высота растений	76	0	24	0
число корней	76	20	24	4
длина корней	56	0	44	8
число узловых корней	60	16	32	4
длина узловых корней	80	8	20	0
продуктивная кустистость	52	20	40	24
общая кустистость	60	40	36	20
площадь флагового листа	60	8	40	12
площадь предфлагового листа	32	4	68	4
масса колоса	72	12	24	8
масса колоса	68	0	28	0
масса вегетативной части	92	8	8	4
длина колоса	72	16	28	4
число колосков в колосе	72	24	28	0
число зерен в колосе	72	28	28	0
масса зерен одного колоса	84	16	16	0
масса 1000 зерен	76	20	24	0
урожайность одного растения	72	20	28	12

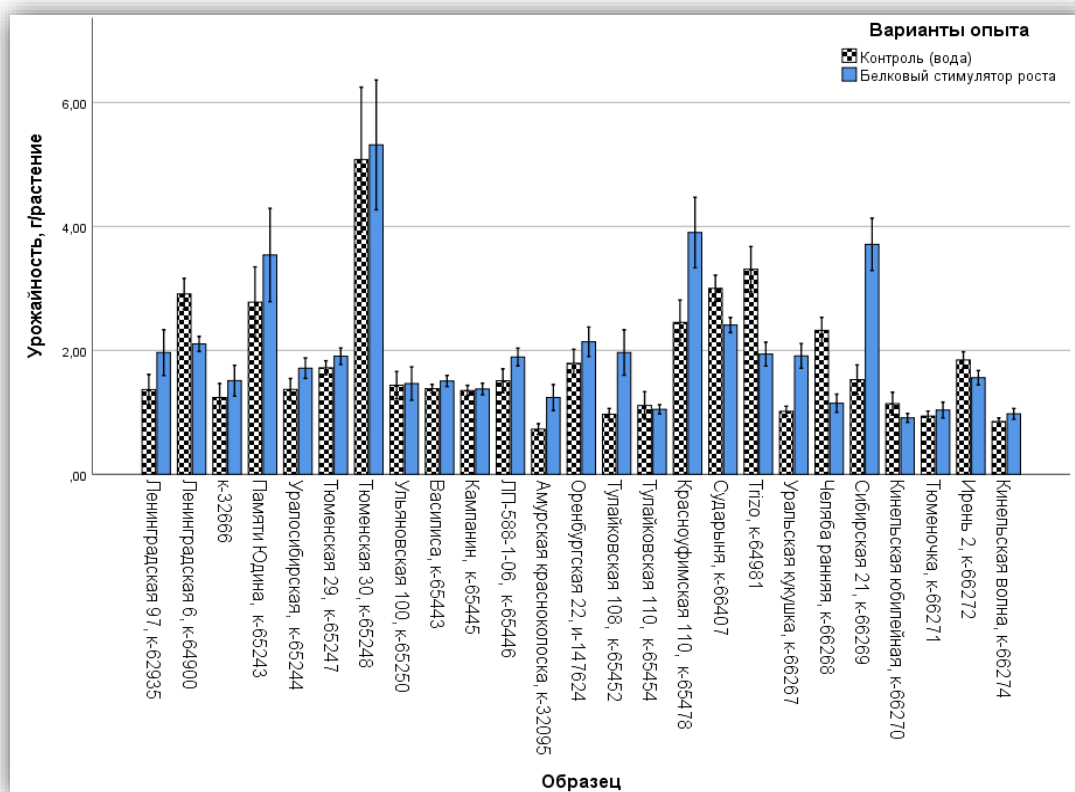


Рисунок 1 – Изменение урожайности мягкой пшеницы при применении белкового стимулятора роста в сравнении с контролем, 2017–2019 гг.

Figure 1. Changes of soft wheat yield after the use of protein growth stimulator in relation to control samples from 2017 to 2019

Увеличение урожайности сорта Тулайковская 108, к-65452 по сравнению с контролем в 2018 г. обусловлено ростом значений числа колосков в колосе – на 19,6%; числа зерен в колосе – на 30,1%; массы зерен одного колоса – на 19,6%; массы 100 зерен – на 16,8%. В данном варианте опыта развитие септориозно-пиренофорозной пятнистости снизилось на 36,0% (с 50 до 14,0% (БЭс = 72%), а содержание общего азота в листьях пшеницы увеличилось на 199,8% (с 54 до 161,9 мг/100 г).

Тенденция увеличения вегетативной массы мягкой пшеницы на 19,6% при применении белкового стимулятора роста в сравнении с контролем выявлена у максимального числа образцов пшеницы (92,0%), однако существенный рост показателя виден только на двух сортах: Ленинградская 97, к-62935 – на 41,9% и к-32666 – на 39,1%.

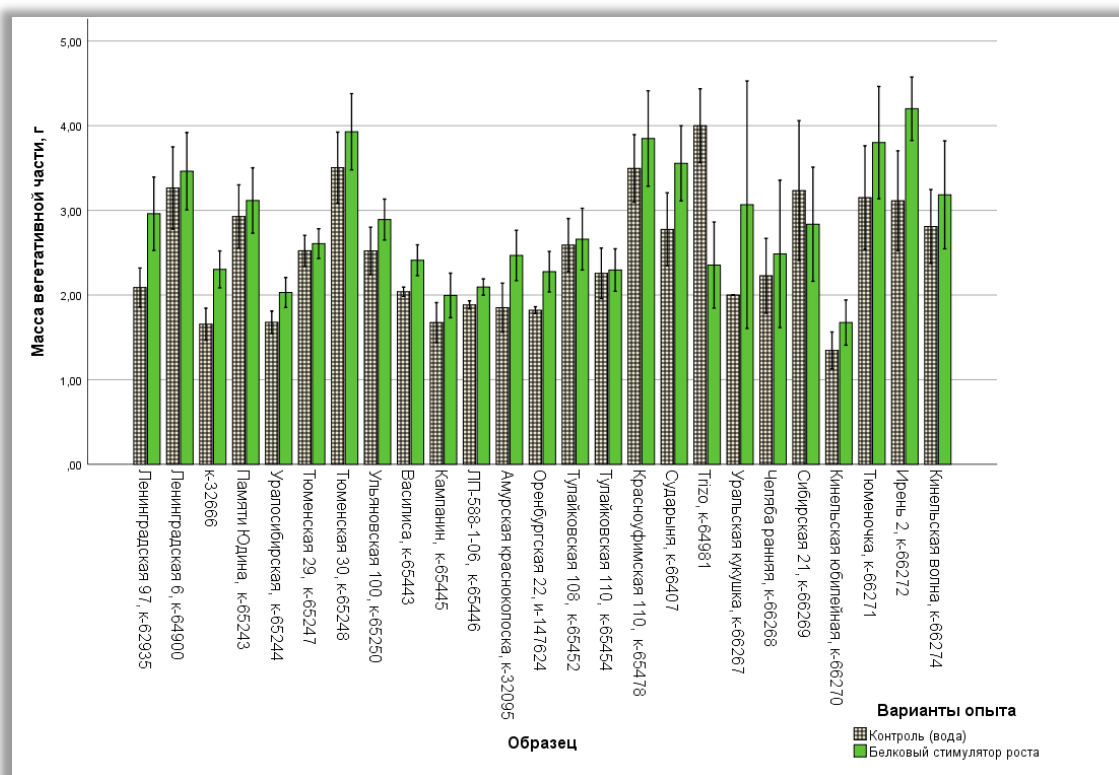


Рисунок 2 – Изменение вегетативной массы мягкой пшеницы при применении белкового стимулятора роста по сравнению с контролем, 2017–2019 гг.

Figure 2. Changes of soft wheat green matter after the use of protein growth stimulator in relation to control samples from 2017 to 2019

У 80% сортов пшеницы определено увеличение (в сравнении с контролем) длины узловых корней (достоверно при $P < 0,05$: Тризо, к-64981 – на 73,3% и Кинельская волна, к-66274 – на 40,8%), числа колосков в колосе (достоверно при $P < 0,05$: Ленинградская 97, к-62935 – на 19,9%, Тюменская 29, к-65247 – на 10,3%, Уральская кукушка, к-66267 – на 45,5%), а у 84% – массы зерен одного колоса (достоверно при $P < 0,05$: Тулайковская 108, к-65452 – на 52,0%, Сибирская 21, к-66269 – на 51,0%, Ирень 2, к-66272 – на 31,3%).

