

ВЛИЯНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА РАЗВИТИЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Евгения Вячеславовна Степанова¹, Сергей Викторович Извеков², Дмитрий Алексеевич Захаров¹, Ольга Олеговна Белошапкина³, Екатерина Борисовна Маркова⁴, Светлана Владимировна Акимова³, Марина Владимировна Муравьева³, Ольга Дмитриевна Филипчук², Владимир Михайлович Косолапов⁵, Никулина Елена Аркадьевна⁶, Ярцев Геннадий Федорович⁷, Александр Петрович Несват⁷

¹ Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, Москва, Россия

² Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук, Москва

³ ФГБОУ ВПО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

⁴ Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва

⁵ Российская академия наук, Москва

⁶ НИЦ «Курчатовский институт» - Курчатовский комплекс НБИКСПТ, 123182, Москва

⁷ Оренбургский государственный аграрный университет, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18

Аннотация. В статье исследуется влияние биологически активных соединений железа и природных водных источников, содержащих железо, на начальные этапы роста и развития озимой пшеницы сорта «Скипетр». Актуальность работы связана с поиском способов повышения эффективности агрохимикатов и снижения экологической нагрузки за счёт применения биопротекторных веществ, способных оптимизировать питание растений и повысить их стрессоустойчивость. В качестве эталонов использовались регуляторы роста на основе тритерпеновой кислоты. Эксперимент *in vitro* включал проращивание семян в рулонах с применением растворов железа различной концентрации и образцов природной воды; контроль осуществлялся на дистиллированной воде. Учёт биометрических показателей (длина ростка, coleoptilia и корней) проводился на седьмой день. Результаты продемонстрировали разнонаправленное действие исследуемых веществ: часть вариантов достоверно увеличивала длину ростка и coleoptilia, тогда как влияние на корневую систему варьировалось — от стимуляции до ингибирования. Корреляционный анализ выявил умеренную связь между длиной побега и корня, а также между длиной побега и coleoptilia, при этом связь между длиной корней и coleoptilia оказалась незначимой. Сделан вывод о перспективности дальнейших исследований соединений железа для регулирования роста и повышения устойчивости озимой пшеницы к неблагоприятным условиям.

Ключевые слова биологически активные вещества, железо, хелаты железа, озимая пшеница, сорт «Скипетр», биометрические показатели, coleoptilia, корневая система, регуляторы роста, природные водные источники, агрохимикаты, стрессоустойчивость растений.

Для цитирования: Евгения Вячеславовна Степанова, Сергей Викторович Извеков, Дмитрий Алексеевич Захаров, Ольга Олеговна Белошапкина, Екатерина Борисовна Маркова, Светлана Владимировна Акимова, Марина Владимировна Муравьева, Ольга Дмитриевна Филипчук, Владимир Михайлович Косолапов, Никулина Елена Аркадьевна, Ярцев Геннадий Федорович, Александр Петрович Несват ВЛИЯНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА РАЗВИТИЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ / Евгения Вячеславовна Степанова, Сергей Викторович Извеков, Дмитрий Алексеевич Захаров, Ольга Олеговна Белошапкина, Екатерина Борисовна Маркова, Светлана Владимировна Акимова, Марина Владимировна Муравьева, Ольга Дмитриевна Филипчук, Владимир Михайлович Косолапов, Никулина Елена Аркадьевна, Ярцев Геннадий Федорович, Александр Петрович Несват // Агрофорсайт. 2025. № 3— Саратов: ООО «ЦеСАин», 2025. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Загл. с этикетки диска.

CONNECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF WINTER WHEAT

Evgenia Vyacheslavovna Stepanova¹, Sergey Viktorovich Izvekov²,
Dmitry Alekseevich Zakharov¹, Olga Olegovna Beloshapkina³, Ekaterina
Borisovna Markova⁴, Svetlana Vladimirovna Akimova³, Marina
Vladimirovna Muravyova³, Olga Dmitrievna Filipchuk², Vladimir
Mikhailovich Kosolapov⁵, Nikulina Elena Arkadyevna⁶, Yartsev Gennady
Fedorovich⁷, Alexander Petrovich Nesvat⁷

1 A.M. Prokhorov General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

2 N.D. Zelinsky Institute of Organic Chemistry of the Russian Academy of Sciences, Moscow

3 Timiryazev Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy

4 Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow

5 Russian Academy of Sciences, Moscow

6 National Research Center "Kurchatov Institute" - Kurchatov Complex of the National Biological and Nuclear Research Institute of Science and Technology, Moscow, 123182

7 Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev Street, Orenburg, 460014

Abstract. This article examines the effects of biologically active iron compounds and natural iron-containing water sources on the initial stages of growth and development of the 'Scepter' winter wheat variety. The study is relevant for the search for ways to improve the effectiveness of agrochemicals and reduce environmental impacts through the use of bioprotective substances capable of optimizing plant nutrition and enhancing their stress resistance. Triterpene acid-based growth regulators were used as standards. The *in vitro* experiment involved germination of seeds in rolls using iron solutions of varying concentrations and natural water samples; control was performed using distilled water. Biometric parameters (sprout, coleoptile, and root length) were recorded on the seventh day. The results demonstrated multidirectional effects of the studied substances: some variants significantly increased the length of the sprout and coleoptile, while the effect on the root system varied from stimulation to inhibition. Correlation analysis revealed a moderate relationship between shoot and root length, as well as between shoot and coleoptile length, while the relationship between root and coleoptile length was insignificant. It was concluded that further research on iron compounds for regulating growth and increasing winter wheat tolerance to adverse conditions holds promise.

Keywords: biologically active substances, iron, iron chelates, winter wheat, 'Skeptr' variety, biometric parameters, coleoptile, root system, growth regulators, natural water sources, agrochemicals, plant stress tolerance.

Введение

Биологически активные вещества несколько веков увлекают ученых, биопротекторные вещества вызывают широкий интерес ученых в последний век. Их использование в перспективе может снизить необходимое для применения количество удобрений, что является важнейшим экологическим и экономическим фактором для развития данного научного направления [1, 2, 3]. Поиск и создание агрохимикатов нового поколения подобных биопротекторам, для сельского хозяйства является актуальной задачей современной науки [4, 5]. Железо, отдельные виды его растворов, помимо защитных свойств положительно влияют на рост и развитие злаковых. Качественный рост и развитие злаков из семян на начальные этапы роста и развития и в целом стрессовые фазы развития проходят лучше при контроле эффективными удобрениями агрохимикатами. Отмечается и регуляторный эффект от применения видов железа, важно сравнение с истинными регуляторами роста. Однако концентрированное применение железа, может быть малоэффективным из-за процессов потерь или переходов в валовое недоступное состояние [6, 7, 8]. Нами установлено несколько путей применения – размером концентрации и пролонгацией выделения для растения,

обеспечивающее требуемую концентрацию для растения, например, железа в почве [9, 10]. По железу этот подход может решить задачу снятия стресса [11] при начальном росте и развитии злаков из семян [12, 13], за счет постепенного высвобождения активных компонентов – правильного баланса. Перспективны исследования структуры, биопротекторных свойств и активностей [14, 15].

Современное использование удобрений имеет существенный ряд проблем. Это, например, потеря из-за поверхностного стока, денитрификация, выщелачивание и улетучивание, что приводит к низкой эффективности удобрений [16, 17]. Обозначенные биопротекторные вещества, кроме непосредственно защитных свойств, могут повысить усваиваемость питательных веществ, улучшить эффективность удобрений и, соответственно, снизить их потребление [18]. Однако данные вещества необходимо так же, как и удобрения, контролировать в почве [19, 20]. На помощь в данном процессе могут прийти полимерные материалы, обеспечивающие длительное балансирование и своевременное высвобождение активных элементов. Целью работы являлись получение и исследование соединений железа и природных водных объектов, содержащих его.

