

## Оптимизация питательного режима озимой пшеницы

Н. И. Мамсиров<sup>1</sup>✉, А. Ю. Кишев<sup>2</sup>, А. А. Мнатсаканян<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Майкопский государственный технологический университет, Майкоп, Россия

<sup>2</sup> Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, Нальчик, Россия

<sup>3</sup> Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко, Краснодар, Россия

✉ E-mail: nur.urup@mail.ru

**Аннотация.** Эффективное и быстрое разложение растительных остатков и устранение негативного воздействия патогенной микрофлоры на почвенную среду и растительный организм происходит за счет грибов рода *Trichoderma*, которые обладают фитозащитными и ростостимулирующими свойствами, имеют высокую степень разложения высокополимерных компонентов растительных остатков. Одним из таких препаратов является «Стернифаг». **Цель работы** – определить эффективность применения микробиологического препарата «Стернифаг» в технологии возделывания озимой пшеницы в условиях Республики Адыгея. **Научная новизна** полученных результатов состоит в том, что впервые на слитых выщелоченных черноземах изучено влияние препарата «Стернифаг» на продуктивность озимой пшеницы. **Методы** исследования соответствуют «Методике опытного дела» Б. А. Доспехова. **Результаты.** В статье приведены результаты исследований, определяющих эффективность применения микробиологического препарата «Стернифаг» в технологии возделывания озимой пшеницы. Исследования проводились в ФГБНУ «Адыгейский НИИСХ» в период 2017–2020 с.-х. гг. на черноземе выщелоченном. В результате исследований отмечено, что применение препарата «Стернифаг» увеличило высоту озимой пшеницы, которая составила в фазу выхода в трубку 37,4 см (+39,6 % к контролю) и в фазу полной спелости 81,9 см (+8,9 % к контролю), нарастание биомассы надземными органами и накопление ими сухого вещества также увеличилось. Включение в технологию возделывания озимой пшеницы препарата «Стернифаг» существенно повысило урожайность на 11,2 % (низкий агрофон) и 9,3 % (высокий агрофон) в сравнении с вариантами без его применения. Максимальный урожай (4,01 т/га) получен на варианте 4 с препаратом «Стернифаг» на высоком агрофоне. Определено, что применение данного препарата при возделывании озимой пшеницы улучшило содержание белка в зерне ее натуры, и стекловидность. При этом незначительно сказался на клейковине и ее качестве, что и определило класс зерна, который на низком агрофоне соответствовал 5, а на других вариантах – 4.

**Ключевые слова:** озимая мягкая пшеница, грибы рода *Trichoderma*, препарат «Стернифаг», органическое вещество, структура урожая, урожайность, качество зерна.

**Для цитирования:** Мамсиров Н. И., Кишев А. Ю., Мнатсаканян А. А. Оптимизация питательного режима озимой пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2022. № 10 (225). С. 21–32. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-21-32.

**Дата поступления статьи:** 12.07.2022, **дата рецензирования:** 22.07.2022, **дата принятия:** 05.08.2022.

### Постановка проблемы (Introduction)

Проблема повышения урожайности зерновых культур и получение высококачественного зерна в наше время заметно обострилась и приобрела важное народно-хозяйственное значение. В сложившейся экономической ситуации интенсивная технология выращивания озимой пшеницы стала сложной задачей для большинства сельскохозяйственных предприятий [2; 8]. Поэтому возникла необходимость найти альтернативный подход к развитию различных элементов технологии, внедрение которых позволило бы получать стабильно высокие урожаи при сохранении плодородия почв [6; 11].

В природе основными и наиболее важными источниками пополнения почвы питательными веществами являются растительные остатки, которые, попадая в почву, возвращают около 12–15 кг/га N, 7–8 кг/га P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 24–30 кг/га K<sub>2</sub>O. Однако, разложение растительных остатков из-за низкой активности почвенной биоты, низкой численности специфической микрофлоры в зависимости от механического состава почвы, может проходить не столь быстро, а лишь в течение 3–5 лет, в этом случае, питательные вещества бывают не доступными для растений в первый год [1; 7; 11]. Верхние слои почвы часто подвержены накоплению лигнина и фенолов, тор-

мозающих процессы роста и развития культурных растений и замедляющих процессы минерализации органических веществ, а также содержанию патогенов болезней и токсинообразующих грибов [13].

Внесение высоких доз азотных удобрений под основную обработку почвы ускоряет процессы разложения стерни после зерновых колосовых предшественников [4]. Наряду с этим наблюдается и негативная сторона, заключающаяся в том, что активизируется рост анаэробной почвенной микрофлоры, в первую очередь патогенной, что в дальнейшем негативно сказывается на семенах и всходах, вызывая заболевания в течение вегетационного периода и, соответственно, потери урожая [3]. Именно поэтому применение препаратов на основе гриба рода *Trichoderma* способствует устранению негативного воздействия патогенной микрофлоры на почву и растения, эффективного и быстрого разложения растительных остатков в почве [9; 5]. Дополнительный эффект от их применения – повышение фитозащитных и ростостимулирующих свойств культурных растений, а также высокая степень разложения высокополимерных компонентов растительных остатков, что показано в ряде научных работ [10; 12; 14–16]. Одним из таких препаратов является «Стернифаг», отличительные особенности которого – безопасность для полевых культур, человека, теплокровных животных, высокая активность действия, устойчивость к перепадам режима температуры и химическим загрязнениям почвы.

Цель исследований заключается в определении эффективности применения микробиологического препарата «Стернифаг» на основе гриба рода Триходерма в технологии возделывания озимой пшеницы в почвенно-климатических условиях Республики Адыгея.

Для достижения поставленной цели нам необходимо определить эффективность влияния микробиологического препарата «Стернифаг»:

- на изменение содержания гумуса в почве;
- рост и развитие растений озимой пшеницы;
- формирование элементов структуры урожая;
- урожайность и качество зерна озимой пшеницы сорта Гром.

#### **Методология и методы исследования (Methods)**

Исследования проводились в Адыгейском научно-исследовательском институте сельского хозяйства в период с 2017 по 2020 с.-х. гг. на черноземах выщелоченных слитых тяжелоглинистого механического состава. Содержание органического вещества – 3,0–4,8 %. Содержание элементов питания в слое почвы 0–30 см следующая: общего азота – 0,22–0,30 %, валового фосфора – 0,17–0,22 %, валового калия – 1,7–2,1 %. Кислотность почвы  $pH_{\text{соед.}}$  6,2–6,3, обменная изменяется в пределах 0,2–0,8 мг-экв на 100 г почвы или отсутствует, гидроли-

тическая кислотность – 1,2–1,5 мг-экв на 100 г почвы. Емкость поглощения составляет 37–50 мг-экв на 100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 95–99 %. Объемная масса верхнего горизонта достигает 1,20–1,30 г/см<sup>3</sup>.

В период проведения исследований погодные условия разнообразны и наглядно представлены на рис. 1.