Наибольшее число статистически достоверных положительных различий в вариантах с БСР по сравнению с контролем при $P < 0,05$ выявлено по показателям у следующего числа образцов: общая кустистость (40% сортов), число зерен в колосе (28% образцов), число колосков в колосе (24% сортов). Существенные изменения в *общей кустистости* выявлены на сортах: Ленинградская 97, к-62935 – на 42,4%; к-32666 – на 30,5%; Памяти Юдина, к-65243 – на 36,1%; Уралосибирская, к-65244 – на 10,5%; Ульяновская 100, к-65250 – на 21,3% и др.; в *числе зерен в колосе* – ЛП-588-1-06, к-65446 (на 30,3%), Амурская красноколоска, к-32095 (на 32,4%), Оренбургская 22, и-147624 (на 21,5%) и др.; в *числе колосков в колосе* – Тюменская 29, к-65247 (на 8,5%), Тюменская 30, к-65248 (на 11,4%), Оренбургская 22, и-147624 (на 9,9%), Тулайковская 108, к-65452 (на 20,0%) и др.

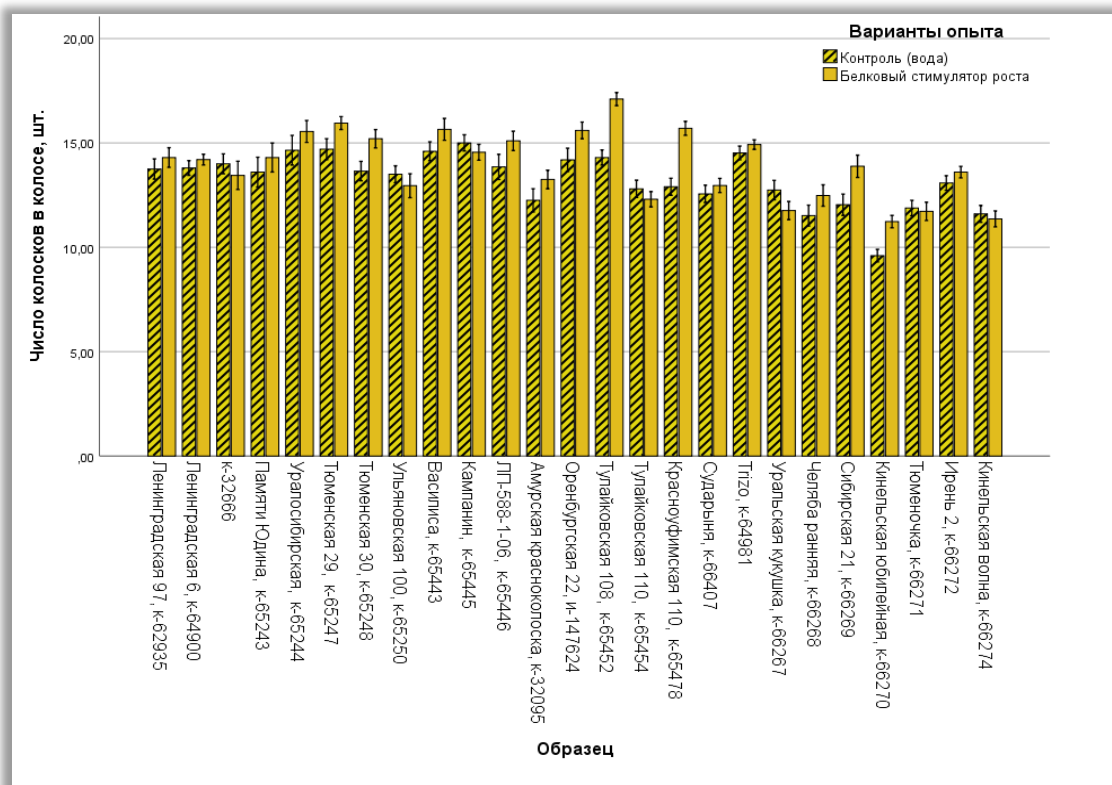


Рисунок 3 – Изменение числа колосков в колосе мягкой пшеницы при применении белкового стимулятора роста по сравнению с контролем, 2017–2019 гг.

Figure 3. Changes of soft wheat spikelet number per spike after the use of protein growth stimulator in relation to control samples from 2017 to 2019

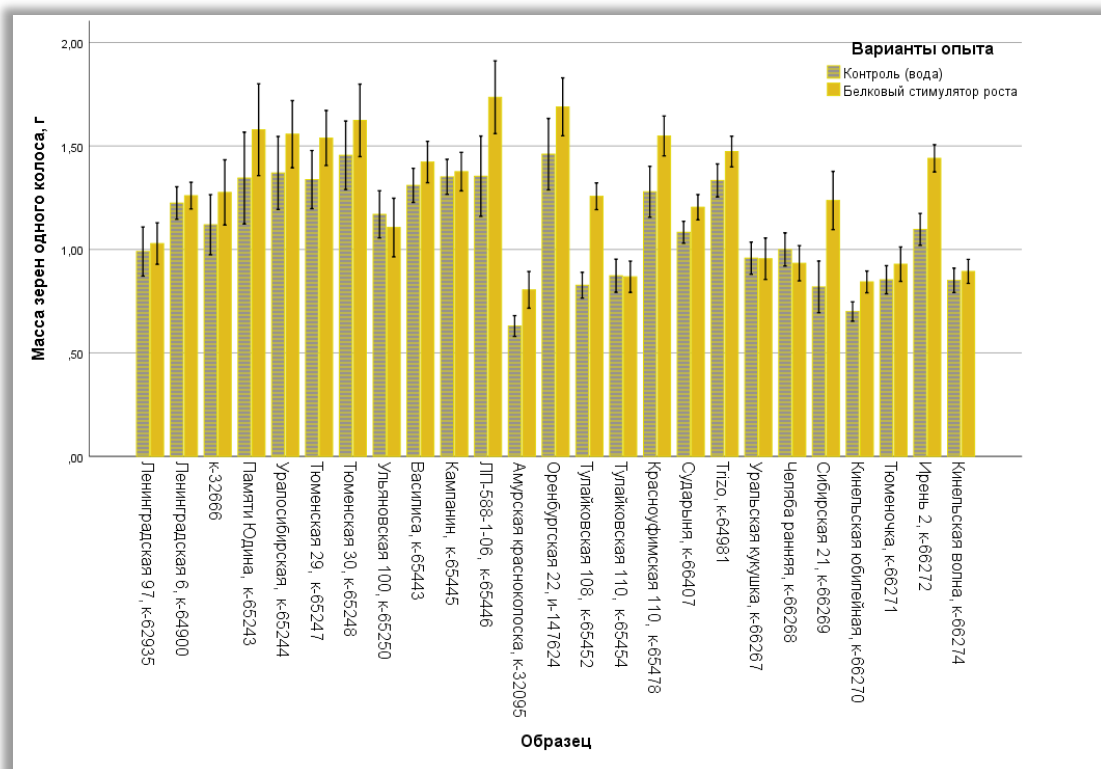


Рисунок 4 – Изменение массы зерен одного колоса мягкой пшеницы при применении белкового стимулятора роста по сравнению с контролем, 2017–2019 гг.

Figure 4. Changes of soft wheat grain weight per spike after the use of protein growth stimulator in relation to control samples from 2017 to 2019

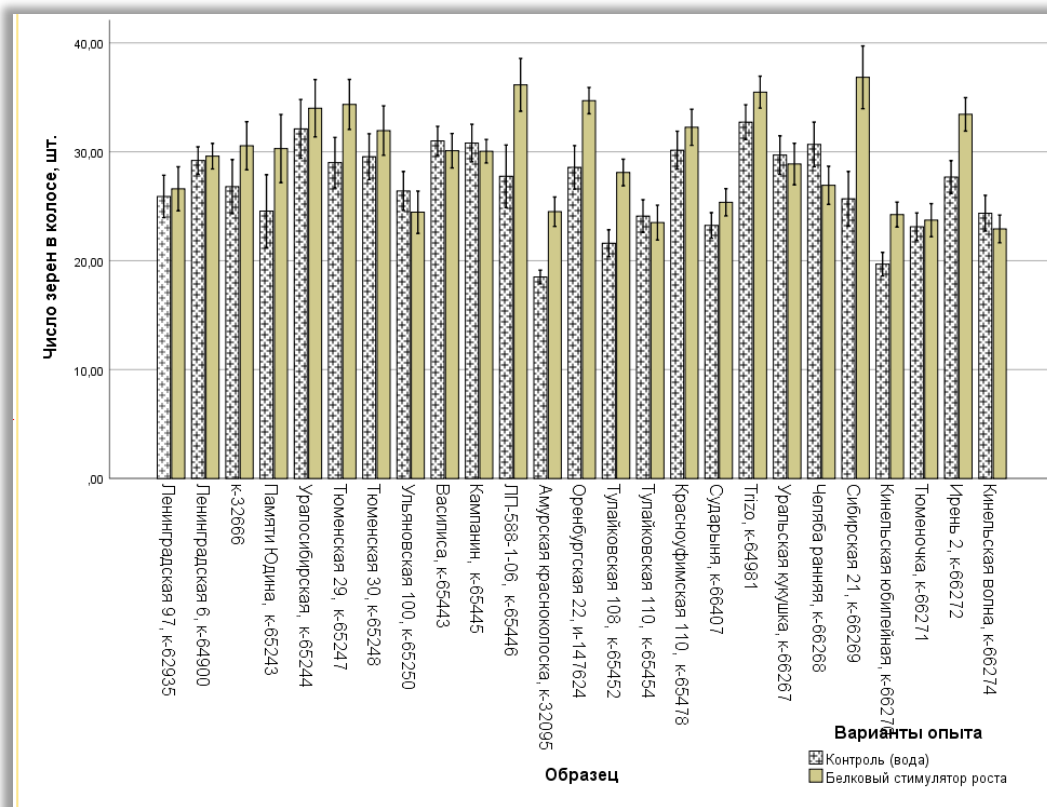


Рисунок 5 – Изменение числа зерен в колосе мягкой пшеницы при применении белкового стимулятора роста по сравнению с контролем, 2017–2019 гг.

