

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

## AGRICULTURAL SCIENCES

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-2-92-124

УДК 633.111.324



Научная статья | Насекомые

**ЗАВИСИМОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ  
ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM* L.)  
ОТ ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ  
И РАЗЛИЧНЫХ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ  
В ЗОНЕ СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ  
ВОЛГО-ДОНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ  
ЮЖНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*А.Ю. Гузенко, А.В. Солонкин,  
А.И. Беляев, Е.В. Семинченко*

**Обоснование.** Условия Волгоградской области Российской Федерации являются зоной рискованного земледелия с засушливым климатом. Данный фактор невозможно контролировать агротехнологическими приемами в полном масштабе, даже если соблюдать все технологические процессы ведения полевых работ. Исходя из этого, разработку новых адаптивных технологий, применительно к определенным почвенно-климатическим территориям, можно отнести к одной из задач современной аграрной науки.

Обработка почвы является важнейшей производственной операцией в земледелии, как по энергоемкости, так и по влиянию на урожай всех возделываемых культур. Она играет роль в повышении плодородия почвы и ее сохранности от водной и ветровой эрозии.

Представлены результаты опыта с научным обоснованием и экспериментальным подтверждением по использованию различных вариантов об-

работки почвы (отвальная, безотвальная, мелкая) для выращивания полевых культур в зависимости от влияния сложившихся климатических условий в 2018-2020 годах на опытном поле ФНЦ агроэкологии РАН, в сухостепной зоне каштановых почв.

**Цель работы** – выявить влияние обработки почвы в складывающихся климатических условиях на засоренность и урожайность озимой пшеницы, провести математическую обработку программой статистических обработок STATISTICA Application 10.0.0.0 и Excel для возможности последующего теоретического определения зависимости урожайности и засоренности посевов озимой пшеницы от различных вариантов обработки почвы в складывающихся климатических условиях.

Новизна работы заключается в том, что впервые проведены исследования и получены данные по зависимости урожайности и засоренности посевов озимой пшеницы от различных вариантов обработки почвы в складывающихся климатических условиях в сухостепной зоне каштановых почв. В последующем имеется возможность теоретически обосновать применение той или иной обработки почвы при определенных климатических условиях для снижения засоренности посевов озимой пшеницы и повышения ее урожайности.

**Материалы и методы.** Так как озимая пшеница выращивается в экстремальных температурных условиях, обработка почвы играет важную роль в обеспечении лучшего водного режима для жизненного цикла растений.

Почва опытного участка – светло-каштановая, тяжелосуглинистая, с содержанием гумуса в пахотном слое 1,74 %. Количество среднегодовых осадков составляло 339,7 мм. Технология возделывания этих культур была общепринятой для зоны проведения исследований. Высевали районированный сорт озимой мягкой пшеницы Камышанка 4 с нормой высева 4,5 млн. шт./га сеялкой СКП-2,1 (Омичка) с анкерными сошниками. При обследовании сорняков использовали рамки размером 50×50 см. Видовой состав сорняков распределяли по типу (однодольные или двудольные) и жизненному циклу (однолетние или многолетние). Определяли урожайность зерна, а также компоненты урожайности озимой пшеницы: высота растения (см.), количество зерен в колосе (шт.), масса зерна с одного колоса (гр.), масса 1000 зерен (гр.). Полученные результаты исследования анализировали в программе STATISTICA Application 10.0.0.0. По результатам статистических исследований были построены эмпирические модели плотности почвы по наиболее значимым факторам. Анализ показал, что на плотность почвы по различным обработкам влияли температура воздуха и количество осадков в наиболее критические периоды развития.

**Результаты.** Установлено, что самая высокая засоренность посевов озимой пшеницы обеспечивается по мелкой обработке БДТ-3 на глубину 0,10-0,12 м 22,9 шт./м<sup>2</sup>. Многолетние сорняки доминировали над однолетними растениями по всем обработкам. Это в первую очередь связано с колебаниями температуры почвы весной, что приводит к задержке прорастания семян. Остатки покровной культуры делают барьер для прорастания однолетних сорняков и может способствовать более крупным семенам многолетников. Высокое содержание сухой биомассы наблюдалось при мелкой обработке, это связано с более высоким содержанием влаги в почве, так как при мелкой обработке меньше нарушается слой почвы. Многолетние сорняки могут быть устойчивы к засухе из-за разной корневой системы. У однолетних сорняков корневая система мелкая и мочковатая, они не могут получить влагу из глубоких слоев почвы. По урожайности и компонентам урожайности озимой пшеницы наибольшие показатели наблюдались по чизельной обработке рабочими органами «Ранчо» с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м: высота растения – 105 см; наибольшее количество продуктивных стеблей – 304 шт./м<sup>2</sup>; продуктивная кустистость – 304 шт./м<sup>2</sup>; масса 1000 зерен – 40,9 г.; количество зерен с колоса – 32,3 шт./м<sup>2</sup>; масса зерна с одного колоса 1,32 гр. и урожайностью – 3,7 т/га. Областью применения данного исследования является сухостепная зона Нижнего Поволжья.

**Заключение.** Сделаны заключения о хорошей взаимосвязи использования определенного орудия обработки почвы от складывающихся определенных климатических условий. Во влажные годы 2018-2019 гг. себя отлично показал «ЧО» Ранчо на глубину 12-15 см, а в засушливый год «ОО» ПН-4-35 на глубину 0,20 – 0,22 м в связи с созданием определенного водного режима и плотности почвы показала лучший результат. Данные обработанные в STATISTICA Application 10.0.0.0 и в Excel дают теоретическое обоснование прямой зависимости урожайности от обработок по всем факторам структуры почвы и засоренности, а также на структуру урожайности на период 2018-2020 гг.

**Ключевые слова:** обработка почвы; урожайность озимой пшеницы; структура урожая; статистический анализ

Для цитирования. Гузенко А.Ю., Солонкин А.В., Беляев А.И., Семинченко Е.В. Зависимость урожайности озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) от почвенно-климатических условий и различных обработок почвы в зоне светло-каштановых почв Волго-Донского междуречья Южного федерального округа Российской Федерации // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2023. Т. 15, №2. С. 92-124. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-2-92-124

Original article | Insects

## DEPENDENCE OF THE YIELD OF WINTER WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.) ON SOIL AND CLIMATIC CONDITIONS AND VARIOUS TILLAGES IN THE ZONE OF LIGHT CHESTNUT SOILS OF THE VOLGA-DON INTERFLUVE AREA OF THE SOUTHERN FEDERAL DISTRICT OF THE RUSSIAN FEDERATION

*A. Yu. Guzenko, A. V. Solonkin,  
A. I. Belyaev, E. V. Semichenko*

**Background.** *The conditions of the Volgograd region of the Russian Federation are a zone of risky agriculture with an arid climate. This factor cannot be controlled by agro technological techniques on a full scale, even if all technological processes of field work are followed. Based on this, the development of new adaptive technologies, in relation to certain soil and climatic territories, can be attributed to one of the tasks of modern agricultural science.*

*Tillage is the most important production operation in agriculture, both in terms of energy intensity and the impact on the yield of all cultivated crops. It plays a role in improving soil fertility and its safety from water and wind erosion.*

*The results of the experiment with scientific justification and experimental confirmation on the use of various tillage options (dump, dump less, shallow) for growing field crops depending on the influence of prevailing climatic conditions in 2018-2020 on the experimental field of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, in the dry-steppe zone of chestnut soils are presented.*

**Purpose** – *is to identify the influence of tillage and emerging climatic conditions on the weeding and yield of winter wheat, to carry out mathematical processing by the STATISTICA Application 10.0.0.0 and Excel statistical processing program for the possibility of subsequent theoretical determination of the dependence of the yield and weeding of winter wheat crops on various tillage options in the emerging climatic conditions.*

*The novelty of the work lies in the fact that for the first time studies have been carried out and data have been obtained on the dependence of the yield and infestation of winter wheat crops on various tillage options in the prevailing climatic conditions in the dry steppe zone of chestnut soils. Subsequently, it is possible to*

*theoretically substantiate the use of one or another tillage under certain climatic conditions to reduce the infestation of winter wheat crops and increase its yield.*

**Materials and methods.** *Since winter wheat is grown in extreme temperature conditions, tillage plays an important role in ensuring the best water regime for the plant life cycle.*

*The soil of the experimental site is light chestnut, heavy loamy, with a humus content of 1.74% in the arable layer. The average annual precipitation was 339.7 mm. The technology of cultivation of these crops was generally accepted for the research area. A zoned variety of winter soft wheat Kamyshanka 4 was sown with a seeding rate of 4.5 million pcs/ha with a seeder SKP-2.1 (Omichka) with anchor coulters. When examining weeds, frames measuring 50×50 cm were used. The species composition of weeds was distributed by type (monocotyledonous or dicotyledonous) and life cycle (annual or perennial). Grain yield was determined, as well as the components of winter wheat yield: plant height (cm), number of grains per ear (pcs), grain weight per ear (gr), weight of 1000 grains (gr). The results of the study were analyzed in the program STATISTICA Application 10.0.0.0. Based on the results of statistical studies, empirical models of soil density were built for the most significant factors. The analysis showed that the density of the soil under various treatments was influenced by air temperature and precipitation during the most critical periods of development.*

**Results.** *It was found that the highest contamination of winter wheat crops is provided by fine processing of BDT-3 to a depth of 0.10-0.12 m 22.9 pcs/m<sup>2</sup>. Perennial weeds dominated over annual ones in all treatments. This is primarily due to fluctuations in soil temperature in spring, which leads to a delay in seed germination. The remains of the cover crop make a barrier to the germination of annual weeds and can contribute to larger seeds of perennials. A high content of dry biomass was observed during shallow processing, this is due to a higher moisture content in the soil, since the soil layer is less disturbed during shallow processing. Perennial weeds can be resistant to drought due to different root systems. The annual weeds have a shallow and spongy root system, they cannot get moisture from deep layers of soil. In terms of yield and yield components of winter wheat, the highest indicators were observed for chisel processing by working bodies of the "Ranch" with loosening up to 0.35 m and a layer turnover of 0.12-0.15 m: plant height – 105 cm; the largest number of productive stems – 304 pcs./m<sup>2</sup>; productive bushiness – 304 pcs./m<sup>2</sup>; weight of 1000 grains – 40.9 g.; the number of grains per ear – 32.3 pcs./m<sup>2</sup>; the weight of grain per ear is 1.32 gr. and the yield is 3.7 t/ha. The field of application of this study is the dry steppe zone of the Lower Volga region.*