В целом погодные условия 2017–2018 с.-х. г. сложились благоприятно для роста и развития озимой пшеницы. Сентябрь очень теплый и сухой. Октябрь, ноябрь и декабрь были теплыми и влажными. Январь теплый и сухой. Февраль влажный и теплый, выпало полторы нормы осадков, температура воздуха выше нормы на 2,7 °С. Март дождливый и умеренно теплый, в то время как в апреле наблюдался недобор осадков и высокие температуры. Май жаркий и дождливый. Июнь и июль жаркие и дождливые.

В период 2018–2019 с.-х. г. погодные условия следующие. В сентябре и октябре осадков выпало больше нормы, температуры высокие. Ноябрь холодный, количество осадков – в пределах нормы. Декабрь теплый и довольно влажный. Теплой погодой и высоким количеством осадков характеризовался январь. Февраль и март были теплыми и сухими. Апрель близок к среднегодовым показателям. Май жаркий и сухой. Июнь жаркий (температура воздуха на 4,7 °С выше нормы), дефицит осадков составил 39,4 %. Июль теплый, и влажный (количество осадков превысило норму в 2 раза).

Погодные условия 2019–2020 с.-х. г. следующие. Сентябрь теплый с недобором осадков в первой декаде. Октябрь жаркий и сухой. Ноябрь теплый, осадков выпало 23,1 % от нормы. Декабрь теплый, недобор осадков составил 40 %. Январь теплый и сухой. Февраль влажный и теплый. Март очень теплый (температура воздуха на 5,0 °С выше нормы) и сухой. Апрель и май прохладные, недобор осадков – 86 и 35 % соответственно. Июнь теплый, сухой. Июль был теплым и дождливым, выпало 102,6 мм осадков.

За годы проведения исследований в зимний период погодные условия были теплыми, в результате чего озимая пшеница продолжала вегетацию. Необходимо добавить, что накопление продуктивной влаги в почвы (0–1,0 м) было незначительным, недобор осадков (март, апрель) не позволил озимой пшенице развить хорошую вторичную корневую систему, что сказалось на ее урожайности. Отметим, что благоприятные погодные условия при возделывании озимой пшеницы сложились в 2017–2018 с.-х. г., менее благоприятный и засушливый – 2019–2020 с.-х. г., тогда как 2018–2019 с.-х. г. имел промежуточное положение. Площадь одной делянки – 120 м<sup>2</sup> (12 × 100 м), учетная площадь – 50 м<sup>2</sup>. В исследованиях применялся сорт озимой пшеницы Гром (оригинатор ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукья-

ненко»). Глубина заделки семян – 5 см, повторность в опыте четырехкратная, размещение делянок – систематическое, предшественник – озимая пшеница.

Исследования в опыте приводились по следующей схеме:

1. *Низкий агрофон (контроль)*. Весной проведены подкормки растений аммиачной селитрой в дозах  $N_{30}$  (первая подкормка) +  $N_{20}$  (вторая подкормка).

2. *Высокий агрофон (контроль)*. Весной проведены подкормки растений аммиачной селитрой в дозах  $N_{60}$  (первая подкормка) +  $N_{30}$  (вторая подкормка).

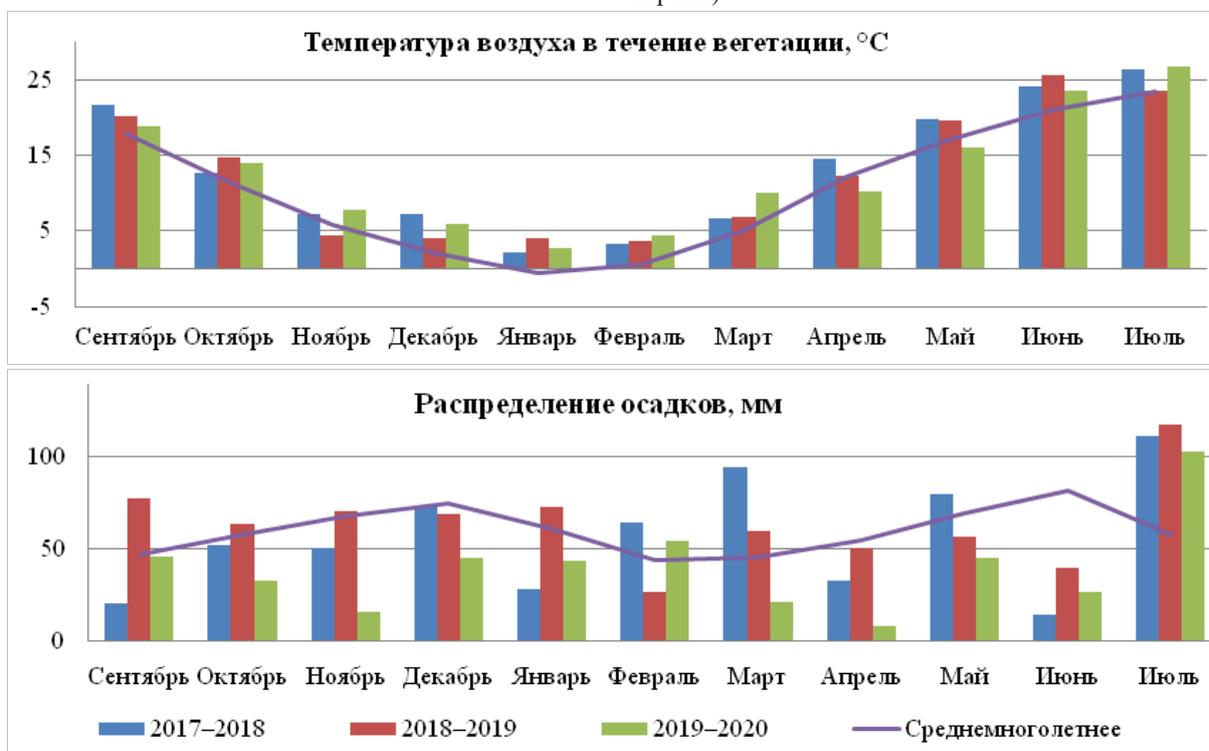


Рис. 1. Температура воздуха и распределение осадков в период проведения исследований, с.-х. год