Методика исследований

Сбор научной информации по проведенным исследованиям осуществлялся при помощи электронной библиотеки *Elibrary* и ее внутреннего функционала. Объектом сбора информации служили агрохимикаты, удобрения и стимуляторы роста содержащие Микроэлементы, редкоземельные металлы, Окислы, Диоксидные и разновалентные формы, эталонными регуляторами роста взяты продукты тритерпеновой кислоты для сельскохозяйственного назначения: «Биосил», «Альфастим», «Вэрва», «Новосил». Обработка и визуализирование осуществлялось с помощью программы Excel.

Начальные этапы роста и развития злаков изучались в лабораторных условиях, Элементами фиксации результатов применения был приняты биометрические показатели озимой пшеницы [11]. Лабораторный опыт проводился с целью выявления влияния растворов железа и стимулятора роста «Новосил» на биометрические показатели сортовой пшеницы. В качестве испытуемых выступали следующие растворы. Новосил (Эталон), хелат железа, раствор хелазы II, дистиллированная вода (контроль).

В качестве объекта исследования выступала озимая пшеница сорта «Скипетр» (Включен в Госреестр).

Опыт проводился в условиях *in vitro*, с использованием помещений и оборудования Центра Биофотоники ИОФ им.А.М.Прохорова РАН, кафедрах Оренбургского государственного аграрного университета, физической и коллоидной химии РУДН. В исследовании применялась методика проращивания семян в рулонах [11], вместо принятого раствора (воды), использовались варианты испытуемых вариантов, в разных концентрациях.

Применялись различные концентраций испытуемых растворов: от 1%, до 0,01%. Опыт выдерживали при световом дне в условиях г. Москвы. Учет проводили на 7 день с момента закладки вариантов опыта. Использовались естественные водные источники в качестве изучения новаций по формам железа, в том числе и особенностей влияния естественного содержания железа в таких водах. Подсчет и измерение основных органов проростка пшеницы, проводили за один день и с точностью 0,1 см.

Результаты

В исследованиях получен интересный результат на основе объектов, содержащих железо, взяты разнообразные объекты, показывающие различное влияние и вероятно разнообразные формы активности - неиммуногенные, антимикробные, природоподобным биологически безопасным и биodeградируемым свойствами, которые широко встречаются в естественных водных объектах и разрабатываемых учеными композициях железа [9]. Исследования показывают перспективность его изучения, например, отмечается его положительное влияние на рост растений озимой пшеницы сорта Скипитер (таблица 1). В частности, на 7-ой день роста и развития длина ростка от семени пшеницы составила в контроле 6,86 см (проведенные математические расчеты показали, что по существу вариантов «Наименьшая существенная разность НСР» (по методике Доспехова, 1985) составила 0,7 см. Варианты по разному влияли на росток озимой пшеницы сорта Скипитер, так вариант 2 и 3 существенно увеличивали длину соответственно на 1,83 и 1,0 см, а вариант 4 при увеличении концентрации до 0,1% существенного влияния не оказывал, незначительно снижая длину ростка по сравнению с контролем. FeNa при увеличении концентрации с 0,01 до 0,05 существенно увеличивал длину ростка озимой пшеницы сорта Скипитер, соответственно на 0,77 и 1,97 см. FeNa без разведения также существенно увеличивал длину ростка озимой пшеницы сорта Скипитер на 1,18 см, по сравнению с контролем. Все образцы воды отобранные с объектов показали положительное действие на длину ростка озимой пшеницы сорта Скипитер, однако существенно увеличивали длину только варианты – 9 (Родник (официальный родниковый источник у поселка Горловка), 10 (Малые Вяземы), 11 (Шишкин лес) соответственно на 1,18; 0,9 и 1,81 см, при этом вариант 8 (Голицыно) увеличивал длину несущественно на 0,66 см, как и препарат Новосил (на 0,47 см).

