

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО  
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 633.11:6315:551.583

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_3\_51

**Совершенствование элементов технологии выращивания  
озимой пшеницы с целью обеспечения влагосбережения  
в условиях изменения климата****Алексей Леонидович Лукин<sup>1✉</sup>, Надежда Владимировна Подлесных<sup>2</sup>,  
Татьяна Павловна Некрасова<sup>3</sup>, Ольга Борисовна Мараева<sup>4</sup>**<sup>1,2,3,4</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия<sup>1</sup>loukine@mail.ru✉

**Аннотация.** Как известно, на формирование урожая сельскохозяйственных культур влияют различные факторы. В Воронежской области одним из лимитирующих урожайность факторов является влага. Представлены результаты исследования, проведенного с целью определения влияния различных доз (10, 20 и 40 кг/га) функционального влагоудерживающего удобрения (ФВУ) на влагоудержание почвы и урожайность озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Воронежской области. Снижение влажности почвы ниже 60–70% от наименьшей (или предельной полевой) влагоемкости (НВ) негативно влияет на развитие растений, а для максимальной реализации сортовых особенностей растений, в частности озимой пшеницы, необходимо до 900 л воды. Влагоемкость почвы рассчитывалась с учетом влаги, уже содержащейся в почве при отборе, и составила 40,5% в контрольном образце и 52,5% в образце, содержащем ФВУ. Обогащение почвы влагоудерживающим функциональным удобрением способно обеспечить до 12% дополнительной влаги, доступной для растений, что может оцениваться как прибавка около 300 т/га продуктивной влаги, необходимой для формирования урожая сельскохозяйственных растений. Более высокие значения элементов структуры урожая отмечены на варианте внесения 40 кг/га ФВУ, однако такая дозировка функционального влагоудерживающего удобрения весьма значительно повышает расходы производителя и, как следствие, себестоимость, поэтому этот вариант признан экономически не выгодным. Доза ФВУ 20 кг/га является оптимальной, так как на этом варианте при средних затратах анализируемые показатели структуры урожая превышают показатели контрольного варианта, а именно: число растений на 1 м<sup>2</sup> – на 7 шт., число зерен в колосе – на 5,2 шт., масса зерна в колосе – на 0,49 г, масса 1000 зерен – на 2,6 г. Урожайность озимой пшеницы повышалась при внесении 10, 20 и 40 кг/га ФВУ по сравнению с контролем соответственно на 0,37; 0,89 и 0,11 т/га, или 9, 21 и 26%.

**Ключевые слова:** озимая мягкая пшеница, функциональное влагоудерживающее удобрение (ФВУ), структура урожая, масса 1000 зерен, урожайность

**Для цитирования:** Лукин А.Л., Подлесных Н.В., Некрасова Т.П., Мараева О.Б. Совершенствование элементов технологии выращивания озимой пшеницы с целью обеспечения влагосбережения в условиях изменения климата // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 3(74). С. 51–58. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_3\\_51-58](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_3_51-58).

GENERAL SOIL MANAGEMENT AND  
CROP SCIENCE (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

**Improving the elements of winter wheat growing technology  
with the objective of ensuring moisture conservation  
under current conditions of climate change****Aleksey L. Lukin<sup>1✉</sup>, Nadezhda V. Podlesnykh<sup>2</sup>, Tatiana P. Nekrasova<sup>3</sup>, Olga B. Maraeva<sup>4</sup>**<sup>1,2,3,4</sup>Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia<sup>1</sup>loukine@mail.ru✉

**Abstract.** Famously, various factors influence the formation of crop yields. In Voronezh Oblast, one of the factors limiting the yield is moisture. The authors present the results of studies carried out in order to determine the effect of various doses (10, 20 and 40 kg/ha) of functional water-retaining fertilizer (FWF) on soil moisture retention and yield of soft winter wheat in conditions of the forest-steppe of Voronezh Oblast. A decrease in soil moisture below 60-70% of the minimum moisture-holding capacity (MMC) (field moisture capacity) negatively affects the development of plants, and with the maximum realization of varietal characteristics of plants, in particular winter