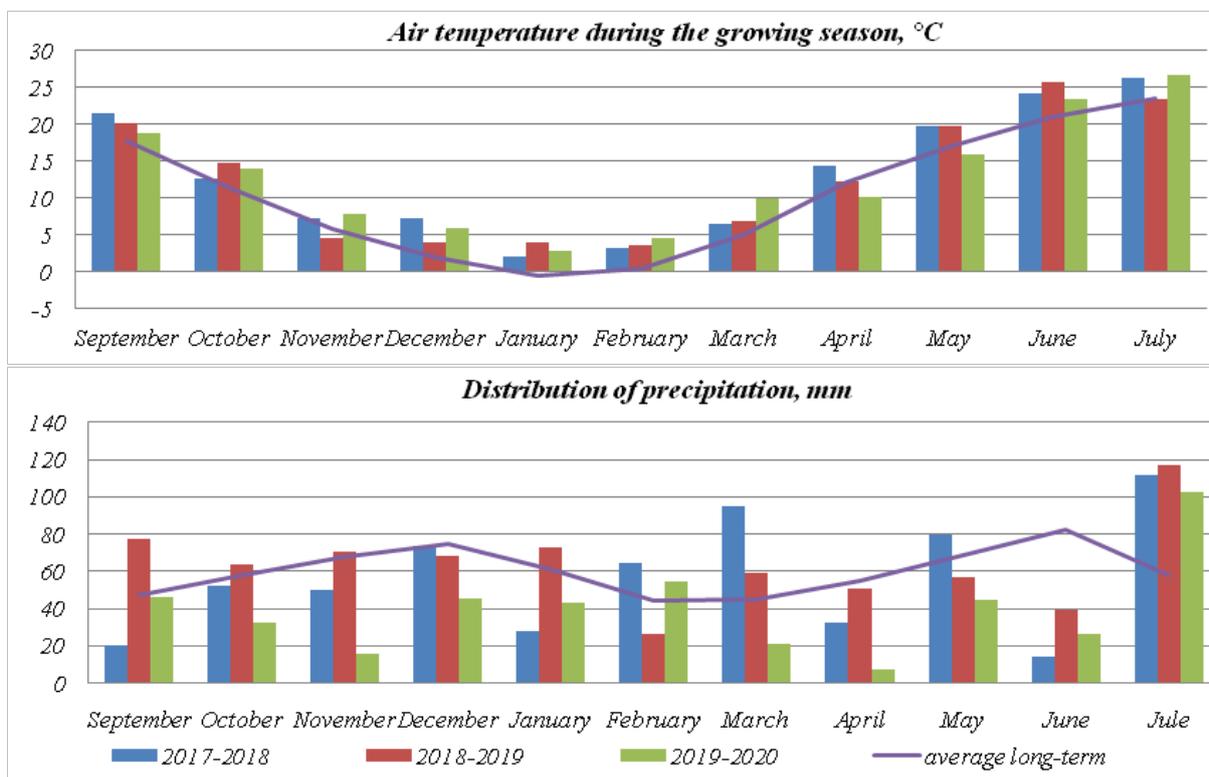


Fig. 1. Air temperature and precipitation distribution during the study period, agricultural year

3. *Низкий агрофон + «Стернифаг»*. После уборки предшествующей культуры пожнивные остатки обработаны препаратом «Стернифаг» в дозе 80 г/га + 250 л/га воды, весной проведены подкормки растений аммиачной селитрой в дозах  $N_{30}$  (первая подкормка) +  $N_{20}$  (вторая подкормка).

4. *Высокий агрофон + «Стернифаг»*. После уборки предшествующей культуры пожнивные остатки обработаны препаратом «Стернифаг» в дозе 80 г/га + 250 л/га воды, весной проведены подкормки растений аммиачной селитрой в дозах  $N_{60}$  (первая подкормка) +  $N_{30}$  (вторая подкормка).

«Стернифаг»: препаративная форма – смачивающийся порошок (СП), действующее вещество – *Trichoderma harzianum*, штамм ВКМ-4099D. Обладает фитозащитными и ростостимулирующими свойствами, а также способностью разлагать высокополимерные компоненты растительных остатков.

Стернифаг вносился механизированным способом – опрыскивателем ОВП-2000. Под основную обработку почвы фоном внесли минеральные удобрения в дозе  $N_{20}P_{60}K_{60}$ . Заделка стерни – агрегатом БДМ-3х2. Посев озимой пшеницы проводили в I декаде октября с нормой высева 220 кг/га.

Содержание органического вещества в почве определялось весной по ГОСТ 26213-91.

В фазы выхода в трубку и полной спелости определяли высоту (у 150 растений озимой пшеницы проводили измерения от узла кущения до верхушки вытянутого листа на главном побеге) и массу растений (сырую массу, затем отправляли на сушку для определения сухой массы) по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.

Структуру урожая определяли по методике Б. А. Доспехова. Образцы отбирали за день до уборки с каждого варианта (0,25 м<sup>2</sup>). При анализе снопов учитывали количество продуктивных стеблей, элементы продуктивности колоса (длину колоса, озерненность, массу колоса и зерна с колоса), массу 1000 зерен, рассчитали выход зерна и уборочный индекс.

Уборка проведена в фазу полной спелости зерна озимой пшеницы путем прямого комбайнирования. Урожайность определяли путем взвешивания зерна полученного с каждой делянки, в пересчете на влажность 14 % и чистоту 100 %.

Класс зерна определяли по ГОСТ 9353-2016, средние пробы отбирали по ГОСТ 13586.3-83, массу 1000 зерен – по ГОСТ 10842-89, натуру зерна – по ГОСТ 10840-64, стекловидность – по ГОСТ 10987-76, содержание клейковины и ИДК – по ГОСТ 28796-90.

### Результаты (Results)

Результаты исследования по влиянию препарата «Стернифаг» на изменение содержания органического вещества в почве приводятся в таблице 1.

Анализ полученных данных выявил, что на контроле при низком и высоком уровне агрофона содержание органического вещества составило 3,20 % в слое почвы 0–20 см. Внесение препарата «Стернифаг» существенно не изменило значение данного показателя: 3,26 (низкий агрофон) и 3,29 % (высокий агрофон). Аналогичная тенденция отмечена и при определении запасов органических веществ в слое почвы 0–20 см, где на вариантах без применения испытуемого препарата запасы составляли 108,8 т/га. А с применением препарата

Таблица 1  
Влияние препарата «Стернифаг» на содержание органического вещества в слое почвы 0–20 см, определяемое в I декаде марта, в среднем за 2017–2020 с.-х. гг.

Вариант опыта	Содержание органического вещества, %	Запасы органического вещества, т/га
Низкий агрофон	3,20	108,8
Высокий агрофон	3,20	108,8
Низкий агрофон + Стернифаг	3,26	110,8
Высокий агрофон + Стернифаг	3,29	111,8
НСР <sub>05</sub>	0,14	4,1

Table 1  
The effect of the Sternifag preparation on the content of organic matter in the soil layer of 0–20 cm, determined in the first decade of March, on average for agricultural year of 2017–2020

Experiment variant	Organic matter content, %	Organic matter reserves, t/ha
Low agricultural background	3.20	108.8
High agricultural background	3.20	108.8
Low agricultural background + Sternifag	3.26	110.8
High agricultural background + Sternifag	3.29	111.8
LSD <sub>05</sub>	0.14	4.1

«Стернифаг» запасы органического вещества несущественно, но возросли и составили 110,8 т/га на низком агрофоне и 111,8 т/га на высоком агрофоне.

Во время роста и развития любого растения в течение всей его жизни взаимодействуют физиологические и биологические процессы. В большей степени процессы роста и развития растений зависят от внутренних факторов, где особая роль отводится генетической составляющей.

Главный показатель роста растения озимой пшеницы – это высота, определяющая ее устойчивость к полеганию, к конкуренции за освещенность. Этот показатель в большинстве случаев является сортовым признаком. Однако на ростовые процессы озимой пшеницы, как и других возделываемых культур, оказывают влияние и иные факторы внешней среды, такие как густота стояния, питательный и водный режимы, почвенно-климатические условия, баланс стимулирующих и ингибирующих рост фитогормонов. Данные по высоте и накоплению сырой и сухой массы растениями озимой пшеницы в зависимости от исследуемых факторов представлены в таблице 2.