Таблица 1. – Влияние биологически активных веществ, препаратов, природных источников на рост и развитие озимой пшеницы сорта Скипитер в начальных периодах

№ п. п.	Варианты опыта	Среднее значение ростка	Отклонение	Среднее значение Колеоптиля	Отклонение	Среднее значение корней	Отклонение
1	Контроль	6,86	-	2,12	-	8,13	-
2	Раст. жел 3 0,01	8,69	1,83	4,34	2,22	8,82	0,69
3	Раст. Жел 3 0,05	7,86	1	3,97	1,85	6,46	-1,67
4	Раст. Жел. 3 0,1%	6,85	-0,01	4,40	2,28	3,08	-5,05
5	FeNa 0,01	7,63	0,77	3,99	1,87	8,46	0,33
6	FeNa 0.05%	8,83	1,97	4,60	2,48	9,22	1,09
7	FeNa без разведения 0,1	8,04	1,18	4,31	2,19	9,09	0,96
8	Голицыно	7,52	0,66	4,21	2,09	8,52	0,39
9	Родник (официальный родниковый источник у поселка Горловка)	8,04	1,18	4,10	1,98	8,08	-0,05
10	Малые Вяземы	7,76	0,9	4,33	2,21	7,73	-0,4
11	Шишкин лес	8,67	1,81	4,51	2,39	9,17	1,04
12	Новосил	7,33	0,47	4,06	1,94	8,14	0,01
-	НСР ₀₅	0,70	-	0,35	-	0,65	-

Колеоптиль выполняет важнейшую роль для успешного роста и развития зерновых, озимая пшеница в этом отношении выступает особенно. Часть растений в начальных периодах роста и развития могут попадать в различные по климатическим и окружающим (включая антропогенно корректируемым) условия. Сразу можно отметить в проведенных исследованиях все варианты существенно показали увеличение длины колеоптиля, что положительно нами оценивается, хотя длина прироста колеоптиля была различна, в частности, на 7-ой день роста и развития длина колеоптиля от семени пшеницы составила в контроле 2,12 см (проведенные математические расчеты показали, что по существу вариантов «Наименьшая существенная разность НСР» (по методике Доспехова, 1985) составила 0,35 см. На колеоптиль озимой пшеницы сорта Скипитер варианты 2; 3 и 4 существенно увеличивали длину соответственно на 2,22; 1,85 и 2,28 см. FeNa при увеличении концентрации с 0,01 до 0,05 существенно увеличивал длину колеоптиля озимой пшеницы сорта Скипитер, соответственно на 1,87 и 2,48 см. FeNa без разведения также существенно увеличивал длину роста озимой пшеницы сорта Скипитер на 2,19 см, по сравнению с контролем. Все образцы воды отобранные с объектов показали существенно положительное действие на длину колеоптиля озимой пшеницы сорта Скипитер, варианты – вариант 8 (Голицыно); 9 (Родник (официальный родниковый источник у поселка Горловка), 10 (Малые Вяземы), 11 (Шишкин лес) соответственно на 2,09; 1,98; 2,21 и 2,39 см, при этом регулятор роста Новосил существенно увеличивал длину колеоптиля на 1,94 см.