**Conclusion.** *As a result of studying the productivity of winter wheat in rain-fed conditions on light chestnut soils of the Lower Volga region, it was found that, on average, over three years of research from 2018 to 2020. Also, conclusions are made about the good relationship between the use of a certain tool of tillage from the prevailing certain climatic conditions. In the wet years of 2018-2019, the "CHO" Ranch showed itself perfectly to a depth of 12-15 cm, and in the dry year "OO" PN-4-35 to a depth of 0.20 – 0.22 cm due to the creation of a certain water regime and soil density showed the best result. The data processed in STATISTICA Application 10.0.0.0 and in Excel provide a theoretical justification for the direct dependence of yield factors on treatments for all factors of soil structure and contamination, as well as on the yield structure for the period 2018-2020 years.*

**Keywords:** *tillage; winter wheat yield; crop structure; statistical analysis*

**For citation.** *Guzenko A.Yu., Solonkin A.V., Belyaev A.I., Seminchenko E.V. Dependence of the Yield of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) on Soil and Climatic Conditions and Various Tillages in the Zone of Light Chestnut Soils of the Volga-Don Interfluvium Area of the Southern Federal District of the Russian Federation. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 2, pp. 92-124. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-2-92-124*

## **Введение**

Озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) является основной зерновой культурой в Нижнем Поволжье, и занимает наибольшие посевные площади. Удельный вес озимой пшеницы составляет в валовом сборе зерна около 50%. Зерновой клин только в Волгоградской области составляет 1,5 млн. га и из них около миллиона гектаров приходится на зону каштановых почв, а в целом по Южному региону России – 13,4 млн. га [1, 2, 9]. Поэтому интерес к озимой пшенице очевиден, и повышение ее урожайности имеет наиважнейшее значение для увеличения производства зерна [4, 19, 30, 33, 46, 47].

В благоприятные годы, когда на протяжении осенне-зимнего и весенне-летнего периода погодные условия отвечают требованиям этой культуры, она дает на плодородных почвах очень высокие урожаи зерна [15, 20, 34, 38, 40].

Влага в почве – один из лимитирующих факторов урожая. Особенно это касается сухостепных и полупустынных районов, где в годы с высоким увлажнением гарантировано получение высоких урожаев не только на хороших почвах, но и на солонцах. В годы с низким уровнем увлажнения и в особенности в остро засушливые годы, когда влаги не хватает, урожаи резко снижаются [10, 26, 32, 39].

Озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – является одной из старейших культур, которая в настоящее время по посевным площадям занимает первое место в мире [13]. Засорение сорняками, низко продуктивные сорта, использование малопродуктивных земель и плохое управление посевами являются причиной низких урожаев [12, 35, 48].

Характер и степень засоренности посевов, фенология сорняков на фоне фенологического развития культурных растений значительно варьирует от сезона к сезону. Это связано с особенностями метеорологических условий года, типа севооборота возделываемых культур, почвенных условий, агротехники. Вопросы влияния засоренности посевов на урожайность зерна до сих пор изучены недостаточно. Такие исследования ведутся, но в основном в связи с развитием подходов точного земледелия и локализации применения средств борьбы с сорной растительностью. Однако в этих исследованиях не идет речь о дистанционном распознавании видов сорной растительности, так как более важное практическое значение имеет точность определения площадей ее распространенности, а виды сорной растительности определяют непосредственно в поле [14, 37].

Засоренность значительно снижает урожайность и качество зерна. Сорняки конкурируют с сельскохозяйственными культурами за основные ресурсы, что приводит к снижению урожайности. Сорняки могут снизить урожайность до 50% в зависимости от вида сорняков и интенсивности засорения. Поэтому для повышения урожайности необходима успешная борьба с сорной растительностью [23, 29, 42, 43, 55].

Обработка почвы является важнейшей производственной операцией в земледелии, как по энергоемкости, так и по влиянию на урожай всех возделываемых культур. Она играет роль в повышении плодородия почвы и ее сохранности от водной и ветровой эрозии [16, 18, 21, 24, 28].

Обработка почвы оказывает значительное влияние на количество и качество зерна, поскольку изменение физических, химических и биологических свойств почвы оказывает прямое влияние на рост и развитие сельскохозяйственных культур [8, 17, 27]. При выборе системы обработки почвы необходимо создать оптимальные условия для получения высокого урожая зерна с благоприятными показателями качества. Тем не менее, мнения о влиянии систем обработки почвы на урожайность неоднозначны, так как получаемые результаты во многом зависят от условий местообитания, складывающихся погодных условий и вида культуры [7, 36, 53, 54].

Волгоградская область расположена на юго-востоке европейской части России в зоне степей, и частично полупустыни. Климат области конти-

нентальный, с жарким засушливым летом, холодной, малоснежной зимой. Средняя температура июля 21,5-25,0 °С, января минус 7,5-11,5 °С. Продолжительность безморозного периода 150-180 дней. Сумма активных температур свыше 10°С за период вегетации варьирует в пределах 2700-3400°С [31, 41, 51].

Характерной особенностью климата области является засушливость, которая возрастает с севера-запада на юго-восток. Среднегодовое количество осадков составляет от 270 до 500 мм. Каждый 3-й и 4-ый год характеризуются как засушливый.

Увеличение урожайности в конкретных климатических условиях может решаться за счет увеличения разных элементов структуры урожая и их оптимального сочетания: числа продуктивных стеблей, длины колоса, числа колосков и зерен в колосе, массы 1000 зерен, массы зерна одного колоса и растения [3, 5, 6].

При этом урожайности и валовые сборы зерна на прямую влияют на качественные показатели зерна. Зерно – продукт промежуточный, и от его качества, прежде всего от содержания уровня белков, зависит качество конечного продукта – хлеба. Именно качество урожая определяет дальнейшее направление использования зерна.

**Цель работы** – выявить влияние обработки почвы, засоренности и климата на урожайность озимой пшеницы.

### **Материалы и методы**

Опыт на озимой пшенице был заложен в трехкратной повторности, размещение вариантов рендомизированные (случайное). Размер посевных делянок составил 60 x 7,2 м (площадь 432 м<sup>2</sup>). Объектом исследования был сорт «Камышанка 4», включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в 2010 г. Родословная: Лютесценс 332 x Харьковская 92. Авторы: Волынсков Валерий Петрович, Игольникова Любовь Васильевна, Киселев Виктор Александрович, Питоня Антонина Андреевна, Питоня Владимир Николаевич, Пожилов Владимир Иванович, Гиберт Алевтина Павловна, Сидельникова Зоя Александровна. Оригинатор: Федеральный Научный Центр Агрэкологии, Комплексных Мелиораций и Защитного Лесоразведения РАН, Камышинское ОПХ. Предназначен для возделывания в Нижневолжском регионе РФ. Разновидность лютесценс. Зимостойкость и засухоустойчивость высокие. Масса 1000 зерен – 41-42 г, содержание клейковины в зерне 36 %. Урожай зерна 4-5 т/га.

Исследования проводились в период 2018-2020 гг. на полях ФНЦ агроэкологии РАН.

Почва опытного участка светло-каштановая, слабосолонцеватая с содержанием поглощенного натрия 4,27-4,42%. Реакция почвенного раствора близка к нейтральной 6,45-7,53%. В слое почвы 0-25 см гумуса содержится 2,73%, общего азота – 0,16-0,12, фосфора 0,11-0,12, калия 2,0-2,24%. Сумма поглощенных оснований – 25-27 мг.экв. на 100 г почвы с преобладанием поглощённого кальция (70-75%).

В сентябре 2017 г. выпало 23,8 мм осадков, что ниже на 58% по сравнению со среднемноголетними данными – 37,8 мм. Среднемесячная температура воздуха в сентябре составляла 18,8°C против среднемноголетних значений 17,3°C (Рис. 1).

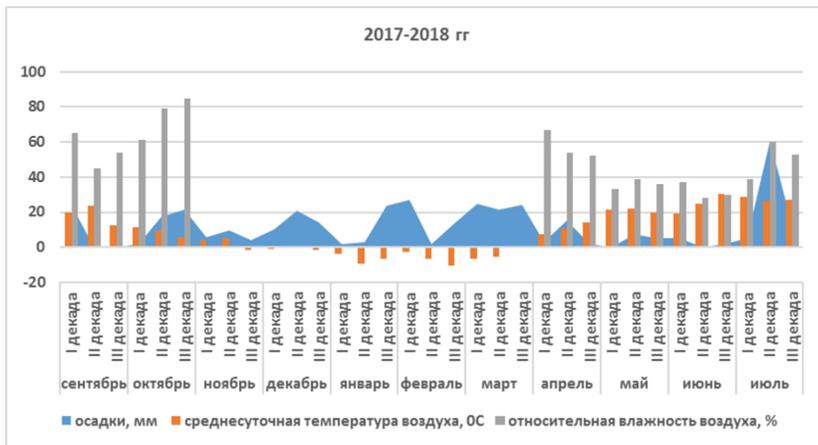


Рис. 1. Климатограмма вегетационного периода озимой пшеницы 2017-2018 с/х года

До 25 сентября стояло метеорологическое лето, после среднесуточная температура воздуха опустилась ниже 15°C, в результате наступила метеорологическая осень, которая продолжалась до 4 ноября, когда среднесуточная температура снизилась до 2,5°C. В октябре выпало – 41 мм осадков, против среднемноголетних значений 27,5 мм. Температура воздуха в этом месяце равнялась 8,8°C против 9,6°C. В результате теплая и влажная осень позволила получить хорошие дружные всходы озимой пшеницы, которые ушли в зиму отлично раскутившись. Зима 2017-2018 годов была умеренно холодная. Всего за зимние месяцы выпало 116,5 мм

осадков в виде снега. С 8 апреля началась метеорологическая весна. Среднемесячная температура воздуха в этом месяце составила  $14,3^{\circ}\text{C}$  и выпало 19,4 мм осадков (Рис.1).