wheat, for its growing it is needed up to 900 liters of water. Soil water capacity was calculated taking into account the moisture already contained in the soil during sampling and amounted to 40.5% in the control sample and 52.5% in the sample containing the FWF. Soil enrichment with functional water-retaining fertilizer can provide up to 12% of additional moisture available to plants, which can be estimated as an increase of about 300 t/ha of productive moisture necessary for crop yield formation. Higher values of crop structure elements were noted when applying 40 kg/ha of FWF, however, such a dosage of a functional moisture-retaining fertilizer significantly increases the production expenditures and, as a result, prime cost, therefore this variant is recognized as economically unprofitable. The dose of 20 kg/ha of FWF is optimal, since in this variant, at average production expenditures the analyzed crop structure indicators exceed those ones in the control variant, namely: the number of plants per 1 m<sup>2</sup>, the number of kernels per ear, weight of kernel per ear and thousand-kernel weight are higher by 7 pcs, 5.2 pcs, 0.49 g and 2.6 g, respectively, as compared to control. Due to application of 10, 20 and 40 kg/ha of FWF the yield of winter wheat increased by 0.37, 0.89 and 0.11 t/ha, or by 9, 21 and 26%, respectively.

**Keywords:** soft winter wheat, functional moisture-retaining fertilizer (FWF), yield structure, thousand-kernel weight, crop productivity

**For citation:** Lukin A.L., Podlesnykh N.V., Nekrasova T.P., Maraeva O.B. Improving the elements of winter wheat growing technology with the objective of ensuring moisture conservation under current conditions of climate change. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(3):51-58. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_3\\_51-58](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_3_51-58).

**З**ерновое производство исторически является основой устойчивого функционирования национального агропродовольственного сектора, носит системообразующий характер для других отраслей экономики, определяет уровень продовольственной безопасности страны и служит своеобразным индикатором экономического благополучия государства. Последние два десятилетия идет устойчивый процесс восстановления российского агропромышленного производства. Россия демонстрирует устойчивый рост объемов производства зерна, адекватность рыночным потребностям изменений структуры и снижение зависимости производства от природно-климатических условий. Сформировалась устойчивая тенденция к увеличению урожайности зерновых культур, что указывает на происходящие глубокие процессы перехода на новые технологии производства и управления в сельском хозяйстве.

В Центрально-Черноземном регионе (ЦЧР) успешное производство продовольственного зерна было издавна тесно связано с возделыванием озимой ржи, яровой и озимой пшеницы, которая теперь преобладает среди зерновых культур. Средняя урожайность озимой пшеницы в хозяйствах всех категорий в Центральном Черноземье увеличивается каждое пятилетие на 3–4 ц/га, и за последние годы она достигла 31,7 ц/га, что на 1,7 ц/га (5,7%) больше средней урожайности по стране [5, 7, 9, 10].

Российская Федерация входит в пятерку основных стран-экспортеров зерна пшеницы, вывозя более 11 млн тонн, что при сохранении высоких закупочных цен на зерно третьего класса (11–12 тыс./т) является существенной финансовой статьей доходов государства. В 2019 г. урожай в Воронежской области составил более 4 млн тонн зерна.

В настоящее время продолжает наблюдаться устойчивая тенденция глобального потепления климата. Зачастую отмечается увеличение количества осадков и аномально высокие температуры в зимний и осенне-зимний период, при этом летние засухи стали случаться чаще, а их продолжительность увеличивается [3, 9–10].

Для получения высоких урожаев зерна важны все элементы, реализуемые в технологии культуры. Очевидно, что при соблюдении баланса влагообеспечения, элементов питания, доступных в период вегетации растений, реализации сортовых особенностей растений в научно обоснованном севообороте, методов физической обработки почвы и способов защиты растений можно получить высокие урожаи с сохранением высокого уровня плодородия используемых земель [1, 2, 6, 8].

В настоящее время при формировании современных адаптивно-ландшафтных систем земледелия и интенсивных агротехнологий остается актуальным совершенствование подходов к обеспечению влагосбережения.

Цель исследований заключалась в изучении влияния различных доз функционального влагоудерживающего удобрения (ФВУ) на повышение влагосбережения по ЦЧР при выращивании озимой пшеницы.

Опыты проводили на полях УНТЦ «Агротехнология» Воронежского государственного аграрного университета в 2019–2021 гг. по общепринятой в зоне технологии возделывания.