Figure 5. Changes of soft wheat grain number per spike after the use of protein growth stimulator in relation to control samples from 2017 to 2019

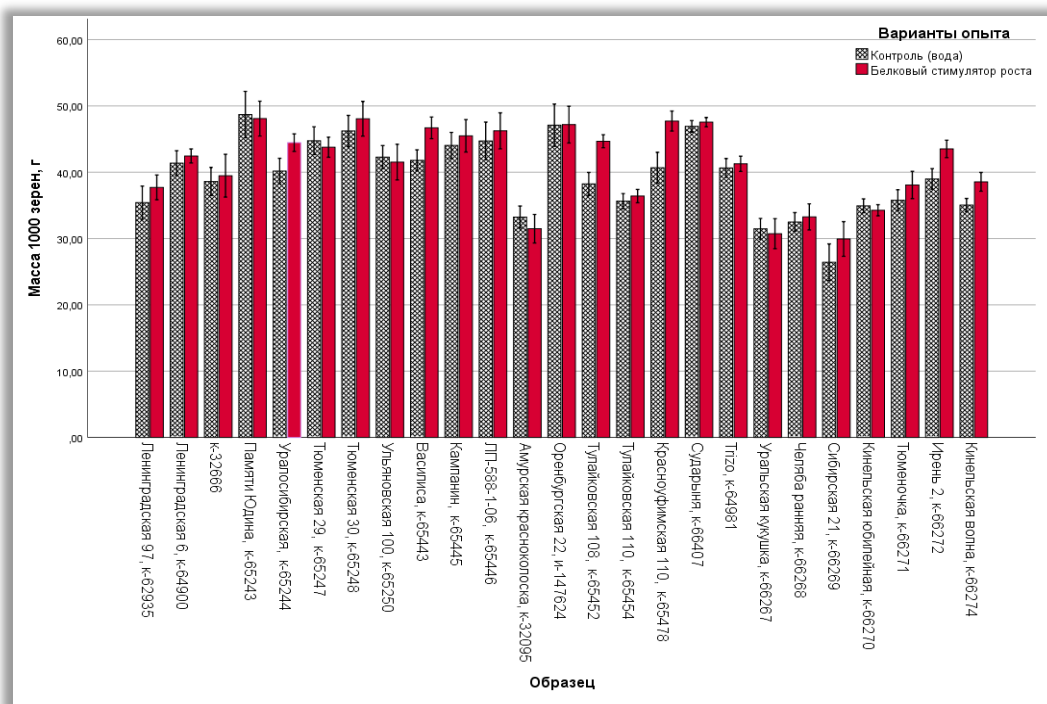


Рисунок 6 – Изменение массы 1000 зерен мягкой пшеницы при применении белкового стимулятора роста по сравнению с контролем, 2017–2019 гг.

Figure 6. Changes in the weight of 1000 soft wheat grains after the use of protein growth stimulator in relation to control samples from 2017 to 2019

Масса 1000 зерен и продуктивная кустистость существенно выросли в варианте с БСР в сравнении с контролем у 20% сортов (недостаточно – у 76 и 52%, соответственно) – рисунок 6. Увеличение массы 1000 зерен на некоторых сортах составило: Василиса, к-65443 (на 11,8%), Тулайковская 108, к-65452 (на 16,8%), Красноуфимская 110, к-65478 (на 17,3%) и др., а продуктивной кустистости – Ленинградская 97, к-62935 (на 34,2%), Уралосибирская, к-65244 (на 18,2%), Красноуфимская 110, к-65478 (на 35,6%) и др.

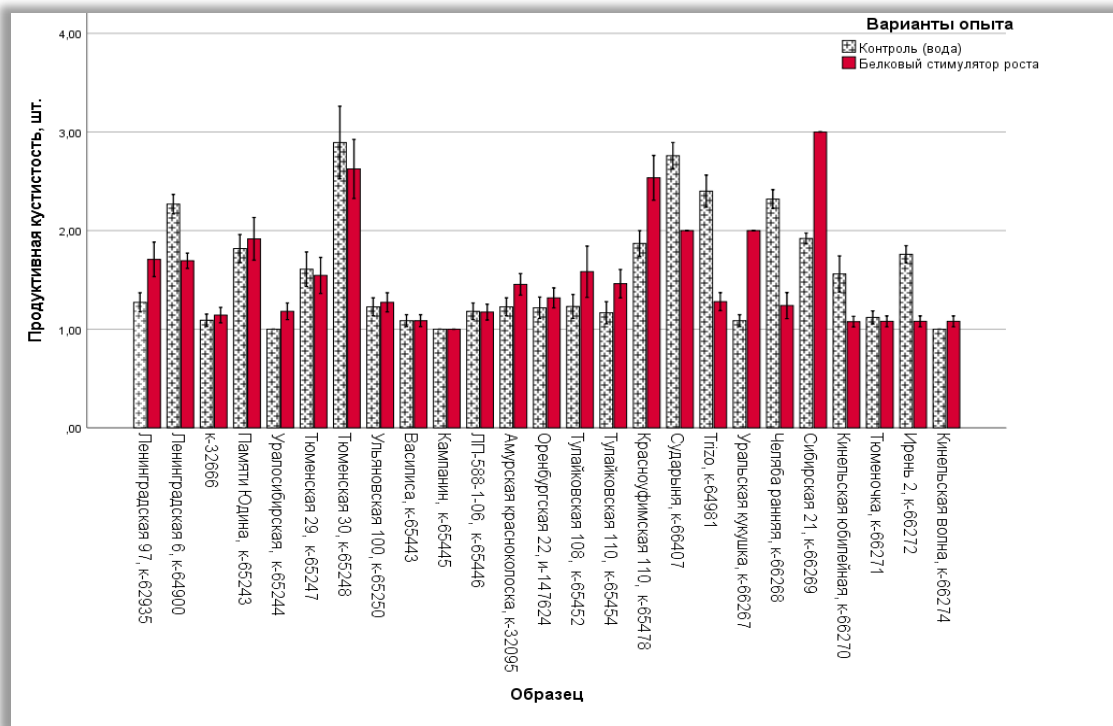


Рисунок 7 – Изменение продуктивной кустистости мягкой пшеницы при применении белкового стимулятора роста по сравнению с контролем, 2017–2019 гг.

Figure 7. Changes of soft wheat productive stooling after the use of protein growth stimulator in relation to control samples from 2017 to 2019

В отношении интенсивности поражения возбудителями болезней 25 сортов мягкой пшеницы белковый стимулятор роста действовал следующим образом (таблица 2, 3; рисунки 8–14).

Таблица 2. Изменение интенсивности поражения мягкой пшеницы мучнистой росой и бурой ржавчиной при внекорневой обработке растений белковым стимулятором роста по сравнению с контролем, 2017–2019 гг.
Table 2. Changes in the intensity of mildew and brown rust in soft wheat after foliar feeding by protein growth stimulator in relation to control samples from 2017 to 2019

Образец	Развитие корневой гнили	Мучнистая роса пшеницы			Бурая ржавчина пшеницы		
		число развитие	число пятен с налетом	площадь пятен с налетом	число развитие	число пустул	площадь пустулы
число положительных изменений к контролю, %	16	36	36	27	28	56	38
число статистически достоверных положительных изменений к контролю, %	4	12	20	12	0	4	12
число отрицательных изменений к контролю, %	64	56	64	73	40	44	48
число статистически достоверных отрицательных изменений к контролю, %	44	12	16	20	12	12	4

Таблица 3. Изменение интенсивности поражения мягкой пшеницы желтой ржавчиной при внекорневой обработке растений белковым стимулятором роста по сравнению с контролем, 2017–2019 гг.