Май 2018 года выдался засушливый, выпало 12,7мм осадков. Температура воздуха в этом месяце составила  $21,1^{\circ}\text{C}$ . Средняя относительная влажность 36%, из них 26 дней дули суховеи. Засуха приостановилась на неделю, затем засушливые дни возобновились, установилась жаркая засушливая погода. Самое низкое количество осадков из летних месяцев отмечалось в августе – 0,8 мм. Температура воздуха в июне и июле находилась в норме и соответственно составила  $24,9$  и  $25,6^{\circ}\text{C}$ . В августе она немного понизилась до  $25,1^{\circ}\text{C}$ . За период вегетации озимой пшеницы в 2018 году выпало 170,3 мм осадков, что составляет 45,4 % от суммы годовых осадков, равных 374,9 мм. ГТК озимых культур составил 0,50, что свидетельствует о засушливом климате (Рис. 2).

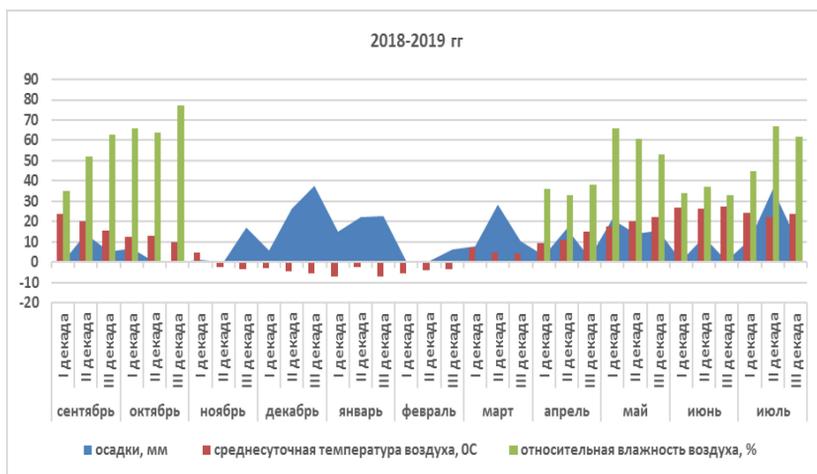


Рис. 2. Климатограмма озимой пшеницы периода 2018-2019 гг.

Посев озимой пшеницы по обработкам почвы производился 19 сентября 2018 г., при этом с начала месяца выпало всего 14 мм осадков. За октябрь – ноябрь месяцы осадки выпали в количестве 35,4 мм. ГТК за сентябрь-октябрь составил 0,4. Это позволило получить удовлетворительные саженцы зимней пшеницы, с высокими полевыми зарождениями. Однако 23 октября среднесуточная температура воздуха снизилась до  $1,2^{\circ}\text{C}$  с охлаждением ночью до минус значения, что указывает на прекращение

вегетационного периода, в результате, зимние культуры пошли зимой в фазе 2 листьев.

Самая высокая температура составила 32,9°C (24.05.2019). ГТК за весенне-летний период составил 0,5. Фаза полной спелости озимой пшеницы отмечалась уже в конце июня (Рис. 3).

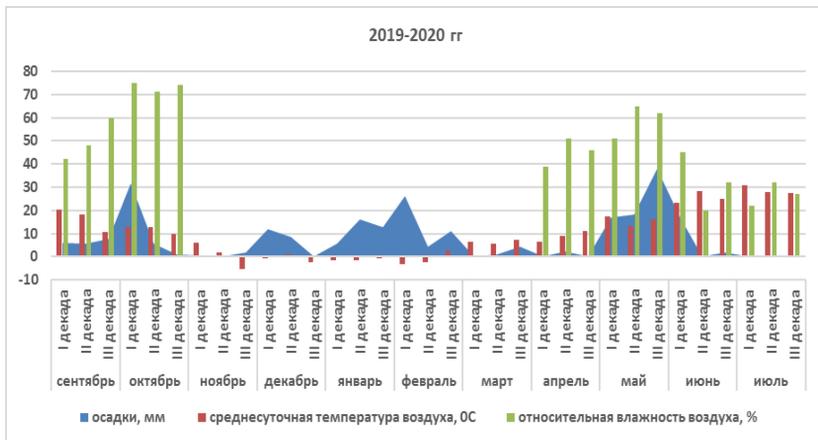


Рис. 3. Климатограмма озимой пшеницы периода 2019-2020 гг

До посева зимней пшеницы в 2019-2020 годах сельскохозяйственный год (Рис. 3) развил чрезвычайно негативную ситуацию. При незначительных осадках в сентябре – 19,5 мм и повышенной средней температуре 22,3°C по сравнению с 17,3°C сильно иссушило посевной слой даже на паровых полях. Посев озимой пшеницы был проведен 23 октября 2018 г, что не позволило озимой пшеницы достаточно раскуститься. Растения озимой пшеницы ушло в зиму в фазе шильца, ГТК за сентябрь-октябрь составил 0,4.

На начало весенней вегетации озимой пшеницы в 2020 году при температуре 8,9°C выпало 2,2 мм осадков. Посевы пшеницы были в критическом состоянии. Но обильные осадки, которые выпали в мае – 73,5 мм и июле – 18,6 мм способствовали накоплению запасов продуктивной влаги в почве для оптимального роста и развития культуры и дальнейшего формирования урожайности. Температура воздуха в июне и июле находилась в пределах 25,5 и 28,8°C, что соответствовало среднесуточным данным (23,9 и 26,0°C). В августе также наблюдалось незначительное превышение среднесуточного показателя на 1,7°C.

Самая низкая относительная влажность воздуха отмечалась в июле 2020 года - 27 %. Больше всего количество дней с относительной влажностью 30% и ниже наблюдается также в этот месяц - 14 дней.

В среднем за отчетный год сумма выпавших осадков составила 271,5 мм, что на 20% меньше по сравнению со среднеголетними значениями (339,2 мм). За вегетационный период (апрель-август) выпало меньше осадков по сравнению со среднеголетними значениями - на 81,3%, что отрицательно сказалось на урожайности. Температура воздуха в среднем за год была выше среднеголетних данных на 1,7<sup>0</sup>С, за вегетацию культур на 0,3<sup>0</sup>С (Рис. 3).

Экспериментальные факторы основной обработки почвы были следующие:

1 - Отвальная обработка стандартным плугом с оборотом пласта (ПН-4-35, Россия) на глубину 0,20-0,22 м (контроль) (ОО);

2 - Чизельная обработка чизельными рабочими органами (ОЧО «Ранчо», Россия) с рыхлением на глубину до 0,35 м и оборотом пласта полуотвалами на глубину 0,12-0,15 м, (ЧО);

3 - Мелкая (поверхностная) обработка дисковыми рабочими органами (БДТ-3, Россия) на глубину 0,10-0,12 м, (МО)

Все обработки проводились в осенний период, весной проводилось покровное боронование (БЗСС-1, Россия) и в течении вегетации, по мере отрастания сорной растительности проводилась культивация на глубину 0,05-0,06 м (КПС-4,5, Россия), последняя культивация проводилась перед посевом. Сев озимой пшеницы осуществлялся в оптимальные сроки для зоны светло-каштановых почв с 05 по 10 сентября, нормой 4,5 млн. шт всхожих семян на 1 га сеялкой с анкерными сошниками (СКП-2,1, Россия). Уборка приводилась сплошным комбинированием в I декаде июля. Семена озимой пшеницы протравливали баковой смесью, протравитель: инсектицидный «Туарег, СМЭ» (28 г/л имидаклоприда + 34 г/л имазалила + 20 г/л тебуконазола) – 1,4 л/т; аминокислотный биостимулятор «Биостим старт» - 1 л/т; и фунгицидный предпосевной протравитель «Поларис» (100 г/л прохлораза + 25 г/л имазалила + 15 г/л тубеканазола) – 1,5 л/т. На полевым опыте гербициды не применялись. Ширина деланки составляла 3,2 м, длина 190 м. Расположение сортов – систематическое. Повторность – трехкратная. Глубина заделки семян – 3-5 см.

Определяли урожайность зерна, а также компоненты урожайности озимой пшеницы: высота растения (см.), количество зерен в колосе (шт.), масса зерна с одного колоса (гр.), масса 1000 зерен (гр.). Урожай зерна

взвешивали отдельно для каждого участка, а полученные результаты приводили к единому значению, выражали в перерасчете на гектар. Количество зерен в колосе и массу зерна в колосе определяли на основе выборки, состоящий из 30 колосков, отобранных случайным образом с каждой деланки. Массу 1000 зерен рассчитывали после уборки пшеницы (по  $2 \times 500$  зерен с каждой деланки).

Полученные результаты исследования анализировали в программе STATISTICA Application 10.0.0.0. методом дисперсионного анализа (ANOVA), при этом значимость различий оценивали по критерию Тьюки при уровне значимости  $< 0,05$ . Определяли влияние разных вариантов обработок почвы на засоренность участка, влажность пахотного слоя, а также взаимодействие обработки на структуру урожайности зерна и показатели зерна озимой пшеницы.

Более подробно методы проведения исследований описаны ранее.

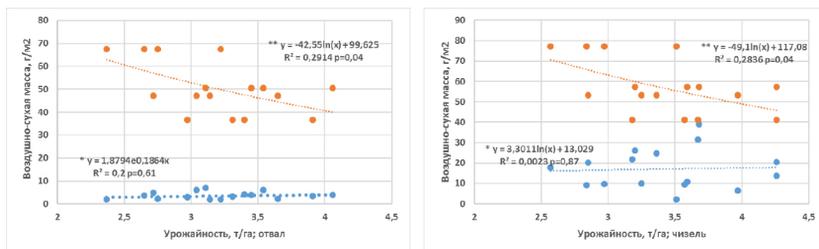
### **Результаты и обсуждения**

Анализ данных показал, что обработка почвы эффективна на ранних стадиях роста сорной растительности. Наименьшее количество сорняков наблюдалось на отвале (контроль) – 13,2 шт/м<sup>2</sup>, на 2 сорняка больше на чизельной обработке. Это связано тем, что отвальная обработка перемещает семена сорных растений в глубокие слои почвы, тем самым снижая засоренность полей. Наибольшее количество сорняков было на мелкой обработке – 22,9 шт/м<sup>2</sup>.