Почвы представлены черноземом выщелоченным среднесуглинистым со следующими характеристиками: содержание гумуса в пахотном слое – 4,5–5,5%, рН солевой вытяжки – 5,1–5,7, сумма поглощенных оснований – 21,3–22,2 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 86–90%, содержание подвижного фосфора ( $P_2O_5$ ) в почве – 120–140 мг/кг, обменного калия ( $K_2O$ ) – 140–175 мг/кг (по Чирикову), подвижных форм молибдена – 0,23, бора – 1,6, кобальта – 1,5 мг/кг почвы.

За период проведения исследований количество осадков составило около 80% от среднегодовой нормы.

Изучаемым фактором была доза функционального влагоудерживающего удобрения (ФВУ), которую вносили в почву одновременно с посевом мягкой озимой пшеницы на глубину семенного ложа. Дозы ФВУ при посеве составляли: 1 – контроль (без удобрения); 2 – 10 кг/га; 3 – 20 кг/га; 4 – 40 кг/га.

Размещение делянок систематическое. Учетная площадь делянки – 20 м<sup>2</sup>.

Анализ структуры урожая выполняли в четырехкратной повторности по снопам, отобраным с площадок размером 0,25 м<sup>2</sup>.

Математическую обработку результатов исследования выполняли по методике Б.А. Доспехова [4].

В регионах с недостаточным и неустойчивым количеством осадков одним из важных условий, определяющих действительно возможный урожай озимой пшеницы, является обеспеченность растений влагой. Именно влагообеспеченность является основным лимитирующим фактором для условий ЦЧР. Применение дифференцированной обработки почвы и органических удобрений улучшает влагоудерживающие свойства почвы. Однако создать условия, когда коэффициент использования продуктивной влаги был бы выше 0,6, довольно сложно. Изменение этого показателя в сторону увеличения на 0,1 уже позволит повысить урожайность сельскохозяйственных культур на 5–25% [6, 8, 11].

Ввиду неравномерного выпадения осадков по территории расчет действительной урожайности по влагообеспеченности посевов следует проводить дифференцированно для каждого хозяйства и поля с учетом улучшения накопления влаги и экономного ее расходования. Согласно опубликованным литературным данным, расчет урожаев целесообразно проводить по количеству продуктивной влаги за период вегетации.

Период весенней вегетации озимой пшеницы в 2019–2021 гг. длился с середины второй декады апреля до третьей декады июля. Сумма осадков за этот период была в среднем 172 мм. При коэффициенте использования осадков 0,8 количество продуктивной влаги за этот период составило 137,6 мм.

Запасы продуктивной влаги ( $W_0$ ) в метровом слое почвы ко времени посева озимых культур в лесостепной зоне, к которой относится Воронежская область, составили 1250 м<sup>3</sup>/га, а общее количество продуктивной влаги, использованное на формирование урожая озимой пшеницы ( $W$ ), – около 2626 т/га, что позволило сформировать 6,3 т/га

абсолютно сухой биомассы, а действительно возможный урожай абсолютно сухой биомассы (ДВУ) при стандартной влажности 14% достиг 7,3 т/га. Учитывая соотношение основной и побочной продукции озимой пшеницы, равное 1 : 1,3, окончательный урожай может составить 3,1 т/га зерна и 5,6 т/га соломы.

Одним из способов сохранения влаги в почве является применение влагоудерживающих удобрений. В основе существующих методов сбережения продуктивной влаги в почве находятся агротехническими приемы, препятствующие формированию капиллярных каналов, способствующих избыточному испарению. В мировой практике применяется достаточное количество влагоудерживающих материалов на основе мономеров акриловой кислоты, которые могут поглощать и удерживать чрезвычайно большое количество жидкости по отношению к собственной массе (в 300 раз больше своего веса). Однако они имеют существенный недостаток, связанный с длительным сроком биодegradации в почве, что представляет определенную опасность для окружающей среды, поэтому следует выбирать экологически безопасные ФВУ с высокой водоудерживающей способностью. Основным достоинством ФВУ является способность не только быстро поглощать значительное количество влаги, но и быстро отдавать ее при необходимости [3, 6, 8]. При внесении ФВУ в почву растение сначала потребляет доступную влагу из почвы, а потом расходует воду, хранящуюся в структуре полимера. Внесение ФВУ в почву одновременно с семенами способствует сокращению времени их прорастания и лучшему дальнейшему развитию посевов сельскохозяйственных культур.