Влияние биологически активных веществ важно оценивать на развитие начальной корневой системы злаков, озимая пшеница при начальных этапах роста и развития может попадать под заморозки, корневая система очень важна для выживания растений. Выполненные исследования показали разнонаправленное действие вариантов на начальную корневую систему озимой пшеницы сорта Скипитер. В частности, на 7-ой день роста и развития длина корней от семени пшеницы составила в контроле 8,13 см (проведенные математические расчеты показали, что по существу вариантов «Наименьшая существенная разность НСР» (по методике Доспехова, 1985) составила 0,65 см. Варианты по разному влияли на начальную корневую систему озимой пшеницы сорта Скипитер, так вариант 2 существенно увеличивали длину соответственно на 0,69 см, а варианты 4 и 5 при увеличении концентрации до 0,05% и 0,1% существенно уменьшали длину корней по сравнению с контролем на 1,67 и 5,05 см. Все варианты увеличивали длину корней, но существенно только в концентрации 0,05% (на 1,09 см, соответственно) и вариант 7 (FeNa без разведения) на 0,96 см. Все образцы воды отобранные с объектов показали разнонаправленное действие на длину корней, но существенное положительное действие на длину начальных корней озимой пшеницы сорта Скипитер показал вариант 11 (Шишкин лес) на 1,04 см. Варианты уменьшали длину корней несущественно – 9 (Родник (официальный родниковый источник у поселка Горловка) на 0,05 см, а вариант 10 (Малые Вяземы), также несущественно уменьшал длину корней на 0,4 см. Вариант 12 (Новосил) несущественно увеличивал длину корней озимой пшеницы сорта Скипитер на 0,01 см.

В таблице 2 приведены показатели корреляции роста и развития озимой пшеницы сорта Скипитер в начальных периодах под воздействием различных вариантов.

Таблица 2. – Корреляционные показатели влияния биологически активных веществ, препаратов, природных источников на рост и развитие озимой пшеницы сорта Скипитер в начальных периодах

Корреляция между величиной длины побега и корня	0,61
Корреляция между величиной длины побега и coleoptilya	0,57
Корреляция между величиной длиной корней и coleoptilya	-0,01

Нашими исследованиями взаимодействие показателей между длиной корней и длиной coleoptilya не установлено.

Выводы

Следует расширять исследования влияния биологически активных веществ на рост и развитие озимой пшеницы Сорта Скипитер, в перспективе и других важных сортов имеющих существенное значение и востребованность в производстве. Показанные варианты по разному воздействовали на начальные показатели роста и развития озимой пшеницы, перспективно в условиях осеннего времени перспективно позволяют регулировать состояние озимой пшеницы в начальных периодах, в том числе потенциально повышая возможность устойчивости к неблагоприятным условиям внешних (неконтролируемых условий).

Список источников

1. Влияние борьбы с болезнями на сохранность семян яровой пшеницы и повышение ее биоресурсного потенциала / В. С. Лукьянцев, А. П. Глинушкин, Г. В. Сударенков, А. А. Зоров // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 51, № 4. – С. 371-376. – EDN TCCZLZ.
2. Романенко, Г. А. Генетические ресурсы растений, животных и микроорганизмов - основа фундаментальных исследований сельскохозяйственной науки / Г. А. Романенко // Вестник Российской академии наук. – 2017. – Т. 87, № 4. – С. 322-324. – DOI 10.7868/S0869587317040053. – EDN YSECQZ.
3. Захаренко, В. А. Экономическая целесообразность системы защиты зерновых культур в России / В. А. Захаренко // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32, № 7. – С. 5-8. – DOI 10.24411/0235-2451-2018-10701. – EDN UYYIVX.
4. Эффективность защиты яровой пшеницы от корневой гнили и вредителей в центральной зоне Оренбургской области / В. С. Лукьянцев, А. П. Глинушкин, А. А. Соловых [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2011. – № 4(32). – С. 64-65. – EDN PAXRQX.
5. Развитие почвенных инфекций у яровой пшеницы и ячменя под влиянием гидротермических стрессов в условиях лесостепи Западной Сибири и Зауралья / Е. Ю. Торопова, А. П. Глинушкин, М. П. Селюк [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. – 2018. – № 2. – С. 25-29. – EDN WGXPB.
6. Ультрадисперсные и ионные формы серебра: оценка влияния на рост проростков пшеницы *Triticum aestivum* и перспективы использования в качестве новых средств защиты растений / С. А. Пешков, Л. В. Галактионова, Т. Д. Ховрина [и др.] // Агрохимия. – 2025. – № 9. – С. 49-59. – DOI 10.7868/S3034496425090067. – EDN NBROLQ.
7. Предпосевная обработка семян некоторых злаковых культур гидротермальным нанокремнеземом / В. Н. Зеленков, В. В. Латушкин, В. В. Потапов [и др.] // Актуальная биотехнология. – 2023. – № 4. – С. 19. – DOI 10.20914/2304-4691-2023-4-19. – EDN QDLJHQ.
8. Грибные Возбудители плесени зерна озимой пшеницы в Ростовской области / Н. И. Будынов, С. Н. Михалева, Л. Н. Ульяненко, А. П. Глинушкин // Агрохимия. – 2024. – № 5. – С. 27-36. – DOI 10.31857/S0002188124050048. – EDN CZJXDV.
9. Влияние глицината железа и его ультрадисперсных частиц на ростовые и биохимические параметры проростков *Triticum aestivum* L / С. А. Пешков, Л. В. Галактионова, Т. Д. Ховрина [и др.] // Агрохимия. – 2025. – № 4. – С. 40-48. – DOI 10.31857/S0002188125040056. – EDN UOZFFZ.
10. Технологические возможности субстратов, перспективных для разведения хищных клещей в сыпучих материалах / Ю. И. Мешков, И. Н. Яковлева, В. Ю. Скороходов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2024. – Т. 38, № 1. – С. 40-45. – DOI 10.53859/02352451_2024_38_1_40. – EDN KRKZEZ.
11. Глинушкин, А. П. Эффективность методики определения качества семян при производстве яровой мягкой пшеницы / А. П. Глинушкин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2010. – № 1(25). – С. 44-46. – EDN LMBLNB.