Посевы озимой пшеницы страдали от таких сорняков как вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*), бодяк полевой (*Cirsium arvense*), осот полевой (*Sonchus arvensis*), марь белая (*Chenodium album*), сурепица обыкновенная (*Barbarea vulgaris*), видов щирицы (*Amaranthus* spp), видов щетинника (*Setaria* spp.), овсюга (*Avena fatua*) и ежовника - куриного проса (*Echinochloa crus-galli*). Весной в посевах озимой пшеницы встречались ранние сорные однолетние растения такие, как хориспора нежная.

Многолетние сорняки доминировали над однолетними по всем обработкам. Это в первую очередь связано с колебаниями температуры почвы весной, что приводит к задержке прорастания семян. Остатки покровной культуры делают барьер для прорастания однолетних сорняков и может способствовать более крупным семенам многолетников. Высокое содержание сухой биомассы наблюдалось при мелкой обработке, это связано с более высоким содержанием влаги в почве, так как при мелкой обработке меньше нарушается слой почвы. Многолетние сорняки могут быть

устойчивы к засухе из-за разной корневой системы. У однолетних сорняков корневая система мелкая и мочковатая, они не могут получить влагу из глубоких слоев почвы.



а) Отвальная обработка плугом ПН-4-35      б) Чизельная обработка «Ранчо»

**Рис. 4.** Корреляция между урожайностью и надземной биомассой однолетних и многолетних сорняков на разных видах основной обработки (\* - однолетние сорняки, \*\* - многолетние сорняки), среднее за 2018-2020 гг.

Корреляционно-регрессионный анализ показал, что на урожайность озимой пшеницы существенного влияния надземная биомасса однолетних сорняков не оказала по всем видам обработки, в то время как между надземной биомассой многолетних сорняков и урожайностью наблюдалась слабая степень корреляционной связи и описывалась уравнением регрессии при отвальной обработке  $Y = -42,55 \ln(x) + 99,62$  ( $R^2 = 0,3$ ;  $6 = 0,04$ ) и при чизельной обработке  $Y = -49,1 \ln(x) + 117,08$  ( $R^2 = 0,28$ ;  $p = 0,04$ ).

По результатам статистических исследований были построены эмпирические модели плотности почвы по наиболее значимым факторам (Матрица коэффициентов парной корреляции для плотности почвы и режима увлажнения:  $Y$  – плотность почвы;  $X_1$  – некапиллярная порозность;  $X_2$  – общая порозность;  $X_3$  – влажность;  $X_4$  –  $\text{NO}_3$ ;  $X_5$  –  $\text{P}_2\text{O}_5$ ;  $X_6$  –  $\text{K}_2\text{O}$ ). Анализ показал, что на плотность почвы по различным обработкам влияли температура воздуха и количество осадков в наиболее критические периоды развития (Таб. 1).

На протяжении 2018-2020 гг. агрофизические свойства почвы показали определенную зависимость от каждого варианта обработки почвы при различных влияниях погодных условий. В умеренно-влажные годы 2018-2019 гг. выведена высокая точность аппроксимации на обработке «ЧО» в 2018 г –  $R^2 = 0,92$  и 2019 г –  $R^2 = 0,81$ . Как видно из полученных уравнений регрессии в таблице 1 были задействованы все факторы анализа обработки почвы. Анализ 2020 года показал высокую засушливость по сравнению

с предыдущими годами исследований, что повлияло на некапиллярную скважность ( $X_1$ ) и порозность почвы ( $X_2$ ). Однако на этот год другие обработки: «ОО» -  $R^2 = 0,83$  и «МО» -  $R^2 = 0,93$  хорошо описывают зависимость изменение плотности от остальных факторов структуры почвы.

Таблица 1.

**Эмпирические модели зависимости плотности почвы  
по наиболее значимым факторам структуры почвы на территории  
проводились в период 2018-2020 гг.**

Обработка почвы	Уравнение регрессии	$R^2$
2018 год		
Отвальная плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м, контроль	$Y = -0,01X_1 - 0,01X_2 + 0,01X_3 + 0,03X_5 + 0,01X_6 + 0,69$	0,26
Чизельная рабочими органами «Ранчо» с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	$Y = 0,08X_1 - 0,03X_2 + 0,07X_3 + 0,01X_4 - 0,05X_5 + 0,02X_6 + 1,22$	0,92
Мелкая БДТ-3 на глубину 0,10-0,12 м	$Y = -0,03X_1 + 0,03X_3 - 0,02X_4 + 0,01X_5 - 0,01X_6 + 1,47$	0,64
2019 год		
Отвальная плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м, контроль	$Y = -0,12X_1 - 0,02X_3 + 0,23X_4 + 0,19X_5 - 0,02X_6 + 3,23$	0,55
Чизельная рабочими органами «Ранчо» с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	$Y = -0,53X_1 - 0,03X_3 + 0,02X_4 + 0,09X_5 - 0,09X_6 + 11,83$	0,81
Мелкая БДТ-3 на глубину 0,10-0,12 м	$Y = 0,34X_1 + 0,03X_2 - 0,02X_3 - 0,13X_4 + 0,11X_5 - 0,01X_6 - 3,71$	0,69
2020 год		
Отвальная плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м, контроль	$Y = -0,02X_1 - 0,01X_2 - 0,03X_3 - 0,23X_4 - 0,03X_5 + 0,03X_6 + 1,84$	0,83
Чизельная рабочими органами «Ранчо» с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	$Y = 0,08X_1 + 1,27X_3 + 0,02X_5 - 0,01X_6 - 1,53$	0,74
Мелкая БДТ-3 на глубину 0,10-0,12 м	$Y = 0,21X_1 - 0,18X_2 + 1,29X_4 + 0,02X_5 - 0,01X_6 - 1,93$	0,93

Можно сделать вывод, что в засушливый 2020 год при обработке «ОО» произошла смена влажного слоя при смене горизонтов почвенного профиля на глубине 0-22 см и образование благоприятного водного режима. В случае обработки «МО» на глубину до 10 см модель хорошо описывает зависимость плотности почвы от порозности ( $X_3$ ) и других факторов структуры почвы в связи с дождливым коротким периодом в конце весны.

Подобные испытания проводились в Китае ученым Цзянь-Фу Сюэ, который указывал, что в целом кратковременная обработка почвы во время летней засухи в основном влияла на содержание почвенных вод в почвенном профиле и оказывала незначительное влияние на другие физические показатели почвы в отличие от других обработок [45]. Из этого можно сделать вывод, что обработка одним агротехническим орудием ежегодно не всегда приводит к улучшению показателей структуры пахотного слоя. Также могут влиять другие факторы на изменение агрофизических показателей почвенного плодородного покрова, к примеру как разные климатические условия.

Многочисленными научными исследованиями доказано, что урожайность зерновых культур зависит от различных агротехнических приемов, таких как способы и глубина основной обработки почвы, минеральное питание, и др., а также складывающихся условий, которые положительно влияют на биометрические показатели, структуру урожая и биологическую урожайность озимой пшеницы.

По результатам статистических исследований были построены эмпирические модели урожайности по наиболее значимым факторам (Матрица коэффициентов парной корреляции для урожайности зерна:  $Y$  – урожайность;  $X_1$  – некапиллярная порозность;  $X_2$  – общая порозность;  $X_3$  – влажность;  $X_4$  –  $\text{NO}_3$ ;  $X_5$  –  $\text{P}_2\text{O}_5$ ;  $X_6$  –  $\text{K}_2\text{O}$ ). Анализ показал, что на плотность почвы по различным обработкам влияли температура воздуха и количество осадков в наиболее критические периоды развития.

Зависимость урожайности зерна озимой пшеницы от компонентов урожая была различной для изучаемых систем обработки почвы (Таб. 2). При традиционной системе обработки почвы показано, что при увеличении густоты колоса перед уборкой, массы соломы и высоты растений на единицу урожайность повышалась в среднем с 0,01 до 0,36  $\text{Mg/га}$ . При нулевой обработке почвы существенное влияние на урожайность озимой пшеницы оказывали густота колоса перед уборкой, количество и масса зерен в колосе, масса 1000 зерен. Корреляционная модель линейной регрессии показывает, что увеличение этого признака на 1 г привело к среднему увеличению урожайности зерна примерно на 2,91  $\text{Mg/га}$ . Значение коэффициента детерминации ( $R^2$ ) указывает на то, что около 50% вариации урожайности объясняется представленной моделью. Коэффициент корреляции 0,71 свидетельствует об умеренно сильной связи между этими признаками.

«ОО» и «ЧО» не вызывали существенных различий в урожайности зерна озимой пшеницы, но была выявлена тенденция ее увеличения от

носителем «МО». При «ОО» продуктивный стеблестой на 1 м<sup>2</sup> оказалось выше в 2019 году, чем при мелкой обработке на 8,6% в 2018 году и 16,9% в 2020 году (таблица 3). Высота растений на 12,0-25,5 в зависимости от сельскохозяйственного года.

Таблица 2.

