

Обоснование влияния агрофизических факторов и климатических условий на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в Нижнем Поволжье

Анатолий Петрович Солодовников¹, Дмитрий Александрович Уполовников¹,
Александр Сергеевич Линьков¹, Илья Сергеевич Полетаев¹, Альбина Юрьевна Лёвкина²

¹Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

²ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», г. Саратов, Россия.

e-mail: solodovnikov-sgau@yandex.ru

Аннотация. В работе обосновано влияние агрофизических факторов и климатических условий на урожайность и содержание белка и клейковины в зерне пшеницы озимой. Проведен анализ агрофизических факторов, влажности почвы в период сева, в фазу кущения озимой пшеницы по различным способам основной обработки почвы и по годам в Нижнем Поволжье. Данные, полученные за три года (2018–2020 гг.), показывают, что мелкая (на 10–12 см) основная обработка черного пара под посев пшеницы озимой уменьшает ее урожайность на 0,25 т/га (10,6 %), снижает содержание клейковины на 0,4 %, белка на 0,3 %. Расчеты множественной регрессии на основании коэффициента множественной детерминации показали, что урожайность зерна пшеницы озимой на 98 % зависела от изучаемых факторов, по содержанию белка данный показатель составил 63 %, по клейковине – 74 %. Полный корреляционный анализ зависимости урожайности зерна, содержания белка и клейковины от изучаемых факторов показал, что наиболее значимое влияние на урожайность пшеницы озимой оказывали влажность почвы в фазу кущения ($R^2 = 0,83$) и перед посевом ($R^2 = 0,79$), осадки за апрель – июнь ($R^2 = 0,77$). Содержание клейковины и белка в зерне пшеницы озимой в основном определялось влажностью почвы перед посевом ($r = -0,85$ и $r = -0,81$) и суммой осадков в период вегетации ($r = -0,84$ и $r = -0,73$).

Ключевые слова: озимая пшеница; урожайность; содержание белка; качество зерна; агрофизические факторы.

Для цитирования: Солодовников А. П., Уполовников Д. А., Линьков А. С., Полетаев И. С., Лёвкина А. Л. Обоснование влияния агрофизических факторов и климатических условий на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в Нижнем Поволжье // Аграрный научный журнал. 2022. № 4. С. 48–52. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i4pp48-52>.

AGRONOMY

Original article

Substantiation of the influence of agrophysical factors and climatic conditions on the yield and quality of winter wheat in the Lower Volga region

Anatoly P. Solodovnikov¹, Dmitriy A. Upolovnikov¹, Alexander S. Lynkov¹, Ilya S. Poletaev¹, Albina Yu. Lyovkina²

¹Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

²Russian Research Institute for Sorghum and Maize “Rossorgo”, Saratov, Russia.

e-mail: solodovnikov-sgau@yandex.ru

Abstract. The article substantiates the influence of agrophysical factors and climatic conditions on the yield and protein and gluten content in winter wheat grain. Agrophysical factors, soil moisture during the sowing period, and the tillering phase of winter wheat for various methods of basic tillage and for years in the Lower Volga region are analyzed. The data obtained for three years (2018–2020) show that a small (by 10–12 cm) basic tillage of black fallow for sowing winter wheat reduces its yield by 0.25 t/ha (10.6%), the content of gluten by 0.4%, of protein by 0.3%. Multiple regression calculations based on the coefficient of multiple determinations showed that the yield of winter wheat grain was 98% dependent on the studied factors, in terms of protein content this indicator was 63%, in terms of gluten – 74%. A complete correlation analysis of the dependence of grain yield, protein and gluten content on the studied factors showed that the most significant influence on the yield of winter wheat was exerted by soil moisture in the tillering phase ($R^2 = 0.83$) and before sowing ($R^2 = 0.79$), and in April - June ($R^2 = 0.77$). The content of gluten and protein in winter wheat grain was mainly determined by soil moisture before sowing ($r = -0.85$ and $r = -0.81$) and the amount of precipitation during the growing season ($r = -0.84$ and $r = -0.73$).

Keywords: winter wheat, agrophysical factors, soil moisture, basic tillage, protein and gluten content, climatic conditions.

For citation: Solodovnikov A. P., Upolovnikov D. A., Lynkov A. S., Poletaev I. S., Lyovkina A. Yu. Substantiation of the influence of agrophysical factors and climatic conditions on the yield and quality of winter wheat in the Lower Volga region. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(4):48–52. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i4pp48-52>.

Введение. Наиболее перспективной зерновой культурой, которая продолжительное время использует биоклиматические ресурсы, является озимая мягкая пшеница. Для реализации потенциальной урожайности и формирования зерна хорошего качества необходимо совершенствование элементов технологии, т.е. создание благоприятных водно-физических, агрохимических факторов плодородия для возделывания озимой пшеницы с учетом ее биологических требований [2, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12].

В Саратовском Заволжье недостаток доступной влаги в почве и незначительное количество осадков в вегетационный период являются негативными факторами в повышении урожайности озимой пшеницы. По литературным источникам, наиболее доступным способом улучшения водного режима, физических свойств почвы является обра-





ботка, которая обеспечивает хорошую инфильтрацию воды в нижние горизонты почвы и уменьшает потери влаги на физическое испарение при создании мульчирующего слоя [1, 3, 10].

Поэтому на современном этапе ведения сельскохозяйственного производства изучение и установление зависимостей урожайности и показателей качества зерна озимой пшеницы от климатических условий, агрофизических факторов плодородия, влажности темно-каштановой почвы являются актуальными для научных исследований и практического применения.