12. Воздействие гидротермального нанокремнезема на прорастание семян некоторых злаковых культур / В. Н. Зеленков, В. В. Латушкин, В. В. Потапов [и др.] // Бултеровские сообщения. – 2023. – Т. 76, № 10. – С. 104-110. – DOI 10.37952/ROI-jbc-01/23-76-10-104. – EDN VDHWZN.

13. Глинушкин, А. П. Влияние протравителей на всхожесть семян яровой пшеницы в лабораторных условиях / А. П. Глинушкин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 1(33). – С. 68-70. – EDN OYEEWL.

14. Современные тенденции развития органической химии: вклад Института органической химии имени Н. Д. Зелинского Российской академии наук / М. П. Егоров, В. П. Анаников, Э. Г. Баскир [и др.] // Известия Академии наук. Серия химическая. – 2024. – Т. 73, № 9. – С. 2423-2532. – EDN HZSUCA.

15. Здоровье, экологический комфорт и благополучие человека. Часть 1. Инженерно-дизайнерские ресурсы биоиндустрии на пути к безопасной конкуренции с ресурсами природных биоценозов и систем здоровьесбережения / С. В. Сучков, Х. Абэ, Ш. Мерфи [и др.] // Успехи современной биологии. – 2024. – Т. 144, № 3. – С. 291-313. – DOI 10.31857/S0042132424030033. – EDN PSBEEY.

16. Патент № 2823071 С2 Российская Федерация, МПК А01G 25/06. Система внутрпочвенного орошения : № 2023110451 : заявл. 18.10.2022 : опубл. 18.07.2024 / Н. Н. Дубенок, А. Е. Новиков, М. И. Филимонов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева", Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия". – EDN HSRVPT.

17. Завалин, А. А. Пути повышения эффективности использования карбамида / А. А. Завалин, Л. А. Свиридова // Агрохимия. – 2024. – № 11. – С. 3-11. – DOI 10.31857/S0002188124110017. – EDN AINVTU.

18. Здоровье, экологический комфорт и благополучие человека. Часть 2. Экологический комфорт - новый и стратегический фактор в охране здоровья современного человека / С. В. Сучков, Х. Абэ, Ш. Мерфи [и др.] // Успехи современной биологии. – 2024. – Т. 144, № 3. – С. 314-334. – DOI 10.31857/S0042132424030047. – EDN PRWWWQ.