В процессе подбора ФВУ, содержащего в своей структуре биодegradируемые фрагменты, оценивались образцы производства РФ, Франции, Германии, Китая. Каждый из образцов был проверен на показатель удержания влаги ( $Q$  – мл  $H_2O$  удерживаемой 1 г полимера), при этом максимальное значение (более 400%) было отмечено у образца производства КНР. Образцы производства Франции и Германии продемонстрировали показатель ( $Q$ ) в пределах 300% на 1 г ФВУ. Менее всего воды было поглощено образцом производства РФ – около 250%. Очевидно, что полученные данные должны учитываться при расчете экономической составляющей применения ФВУ, поэтому дальнейшие полевые исследования проводились с использованием ФВУ отечественного производства.

Снижение влажности почвы ниже 60–70% от наименьшей полевой влагоемкости (НВ) может негативно повлиять на развитие растений, а для максимальной реализации сортовых особенностей растений, в частности озимой пшеницы, необходимо до 900 л воды. Количество влаги на момент посева семян, а также ее объем с осадками в течение вегетации растений составляет в среднем  $400 \text{ м}^3/\text{га}$ , что и является существенным лимитирующим урожай фактором. Несмотря на благоприятные агрофизические показатели черноземных почв и возможность их регулирования, процесс удержания влаги и ее накопления требует дальнейшего пристального внимания [6, 10].

При исследовании ФВУ важной характеристикой является показатель влагоемкости почвы, при этом наиболее существенным является показатель величины «полной влагоемкости», т. е. максимального количества воды, которое почва может удержать. Для определения показателя полной влагоемкости почвы необходимо предварительно определить ее влажность.

При определении величины влагоемкости использовались стеклянные цилиндры, в которые помещалась навеска почвы, после чего он погружался в емкость с водой таким образом, что вода проникала снизу по капиллярам почвы в верхнюю часть, заполняя все пространство свободных пор. После смачивания почвы цилиндр взвешивался.

Далее определялась общая (полная) влагоемкость почвы, которая рассчитывалась с учетом влаги, уже содержащейся в почве при отборе пробы, и влаги, поглощенной почвой, что составило 40,5% в контрольном образце и 52,5% в образце, содержащем ФВУ. Обогащение почвы влагоудерживающим функциональным удобрением повышает на 12% количество доступной для растений влаги, что может условно оцениваться как прибавка около 300 т/га продуктивной влаги, необходимой для формирования урожая сельскохозяйственных растений.

Создание высокопродуктивных посевов – главная задача агротехнологий. Биологической основой моделирования продуктивности посевов является структурная формула урожая, которая показывает, из каких элементов складывается величина хозяйственного урожая и за счет каких из них можно его повысить.

Наибольший интерес среди показателей структуры, формирующих биологическую основу урожайности, представляют следующие:

- полевая всхожесть;
- продуктивная кустистость;
- масса 1000 зерен;
- выход зерна из общей массы урожая.

Другим показателям урожая, таким как число колосков в колосе, число зерен в колосе, количество растений и продуктивных стеблей на 1 м<sup>2</sup> при уборке урожая, процент сохранившихся к уборке растений также уделяется внимание, что позволяет выявить влияние сопутствующих факторов в процессе вегетации растений.

Показатель продуктивной кустистости растений значительно увеличивается при улучшении азотного питания и влагообеспеченности растений, а число и масса зерен на растении (и в колосе) зависят от обеспеченности их факторами жизни в период между фазами трубкования и налива зерновок. Улучшение питательного, водного и воздушного режимов, защита посевов от вредных воздействий позволяют увеличить урожайность озимой пшеницы и повысить качество зерна [9, 10–12].

У зерновых культур, в том числе у озимой пшеницы, основными элементами структуры урожая являются:

- среднее число продуктивных стеблей на квадратном метре;
- число зерен в одном колосе;
- масса 1000 зерен и др.

Внесение ФВУ во всех изучаемых дозах было эффективно и влияло на показатели структуры урожая озимой пшеницы, что наглядно иллюстрируют данные, приведенные на рисунках 1–6.