Table 3. Changes in the intensity of yellow rust in soft wheat after foliar feeding by protein growth stimulator in relation to control samples from 2017 to 2019

Образец	Развитие септориозно-пиренофорозной пятнистости	Желтая ржавчина пшеницы						Общий азот
		развитие	число полос с пустулами	длина полос с пустулами	число пустул в полосе	число пустул на лист	площадь пустулы	
число положительных изменений к контролю, %	32	14	40	20	30	40	38	92
число существенных положительных изменений к контролю при $P < 0,05$, %	8	0	0	4	8	4	4	58
число отрицательных изменений к контролю, %	68	38	50	80	70	60	63	8
число существенных отрицательных изменений к контролю при $P < 0,05$, %	28	12	12	12	12	8	8	0

Корневая гниль пшеницы. Выявлена тенденция статистически достоверного снижения интенсивности развития корневой гнили при $P < 0,05$ у максимального числа сортов пшеницы (44%) в вариантах опыта с БСР по сравнению с контролем. Несущественное снижение развития корневой гнили ($P > 0,05$) по сравнению с контролем установлено у 64% сортов.

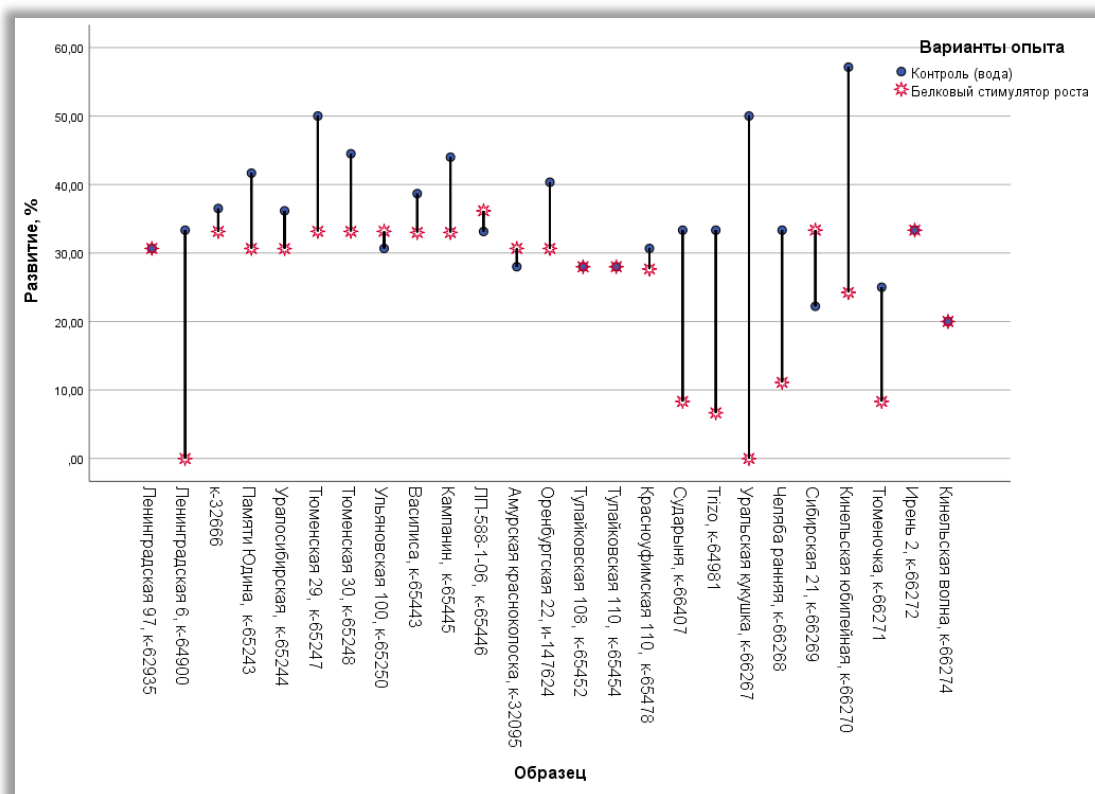


Рисунок 8 – Изменение интенсивности поражения мягкой пшеницы корневой гнилью при применении белкового стимулятора роста по сравнению с контролем, 2017–2019 гг.

Figure 8. Changes in the intensity of root rot in soft wheat after the use of protein growth stimulator in relation to control samples from 2017 to 2019

Статистически достоверное снижение корневой гнили зафиксировано на следующих сортах: Тюменская 29, к-65247 (на 16,83%, БЭ_г = 33,7%, 2018–2019 гг.), Тюменская 30, к-65248 (на 11,33%, БЭ_г = 25,5%, 2018–2019 гг.), Кампанин, к-65445 (на 11,00%, БЭ_г = 25,0%, 2018–2019 гг.), Оренбургская 22,

и-147624 (на 9,7%, БЭ_г = 24,0%, 2018–2019 гг.), Сударыня, к-66407 (на 25,0%, БЭ_г = 75,0%, 2017 г.), Trizo, к-64981 (на 26,7%, БЭ_г = 80,0%, 2017 г.), (на 50,0%, БЭ_г = 80,0%, 2017 г.), Челябинская ранняя, к-66268 (на 22,2%, БЭ_г = 66,7%, 2017 г.), Кинельская юбилейная, к-66270 (на 32,9%, БЭ_г = 57,6%, 2017 г.), Тюменочка, к-66271 (на 16,7%, БЭ_г = 66,7%, 2017 г.). Не выявлено симптомов развития корневой гнили в варианте с БСР по сравнению с контролем на сортах Ленинградская 6, к-64900 (в контроле – 33,3%, 2017–2019 гг.), Уральская кукушка, к-66267 (в контроле – 50,0%, 2017 г.).

Мучнистая роса пшеницы. Влияние БСР на развитие болезни было неоднозначным. Выявлена тенденция одновременного статистически достоверного снижения и усиления интенсивности развития мучнистой росы у 12% сортов (при $P < 0,05$). Несущественное снижение развития болезни выявлено у 56% сортов при использовании БСР.

Значительное снижение развития болезни при применении белкового стимулятора роста было зарегистрировано на следующих сортах: к-32666 (на 7,6%, БЭ_м = 77,6%, 2018–2019 гг.), Уральская кукушка, к-66267 (на 4,0%, БЭ_м = 80,0%, 2017 г.). Не было выявлено симптомов патогенеза на сорте Тюменочка, к-66271, в то время как в контроле развитие болезни составило 11,0%.

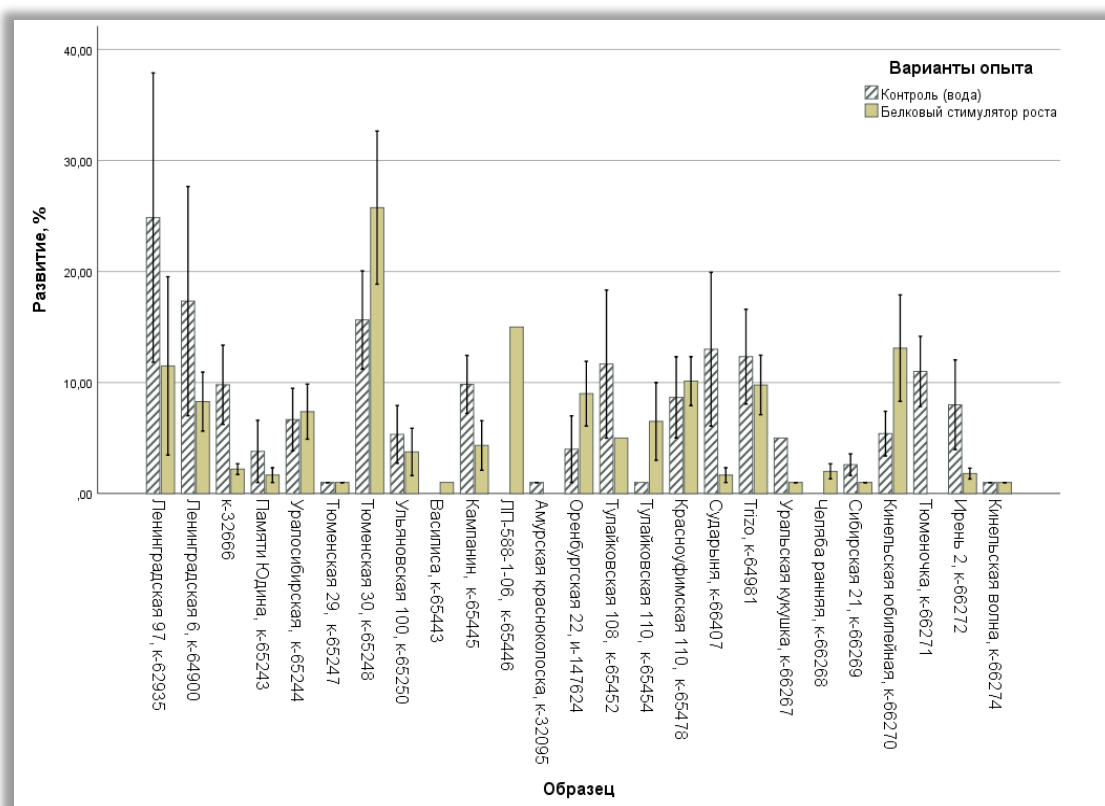


Рисунок 9 – Развитие мучнистой росы на мягкой пшенице при применении белкового стимулятора роста по сравнению с контролем, 2017–2019 гг.