19. Синтез гибридных соединений, содержащих тетраоксановый и триазольный или имидазольный фрагменты, и их фунгицидная активность / П. С. Радулов, Ю. Ю. Белякова, И. А. Яременко [и др.] // Известия Академии наук. Серия химическая. – 2024. – Т. 73, № 5. – С. 1312-1320. – EDN OYDXML.

20. Водно-физические свойства каштановых почв при разных способах мелиоративной обработки / Н. Н. Дубенок, А. Е. Новиков, А. А. Поддубский [и др.] // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2023. – Т. 18, № 1. – С. 45-58. – DOI 10.22363/2312-797X-2023-18-1-45-58. – EDN OYQWDQ.

References

1. Lukyantsev, V. S., Glinushkin, A. P., Sudarenkov, G. V., & Zorov, A. A. (2014). The impact of disease control on the preservation of spring wheat seeds and increasing its bioresource potential. *Izvestiya Gorskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta [Proceedings of Gorsky State Agrarian University]*, 51(4), 371–376. EDN: TCCZLZ.
2. Romanenko, G. A. (2017). Genetic resources of plants, animals, and microorganisms as the foundation of fundamental research in agricultural science. *Vestnik Rossiyskoy Akademii Nauk [Bulletin of the Russian Academy of Sciences]*, 87(4), 322–324. <https://doi.org/10.7868/S0869587317040053>. EDN: YSECQZ.
3. Zakharenko, V. A. (2018). Economic feasibility of cereal crop protection systems in Russia. *Dostizheniya Nauki i Tekhniki APK [Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex]*, 32(7), 5–8. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10701>. EDN: UYYIVX.
4. Lukyantsev, V. S., Glinushkin, A. P., Solovykh, A. A., et al. (2011). Effectiveness of protecting spring wheat from root rot and pests in the central zone of the Orenburg region. *Izvestiya Orenburgskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta [Proceedings of Orenburg State Agrarian University]*, (4–32), 64–65. EDN: PAXRQX.
5. Toropova, E. Y., Glinushkin, A. P., Selyuk, M. P., et al. (2018). Development of soil infections in spring wheat and barley under hydrothermal stress in the forest-steppe of Western Siberia and Trans-Urals. *Rossiyskaya Selskokhozyaystvennaya Nauka [Russian Agricultural Science]*, (2), 25–29. EDN: WGXPAB.
6. Peshkov, S. A., Galaktionova, L. V., Khovrina, T. D., et al. (2025). Ultra-dispersed and ionic forms of silver: assessment of their impact on the growth of wheat seedlings (*Triticum aestivum*) and prospects for use as new plant protection agents. *Agrokimiya [Agrochemistry]*, (9), 49–59. <https://doi.org/10.7868/S3034496425090067>. EDN: NBROLQ.
7. Zelenkov, V. N., Latushkin, V. V., Potapov, V. V., et al. (2023). Pre-sowing treatment of seeds of some cereal crops with hydrothermal nanosilica. *Aktualnaya Biotekhnologiya [Current Biotechnology]*, (4), 19. <https://doi.org/10.20914/2304-4691-2023-4-19>. EDN: QDLJHQ.
8. Budynkov, N. I., Mikhaleva, S. N., Ulyanenko, L. N., & Glinushkin, A. P. (2024). Fungal pathogens of winter wheat grain mold in Rostov Oblast. *Agrokimiya [Agrochemistry]*, (5), 27–36. <https://doi.org/10.31857/S0002188124050048>. EDN: CZJXDV.