Многочисленные опыты подтверждают, что применение обоснованных высоких доз удобрений способствует формированию более высоких растений сельскохозяйственных культур с боль-

шей массой. Наши исследования показали, что при возделывании озимой пшеницы ее растения на низком агрофоне существенно уступают по высоте растениям, выращенным на высоком агрофоне, разница составила в фазу выхода в трубку 5,6 см, в фазу полной спелости – 3,6 см. Обработка пожнивных остатков препаратом «Стернифаг» оказала значительное влияние на этот показатель. Так, при внесении препарата на низком агрофоне высота растений составила в фазу выхода в трубку 28,2 см, что на 7,0 см выше контроля, и при этом не имеет существенной разницы по высоте с растениями на варианте 2. Аналогичные данные получены в фазу полной спелости. Следует отметить, что более высокорослые растения сформировались на высоком агрофоне с применением препарата «Стернифаг».

Другим важным показателем, характеризующим рост и развитие озимой пшеницы, является накопление сырой и сухой фитомассы. В фазу выхода в трубку накопление сырой массы определялось изучаемыми факторами: применение минеральных удобрений и препарата «Стернифаг» способствовало формированию более мощных растений. Так, на низком агрофоне сырая масса 1 растения на 12,6 % ниже, чем на высоком, а внесение препарата «Стернифаг» увеличило ее на 12,4 % (высокий агрофон) и 13,7 % (низкий агрофон). Аналогично изменялась

Таблица 2  
Влияние препарата «Стернифаг» на высоту и массу растений озимой пшеницы, в среднем за 2017–2020 с.-х. гг.

Вариант опыта	Выход в трубку			Полная спелость		
	Высота растений, см	Масса 1 растения, г		Высота растений, см	Масса 1 растения, г	
		Сырая	Сухая		Сырая	Сухая
Низкий агрофон	21,2	6,15	1,17	71,6	12,27	4,26
Высокий агрофон	26,8	7,78	1,53	75,2	14,07	5,02
Низкий агрофон + «Стернифаг»	28,2	8,47	1,72	77,7	15,84	5,64
Высокий агрофон + «Стернифаг»	37,4	9,64	2,03	81,9	17,28	6,49
НСР <sub>05</sub>	1,5	0,32	0,03	3,0	0,58	0,21

Table 2  
The effect of the Sternifag preparation on the height and weight of winter wheat plants, on average for agricultural year of 2017–2020

Experiment variant	Exit to the handset			Full ripeness		
	Plant height, cm	Weight of 1 plant, g		Plant height, cm	Weight of 1 plant, g	
		Raw	Dry		Raw	Dry
Low agricultural background	21.2	6.15	1.17	71.6	12.27	4.26
High agricultural background	26.8	7.78	1.53	75.2	14.07	5.02
Low agricultural background + Sternifag	28.2	8.47	1.72	77.7	15.84	5.64
High agricultural background + Sternifag	37.4	9.64	2.03	81.9	17.28	6.49
LSD <sub>05</sub>	1.5	0.32	0.03	3.0	0.58	0.21

сухая масса растения в зависимости от изучаемых факторов

Анализ полученных данных массы в фазу полной спелости показал, что применение препарата «Стернифаг» как на низком, так и на высоком агрофоне способствовало формированию более мощных растений с большей сырой и сухой массой.

Урожай любой сельскохозяйственной культуры является основным агрономическим показателем, отражающим целесообразность и эффективность того или иного приема технологии ее выращивания. Формирование элементов структуры урожая озимой пшеницы в зависимости от применения препарата «Стернифаг» на различных агрофонах показано в таблице 3.

Опытами установлено, что усиление режима питания приводит к стимуляции ростовых процессов, протекающих в самих растениях. Анализ структуры урожая показал, что возделывание озимой пшеницы целесообразно с внесением препарата «Стернифаг» как на низком, так и на высоком агрофоне. Однако более эффективно его применение на высоком агрофоне, именно на этом варианте полученные данные имеют достоверно высокую разницу, как в сравнении с контролем, так и с исследуемыми вариантами. Так, максимальный продуктивный стеблестой (676,0 шт/м<sup>2</sup>) к уборке отмечен в варианте с препаратом «Стернифаг» на высоком агрофоне. На этом же варианте отмечена длина колоса 8,0 см, что

достоверно превышает изучаемые в опыте варианты от 0,5 (высокий агрофон + «Стернифаг») до 0,9 (низкий агрофон) см.

Отдельные элементы структуры урожая озимой пшеницы в процессе онтогенеза проходят три основных этапа: закладка, максимальное развитие и количественная редукция. Последовательность и скорость прохождения, которых дает возможность дополнить неудовлетворительные моменты предыдущих этапов и тем самым идет стабилизация будущего урожая. Это отмечено и в наших исследованиях, где масса зерна с колоса и его озерненность изменялись прямо пропорционально продуктивному стеблестю. Так, на низком агрофоне значение этих показателей существенно выше и составило 0,77 г и 22,3 шт. соответственно, тогда как на таком же агрофоне с применением препарата «Стернифаг» показатели ниже соответственно на 18,8 и 16,8 %.

Выход зерна от усиления режима минерального питания возрос всего на 2,1 %, а при внесении препарата «Стернифаг» – на 7,7 %. Такая же тенденция отмечена при расчете уборочного индекса, который увеличился на 0,03 % от уровня агрофона и на 0,05 % от применения препарата «Стернифаг».

Данные по урожайности озимой пшеницы сорта Гром в зависимости от изучаемого агрофона и применения препарата «Стернифаг» (обработка стерни с осени с последующей ее заделкой) наглядно представлены на рис. 2.

Таблица 3

**Формирование элементов структуры урожая озимой пшеницы в зависимости от применения препарата «Стернифаг», 2017–2020 с.-х. гг.**

Вариант опыта	Продуктивный стеблестой, шт/м <sup>2</sup>	Длина колоса, см	Озерненность колоса, шт.	Масса зерна с колоса, г	Выход зерна, %	Уборочный индекс
Низкий агрофон	441,0	7,1	22,3	0,77	72,4	0,78
Высокий агрофон	531,0	7,3	19,5	0,69	74,5	0,81
Низкий агрофон + «Стернифаг»	585,8	7,5	18,1	0,64	80,1	0,84
Высокий агрофон + «Стернифаг»	676,0	8,0	16,6	0,59	82,2	0,85
НСР <sub>05</sub>	21,2	0,4	0,8	0,04	–	–

Table 3

**Formation of elements of the structure of the winter wheat crop, depending on the use of the Sternifag preparation, agricultural year of 2017–2020**

Experiment variant	Productive stem, pcs/m <sup>2</sup>	Spike length, cm	Ear grain size, things	Weight of grain per ear, g	Grain yield, %	Harvest index
Low agricultural background	441.0	7.1	22.3	0.77	72.4	0.78
High agricultural background	531.0	7.3	19.5	0.69	74.5	0.81
Low agricultural background + Sternifag	585.8	7.5	18.1	0.64	80.1	0.84
High agricultural background + Sternifag	676.0	8.0	16.6	0.59	82.2	0.85
LSD <sub>05</sub>	21.2	0.4	0.8	0.04	–	–

Так, при низкой обеспеченности элементами питания урожайность составила 3,39 т/га (низкий агрофон), тогда как при высоком агрофоне этот показатель вырос на 0,28 т/га и составил 3,67 т/га. Применение в технологии возделывания озимой пшеницы препарата «Стернифаг» на основе грибов рода Триходерма существенно увеличило ее урожайность: на варианте 3, урожайность увеличилась на 11,2 % в сравнении с вариантом 1, а разница варианта 4 с вариантом 2 составила 9,3 %. Максимальный урожай – 4,01 т/га – получен на варианте с внесением препарата «Стернифаг» на высоком агрофоне.