Figure 9. Intensity of mildew in soft wheat after the use of protein growth stimulator in relation to control samples from 2017 to 2019

С использованием дополнительных фитопатологических показателей на большинстве сортов (20%) было установлено, что в варианте с БСР при $P < 0,05$ доминировала тенденция увеличения числа пятен с налетом микромицета, при этом площадь пятен с налетом снижалась. При $P > 0,05$ определено снижение значений числа пятен и площади пятна с налетом у 64 и 73% сортов, соответственно.

Статистически достоверное снижение площади пятен с налетом мучнистой росы зарегистрировано на сортах: Ульяновская 100, к-65250 (на 71,0%, с 4,03 до 1,2 мм², 2018–2019 гг.); Тулайковская 110, к-65454 (на 45,0%, с 6,28 до 3,45 мм², 2018 г.), Сударыня, к-66407 (на 84,8%, с 4,57 до 0,69 мм², 2017 г.), Кинельская волна, к-66274 (на 85,7%, с 4,80 до 0,69 мм², 2017 г.).

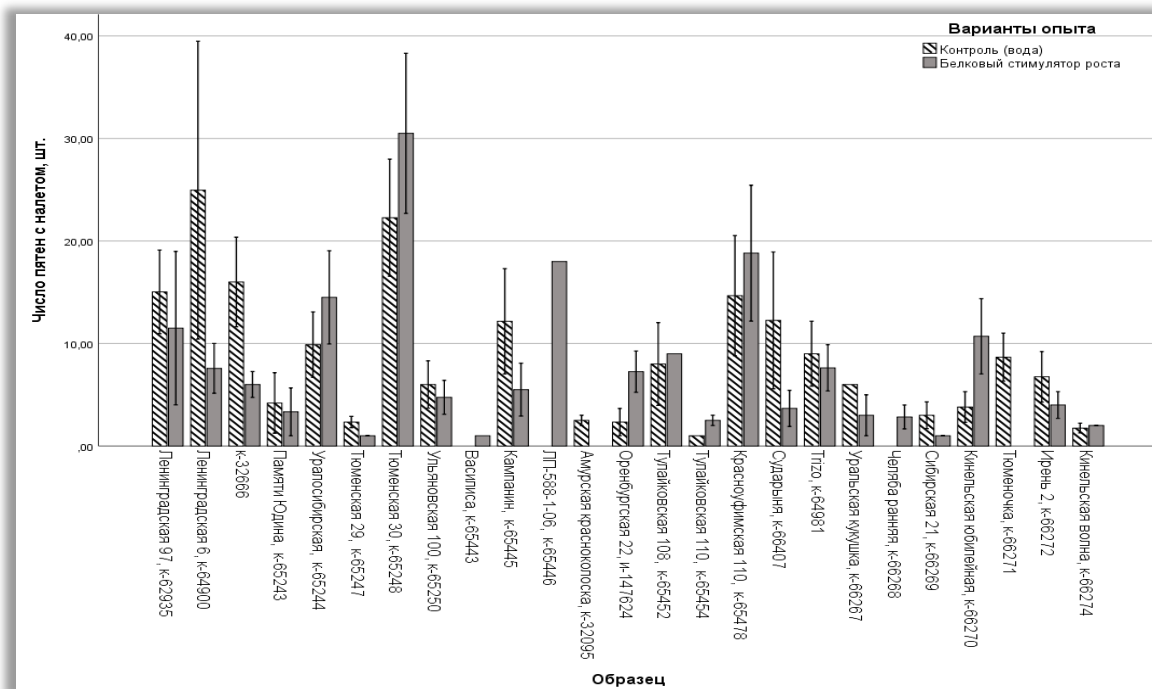


Рисунок 10 – Число пятен с налетом мучнистой росы на мягкой пшенице при применении белкового стимулятора роста по сравнению с контролем, 2017–2019 гг.

Figure 10. The number of mildew spots in soft wheat after the use of protein growth stimulator in relation to control samples from 2017 to 2019

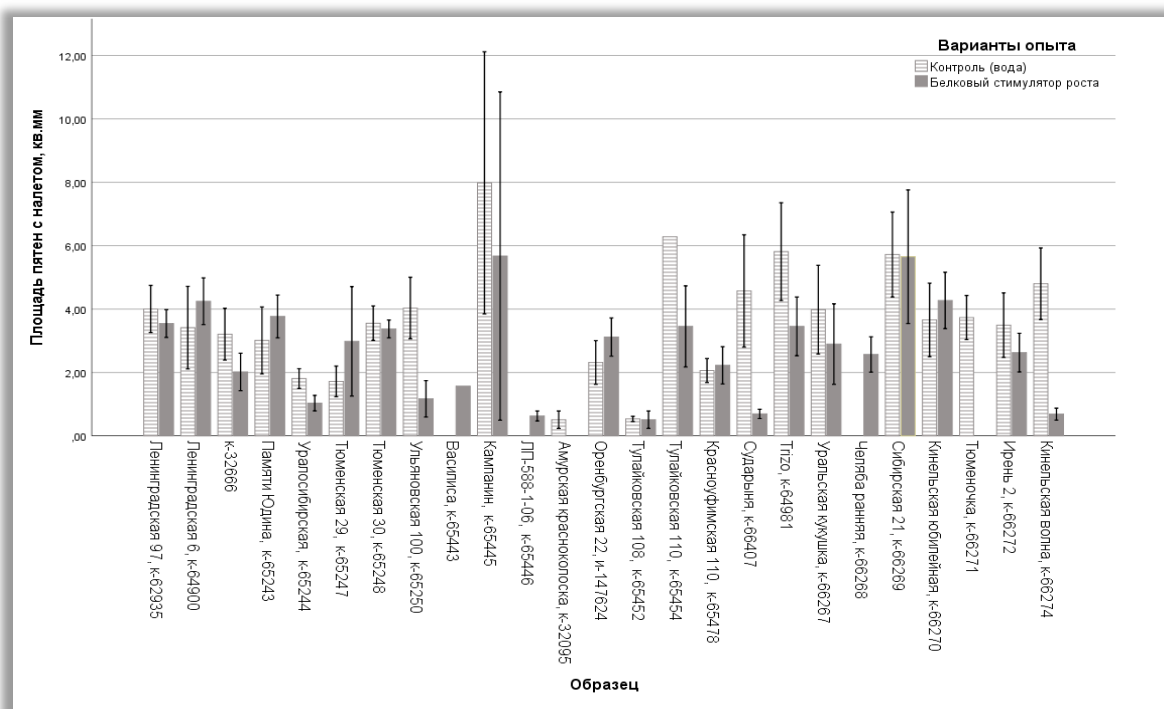


Рисунок 11 – Площадь пятен с налетом мучнистой росы на мягкой пшенице при применении белкового стимулятора роста по сравнению с контролем, 2017–2019 гг.

Figure 11. Area of mildew spots in soft wheat after the use of protein growth stimulator in relation to control samples from 2017 to 2019

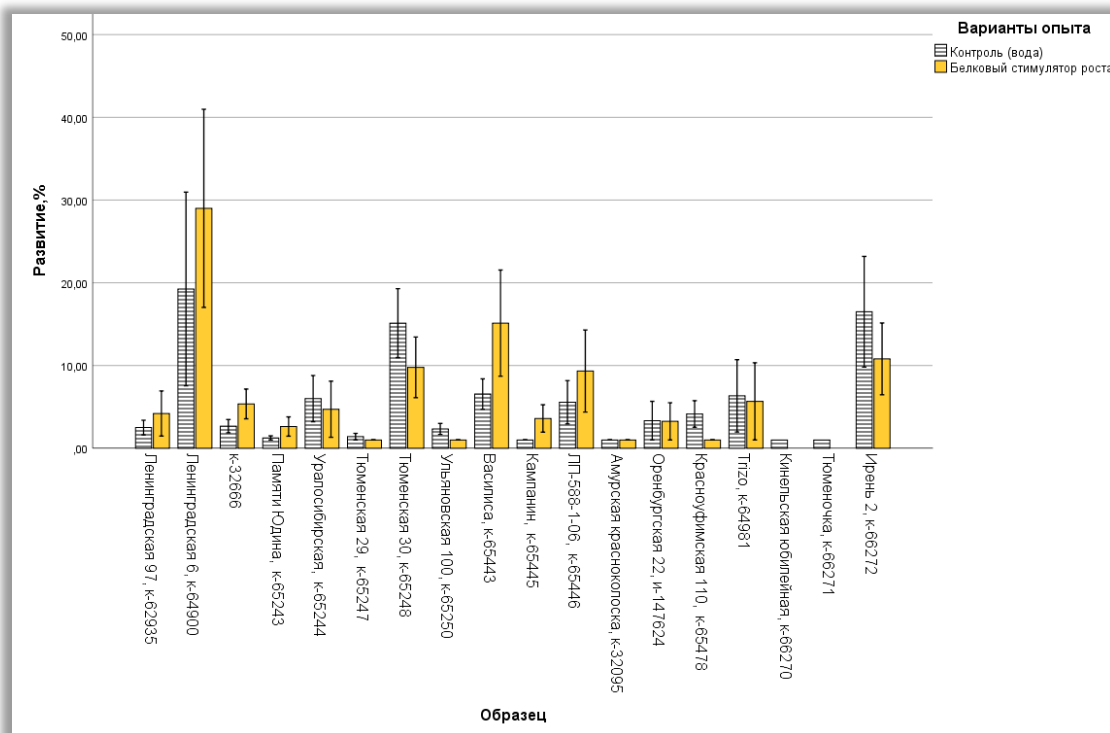


Рисунок 12 – Развитие бурой ржавчины на мягкой пшенице при применении белкового стимулятора роста по сравнению с контролем, 2017–2019 гг.