**Урожайность и структура урожая озимой пшеницы в зависимости от способа основной обработки почвы проводились в период 2018-2020 гг.**

Обработка почвы	P	R <sup>2</sup>	Уравнение регрессии
2018 год			
Отвальная плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м, контроль	0.0007	0,98	$Y = -0.35X_2 + 0.09X_3 + 1.45X_6 - 22.50$
Чизельная рабочими органами «Ранчо» с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	0.0006	0,99	$Y = 0.08X_2 + 0.12X_3 + 0.05X_6 - 11.10$
Мелкая БДТ-3 на глубину 0,10-0,12 м	0.0008	0,98	$Y = -0.03X_1 + 0.03X_2 - 0.45X_3 + 0.59X_4 + 1.24$
2019 год			
Отвальная плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м, контроль	0.0007	0,98	$Y = 1.31X_2 - 0.81X_3 - 0.15X_6 - 96.36$
Чизельная рабочими органами «Ранчо» с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	0.0007	0,99	$Y = 0.01X_1 + 0.13X_2 - 0.15X_3 - 0.10X_6 - 11.89$
Мелкая БДТ-3 на глубину 0,10-0,12 м	0.0008	0,98	$Y = -0.02X_1 + 0.07X_2 - 0.28X_4 + 1.03X_6 - 30.41$
2020 год			
Отвальная плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м, контроль	0.0007	0,99	$Y = 0.24X_2 + 0.07X_3 - 0.04X_6 - 19.84$
Чизельная рабочими органами «Ранчо» с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м	0.0007	0,99	$Y = 0.08X_2 + 0.11X_3 + 0.15X_6 - 13.22$
Мелкая БДТ-3 на глубину 0,10-0,12 м	0.0006	0,98	$Y = -0.14X_2 - 0.11X_4 + 1.63X_6 - 46.41$

С другой стороны, в 2019 году на «ОО» масса 1000 зерен оказалось выше на 2,5%, чем при «МО». Предполагается что затяжные дожди повлияли в июне и июле 2019 г на уменьшение качества зерна озимой пшеницы (рисунок климатограмма 2018-2019 г). Урожайность зерна варьировала от 2,37 т/ до 4,37 т/га, в зависимости от климатических условий сельскохозяйственного года. Самый высокий урожай отмечен в 2019 году на «ЧО» 4,37 т/га. низкая урожайность получена в 2020 году при мелкой обработ-

ке – 2,37 т/га. Посевы пшеницы были в критическом состоянии, так как температура воздуха в июне и июле находилась в высоких пределах от нормы по сравнению с предыдущими годами (рисунок климатограмма 2019-2020 гг.).

Исследование показало, что между основной «ОО» на глубину 0,20-0,22 м и основной «ЧО» рабочими органами «Ранчо» с рыхлением до 0,35 м и оборотом пласта на 0,12-0,15 м не отмечено существенных различий в урожайности зерна озимой пшеницы, в связи с тем, что влияло не только почвенные показатели используемого варианта обработки почвы, но и климатические условия каждого сложившегося года. При «ЧО» было получено большее количество продуктивного стеблестоя на 1 м<sup>2</sup> относительно «ОО», при «МО» БДТ-3 на глубину 0,10-0,12 м количество продуктивного стеблестоя заметно снижалось (таблица 2). Не зависимо от вида обработки почвы урожайность зерна зависела от таких показателей как количество колосьев на 1 м<sup>2</sup>, количество зерен в колосе и масса 1000 зерен, но при этом на их количественное значение существенное влияние оказывал вид основной обработки почвы. Grigoras и др. (50) доказали, что система «МО» вызывает снижение урожайности на 14% по сравнению с «ОО».

Противоположные результаты получены Ali et al. (12) в южной Италии, где в их эксперименте наилучшие производственные эффекты получены при использовании твердой пшеницы, выращенной по системе «МО».

Однако нельзя исключать влияние климатических условий. К примеру, в Соединенных Штатах авторами Marina Peña-Gallardo, Sergio M. Vicente-Serrano проанализированы реакции годовой урожайности сельскохозяйственных культур в пяти основных засушливых районах. Данное аналогичное исследование подтверждает различия в моделях реакции урожайности сельскохозяйственных культур на временные масштабы засухи в основном контролируемые средними климатическими условиями в целом, и водообеспеченностью (осадками) в частности [22]. Таким образом, наши исследования и исследования авторов показали, что урожайность зерна озимой пшеницы, выращенных при различных обработках зависит от районирования сорта, погоды, от вида культуры и т.д.

Наше исследование показало, что в связи с увеличенной долей зерновых культур в севообороте, с годами возрастает на поле количество сорной растительности [45, 49]. Однако, в данном опыте по уничтожению сорняков наиболее эффективной обработкой почвы оказалось вспашка плугом ПН-4-35. «ОО» на глубину 0,20-0,22 являлась наиболее эффективной, так как растения имеют мощную корневую систему: выюнок поле-

вой (*Convolvulus arvensis*), бодяк полевой (*Cirsium arvense*), осот полевой (*Sonchus arvensis*), марь белая (*Chenodium album*), сурепица обыкновенная (*Barbarea vulgaris*), видов щирицы (*Amaranthus* spp). Данный прием позволил сократить их биомассу и увеличить количество пожнивных остатков.

На варианте с чизельной обработкой рабочими органами Ранчо до 0,35 м с оборотом пласта на 0,12-0,15 м заметно незначительное увеличение засоренности по всем годам исследования. Уменьшение обработки поверхностного слоя привело к неполному уничтожению сорняков. Тем не менее, данное исследование показало, что «ЧО» сохранила запас продуктивной влаги, что дало прирост показателей структуры и самой урожайности озимой пшеницы Камышанка 4. Данные, обработанные в STATISTICA Application 10.0.0.0, подтверждают это теоретическое обоснование. Предположительно на варианте с «ЧО» рабочими органами Ранчо до 0,35 м с оборотом пласта на 0,12-0,15 м необходимо проводить дополнительные мероприятия в виде химической обработки по сорным растениям, чтобы компенсировать прирост урожайности зерна полевых культур.

### **Заключение**

В результате изучения продуктивности озимой пшеницы в богарных условиях на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья установлено, что в среднем за три года исследований с 2018 по 2020 гг. данные, обработанные в STATISTICA Application 10.0.0.0 и в Excel, дают теоретическое обоснование прямой зависимости факторов урожайности от обработок по всем факторам структуры почвы и засоренности, а также на структуру урожайности. Сделаны заключения о хорошей взаимосвязи использования определенного орудия обработки почвы от складывающихся определенных климатических условий. Во влажные годы 2018-2019 гг. себя отлично показал «ЧО» Ранчо на глубину 12-15 см, а в засушливый год в связи с созданием определенного водного режима и плотности почвы показал лучший результат «ОО» ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 см. Однако, наименьшее количество сорняков в посевах озимой пшеницы произрастало на варианте «ОО» 2,5-2,6 штук на метре квадратном.

В среднем за 2018-2020 гг. на этих вариантах биологическая урожайность составляла 3,97 т/га. Наименьшая биологическая урожайность озимой пшеницы отмечалась на варианте мелкой дисковой обработки без применения удобрений и в среднем за 3 года исследований равнялась 2,66 т/га.

Урожайность на данном варианте в среднем за 2018-2020 гг. составила 3,68 т/га. Урожайность зерна колебалась от 2,37 т/до 4,37 т/га в зави-

симости от климатических условий сельскохозяйственного года. Самый высокий урожай отмечен в 2019 г. на «ЧО» 4,37 т/га. Низкая урожайность получена в 2020 г. при «МО» – 2,37 т/га.

**Информация о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Информация о спонсорстве.** Исследование выполнено при финансовой поддержке в рамках № ГЗ 122020100448-6 «Создание новых конкурентоспособных форм, сортов и гибридов культурных, древесных и кустарниковых растений с высокими показателями продуктивности, качества и повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, новые инновационные технологии в семеноводстве и питомниководстве с учетом сортовых особенностей и почвенно-климатических условий аридных территорий Российской Федерации».

#### *Список литературы*

1. Анисимова Н.Н., Ионова Е.В. Элементы структуры урожая сортов ярового ячменя и их вклад в формирование высокой продуктивности растений // *Зерновое хозяйство России*. 2016. №5. С. 40-43.
2. Донцова А.А., Филиппов Е.Г., Донцов Д.П., Терновая Е.А. Производство ячменя в мире и России // *Зерновое хозяйство России*. 2016. №5. С. 47–51.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учеб. для выс. с.-х. уч. заведений. М.: Альянс, 2014. 351 с.
4. Маркова И.Н., Гузенко А.Ю., Солоникин А.В. Перспективы создания адаптивных сортов твердой пшеницы для Волгоградской области // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2021. №3(63). С. 141-151. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2021-03-04>
5. Матюшенко Л.В., Калюшина З.М., Лихачев Б.С. Методика определения силы роста семян. М.: МСХ СССР, Государственная семенная инспекция, 1983.
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй: зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М., 1989. 197 с.
7. Москвичев А.Ю., Карпова Т.Л. Мкртчян, В.С., Гузенко А.Ю. Новые подходы в преддверии нашествия саранчи на волгоградских землях // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее*

- профессиональное образование. 2018. №1(49). С. 72-83. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2018-02-72-83>
8. Семинченко Е.В. Влияние способ обработки почвы на ее водно-физические свойства в условиях сухостепной зоны Нижнего Поволжья // *Агрохимия*. 2021. №12. С. 75-81. <https://doi.org/10.31857/S0002188121120139>
  9. Филенко Г. А., Фирсова Т. И., Скворцова Ю. Г., Филиппов Е. Г. Динамика посевных площадей и урожайности ярового ячменя в РФ // *Зерновое хозяйство России*. 2017. №5(53). С. 20–25.
  10. Ямщиков М.А., Пакуль В.Н. Влияние системы обработки на содержание продуктивной влаги в почве в Северной лесостепи Кузнецкой котловины // *МНИЖ*. 2022. №3 (117). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.117.3.048>
  11. Ali S.A., Tedone L., Verdini L., Cazzato E., De Mastro G. Wheat response to no-tillage and nitrogen fertilization in a long-term faba bean-based rotation // *Agronomy*. 2019. Vol. 9(2). P. 50. <https://doi.org/10.3390/agronomy9020050>
  12. Araki H., Hossain Md. A., Takahashi T. Waterlogging and hypoxia have permanent effects on wheat root growth and respiration // *J. Agro. Crop Sci*. 2012. Vol. 198 (4). P. 264-275. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2012.00510.x>
  13. Asseng S., Martre P., Maiorano A., Rötter R.P., O’Leary G.J., Fitzgerald G.J., Girousse C., Motzo R., Giunta F.B., Babar M.A. et al. Climate change impact and adaptation for wheat protein // *Glob. Chang. Biol*. 2019. Vol. 25(1). P. 155–173. <https://doi.org/10.1111/gcb.14481>
  14. Bancal M.O., Collin F., Gate P., Gouache D., Bancal P. Towards a global characterization of winter wheat cultivars behavior in response to stressful environments during grain-filling // *Eur. J. Agron*. 2022. Vol. 133. 126421. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126421>
  15. Baumhardt R.L., Jones O.R. Residue management and tillage effects on soil-water storage and grain yield of dryland wheat and sorghum for a clay loam in Texas // *Soil Till. Res*. 2002. Vol. 68 (2). P. 71-82. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(02\)00097-1](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00097-1)
  16. Brock C., Oberholzer H.-R., Franko U. Soil organic matter balance as a practical tool for environmental impact assessment and management support in arable farming // *Eur. J. Soil Sci*. 2017. Vol. 68 (6). P. 951-952. <https://doi.org/10.1111/ejss.12495>
  17. Benaragama D., Shirliffe S.J. Weed competition in organic and no-till conventional soils under nonlimiting nutrient conditions // *Weed Science*. 2020. Vol. 68(6). P. 654-663. <https://doi.org/10.1017/wsc.2020.57>
  18. Byamukama E., Ali S., Kleinjan J. et al. Winter wheat grain yield response to fungicide application is influenced by cultivar and rainfall // *Plant Pathol. J*. 2019. Vol. 35(1). P. 63-70. <https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.04.2018.0056>