Качественные показатели зерна являются совокупным отражением ее биологических, физических, химических, технологических и потребительских свойств и признаков. Хлебопекарные качества и свойства зерна озимой пшеницы в основном зависят от количества и качества содержащейся в ней клейковины. Мукомольные свойства зависят от таких технологических свойств зерна, как стекловидность, масса 1000 зерен, натурная масса и т. д., а они, в свою очередь, от условий зоны выращивания озимой пшеницы.

Показатели зерна пшеницы, такие как крупность и выполненность, непосредственно характеризуют массу 1000 семян, и наибольший выход муки высокого качества получают из зерна с большей массой 1000 зерен и натурой (таблица 4).

Анализ имеющихся данных показал, что возделывание озимой пшеницы при низком агрофоне не способствует получению хорошей натуры зерна (715 г/л), что характеризует зерно как 5 класс. Применение повышенных доз удобрений увеличило этот показатель до 730 г/л, что характеризует зерно как 4 класс. Включение в технологию возделывания озимой пшеницы микробиологического препарата «Стернифаг» повысило натуру зерна на 5,6 % (низкий агрофон) и 6,8 % (высокий агрофон), такая натура присуща зерну 1 класса.

Стекловидность зерна в наших исследованиях хорошая, ее значение варьировало от 65 до 87 %, зерно с такой стекловидностью относится к 1 классу. Высокие значения отмечены с применением препарата «Стернифаг» вне зависимости от агрофона.

Анализ качества зерна на содержание клейковины определил, что при низком уровне агрофона возделывания озимой пшеницы ее количество наименьшее и составило 17,9 % при ИДК = 103,0 (такое

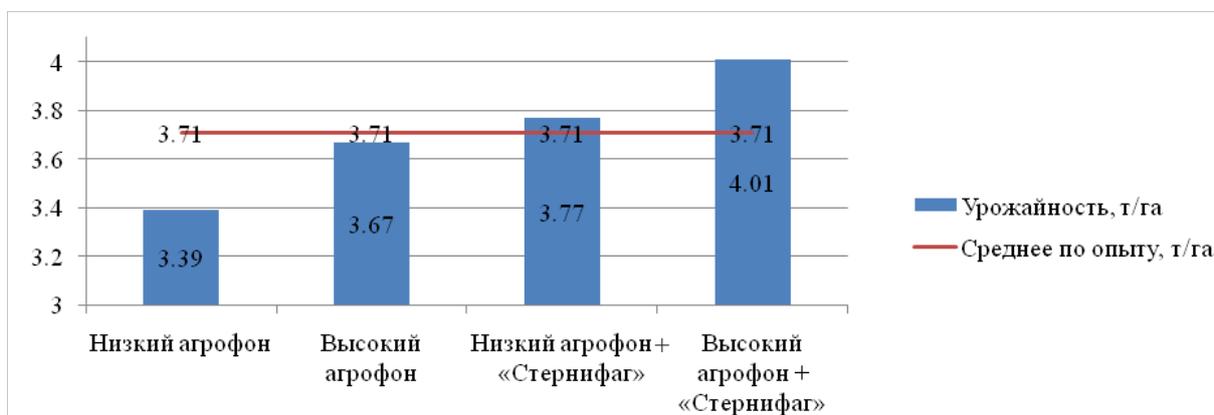


Рис. 2. Урожайность озимой пшеницы сорта Гром в зависимости от изучаемого фактора, 2017–2020 с.-х. гг. ( $HSP_{05} = 0,13$ )

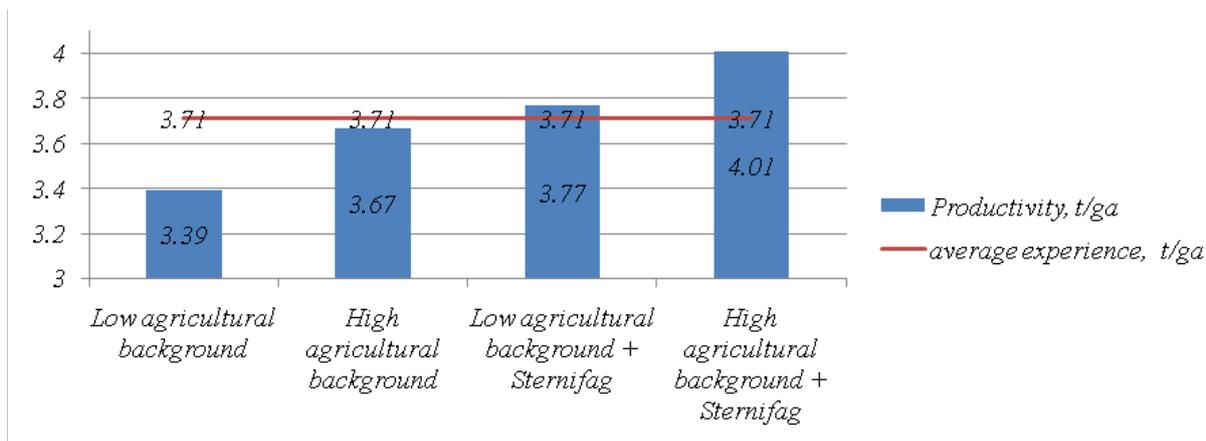


Fig. 2. The yield of winter wheat variety Grom, depending on the factor under study, agricultural year of 2017–2020 ( $LSD_{05} = 0,13$ )

Таблица 4

Качество зерна озимой мягкой пшеницы сорта Гром в зависимости от применения препарата «Стернифаг», 2017–2020 с.-х. гг.