Figure 12. Intensity of brown rust in soft wheat after the use of protein growth stimulator in relation to control samples from 2017 to 2019

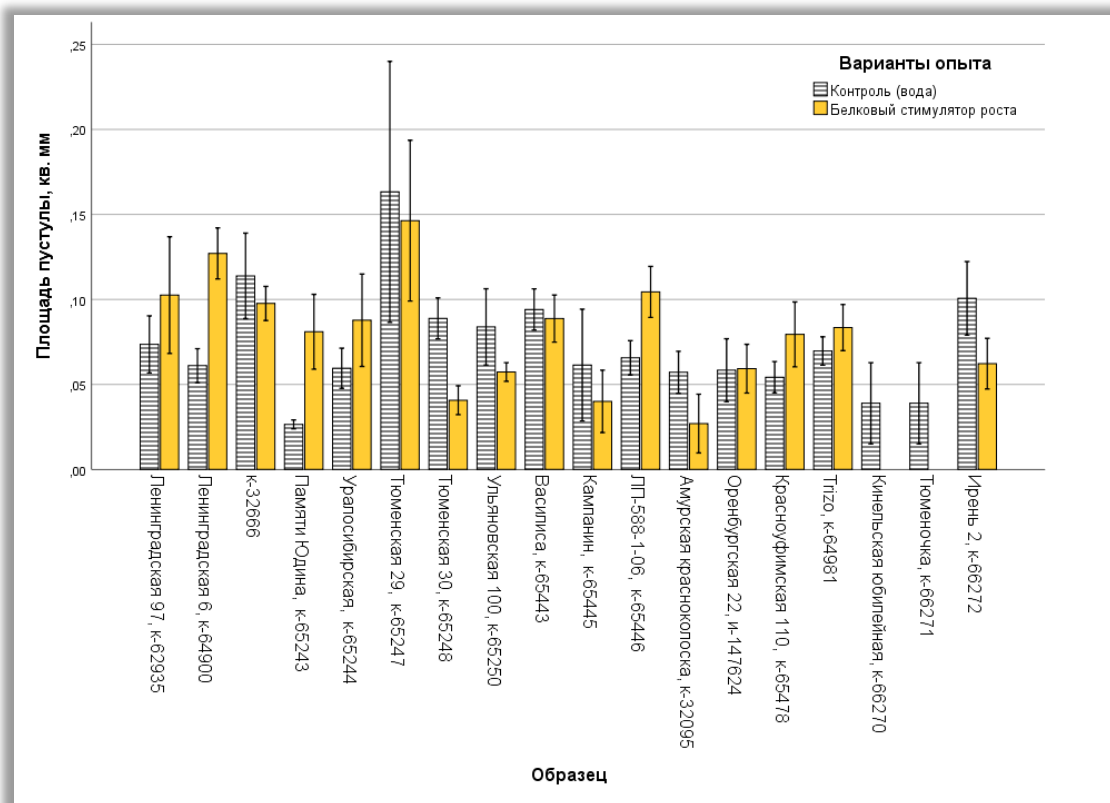


Рисунок 13 – Изменение значений площади пустулы бурой ржавчины на мягкой пшенице при применении белкового стимулятора роста по сравнению с контролем, 2017–2019 гг.

Figure 13. Changes in the area of brown rust pustule in soft wheat after the use of protein growth stimulator in relation to control samples from 2017 to 2019

Бурая ржавчина пшеницы. Выявлена низкая эффективность БСР в отношении бурой ржавчины пшеницы: снижение развития бурой ржавчины в сравнении с контролем определено у 40% сортов, числа пустул – у 44% сортов (достоверно $P < 0,05$ – 12%), площади пустулы – у 48% сортов (достоверно $P < 0,05$ – 4%).

По числу статистически достоверных положительных изменений числа пустул на флаговом листе с контролем ($P < 0,05$) в варианте с БСР превалировала тенденция снижения развития болезни. Однако при $P > 0,05$ выявлены большие значения показателя при использовании БСР на большинстве сортов (56%).

Обработка растений БСР приводила к статистически достоверному увеличению значений площади пустулы бурой ржавчины в сравнении с контролем на большинстве сортов пшеницы. Однако по числу отрицательных изменений с контролем при $P > 0,05$ преобладает тенденция снижения значений площади пустулы на большинстве сортов.

Желтая ржавчина пшеницы. Интенсивность развития болезни в период проведения исследований (2017–2019 гг.) была незначительна. Однако выявлена тенденция снижения поражения растений по комплексу показателей патогенеза в варианте с БСР в сравнении с контролем. Снижение развития бурой ржавчины пшеницы при применении БСР было выявлено на 38% сортов, числа полос с пустулами – на 50% сортов, длины полосы с пустулами – на 80% сортов, числа пустул в полосе – на 70% сортов (достоверно $P < 0,05$ – 12%), числа пустул на лист – на 60% сортов и площади пустулы – на 63 % сортов (достоверно $P < 0,05$ – 8%).

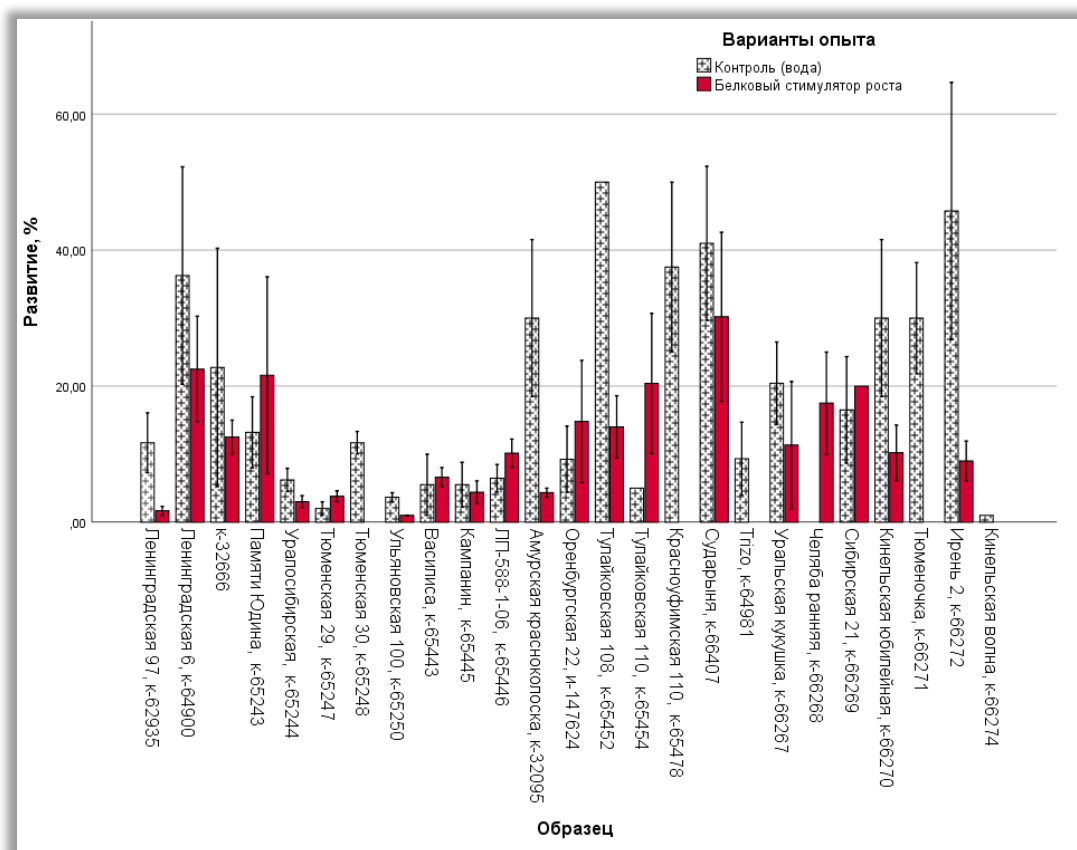


Рисунок 14 – Развитие септориозно-пиренофорозной пятнистости на мягкой пшенице при применении белкового стимулятора роста по сравнению с контролем, 2017–2019 гг.