В структуре урожая мягкой озимой пшеницы лучшим был вариант с припосевным внесением 40 кг/га ФВУ, однако применение столь высокой дозы ведет к повышению себестоимости зерна и, как следствие, к экономической нецелесообразности использования такого варианта в производственных условиях. Доза ФВУ 20 кг/га оказалась оптимальной. На этом варианте число растений на 1 м<sup>2</sup> было больше на 7 шт., число зерен в колосе – на 5,2 шт., масса зерна в колосе – на 0,49 г, масса 1000 зерен – на 2,6 г по сравнению с контролем.

Урожайность зерна варьировала в зависимости от вариантов опыта, что связано с применением ФВУ. В проведенных опытах урожайность озимой пшеницы повышалась при внесении 10, 20 и 40 кг/га ФВУ по сравнению с контролем соответственно на 3,7 ц/га (9%), 8,9 ц/га (21%) и 10,9 ц/га (26%). Необходимо отметить, что эффективность использования ФВУ не носит линейной зависимости и требует в дальнейшем расчета экономической целесообразности применяемых доз.

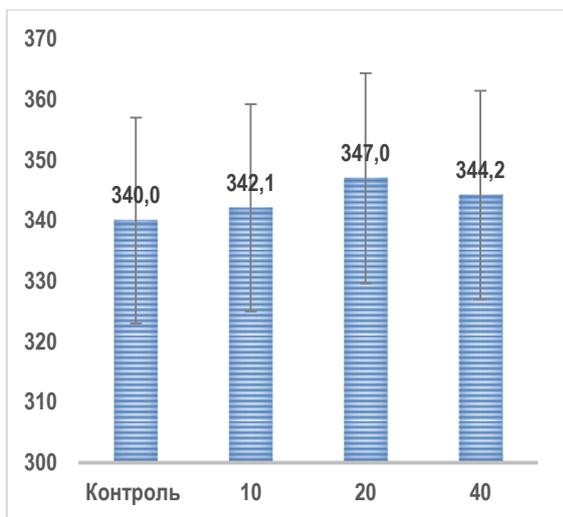


Рис. 1. Число растений озимой пшеницы в зависимости от дозы ФВУ (кг/га), 2019–2021 гг., шт./м<sup>2</sup>

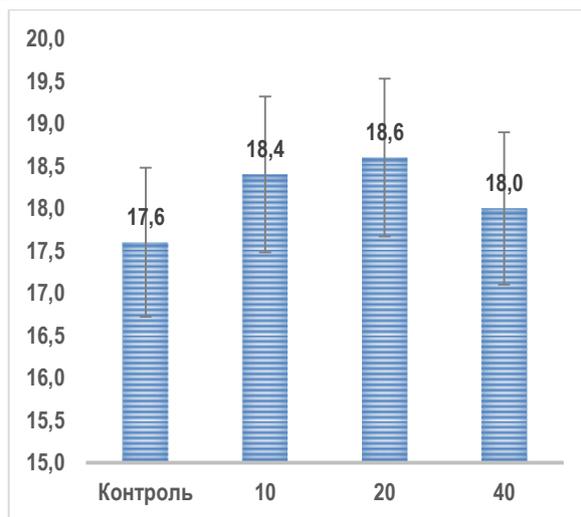


Рис. 2. Число колосков в колосе озимой пшеницы в зависимости от дозы ФВУ (кг/га), 2019–2021 гг., шт.

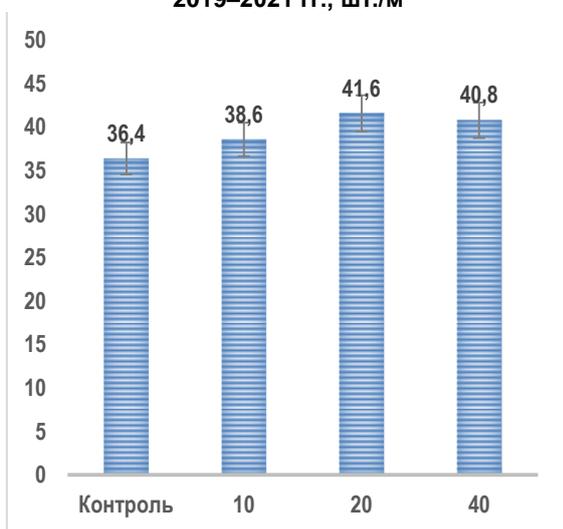


Рис. 3. Число зерен в колосе озимой пшеницы в зависимости от дозы ФВУ (кг/га), 2019–2021 гг., шт.