Вариант опыта	Содержание белка, %	Натура зерна, г/л	Стекловидность, %	Клейковины		Масса 1000 зерен, г
				%	ИДК	
Низкий агрофон	12,1	715	65	17,9	103,0	34,6
Высокий агрофон	12,8	730	70	19,1	90,0	35,4
Низкий агрофон + «Стернифаг»	12,4	755	77	20,5	72,5	35,4
Высокий агрофон + «Стернифаг»	13,2	780	87	22,3	67,5	35,6
НСР <sub>05</sub>	0,5	26,9	3	0,8	–	1,1

Table 4

Grain quality of winter soft wheat of the Grom variety, depending on the use of the Sternifag preparation, agricultural year of 2017–2020

Experiment variant	Protein content, %	Grain nature, g/l	Vitreousness, %	Gluten		Weight of 1000 grains, g
				%	Measurement of gluten deformation	
Low agricultural background	12.1	715	65	17.9	103.0	34.6
High agricultural background	12.8	730	70	19.1	90.0	35.4
Low agricultural background + Sternifag	12.4	755	77	20.5	72.5	35.4
High agricultural background + Sternifag	13.2	780	87	22.3	67.5	35.6
LSD <sub>05</sub>	0.5	26.9	3	0.8	–	1.1

зерно относится к 5 классу), тогда как на остальных изучаемых вариантах эти показатели существенно выше, и такое зерно относится к 4 классу. Среди них стоит отметить вариант 4 (высокий агрофон + «Стернифаг»), где доля клейковины составила 22,3%, а ИДК = 67,5.

Масса 1000 зерен в наших исследованиях варьировала от 34,6 до 35,4 г на изучаемых агрофонах и от 35,1 до 35,6 г при применении препарата «Стернифаг», при этом существенных отличий не наблюдалось.

Стоит отметить, что при определении качества зерна озимой пшеницы класс, к которому это зерно относится, формируется по показателю с худшим показателям.

Полученные данные позволили нам определить, как влиял тот или иной изучаемый вариант на изменение основных показателей зерна определяющих его качество и дальнейшее направление его применения. На рис. 3 наглядно представлен класс зерна.

На основании действующего ГОСТ 9353-2016 определено, что класс зерна на варианте 1 (низкий агрофон) соответствует 5, тогда как на остальных изучаемых нами вариантах класс зерна выше и соответствовал 4. Стоит отметить, что, несмотря на то что применение препарата «Стернифаг» суще-

ственно влияло на повышение урожайности озимой пшеницы как на низком так и на высоком агрофоне, при определении класса зерна этого в полной мере не отмечалось. Так, на низком агрофоне класс зерна соответствовал 5, дополнительное применение препарата «Стернифаг» (вариант 3) повысило класс зерна до 4. Однако при высоком агрофоне (контроль) возделывания озимой пшеницы класс зерна соответствовал 4, применение препарата «Стернифаг» на изменении данного показателя не сказалось.

**Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

Применение микробиологического препарата «Стернифаг» на основе гриба рода Триходерма в технологии возделывания озимой пшеницы в почвенно-климатических условиях Республики Адыгея позволяет сделать следующие выводы.

За исследуемые годы отмечено сохранение и незначительное повышение органического вещества и его запасов почвы (слой 0–20 см) с внесением препарата «Стернифаг» – 3,28 % и 111,3 т/га, тогда как на контроле – 3,2% и 108,8 т/га в среднем по агрофонам. Возможно, продолжение дальнейших исследований позволит нам отметить положительную тенденцию на увеличение органического вещества.

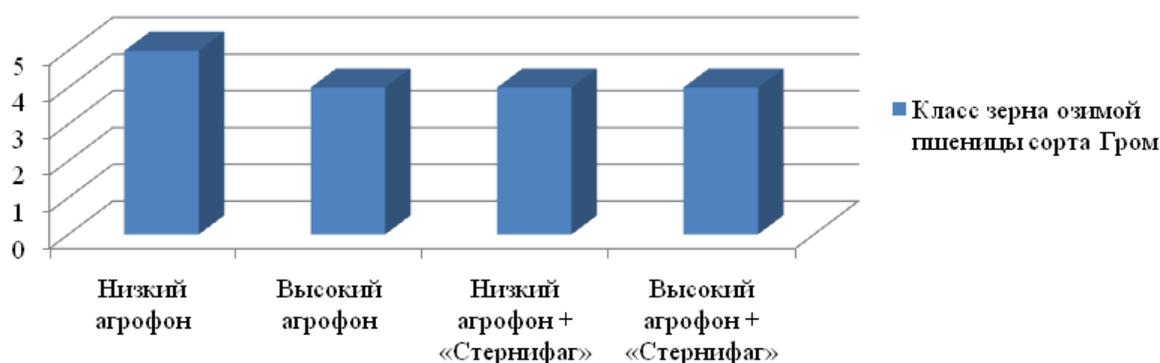


Рис. 3. Класс зерна озимой пшеницы сорта Гром в зависимости от изучаемого фактора, 2017–2020 с.-х. гг.

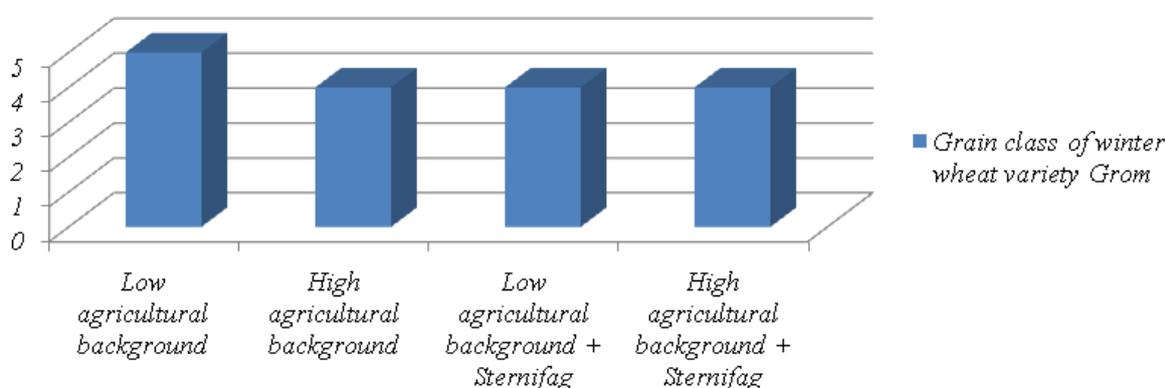


Fig. 3. Grain class of winter wheat variety Grom depending on the factor under study, agricultural year of 2017–2020

Отмечен рост высоты и массы растений озимой пшеницы в исследуемый период на вариантах с применением препарата «Стернифаг». Высокий результат получен на варианте 4 (высокий агрофон + «Стернифаг»), где в фазу выход в трубку растения имели высоту 37,4 см (+39,6 % к варианту 2), сырую массу 9,64 г (+23,9 % к варианту 2) и сухую 2,03 г (+32,7 % к варианту 2), данная закономерность подтверждается и в позднюю фазу учета.

Средняя урожайность в проведенных исследованиях составила 3,71 т/га, наименьшая урожайность сформировалась на низком агрофоне – 3,39 т/га, тогда как на высоком агрофоне этот показатель выше на 0,28 т/га. Применение препарата «Стернифаг» увеличило этот показатель как на низ-

ком (+0,38 т/га), так и на высоком (+0,34 т/га) агрофонах. Повышение урожайности отмечено за счет получения большего количества продуктивных стеблей и длины колоса.