9. Peshkov, S. A., Galaktionova, L. V., Khovrina, T. D., et al. (2025). The effect of iron glycinate and its ultra-dispersed particles on growth and biochemical parameters of *Triticum aestivum* L. seedlings. *Agrokimiya [Agrochemistry]*, (4), 40–48. <https://doi.org/10.31857/S0002188125040056>. EDN: UOZFH.
10. Meshkov, Yu. I., Yakovleva, I. N., Skorokhodov, V. Yu., et al. (2024). Technological potential of substrates suitable for rearing predatory mites in bulk materials. *Dostizheniya Nauki i Tekhniki APK [Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex]*, 38(1), 40–45. https://doi.org/10.53859/02352451_2024_38_1_40. EDN: KRKZEZ.
11. Glinushkin, A. P. (2010). Effectiveness of seed quality assessment methodology in spring soft wheat production. *Izvestiya Orenburgskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta [Proceedings of Orenburg State Agrarian University]*, (1–25), 44–46. EDN: LMBLNB.
12. Zelenkov, V. N., Latushkin, V. V., Potapov, V. V., et al. (2023). The impact of hydrothermal nanosilica on seed germination of some cereal crops. *Butlerovskie Soobshcheniya [Butlerov Communications]*, 76(10), 104–110. <https://doi.org/10.37952/ROI-jbc-01/23-76-10-104>. EDN: VDHWN.
13. Glinushkin, A. P. (2012). The effect of seed dressers on the germination of spring wheat seeds under laboratory conditions. *Izvestiya Orenburgskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta [Proceedings of Orenburg State Agrarian University]*, (1–33), 68–70. EDN: OYEEWL.
14. Egorov, M. P., Ananikov, V. P., Baskir, E. G., et al. (2024). Modern trends in organic chemistry development: the contribution of the Zelinsky Institute of Organic Chemistry of the Russian Academy of Sciences. *Izvestiya Akademii Nauk. Seriya Khimicheskaya [Russian Chemical Bulletin]*, 73(9), 2423–2532. EDN: HZSUCA.
15. Suchkov, S. V., Abe, H., Murphy, S., et al. (2024). Health, ecological comfort, and human well-being. Part 1. Engineering and design resources of the bioindustry on the path to safe competition with natural biocenosis resources and health-saving systems. *Uspekhi Sovremennoy Biologii [Advances in Modern Biology]*, 144(3), 291–313. <https://doi.org/10.31857/S0042132424030033>. EDN: PSBEEY.
16. Dubenok, N. N., Novikov, A. E., Filimonov, M. I., et al. (2024). *Patent No. 2823071 C2 Russian Federation, IPC A01G 25/06. System of subsurface irrigation* [Patent No. 2023110451; filed October 18, 2022; published July 18, 2024]. Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture. EDN: HSRVPT.
17. Zavalin, A. A., & Sviridova, L. A. (2024). Ways to improve the efficiency of urea use. *Agrokimiya [Agrochemistry]*, (11), 3–11. <https://doi.org/10.31857/S0002188124110017>. EDN: AINVTU.
18. Suchkov, S. V., Abe, H., Murphy, S., et al. (2024). Health, ecological comfort, and human well-being. Part 2. Ecological comfort as a new and strategic factor in protecting modern human health. *Uspekhi Sovremennoy Biologii [Advances in Modern Biology]*, 144(3), 314–334. <https://doi.org/10.31857/S0042132424030047>. EDN: PRWWWQ.
19. Radulov, P. S., Belyakova, Yu. Yu., Yaremenko, I. A., et al. (2024). Synthesis of hybrid compounds containing tetraoxane and triazole or imidazole fragments and their fungicidal activity. *Izvestiya Akademii Nauk. Seriya Khimicheskaya [Russian Chemical Bulletin]*, 73(5), 1312–1320. EDN: OYDXML.
20. Dubenok, N. N., Novikov, A. E., Poddubskiy, A. A., et al. (2023). Water-physical properties of chestnut soils under different methods of reclamation treatment. *Vestnik Rossiyskogo Universiteta Druzhy Narodov. Seriya: Agronomiya i Zhivotnovodstvo [RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries]*, 18(1), 45–58. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2023-18-1-45-58>. EDN: OYQWDQ.