19. Calzarano F., Stagnari F., D'Egidio S., Pagnani G., Galieni A., Di Marco S., Metruccio E.G., Pisante M. Durum wheat quality, yield and sanitary status under conservation agriculture // *Agriculture*. 2018. Vol. 8(9). P. 140. <https://doi.org/10.3390/agriculture8090140>
20. Cecilio Rebola L., Pandolfo Paz C., Valenzuela Gamarra L., F.R.P. Burslem D. Land use intensity determines soil properties and biomass recovery after abandonment of agricultural land in an Amazonian biodiversity hotspot // *Sci. Total Environ*. 2021. Vol. 801. 149487. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149487>
21. Dybzinski R., Fargione JE, Zak DR, Fornara D, Tilman D. Soil fertility increases with plant species diversity in a long-term biodiversity experiment // *Oecologia*. 2008. Vol. 158(1). P. 85–93. <https://doi.org/10.1007/s00442-008-1123-x>
22. Gallardo MP, Vicente-Serrano Sergio M., Quiring Steven, Svoboda Marc, Hanaford Jamie, Tomas-Burguera Miquel, Martín-Hernández Natalia, Domínguez-Castro Fernando, Kenawy Ahmed El. Response of crop yield to different time-scales of drought in the United States: Spatio-temporal patterns and climatic and environmental drivers // *Agric. For. Meteorol*. 2019. Vol. 264. P. 40–55. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.09.019>
23. Gandía M.L., Del Monte J.P., Tenorio J.L., Santín-Montanyá M.I. The influence of rainfall and tillage on wheat yield parameters and weed population in monoculture versus rotation systems // *Sci. Rep*. 2021. Vol. 11(1). 22138. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00934-y>
24. Gaweda D., Haliniarz M. Grain Yield and Quality of Winter Wheat Depending on Previous Crop and Tillage System // *Agriculture*. 2021. №11(2). P. 133. <https://doi.org/10.3390/agriculture11020133>
25. Grigoras M.A., Popescu A., Pamfil D.C., Has I., Gidea M. Influence of no-tillage agriculture system and fertilization on wheat yield and grain protein and gluten contents // *J. Food Agric. Environ*. 2012. Vol. 10(2). P. 532–539.
26. Gusev Y.M., Dzhogan L.Y., Nasonova O.N. Modelling the impact of mulching the soil with plant remains on water regime formation, crop yield and energy costs in agricultural ecosystems // *Proc. IAHS*. 2018. Vol. 376. P. 77-82. <https://doi.org/10.5194/piahs-376-77-2018>
27. Hammerschmiedt T., Holatko J., Pecina V., Ahmed N., Brtnicky M. Assessing the potential of biochar aged by humic substances to enhance plant growth and soil biological activity // *Chem. Biol. Technol. Agric*. 2021. Vol. 8(1). P.46. <https://doi.org/10.1186/s40538-021-00242-7>
28. Hannusch HJ., Rogers WE., Lodge AG., Starns HD., Tolleson DR.. Semi-arid savanna herbaceous production and diversity responses to interactive effects of

- drought, nitrogen deposition, and fire // J. Veg. Sci. 2020. Vol. 31(2). P. 255–265. <https://doi.org/10.1111/jvs.12848>
29. Izotov A., Tarasenko B., Dudarev D. Growing grain of winter wheat without the use of herbicides // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 403(1). 012106. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/403/1/012106>
  30. Keler V.V., Martynova O.V. The yield structure elements variation of spring wheat variety “Novosibirskaya 31” at various farming levels // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 315(2). P. 022-033. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/2/022033>
  31. Kirkegaard J., Kirkby C., Oates A., Poile G., Conyers M. Strategic tillage of a long-term, no-till soil has little impact on soil characteristics or crop growth over five years // Crop and Pasture Sci. 2020. Vol. 71(12). P. 945-958. <https://doi.org/10.1071/CP20334>
  32. Latifmanesh H., Deng A., Nawaz M., Li L., Chen Z., Zheng Y., Wang P., Song Z., Zhang J., Zheng C Y., Zhang W J. Integrative impacts of rotational tillage on wheat yield and dry matter accumulation under corn–wheat cropping system // Soil & Tillage Research. 2018. Vol. 184. P. 100-108. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.07.008>
  33. Lam Y., Sze C.W., Tong Y., Ng T.B., Tang S.C.W., Ho J.C.M., Xiang Q., Lin X., Zhang Y. Research on the allelopathic potential of wheat // Agric. Sci. 2012. Vol. 3(8). P. 979–985. <https://doi.org/10.4236/as.2012.38119>
  34. Liu C., Yang H., Gongadze K., Harris P., Huang M., Wu L. Climate Change Impacts on Crop Yield of Winter Wheat (*Triticum aestivum*) and Maize (*Zea mays*) and Soil Organic Carbon Stocks in Northern China // Agriculture. 2022. Vol. 12(5). P. 614. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050614>
  35. Liu H., Colombi T., Jäck O., Keller T., Weih M. Effects of soil compaction on grain yield of wheat depend on weather conditions // Sci. Total Environ. 2022. Vol. 807. 150763. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150763>
  36. Rebouh N. Y., Kucher D., Hezla L. et al. Influence of three cultivation technologies to control fusarium spp. in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) production under Moscow conditions // Research on Crops. 2020. №21(1). P. 17-25. <http://dx.doi.org/10.31830/2348-7542.2020.003>
  37. Santín-Montanyá M.I., Fernández-Getino A.P., Zambrana E. Effects of tillage on winter wheat. in Mediterranean dryland fields // Arid Land Res. Manag. 2017. Vol. 31(3). P. 269-282. <https://doi.org/10.1080/15324982.2017.1307289>
  38. Schlüter S., Großmann C., Diel J., Deubel A., Rücknagel J. Long-term effects of conventional and reduced tillage on soil structure, soil ecological and soil hydraulic properties // Geoderma. 2018. Vol. 332. P. 10-19. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.07.001>

39. Schneider F., Don A., Hennings I., Schmittmann O., Seidel S.J. The effect of deep tillage on crop yield – What do we really know? // *Soil & Tillage Research*. 2017. Vol. 174. P. 193-204. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2017.07.005>
40. Shen Y., McLaughlin N., Zhang X., Xu M., Liang A. Effect of tillage and crop residue on soil temperature following planting for a Black soil in Northeast China // *Sci. Rep.* 2018. Vol. 8(1). 4500. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22822-8>
41. Shrestha P., Karim R.A., Sieverding H.L., Graham C.J., Stone J.J. Life cycle assessment of wheat production and wheat-based crop rotations // *J. Environ. Qual.* 2020. Vol. 49(6). P. 1515-1529. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20158>
42. Singh M.K., Singh S., Prasad S.K. Weed suppression and crop yield in wheat after mustard seed meal aqueous extract application with reduced rate of isoproturon // *J. Agric. Food Res.* 2021. Vol. 6. 100235. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100235>
43. Soto-Gómez D., Pérez-Rodríguez P. Sustainable agriculture through perennial grains: Wheat, rice, maize, and other species. A review // *Agric, Ecosyst. Environ.* 2022. Vol. 325. P.107747. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107747>
44. Sperow M. What might it cost to increase soil organic carbon using no-till on U.S. cropland? // *Carbon Balance and Management*. 2020. Vol. 15(1). P. 26. <https://doi.org/10.1186/s13021-020-00162-3>
45. Teasdale J.R., Mohler C.L. Light transmittance, soil-temperature, and soil-moisture under residue of hairy vetch and rye // *Agron. J.* 1993. Vol. 85. P. 673–680. <https://doi.org/10.2134/agronj1993.00021962008500030029x>
46. Tomashova O., Osenniy N., Ilyin A. Cover crops as the main element of biology of agriculture in the no-till system for reproduction of soil fertility // *E3S Web of Conferences*. 2020. Vol. 2104. 04010. <https://doi.org/10.1051/e3s-conf/202021004010>
47. Triboi E., Triboi-Blondel A.M. Productivity and grain or seed composition: A new approach to an old problem—Invited paper // *Eur. J. Agron.* 2002. Vol. 16. P. 163–186. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(01\)00146-0](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(01)00146-0)
48. Weir A.H., Bragg P.L., Porter J.R., Rayner J.H. A winter wheat crop simulation model without water or nutrient limitations // *J. Agric. Sci.* 1984. Vol. 102. P. 371–382. <https://doi.org/10.1017/S0021859600042702>
49. Wozniak A., Rachon L. Effect of tillage systems on the yield and quality of winter wheat grain and soil properties // *Agriculture*. 2020. Vol. 10. P. 405. <https://doi.org/10.3390/agriculture10090405>
50. Xue Jian-Fu, Ren Ai-Xia, Li Hui, Gao Zhi-Qiang, Du Tian-Qing. Soil physical properties response to tillage practices during summer fallow of dryland win-