Figure 14. Intensity of septoria-pyrenophorous spotting in soft wheat after the use of protein growth stimulator in relation to control samples from 2017 to 2019

Септориозно-пиренофорозная пятнистость. Эффективность БСР в отношении септориозно-пиренофорозной пятнистости была высокой. На большинстве сортов пшеницы обработка БСР приводила к снижению развития болезни. Число отрицательных изменений ее интенсивности в сравнении с контролем составило 68% (число существенных отрицательных изменений показателя при $P < 0,05$ –

28%). Существенное снижение развития болезни отмечено на сортах: Ленинградская 97, к-62935 (на 6,5%, БЭ_c = 86,7%, 2018–2019 гг.), Ульяновская 100, к-65250 (на 3,5%, БЭ_c = 87,5%, 2018–2019 гг.), Амурская красноколоска, к-32095 (на 20,5%, БЭ_c = 82,0%, 2018–2019 гг.), Тулайковская 108, к-65452 (на 36,0%, БЭ_c = 72,0%, 2018 г.). Не выявлено симптомов развития септориозно-пиренофорозной пятнистости в вариантах с БСР на сортах Тюменская 30, к-65248 (контроль – 5,8%, 2018–2019 гг.), Красноуфимская 110, к-65478 (контроль – 37,5%, 2018–2019 гг.), Тюменочка, к-66271 (контроль – 30,0%, 2017 г.).

На рисунке 15 представлены данные по изменению содержания общего азота во флаговых листьях пшеницы в фазу начала цветения при применении белкового стимулятора роста по сравнению с контролем (без обработки).

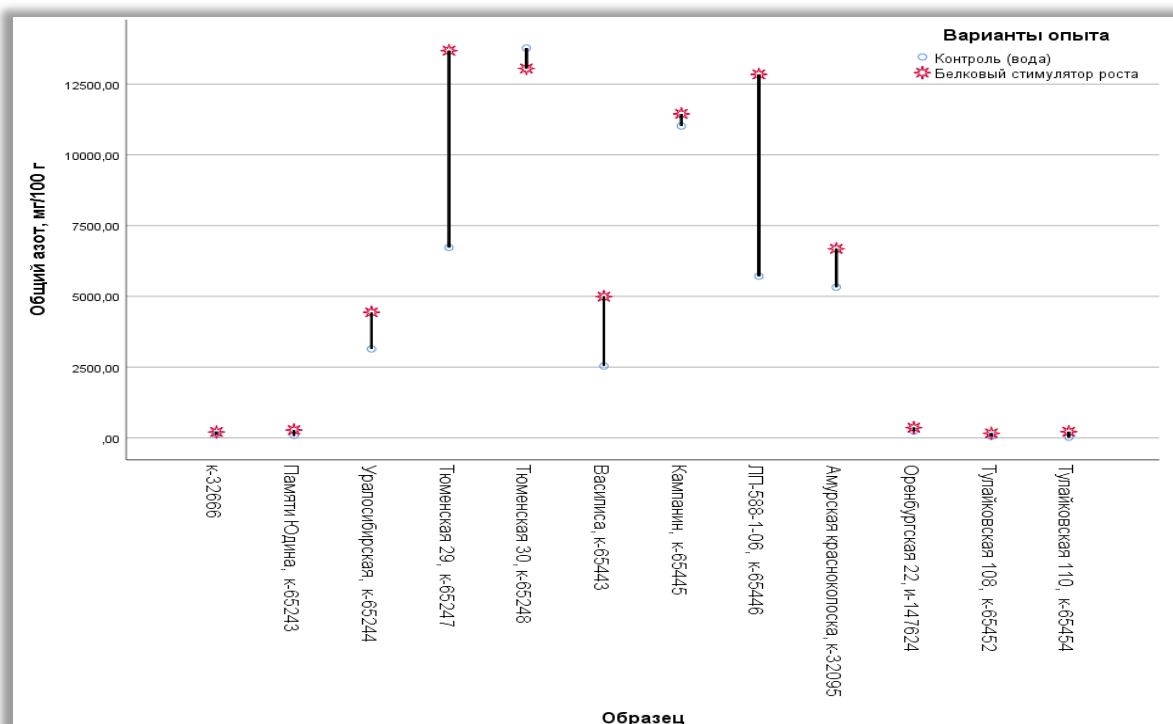


Рисунок 15 – Изменение содержания общего азота во флаговых листьях в фазе начала цветения пшеницы при применении белкового стимулятора роста, 2018 г.

Figure 15. Changes of total nitrogen content in flag leaf at wheat germination stage after the use of protein growth stimulator, 2018

Внекорневое опрыскивание растений белковым стимулятором роста обуславливало увеличение общего азота в листьях пшеницы у 92% образцов в среднем на 84,6%. Следует отметить, что содержание общего азота во флаговых листьях пшеницы в период цветения оказывает существенное влияние на урожай. В ряде опытов прослеживается тесная положительная связь между белковистостью зерна и содержанием азота во флаговых листьях, особенно при определении азота в фазе «цветение – начало формирования зерна». Выявлена тесная отрицательная корреляция между концентрацией аминокислот в соке листьев пшеницы и концентрацией глиадинов и глютеинов и тесная положительная корреляция между концентрацией аминокислот в соке листьев и содержанием в зерне водорастворимых белков, глобулинов, неэкстрагируемых белков, а также активностью кислых и щелочных протеаз.

С использованием метода главных компонент факторного анализа и критерия вращения – варимакс – были получены нормированные факторные нагрузки, характеризующие изменения фитопатологических и фитометрических показателей посевов пшеницы в сравнении с контролем при применении белкового стимулятора роста (таблица 4).

Таблица 4. Факторный анализ изменений фитометрических и фитопатологических характеристик посевов мягкой пшеницы при применении белкового стимулятора роста, 2018 г.
Table 4. Factor analysis of the changes in fitometric and fitopathologic indexes of soft wheat plantings after the use of protein growth stimulator from 2017 to 2019

Показатели	Факторные нагрузки		
	F_1	F_2	F_3
фаза растения, балл	0,79	-0,21	-0,10
высота растения, см	0,66	0,45	0,22
число корней, шт.	0,03	0,75	-0,21
длина корней, мм	-0,24	0,72	0,44
число узловых корней, шт.	0,58	-0,17	0,39
длина узловых корней, мм	-0,03	0,18	0,81
продуктивная кустистость, шт.	-0,09	-0,71	0,26
общая кустистость, шт.	-0,86	-0,31	0,31
длина колоса, мм	0,91	0,22	-0,02
площадь флагового листа, см ²	-0,31	-0,04	0,04
площадь предфлагового листа, см ²	0,30	0,21	-0,66
масса корней, г	0,22	-0,22	0,91
масса колоса, г	0,64	-0,06	0,38
масса вегетативной части, г	-0,78	-0,27	0,45
длина колоса, мм	0,66	0,72	0,17
число колосков в колосе, шт.	0,91	-0,03	0,30
число зерен в колосе, шт.	0,02	0,70	0,65
масса зерен одного колоса, г	0,42	0,71	0,63
масса 1000 зерен, г	0,80	0,07	0,16
урожайность растения, г	0,27	0,71	0,49
развитие корневой гнили, %	-0,47	-0,82	0,25
развитие мучнистой росы, %	0,32	-0,38	0,62
число пятен с налетом мучнистой росы, шт.	-0,20	-0,48	-0,02
площадь пятен с налетом мучнистой росы, шт.	0,36	-0,71	0,13
развитие бурой ржавчины, %	-0,87	0,13	-0,16
число пустул бурой ржавчины, шт.	-0,74	-0,24	-0,49
площадь пустулы бурой ржавчины, мм ²	-0,27	-0,17	-0,74
развитие септориозно-пиренофорозной пятнистости, %	0,55	0,82	-0,10
содержание общего азота в листьях, мг/100 г	-0,15	0,88	0,18

Было выделено три фактора (F_1 – F_3), объясняющих 72,7% общей дисперсии переменных показателей. Доли общей дисперсии, обусловленные тремя факторами, были следующие: F_1 – 37,5%; F_2 – 18,9%; F_3 – 16,3%.

В F_1 в вариантах опыта с использованием БСР было отмечено, что усиление интенсивности поражения растений бурой ржавчиной (по развитию болезни и числу пустул) снижало эффективность белкового стимулятора роста в отношении массы 1000 зерен, числа колосков в колосе, длины колоса, сокращения периода созревания пшеницы (по фазе онтогенеза). Рост общей и продуктивной кустистости растений, массы вегетативной части способствовал усилению поражения пшеницы болезнью.