Качество зерна озимой пшеницы сорта Гром зависело от изучаемых факторов: наибольшие показатели отмечены на варианте 4 (высокий агрофон + «Стернифаг»), где содержание белка составило 13,2 % (+0,4 % к варианту 2), натура зерна – 780 г/л (+50 г/л к варианту 2), стекловидность – 87 % (+17 % к варианту 2), клейковина – 22,3% (+3,2 % к варианту 2). На класс зерна это существенно не повлияло, так как на всех изучаемых вариантах, кроме варианта 1 (зерно 5 класса), этот показатель соответствовал 4 классу.

#### Библиографический список

1. Ашинов Ю. Н., Мамсиров Н. И., Брантова М. М. Гумификация растительных остатков в лесных почвах // Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность: материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Заслуженного деятеля науки РФ, КБР, Республики Адыгея профессора Б. Х. Фиапшева. Нальчик, 2018. С. 116–119.
2. Булавин Л. А., Гвоздов А. П., Куцев Д. Н., Ленский А. В. Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы при разных уровнях интенсивности технологии // Земледелие и селекция в Беларуси. 2020. № 55. С. 39–49.
3. Девтерова Н. И., Благополучная О. А. Урожайность пшеницы озимой в зависимости от использования биологических, химических факторов и возобновляемых биоресурсов при уменьшении интенсивности обработки почвы // Новые технологии. 2018. № 3. С. 196–199.

4. Демина О. Н., Еремин Д. И. Влияние минеральных удобрений на микрофлору пахотного чернозема лесостепной зоны Зауралья // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (155). С. 63–71.
5. Лаптина Ю. А., Гиченкова О. Г., Куликова Н. А., Ситкалиев А. П. Оценка эффективности биопрепаратов-деструкторов на микробиологическую активность светло-каштановой почвы под овощными культурами // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 211–219.
6. Мнатсаканян А. А., Васюков П. П., Чуварлева Г. В., Лесовая Г. М. Агротехнологические основы применения регуляторов роста и водорастворимого микробиодобрения на озимой пшенице // Таврический вестник аграрной науки. 2017. № 3. С. 88–100.
7. Русакова И. В. Эффективность микробных деструкторов послеуборочных остатков в лабораторных и полевых экспериментах // Владимирский земледелец. 2021. № 2. С. 34–40.
8. Bezuglova O. S., Gorovtsov A. V., Demidov A. M. et al. Effect of humic preparation on winter wheat productivity and rhizosphere microbial community under herbicide-induced stress // Journal of Soils and Sediments. 2019. Vol. 19. No. 6. Pp. 2665–2675.
9. Gangwar O. P., Singh A. P. Trichoderma as an efficacious bioagent for combating biotic and abiotic stresses of wheat-A review // Agricultural Reviews. 2018. Vol. 39. No. 1. Pp. 48–54.
10. Kredics L., Chen L., Kedves O. et al. Molecular tools for monitoring Trichoderma in agricultural environments // Frontiers in microbiology. 2018. Vol. 9. DOI: 10.3389/fmicb.2018.01599.
11. Luo Z., Wang E., Xing H. et al. Opportunities for enhancing yield and soil carbon sequestration while reducing N<sub>2</sub>O emissions in rainfed cropping systems // Agricultural and Forest Meteorology. 2017. Vol. 232. Pp. 400–410.
12. Oljira A. M., Hussain T., Waghmode T. R. et al. Trichoderma enhances net photosynthesis, water use efficiency, and growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt stress // Microorganisms. 2020. Vol. 8. No. 10. DOI: 10.3390/microorganisms8101565.
13. Sazykina M. A., Minkina T. M., Konstantinova E. Yu. et al. Pollution impact on microbial communities composition in natural and anthropogenically modified soils of Southern Russia // Microbiological Research. 2022. Vol. 254. DOI: 10.1016/j.micres.2021.126913
14. Xue A. G., Guo W., Chen Y. et al. Effect of seed treatment with novel strains of *Trichoderma* spp. on establishment and yield of spring wheat // Crop protection. 2017. Vol. 96. Pp. 97–102.
15. Zhang S., Gan Y., Ji W. et al. Mechanisms and characterization of *Trichoderma longibrachiatum* in suppressing nematodes (*Heterodera avenae*) in wheat // Frontiers in plant science. 2017. Vol. 8. DOI: 10.3389/fpls.2017.01491.
16. Zin N. A., Badaluddin N. A. Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications // Annals of Agricultural Sciences. 2020. Vol. 65. No. 2. Pp. 168–178.

#### Об авторах:

Нурбий Ильясович Мамсиров<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой технологии производства сельскохозяйственной продукции, ORCID 0000-0003-4581-5505, AuthorID 377074; +7 918 223-23-25, [nur.urup@mail.ru](mailto:nur.urup@mail.ru)

Алим Юрьевич Кишев<sup>2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, и. о. заведующего кафедрой «Агрономия», ORCID 0000-0003-2838-6876, AuthorID 343309; +7 928 717-10-45, [a.kish@mail.ru](mailto:a.kish@mail.ru)

Арсен Аркадьевич Мнатсаканян<sup>3</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией земледелия, ORCID 0000-0002-1214-1068, AuthorID 818712; +7 961-222-15-12, [newagrotech2015@mail.ru](mailto:newagrotech2015@mail.ru)

<sup>1</sup> Майкопский государственный технологический университет, Майкоп, Россия

<sup>2</sup> Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, Нальчик, Россия

<sup>3</sup> Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко, Краснодар, Россия

## Optimization of the nutritional regime of winter wheat

N. I. Mamsirov<sup>1</sup>✉, A. Yu. Kishv<sup>2</sup>, A. A. Mnatsakanyan<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Maykop State Technological University, Maykop, Russia

<sup>2</sup> Kabardino-Balkar State Agrarian University named after V. M. Kokov, Nalchik, Russia

<sup>3</sup> National Center of Grain named after P. P. Lukyanenko, Krasnodar, Russia

✉ E-mail: [nur.urup@mail.ru](mailto:nur.urup@mail.ru)

**Abstract.** Efficient and rapid decomposition of plant residues, and elimination of the negative impact of pathogenic microflora on the soil environment and the plant organism occurs due to fungi of the genus *Trichoderma*, which have phytoprotective and growth-promoting properties, have a high degree of decomposition of high-polymer components of plant residues. One of these drugs is Sternifag. The article presents the results of studies that determine the effectiveness of the use of the microbiological preparation Sternifag in the technology of cultivating winter wheat. The research was carried out at the Adygea research institute of agriculture in the period 2017–2020 years on leached chernozem. As a result of the research, it was noted that the use of the Sternifag preparation increased the height of winter wheat, which was 37,4 cm in the booting phase (+39,6 % of the control) and 81,9 cm in the full ripeness phase (+8,9 % to control), the growth of biomass by aboveground organs and their accumulation of dry matter also increased. The inclusion of the Sternifag preparation in the winter wheat cultivation technology significantly increased the yield by 11,2 (low agrobbackground) and 9,3 (high agrobbackground) % in comparison with the options without its use. The maximum yield – 4,01 t/ha, was obtained on option 4 with the Sternifag preparation, on a high agricultural background. It was determined that the use of this drug in the cultivation of winter wheat improved the protein content in the grain, its nature, and vitreousness. At the same time, it slightly affected gluten and its quality, which determined the grain class, which corresponded to 5 on a low agricultural background, and 4 on other options.