- ter wheat field on the Loess Plateau // *Environ Sci Pollut Res.* 2018. Vol. 25. P. 1070–1078. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0684-9>
51. Yang C., Fraga H., van Ieperen W. Effects of climate change and adaptation options on winter wheat yield under rainfed Mediterranean conditions in southern Portugal // *Clim. Chang.* 2019. Vol. 154(1-2). P.159-178. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02419-4>
52. Zhang J., Wu L. Impact of Tillage and Crop Residue Management on the Weed Community and Wheat Yield in a Wheat – Maize Double Cropping System // *Agriculture.* 2021. Vol. 11. 265. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030265>
53. Zhang L., Wang J., Fu G., Zhao Y. Rotary tillage in rotation with plowing tillage improves soil properties and crop yield in a wheat–maize cropping system // *PLoS ONE.* 2018. Vol. 13. P. 0198193. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198193>
54. Zelenev A.V., Pleskachev Yu.N., Seminchenko E.V. Crop rotations ensuring the greatest yields under dry conditions of the lower Volga region water – saving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of Volga – Don intereluvium // *Journal of Agronomy and Animal Industries.* 2018. Vol. 13(3). P. 216-223. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2018-13-3-216-223>
55. Zybarev Y.N., Fomin D.S. Modern approaches to adaptive tillage complexes in crop rotation and intensive land use in the Middle Urals // *E3S Web of Conferences.* 2020. Vol. 222. P.2058. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022202058>

### References

1. Anisimova N.N., Ionova E.V. Elementy struktury urozhaya sortov yarovogo yachmenya i ih vklad v formirovanie vysokoj produktivnosti rastenij [Elementy struktury urozhaja sortov jarovogo yachmenja i ih vklad v formirovanie vysokoj produktivnosti rastenij]. *Zernovoe hozjajstvo Rossii* [Grain farm in Russia], 2016, no. 5, pp. 40-43.
2. Doncova A. A., Filippov E. G., Doncov D. P., Ternovaja E. A. Proizvodstvo jachmenja v mire i Rossii [Barley production in the world and Russia]. *Zernovoe hozjajstvo Rossii* [Grain farm in Russia], 2016, no. 5, pp. 47–51.
3. Dosphehov, B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij): ucheb.dlja vys. s.-h. uch. Zavedenij* [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results): textbook. S.-Kh. Uch. establishments]. M.: Al'jans, 2014, 351 p.
4. Markova I. N., Guzenko A.Ju., Solonikin A.V. *Perspektivy sozdaniya adaptivnyh sortov tverdoj pshenicy dlja Volgogradskoj oblasti* [Prospects for creating adaptive varieties of solid wheat for the Volgograd region] *Izvetsija Nizhnev-*

- olzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Izvestia of the Nizhnevolzhsky agricultural university complex: science and higher professional education], 2021, vol. 63, no. 3, pp. 141-151. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2021-03-04>
5. Matjushenko L.V., Kaljushina Z.M., Lihachev B.S. *Metodika opredelenija sily rosta semjan* [Methodology for determining the growth strength of seeds]. M.: MSH SSSR, Gosudarstvennaja semennaja inspekcija, 1983.
  6. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozjajstvennyh kul'tur. Vypusk vtoroj: zernovye, krupjanye, zernobovovye, kukuruza i kormovye kul'tury* [Methods of state variety of agricultural crops. The second release: cereals, cereal, grain -bond, corn and fodder crops]. M., 1989, 197 p.
  7. Moskvichev A.Ju., Karpova T.L., Mkrтчan V.S., Guzenko A.Ju. *Novye podhody v preddverii nashestvija saranchi na volgogradskih zemljah lands* [New approaches on the eve of the invasion of locusts on the Volgograd]. *Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Izvestia of the Nizhnevolzhsky agricultural university complex: science and higher professional education], 2018, vol. 49, no. 1, pp. 72-83. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2018-02-72-83>
  8. Seminchenko E.V. *Vlijanie sposob obrabotki pochvy na ee vodno-fizicheskie svojstva v uslovijah suhostepnoj zony Nizhnego Povolzh'ja* [Influence of the method of soil processing on its water-physical properties in the conditions of the Sukh-steppe zone of the Lower Volga]. *Agrohimiya* [Agrochemistry], 2021, no.12, pp. 75-81.
  9. Filenko G.A., Firsova T.I., Skvorcova Ju.G., Filippov E.G. *Dinamika posevnyh ploshhadej i urozhajnosti jarovogo jachmenja v RF* [The dynamics of the sowing areas and yields of spring barley in the Russian]. *Zernovoe hozjajstvo Rossii* [Grain farm of Russia], 2017, vol. 53, no. 5, pp. 20–25
  10. Jamshhikov M.A., Pakul, V.N. *Vlijanie sistemy obrabotki na sodержanie produktivnoj vlagi v pochve v Severnoj lesostepi Kuzneckoj kotloviny* [The influence of the processing system on the content of productive moisture in the soil in the northern forest -steppe of the Kuznetsk basin]. *MNIZh*, 2022, no. №3 (117). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.117.3.048>
  11. Ali S.A., Tedone L., Verdini L., Cazzato E., De Mastro G. *Wheat response to no-tillage and nitrogen fertilization in a long-term faba bean-based rotation. Agronomy*. 2019, vol. 9(2), 50. <https://doi.org/10.3390/agronomy9020050>
  12. Araki H., Hossain Md. A., Takahashi T. *Waterlogging and hypoxia have permanent effects on wheat root growth and respiration. J. Agro. Crop Sci.*, 2012, vol. 198 (4), pp. 264-275. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2012.00510.x>

13. Asseng S., Martre P., Maiorano A., Rötter R.P., O’Leary G.J., Fitzgerald G.J., Girusse C., Motzo R., Giunta F.B., Babar M.A. et al. Climate change impact and adaptation for wheat protein. *Glob. Chang. Biol.*, 2019, vol. 25(1), pp. 155–173. <https://doi.org/10.1111/gcb.14481>
14. Bancal M.O., Collin F., Gate P., Gouache D., Bancal P. Towards a global characterization of winter wheat cultivars behavior in response to stressful environments during grain-filling. *Eur. J. Agron.*, 2022, vol. 133, 126421. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126421>
15. Baumhardt R.L., Jones O.R. Residue management and tillage effects on soil-water storage and grain yield of dryland wheat and sorghum for a clay loam in Texas. *Soil Till. Res.*, 2002, vol. 68 (2), pp. 71-82. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(02\)00097-1](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00097-1)
16. Brock C., Oberholzer H.-R., Franko U. Soil organic matter balance as a practical tool for environmental impact assessment and management support in arable farming. *Eur. J. Soil Sci.*, 2017, vol. 68 (6), pp. 951-952. <https://doi.org/10.1111/ejss.12495>
17. Benaragama D., Shirliff S.J. Weed competition in organic and no-till conventional soils under nonlimiting nutrient conditions. *Weed Science*, 2020, vol. 68(6), pp. 654-663. <https://doi.org/10.1017/wsc.2020.57>
18. Byamukama E., Ali S., Kleinjan J. et al. Winter wheat grain yield response to fungicide application is influenced by cultivar and rainfall. *Plant Pathol. J.*, 2019, vol. 35(1), pp. 63-70. <https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.04.2018.0056>
19. Calzarano F., Stagnari F., D’Egidio S., Pagnani G., Galieni A., Di Marco S., Metruccio E.G., Pisante M. Durum wheat quality, yield and sanitary status under conservation agriculture. *Agriculture*, 2018, vol. 8(9), 140. <https://doi.org/10.3390/agriculture8090140>
20. Cecilio Rebola L., Pandolfo Paz C., Valenzuela Gamarra L., F.R.P. Burslem D. Land use intensity determines soil properties and biomass recovery after abandonment of agricultural land in an Amazonian biodiversity hotspot. *Sci. Total Environ.*, 2021, vol. 801, 149487. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149487>
21. Dybzinski R., Fargione JE, Zak DR, Fornara D, Tilman D. Soil fertility increases with plant species diversity in a long-term biodiversity experiment. *Oecologia*, 2008, vol. 158(1), pp. 85–93. <https://doi.org/10.1007/s00442-008-1123-x>
22. Gallardo M.P., Vicente-Serrano Sergio M., Quiring Steven, Svoboda Marc, Hannaford Jamie, Tomas-Burguera Miquel, Martín-Hernández Natalia, Domínguez-Castro Fernando, Kenawy Ahmed El. Response of crop yield to different time-scales of drought in the United States: Spatio-temporal patterns and climatic and environmental drivers. *Agric. For. Meteorol.*, 2019, vol. 264, pp. 40–55. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.09.019>