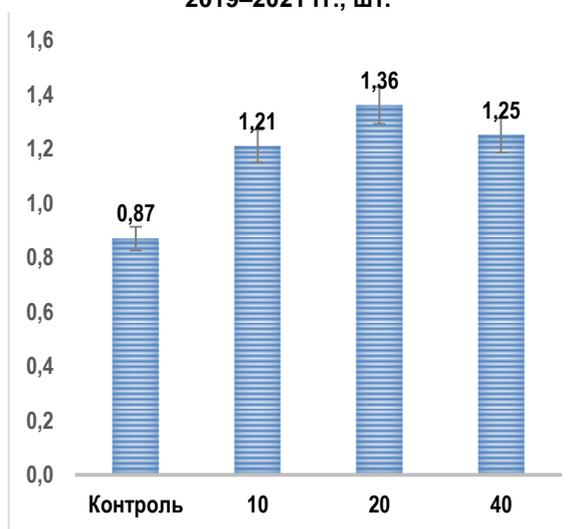


Рис. 4. Масса зерна в колосе озимой пшеницы в зависимости от дозы ФВУ (кг/га), 2019–2021 гг., г

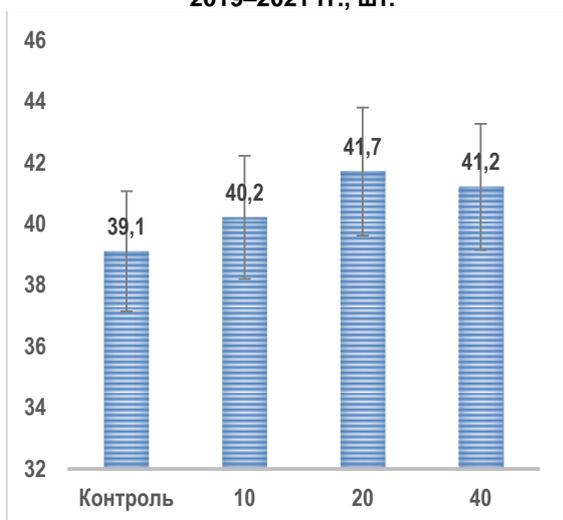


Рис. 5. Масса 1000 зерен озимой пшеницы в зависимости от дозы ФВУ (кг/га), 2019–2021 гг., г

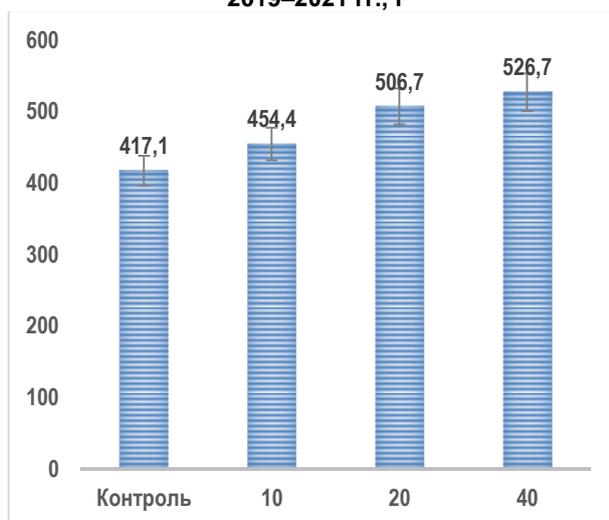


Рис. 6. Масса зерна в пробе озимой пшеницы в зависимости от дозы ФВУ (кг/га), 2019–2021 гг., г/м<sup>2</sup>

**Выводы**

Подтверждена эффективность применения функционального влагоудерживающего удобрения в технологии возделывания озимой мягкой пшеницы.

При выращивании мягкой пшеницы лучшим признан вариант внесения 20 кг/га изучаемого препарата, на котором повышение урожайности составило 21%.

Таким образом, применение функционального влагоудерживающего удобрения можно рекомендовать для использования в производстве при совершенствовании агро-технологии выращивания озимой пшеницы в условиях влагосбережения.