Фактором F_2 описывается зависимость продуктивности пшеницы и интенсивности развития болезней от содержания общего азота в листьях. Увеличение содержания общего азота при применении БСР приводило к росту числа и длины корней, числа зерен в колосе, массы зерен одного колоса, длины колоса, урожайности растения, но при этом – к снижению продуктивной кустистости. Между содержанием общего азота в листьях и развитием септориозно-пиренофорозной пятнистости выявлена положительная

корреляционная связь. Растения, листья которых отличались большим содержанием общего азота, характеризовались меньшей интенсивностью развития корневой гнили и площадью пятен с налетом мучнистой росы.

В F_3 увеличение длины узловых корней, массы корней в варианте с БСР в сравнении с контролем обуславливало уменьшение значений площади пустулы бурой ржавчины, т. е. способствовало повышению устойчивости растений к болезни.

Заключение

Возделывание мягкой пшеницы с использованием белкового стимулятора роста при внекорневом внесении определяло увеличение урожайности у 72% сортов, при этом существенные показатели в сравнении с контролем выявлены у 16% образцов. Наибольшее число статистически достоверных положительных различий в вариантах с БСР по сравнению с контролем при $P < 0,05$ выявлено по таким показателям, как общая кустистость, число зерен в колосе, число колосков в колосе. Наибольшую эффективность БСР проявил в отношении снижения развития корневой гнили и септориозно-пиренофорозной пятнистости. Развитие мучнистой росы, бурой и желтой ржавчины существенно не изменилось. Внекорневое опрыскивание растений белковым стимулятором роста обуславливало увеличение общего азота в листьях пшеницы у 92% образцов в среднем на 84,6%. Повышение содержания общего азота при применении БСР приводило к росту числа и длины корней, числа зерен в колосе, массы зерен одного колоса, длины колоса, урожайности растения, но к снижению продуктивной кустистости. Растения, листья которых отличались большим содержанием общего азота, характеризовались меньшей интенсивностью развития корневой гнили и площадью пятен с налетом мучнистой росы.

Литература/References

1. Murray-Tortarolo G.N., Jaramillo V.J. Precipitation extremes in recent decades impact cattle populations at the global and national scales. *Sci. Total Environ.* 2020. V. 736, article 139557. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139557
2. Кременевская М.И. Успешное использование белковых гидролизатов в растениеводстве // Мясная индустрия. 2017. № 11. С. 44–47.
Kremenevskaya M.I. Successful use of protein hydrolysates in crop husbandry. *Meat Industry Journal.* 2017, no. 11, pp. 44–47. (In Russian)
3. Youssef R., Petronia C., Francesco C., Mariateresa C., Giuseppe C. Effects of vegetal – versus animal-derived protein hydrolysate on sweet basil morpho-physiological and metabolic traits. *Scientia Horticulturae.* 2021, V. 284, article 110123. DOI: 10.1016/j.scienta.2021.110123
4. Raguraj S., Kasim S., Jaafar N. Md., Nazli M.H. Growth of tea nursery plants as influenced by different rates of protein hydrolysate derived from chicken feathers. *Agronomy.* 2022, V. 12, no. 2, pp. 299–312. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020299>
5. Cristiano G., Pallozzi E., Conversa G., Tufarelli V., De Lucia B. Effects of an animal-derived biostimulant on the growth and physiological parameters of potted snapdragon (*Antirrhinum majus L.*). *Frontiers in Plant Science.* 2018, V. 9, article 861. DOI: 10.3389/fpls.2018.00861
6. Youssef R., Giuseppe C., Lori H., Maria G., Christophe E., Mariateresa C. Vegetal-protein hydrolysates based microgranule enhances growth, mineral content, and quality traits of vegetable transplants. *Scientia Horticulturae.* 2021, V. 290, article 110554. DOI: 10.1016/j.scienta.2021.110554
7. Cozzolino E., Di Mola I., Ottaiano L., El-Nakhel Ch., Rouphael Y., Mori M. Foliar application of plant-based biostimulants improve yield and upgrade qualitative characteristics of processing tomato. *Italian Journal of Agronomy.* 2021. V. 16, article 1825. DOI:10.4081/ija.2021.1825
8. Zhou W., Zheng W., Wang W., Lv H., Liang B., Li J. Exogenous pig blood-derived protein hydrolysates as a promising method for alleviation of salt stress in tomato (*Solanum lycopersicum L.*). *Scientia Horticulturae.* 2022, V. 294, article 110779. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110779>
9. Zhou W., Zheng W., Lv H., Wang Q., Liang B., Li J. Foliar application of pig blood-derived protein hydrolysates improves antioxidant activities in lettuce by regulating phenolic biosynthesis without compromising yield production. *Scientia Horticulturae.* 2022, V. 291, article 110602. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110602>
10. Kaur M., Bhari R., Singh R.S. Chicken feather waste-derived protein hydrolysate as a potential biostimulant for cultivation of mung beans. *Biologia.* 2021, V. 76, Release 6, pp. 1807–1815. DOI: 10.1007/s11756-021-00724-x
11. Zhiryayeva E.V. Food security indicators classification and assessment of their importance for the policy of the Russian Federation. *Administrative consulting.* 2020, no. 12, pp. 49–67. DOI: 10.22394/1726-1139-2020-12-49-67

12. Ceccarelli A.V., Miras-Moreno B., Buffagni V., Senizza B., Pii Y., Cardarelli M., Roupael Y., Colla G., Lucini L. Foliar application of different vegetal-derived protein hydrolysates distinctively modulates tomato root development and metabolism. *Plants*. 2021, V. 10, no. 2, pp. 326–339. <https://doi.org/10.3390/plants10020326>
13. Shapowal O., Mozharova I. A comparative study of application of multifunctional fertilizers based on amino acids and trace elements for winter wheat. *BIO Web of Conferences (FIES 2019)*. 2020, V. 17, article 00251. DOI: 10.1051/bioconf/20201700251
14. Shapowal O.A., Mozharova I.P., Muhina M.T. The effectiveness of plant growth regulators with fungicidal and antibacterial properties used on soybean. *The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems*. Heidelberg, Springer, 2021. V. 206, pp. 797–805. DOI:10.1007/978-3-030-72110-7_87
15. Колесников Л.Е., Попова Э.В., Новикова И.И., Прияткин Н.С., Архипов М.В., Колесникова Ю.Р., Потрахов Н.Н., Van Duijn B., Гусаренко А.С. Совместное использование штаммов микроорганизмов и хитозановых комплексов для повышения урожайности пшеницы (*Triticum aestivum* L.) // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 5. С. 1024–1040. DOI: 10.15389/agrobiol.2019.5.1024rus
Kolesnikov L.E., Popova E.V., Novikova I.I., Priyatkin N.S., Arkhipov M.V., Kolesnikova Yu.R., Potrakhov N.N., Van Duijn B., Gusarenko A.S. Multifunctional biologics which combine microbial anti-fungal strains with chitosan improve soft wheat (*Triticum Aestivum* L.) yield and grain quality. *Agricultural Biology*. 2019, V. 54, no. 5, pp. 1024–1040 (*In Russian*)
16. Колесников Л.Е., Новикова И.И., Сурин В.Г., Попова Э.В., Прияткин Н.С., Колесникова Ю.Р. Оценка эффективности совместного применения хитозана и микробов-антагонистов в защите яровой мягкой пшеницы от болезней с использованием спектрометрического анализа // Прикладная биохимия и микробиология. 2018. Т. 54, № 5. С. 546–552. DOI: 10.1134/S0555109918050082
Kolesnikov L.E., Novikova I.I., Popova E.V., Surin V.G., Priyatkin N.S., Kolesnikova Y.R. 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. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2018, V. 54, no. 5, pp. 540–546. DOI: 10.1134/S0003683818050083

Информация об авторах

Марианна Игоревна Кременевская – д-р техн. наук, доцент факультета биотехнологий
Леонид Евгеньевич Колесников – канд. биол. наук, завкафедрой защиты и карантина растений
Юлия Рудольфовна Колесникова – канд. с.-х. наук, научный сотрудник
Фирдавс Садриддин Угли Адхамов – магистрант факультета биотехнологий
Мария Михайловна Ткачева – магистрант факультета биотехнологий
Денис Сергеевич Минаков – аспирант кафедры защиты и карантина растений

Information about the authors

Marianna I. Kremenevskaya, Dr. Sci., Associate Professor of the Faculty of Biotechnology
Leonid E. Kolesnikov, Ph. D., Head of the Department of Plant Protection and Quarantine
Yulia R. Kolesnikova, Ph. D., Researcher
Firdavsi S.G. Adhamov, Undergraduate of the Faculty of Biotechnology
Maria M. Tkacheva, Undergraduate of the Faculty of Biotechnology
Denis S. Minakov, Postgraduate Student, Department of Plant Protection and Quarantine

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflicts of interests

Статья поступила в редакцию 30.04.2022

Одобрена после рецензирования 01.06.2022

Принята к публикации 06.06.2022

The article was submitted 30.04.2022

Approved after reviewing 01.06.2022

Accepted for publication 06.06.2022