**Keywords:** *Triticum aestivum* L. (winter soft wheat), fungi of the genus *Trichoderma*, Sternifag preparation, organic matter, crop structure, yield, grain quality.

**For citation:** Mamsirov N. I., Kishev A. Yu., Mnatsakanyan A. A. Optimizatsiya pitatel'nogo rezhima ozimoy pshenitsy [Optimization of the nutritional regime of winter wheat] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 10 (225). Pp. 21–32. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-21-32. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 12.07.2022, **date of review:** 22.07.2022, **date of acceptance:** 05.08.2022.

#### References

1. Ashinov Yu. N., Mamsirov N. I., Brantova M. M. Gumifikatsiya rastitel'nykh ostatkov v lesnykh pochvakh [Gumification of vegetable residues in forest soils] // Agricultural land use and food safety. Materials of the IV International Scientific and Practical Conference dedicated to the Honored Scientist of the Russian Federation, the KBR, the Republic of Adygea, Professor B. Kh. Fiapshev. Nalchik. 2018. Pp. 116–119. (In Russian.)
2. Bulavin L. A., Gvozdov A. P., Kutsev D. N., Lenskiy A. V. Ekonomicheskaya effektivnost' vozdeystviya ozimoy pshenitsy pri raznykh urovnyakh intensivnosti tekhnologii [Economic efficiency of winter wheat cultivation at different levels of technology intensity] // Agriculture and selection in Belarus. 2020. No. 55. Pp. 39–49. (In Russian.)
3. Devterova N. I., Blagopoluchnaya O. A. Urozhaynost' pshenitsy ozimoy v zavisimosti ot ispol'zovaniya biologicheskikh, khimicheskikh faktorov i vozobnovlyaemykh bioresursov pri umen'shenii intensivnosti obrabotki pochvy [Winter wheat yield depending on the use of biological, chemical factors and renewable bioresources when reducing intensity of soil treatment] // New technologies. 2018. No. 3. Pp. 196–199. (In Russian.)
4. Demina O. N., Eremin D. I. Vliyaniye mineral'nykh udobreniy na mikrofloru pakhotnogo chernozema lesostepnoy zony Zaural'ya [The influence of mineral fertilizers on the microflora of arable chernozem of the forest-steppe zone of the Transurals] // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2020. No. 2 (155). Pp. 63–71. (In Russian.)
5. Laptina Yu. A., Gichenkova O. G., Kulikova N. A., Sitkaliev A. P. Otsenka effektivnosti biopreparatov-destruktorov na mikrobiologicheskuyu aktivnost' svetlokashatanovoy pochvy pod ovoshchnymi kul'turami [Effectiveness evaluation of biological destructors on the microbiological activity of light cashanan soil under vegetable crops] // Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2020. No. 3 (59). Pp. 211–219. (In Russian.)
6. Mnatsakanyan A. A., Vasyukov P. P., Chubarleeva G. V., Lesovaya G. M. Agrotekhnologicheskie osnovy primeneniya regulyatorov rosta i vodorastvorimogo mikrobioudobreniya na ozimoy pshenitse [Agrotechnological bases of growth regulators and watersoluble microbiofertilizer application on winter wheat] // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2017. No. 3. Pp. 88–100. (In Russian.)
7. Rusakova I. V. Effektivnost' mikrobykh destruktorov posleuborochnykh ostatkov v laboratornykh i polevykh eksperimentakh [Efficiency of microbial destructors of after harvest residues in laboratory and field experiments] // Vladimir agricolist journal. 2021. No. 2. Pp. 34–40. (In Russian.)
8. Bezuglova O. S., Gorovtsov A. V., Demidov A. M. et al. Effect of humic preparation on winter wheat productivity and rhizosphere microbial community under herbicide-induced stress // Journal of Soils and Sediments. 2019. Vol. 19. No. 6. Pp. 2665–2675.

9. Gangwar O. P., Singh A. P. Trichoderma as an efficacious bioagent for combating biotic and abiotic stresses of wheat-A review // *Agricultural Reviews*. 2018. Vol. 39. No. 1. Pp. 48–54.
10. Kredics L., Chen L., Kedves O. et al. Molecular tools for monitoring Trichoderma in agricultural environments // *Frontiers in microbiology*. 2018. Vol. 9. DOI: 10.3389/fmicb.2018.01599.
11. Luo Z., Wang E., Xing H. et al. Opportunities for enhancing yield and soil carbon sequestration while reducing N<sub>2</sub>O emissions in rainfed cropping systems // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2017. Vol. 232. Pp. 400–410.
12. Oljira A. M., Hussain T., Waghmode T. R. et al. Trichoderma enhances net photosynthesis, water use efficiency, and growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt stress // *Microorganisms*. 2020. Vol. 8. No. 10. DOI: 10.3390/microorganisms8101565.
13. Sazykina M. A., Minkina T. M., Konstantinova E. Yu. et al. Pollution impact on microbial communities composition in natural and anthropogenically modified soils of Southern Russia // *Microbiological Research*. 2022. Vol. 254. DOI: 10.1016/j.micres.2021.126913.
14. Xue A. G., Guo W., Chen Y. et al. Effect of seed treatment with novel strains of Trichoderma spp. on establishment and yield of spring wheat // *Crop protection*. 2017. Vol. 96. Pp. 97–102.
15. Zhang S., Gan Y., Ji W. et al. Mechanisms and characterization of Trichoderma longibrachiatum in suppressing nematodes (*Heterodera avenae*) in wheat // *Frontiers in plant science*. 2017. Vol. 8. DOI: 10.3389/fpls.2017.01491.
16. Zin N. A., Badaluddin N. A. Biological functions of Trichoderma spp. for agriculture applications // *Annals of Agricultural Sciences*. 2020. Vol. 65. No. 2. Pp. 168–178.

#### **Authors' information:**

Nurbiy I. Mamsirov<sup>1</sup>, doctor of agricultural sciences, associate professor, head of the department of agricultural production technology, ORCID 0000-0003-4581-5505, AuthorID 377074; +7 918 223-23-25, [nur.urup@mail.ru](mailto:nur.urup@mail.ru)

Alim Yu. Kishiev<sup>2</sup>, candidate of agricultural sciences, associate professor, acting head of the department "Agronomy", ORCID 0000-0003-2838-6876, AuthorID 343309; +7 928 717-10-45, [a.kish@mail.ru](mailto:a.kish@mail.ru)

Arsen A. Mnatsakanyan<sup>3</sup>, candidate of agricultural sciences, senior researcher, head of the laboratory of agriculture, ORCID 0000-0002-1214-1068, AuthorID 818712; +7 961-222-15-12, [newagrotech2015@mail.ru](mailto:newagrotech2015@mail.ru)

<sup>1</sup>Maykop State Technological University, Maykop, Russia

<sup>2</sup>Kabardino-Balkar State Agrarian University named after V. M. Kokov, Nalchik, Russia

<sup>3</sup>National Center of Grain named after P. P. Lukyanenko, Krasnodar, Russia