---

**Список литературы**

1. Буюкли П.И. Твердая озимая пшеница. Кишинев: Штиинца, 1983. 224 с.
2. Вавилов П.П., Гриценко В.В., Кузнецов В.С. и др. Растениеводство; под ред. П.П. Вавилова. 4-е изд., доп. и перераб. Москва: Колос, 1979. 519 с.
3. Гинапп Х., Дрегер Д., Захаренко А. и др. Зерновые культуры (выращивание, уборка, доработка и использование): учебно-практическое руководство; 3-е изд., дораб. и доп.; под общей редакцией Д. Шпаара. Москва: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2008. 656 с..
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований); 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Ермакова Н.В. Особенности развития, формирования урожая и качества зерна озимой твердой и тургидной пшеницы в лесостепи ЦЧР: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09. Воронеж, 2009. 213 с.
6. Федотов В.А., Подлесных Н.В., Цыкалов А.Н. и др. Озимая твердая и тургидная пшеница в ЦЧР: монография; под общ. ред. проф. В.А. Федотова. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. 223 с.
7. Подлесных Н.В., Лукин А.Л. Влияние функциональной влагоудерживающей смеси на элементы структуры урожайности озимой пшеницы в условиях лесостепи ЦЧР // Агробиологический вестник: материалы международной научно-практической конференции «Экологические проблемы сельскохозяйственного производства». Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. С. 104–109.
8. Подлесных Н.В., Лукин А.Л. Оценка показателей развития растений озимой пшеницы в зависимости от доз функциональной смеси на основе влагоудерживающего адсорбента // Агробиологический вестник: материалы международной научно-практической конференции «Экологические проблемы сельскохозяйственного производства». Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. С. 110–116.
9. Федотов В.А., Кадыров С.В., Щедрина Д.И. и др. Растениеводство Центрального Черноземья России: учебник. Воронеж: ООО «Издательство Черноземье», 2019. 581 с.
10. Andert S., Bürger J., Mutz J.-E., Gerowitz B. Patterns of pre-crop glyphosate use and in-crop selective herbicide intensities in Northern Germany // European Journal of Agronomy. 2018. Vol. 97. Pp. 20-27. DOI: 10.1016/j.eja.2018.04.009.
11. Mitchell P.L., Sheehy J.E. Potential yield of wheat in the United Kingdom: How to reach 20 t ha? // Field Crops Research. 2018. Vol. 224. Pp. 115-125. DOI: 10.1016/j.fcr.2018.05.008.
12. Uddin S., Löw M., Parvin S. et al. Water use and growth responses of dryland wheat grown under elevated [CO<sub>2</sub>] are associated with root length in deeper, but not upper soil layer // Field Crops Research. 2018. Vol. 224. Pp. 170-181. DOI:10.1016/J.FCR.2018.05.014.

**References**

1. Buyukli P.I. Tverdaya ozimaya pshenitsa [Hard winter wheat]. Kishinev: Shtiintsa; 1983. 224 p. (In Russ.).
2. Vavilov P.P., Gritsenko V.V., Kuznetsov V.S. et al. Rastenievodstvo; pod red. P.P. Vavilova. 4-e izd., dop. i pererab. [Horticulture; under editorship of P.P. Vavilov; 4<sup>th</sup> edition, revised and enlarged]. Moscow: Kolos; 1979. 519 p. (In Russ.).
3. Ginapp Kh., Dreger D., Zakharenko A. et al. Zernovye kul'tury (vyrashchivanie, uborka, dorabotka i ispol'zovanie): uchebno-prakticheskoe rukovodstvo; pod obshchej red. D. Shpaara [Grain Crops: Cultivation, harvesting, post-harvesting processing and application; under the general editorship of D. Shpaar]. Moscow: ID ООО "DLV AGRODELO"; 2008. 656 p. (In Russ.).
4. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). 5-e izd., dop. i pererab. [Field-plot Technique (with the Basics of Statistical Processing of Results of Research and Experiments). 5<sup>th</sup> edition, revised and enlarged]. Moscow: Agropromizdat; 1985. 351 p. (In Russ.).