23. Gandía M.L., Del Monte J.P., Tenorio J.L., Santín-Montanyá M.I. The influence of rainfall and tillage on wheat yield parameters and weed population in monoculture versus rotation systems. *Sci. Rep.*, 2021, vol. 11(1), 22138. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00934-y>
24. Gaweda D., Haliniarz M. Grain Yield and Quality of Winter Wheat Depending on Previous Crop and Tillage System. *Agriculture*, 2021, vol. 11(2), 133. <https://doi.org/10.3390/agriculture11020133>
25. Grigoras M.A., Popescu A., Pamfil D.C., Has I., Gidea M. Influence of no-tillage agriculture system and fertilization on wheat yield and grain protein and gluten contents. *J. Food Agric. Environ.*, 2012, vol. 10(2), pp. 532–539.
26. Gusev Y.M., Dzhogan L.Y., Nasonova O.N. Modelling the impact of mulching the soil with plant remains on water regime formation, crop yield and energy costs in agricultural ecosystems. *Proc. IAHS*, 2018, vol. 376, pp. 77-82. <https://doi.org/10.5194/piahs-376-77-2018>
27. Hammerschmidt T., Holatko J., Pecina V., Ahmed N., Brtnicky M. Assessing the potential of biochar aged by humic substances to enhance plant growth and soil biological activity. *Chem. Biol. Technol. Agric.*, 2021, vol. 8(1), 46. <https://doi.org/10.1186/s40538-021-00242-7>
28. Hannusch HJ., Rogers WE., Lodge AG., Starns HD., Tolleson DR.. Semi-arid savanna herbaceous production and diversity responses to interactive effects of drought, nitrogen deposition, and fire. *J. Veg.Sci.*, 2020, vol. 31(2), pp. 255–265. <https://doi.org/10.1111/jvs.12848>
29. Izotov A., Tarasenko B., Dudarev D. Growing grain of winter wheat without the use of herbicides // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019, vol. 403(1), 012106. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/403/1/012106>
30. Keler V.V., Martynova O.V. The yield structure elements variation of spring wheat variety “Novosibirskaya 31” at various farming levels. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 315(2), pp. 022-033. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/2/022033>
31. Kirkegaard J., Kirkby C., Oates A., Poile G., Conyers M. Strategic tillage of a long-term, no-till soil has little impact on soil characteristics or crop growth over five years. *Crop and Pasture Sci.*, 2020, vol. 71(12), pp. 945-958. <https://doi.org/10.1071/CP20334>
32. Latifmanesh H., Deng A., Nawaz M., Li L., Chen Z., Zheng Y., Wang P., Song Z., Zhang J., Zheng C Y., Zhang W J. Integrative impacts of rotational tillage on wheat yield and dry matter accumulation under corn–wheat cropping system. *Soil & Tillage Research*, 2018, vol. 184, pp. 100-108. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.07.008>

33. Lam Y., Sze C.W., Tong Y., Ng T.B., Tang S.C.W., Ho J.C.M., Xiang Q., Lin X., Zhang Y. Research on the allelopathic potential of wheat. *Agric. Sci.*, 2012, vol. 3(8), pp. 979–985. <https://doi.org/10.4236/as.2012.38119>
34. Liu C., Yang H., Gongadze K., Harris P., Huang M., Wu L. Climate Change Impacts on Crop Yield of Winter Wheat (*Triticum aestivum*) and Maize (*Zea mays*) and Soil Organic Carbon Stocks in Northern China. *Agriculture*, 2022, vol. 12(5), 614. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050614>
35. Liu H., Colombi T., Jäck O., Keller T., Weih M. Effects of soil compaction on grain yield of wheat depend on weather conditions. *Sci. Total Environ.*, 2022, vol. 807, 150763. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150763>
36. Rebouh N. Y., Kucher D., Hezla L. et al. Influence of three cultivation technologies to control fusarium spp. in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) production under Moscow conditions. *Research on Crops*, 2020, vol. 21(1), pp. 17-25. <http://dx.doi.org/10.31830/2348-7542.2020.003>
37. Santín-Montanyá M.I., Fernández-Getino A.P., Zambrana E. Effects of tillage on winter wheat in Mediterranean dryland fields. *Arid Land Res. Manag.*, 2017, vol. 31(3), pp. 269-282. <https://doi.org/10.1080/15324982.2017.1307289>
38. Schlüter S., Großmann C., Diel J., Deubel A., Rücknagel J. Long-term effects of conventional and reduced tillage on soil structure, soil ecological and soil hydraulic properties. *Geoderma*, 2018, vol. 332, pp. 10-19. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.07.001>
39. Schneider F., Don A., Hennings I., Schmittmann O., Seidel S J. The effect of deep tillage on crop yield – What do we really know? *Soil & Tillage Research*, 2017, vol. 174, pp. 193-204. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2017.07.005>
40. Shen Y., McLaughlin N., Zhang X., Xu M., Liang A. Effect of tillage and crop residue on soil temperature following planting for a Black soil in Northeast China. *Sci. Rep.*, 2018, vol. 8(1), 4500. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22822-8>
41. Shrestha P., Karim R.A., Sieverding H.L., Graham C.J., Stone J.J. Life cycle assessment of wheat production and wheat-based crop rotations. *J. Environ. Qual.*, 2020, vol. 49(6), pp. 1515-1529. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20158>
42. Singh M.K., Singh S., Prasad S.K. Weed suppression and crop yield in wheat after mustard seed meal aqueous extract application with reduced rate of isoproturon. *J. Agric. Food Res.*, 2021, vol. 6, 100235. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100235>
43. Soto-Gómez D., Pérez-Rodríguez P. Sustainable agriculture through perennial grains: Wheat, rice, maize, and other species. A review. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 2022, vol. 325, 107747. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107747>
44. Sperow M. What might it cost to increase soil organic carbon using no-till on U.S. cropland? *Carbon Balance and Management*, 2020, vol. 15(1), 26. <https://doi.org/10.1186/s13021-020-00162-3>

45. Teasdale J.R., Mohler C.L. Light transmittance, soil-temperature, and soil-moisture under residue of hairy vetch and rye. *Agron. J.*, 1993, vol. 85, pp. 673–680. <https://doi.org/10.2134/agronj1993.00021962008500030029x>
46. Tomashova O., Osenniy N., Ilyin A. Cover crops as the main element of biologization of agriculture in the no-till system for reproduction of soil fertility. *E3S Web of Conferences*, 2020, vol. 2104, 04010. <https://doi.org/10.1051/e3s-conf/202021004010>
47. Triboi E., Triboi-Blondel A.M. Productivity and grain or seed composition: A new approach to an old problem—Invited paper. *Eur. J. Agron.*, 2002, vol. 16, pp. 163–186. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(01\)00146-0](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(01)00146-0)
48. Weir A.H., Bragg P.L., Porter J.R., Rayner J.H. A winter wheat crop simulation model without water or nutrient limitations. *J. Agric. Sci.*, 1984, vol. 102, pp. 371–382. <https://doi.org/10.1017/S0021859600042702>
49. Wozniak A., Rachon L. Effect of tillage systems on the yield and quality of winter wheat grain and soil properties. *Agriculture*, 2020, vol. 10, 405. <https://doi.org/10.3390/agriculture10090405>
50. Xue Jian-Fu, Ren Ai-Xia, Li Hui, Gao Zhi-Qiang, Du Tian-Qing. Soil physical properties response to tillage practices during summer fallow of dryland winter wheat field on the Loess Plateau. *Environ Sci Pollut Res.*, 2018, vol. 25, pp. 1070–1078. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0684-9>
51. Yang C., Fraga H., van Ieperen W. Effects of climate change and adaptation options on winter wheat yield under rainfed Mediterranean conditions in southern Portugal. *Clim. Chang.*, 2019, vol. 154(1-2), pp. 159-178. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02419-4>
52. Zhang J., Wu L. Impact of Tillage and Crop Residue Management on the Weed Community and Wheat Yield in a Wheat – Maize Double Cropping System. *Agriculture*, 2021, vol. 11, 265. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030265>
53. Zhang L., Wang J., Fu G., Zhao Y. Rotary tillage in rotation with plowing tillage improves soil properties and crop yield in a wheat–maize cropping system. *PLoS ONE*, 2018, vol. 13, 0198193. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198193>
54. Zelenev A.V., Pleskachev Yu.N., Semnichenko E.V. Crop rotations ensuring the greatest yields under dry conditions of the lower Volga region water – saving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of Volga – Don intereluve RUDN. *Journal of Agronomy and Animal Industries*, 2018, vol. 13(3), pp. 216-223. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2018-13-3-216-223>
55. Zybarev Y.N., Fomin D.S. Modern approaches to adaptive tillage complexes in crop rotation and intensive land use in the Middle Urals. *E3S Web of Conferences*, 2020, vol. 222, 2058. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022202058>

**ВКЛАД АВТОРОВ**

**Гузенко А.Ю.:** отработка технологий, ведение наблюдений и мероприятий по обработкам.

**Солонкин А.В.:** куратор мероприятий.

**Беляев А.И.:** методология.

**Семинченко Е.В.:** анализ и математическая обработка.

**AUTHOR CONTRIBUTIONS**

**Alexey Yu. Guzenko:** development of technologies, observation and processing activities.

**Andrey V. Solonkin:** event curator.

**Alexandr I. Belyaev:** methodology.

**Elena V. Seminchenko:** analysis and mathematical processing.

**ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Гузенко Алексей Юрьевич**, м.н.с., соискатель

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН)*

*Университетский проспект, 97, г. Волгоград, 400062, Российская Федерация  
guzenko.family@mail.ru*

**Солонкин Андрей Валерьевич**, д. с.-х. наук

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН)*

*Университетский проспект, 97, г. Волгоград, 400062, Российская Федерация  
mishatax73@mail.ru*

**Беляев Александр Иванович**, д.с.-х. наук

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН)*

*Университетский проспект, 97, г. Волгоград, 400062, Российская Федерация*  
*guzenko-ay@yfacr.ru*

**Семиначенко Елена Валерьевна**, н.с., соискатель

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН)*  
*Университетский проспект, 97, г. Волгоград, 400062, Российская Федерация*  
*eseminchenko@mail.ru*

#### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Alexey Yu. Guzenko**, Researcher, Postgraduate Student

*Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences*  
*97, Universitetskiy prospect, Volgograd, 400062, Russian Federation*  
*SPIN-code: 5246-9350*  
*ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3852-5358>*

**Andrey V. Solonkin**, Doctor of Agricultural Sciences

*Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences*  
*97, Universitetskiy prospect, Volgograd, 400062, Russian Federation*  
*mishamax73@mail.ru*  
*SPIN-code: 8724-5383*  
*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1576-7824>*

**Alexandr I. Belyaev**, Doctor of Agricultural Sciences

*Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences*  
*97, Universitetskiy prospect, Volgograd, 400062, Russian Federation*  
*guzenko-ay@yfacr.ru*  
*SPIN-code: 8733-7587*  
*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1576-7824>*

**Elena V. Seminchenko**, Researcher, Postgraduate Student

*Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences*

*97, Universitetskiy prospect, Volgograd, 400062, Russian Federation*

*eseminchenko@mail.ru*

*SPIN-code: 2756-2340*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3155-9563>*

*Scopus Author ID: 5722214627*

Поступила 30.09.2022

После рецензирования 27.10.2022

Принята 24.11.2022

Received 30.09.2022

Revised 27.10.2022

Accepted 24.11.2022