5. Ermakova N.V. Osobennosti razvitiya, formirovaniya urozhaya i kachestva zerna ozimoy tverdoj i turgidnoj pshenitsy v lesostepi CChR [Features of development, crop formation and grain quality of winter hard and turgid wheat in the forest-steppe of the Central Chernozem Region]. Dissertatsiya ... kandidata sel'skokhozyajstvennykh nauk = Candidate Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.09. Voronezh; 2009. 213 p. (In Russ.).

6. Fedotov V.A., Podlesnykh N.V., Tsykalov A.N. et al. Ozimaya tverdaya i turgidnaya pshenitsa v CChR: monografiya; pod obshch. red. Prof. V.A. Fedotova [Hard winter wheat and turgid wheat in the Central Chernozem Region: monograph; under general editorship of Prof. V.A. Fedotov]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2016. 223 p. (In Russ.).

7. Podlesnykh N.V., Lukin A.L. Vliyaniye funktsional'noj vlagouderzhivayushchej smesi na elementy struktury urozhajnosti ozimoy pshenitsy v usloviyakh lesostepi CChR [The impact of functional water-retention mixture on the elements of winter wheat yield structure in conditions of the forest-steppe of the Central Chernozem Region]. Agroekologicheskij vestnik: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii "Ekologicheskie problemy sel'skokhozyajstvennogo proizvodstva" [Agroecological Vestnik: Proceedings of the International scientific and practical conference "Environmental problems of agricultural production"]. Voronezh: State Agrarian University Press; 2021:104-109. (In Russ.).

8. Podlesnykh N.V., Lukin A.L. Otsenka pokazatelej razvitiya rastenij ozimoy pshenitsy v zavisimosti ot doz funktsional'noj smesi na osnove vlagouderzhivayushchego adsorbenta [Evaluation of the indicators of the development of winter wheat depending on the doses of a functional mixture based on a moisture-retaining agent]. Agroekologicheskij vestnik: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii "Ekologicheskie problemy sel'skokhozyajstvennogo proizvodstva" [Agroecological Vestnik: Proceedings of the International scientific and practical conference "Environmental problems of agricultural production"]. Voronezh: State Agrarian University Press; 2021:110-116. (In Russ.).

9. Fedotov V.A., Kadyrov S.V., Shchedrina D.I. et al. Rasteniyevodstvo Tsentral'nogo Chernozem'ya Rossii: uchebnik [Horticulture of the Central Chernozem Region: textbook]. Voronezh: OOO Izdat-Chernozemie Press; 2019. 581 p. (In Russ.).

10. Andert S., Bürger J., Mutz J.-E., Gerowitt B. Patterns of pre-crop glyphosate use and in-crop selective herbicide intensities in Northern Germany. *European Journal of Agronomy*. 2018;97:20-27. DOI: 10.1016/j.eja.2018.04.009.

11. Mitchell P.L., Sheehy J.E. Potential yield of wheat in the United Kingdom: How to reach 20 t ha? *Field Crops Research*. 2018;224:115-125. DOI: 10.1016/j.fcr.2018.05.008.

12. Uddin S., Löw M., Parvin S. et al. Water use and growth responses of dryland wheat grown under elevated [CO<sub>2</sub>] are associated with root length in deeper, but not upper soil layer. *Field Crops Research*. 2018;224:170-181. DOI:10.1016/J.FCR.2018.05.014.

#### Информация об авторах

А.Л. Лукин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», loukine@mail.ru.

Н.В. Подлесных – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», env.05@mail.ru.

Т.П. Некрасова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», plant@agronomy.vsau.ru.

О.Б. Мараева – кандидат биологических наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», botanika@agronomy.vsau.ru.

#### Information about the authors

A.L. Lukin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Peter the Great, loukine@mail.ru.

N.V. Podlesnykh, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, env.05@mail.ru.

T.P. Nekrasova, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, plant@agronomy.vsau.ru.

O.B. Maraeva, Candidate of Biological Sciences, Docent, the Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, botanika@agronomy.vsau.ru.

Статья поступила в редакцию 17.05.2022; одобрена после рецензирования 28.06.2022; принята к публикации 04.07.2022.

The article was submitted 17.05.2022; approved after revision 28.06.2022; accepted for publication 04.07.2022.

© Лукин А.Л., Подлесных Н.В., Некрасова Т.П., Мараева О.Б., 2022