Методика исследований. Опыты по изучению влияния агрофизических факторов плодородия, влажности почвы и климатических условий на урожайность и качество зерна озимой пшеницы были заложены на темно-каштановой почве опытного поля УНПО «Поволжье» Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова в 2017–2020 гг. Содержание гумуса в пахотном слое низкое – 2,8 % (по Тюрину, ГОСТ 26213-91). Нитрификационная способность средняя – 12,9 мг/кг почвы (по Кравковой, ГОСТ 26107-84), содержание доступного фосфора среднее – 29,7 мг/кг почвы и доступного калия среднее – 294 мг/кг (по Мачигину, ГОСТ 26205-91). По агроклиматической характеристике зона проведения опытов характеризуется как засушливая с континентальным климатом со среднемноголетним количеством осадков – 366 мм. Сумма осадков с апреля по июль составила в 2018 г. 52 мм, 2019 г. – 24 мм, 2020 г. – 44 мм. Средняя температура воздуха в период колошение – полная спелость соответственно по годам составляла 21,0; 24,5; 22,8 °С. ГТК за период активного роста и развития пшеницы озимой (с мая по август) составил: ГТК₂₀₁₈ – 0,63, ГТК₂₀₁₉ – 0,21, ГТК₂₀₂₀ – 0,20.

Для решения поставленной задачи было заложено четыре способа основной обработки почвы чистого (черного) пара:

- 1) классическая вспашка плугом ПЛН-8-35 на глубину 23–25 см (контроль);
- 2) безотвальная обработка глубокорыхлителем-щелерезом SSD-4 на глубину 30–32 см;
- 3) минимальная обработка дискатором БДМ 7×3 на глубину 10–12 см;
- 4) комбинированная вспашка специальным плугом Бойкова ПБС-10 П на глубину 23–25 см.

Площадь участков – общая 0,15 га, учетная 0,1 га, повторность трехкратная, расположение участков рендомизированное. Объект исследований – пшеница озимая по чистому пару, сорт – Новоеврошевская.

Для установления долевого влияния был выполнен полный корреляционный анализ зависимости урожайности, содержания белка и клейковины в зерне озимой пшеницы сорта Новоеврошевская от изучаемых факторов. Для получения линейных уравнений множественной регрессии были рассмотрены следующие показатели: X_1 – агрегатный состав (макроструктура) в чистых парах перед посевом озимой пшеницы, %; X_2 – плотность почвы в чистых парах перед посевом озимой пшеницы, г/см³; X_3 – сумма осадков за период апрель – июнь, мм; X_4 – влажность почвы в чистых парах перед посевом озимой пшеницы в метровом горизонте, %; X_5 – влажность почвы в посевах озимой пшеницы в фазу трубкувание, %; X_6 – густота стояния всходов озимой пшеницы (через три недели после посева), млн шт./га; X_7 – температура воздуха в период колошение – полная спелость, °С; X_8 – глубина основной обработки чистого пара, см. Полученные уравнения данных зависимостей имели следующий вид:

$$Y_{\text{урожайность}} = 2,669 + 0,007X_1 - 3,834X_2 - 0,0002X_3 + 0,027X_4 + 0,136X_5 + 0,540X_6 + 0,013X_7 - 0,003X_8;$$

$$Y_{\text{белок}} = 21,947 + 0,015X_1 + 2,826X_2 - 0,013X_3 - 0,229X_4 - 0,269X_5 - 1,037X_6 - 0,115X_7 + 0,024X_8;$$

$$Y_{\text{клейковина}} = 47,708 + 0,025X_1 + 11,206X_2 - 0,031X_3 - 0,623X_4 - 0,864X_5 - 4,176X_6 - 0,258X_7 + 0,068X_8.$$

Полевой опыт сопровождался наблюдениям и исследованиями в соответствии с общепринятыми методиками и методическими указаниями [5]. Показатели качества зерна пшеницы озимой определяли с помощью прибора «Анализатор инфракрасный ИНФРАСКАН-1050».

Результаты исследований. Определение физических свойств почвы по вариантам опыта перед посевом пшеницы озимой показало, что лучшие показатели макроструктуры формировались на варианте с безотвальной обработкой – 76,7 %, что превышало комбинированную вспашку на 3,1 %, классическую вспашку – на 7,0 %, минимальную обработку – на 8,1 % (табл. 1).

Безотвальное глубокое рыхление и минимальная обработка перед посевом озимой пшеницы увеличивали плотность пахотного слоя на 0,07 и 0,1 г/см³, или на 6 и 8 %.

Таблица 1

Агрофизические факторы плодородия почвы слоя 0-30 см перед посевом озимой пшеницы

Агрофизический фактор	Годы исследований	Вариант опыта			
		ПЛН-8-35	SSD-4	БДМ 7×3	ПБС-10 П
Макроструктура (0,25–10 мм), %	2017	75,0	81,2	71,7	77,3
	2018	64,2	72,8	62,1	69,8
	2019	69,6	77,0	66,9	74,6
	2020	70,2	75,8	73,8	71,5
	2017–2020	69,7	76,7	68,6	73,6
Плотность почвы, г/см ³	2017	1,16	1,25	1,28	1,15
	2018	1,20	1,27	1,28	1,20
	2019	1,14	1,24	1,26	1,17
	2020	1,21	1,26	1,30	1,21
	2017–2020	1,18	1,25	1,28	1,18



Отбор образцов на влажность почвы по способам и глубине основной обработки показал, что в период посева озимой пшеницы в 2017 г. максимальная величина увлажнения метрового слоя отмечалась на классической и комбинированной вспашке 15,0–15,1 %, а минимальное значение на третьем варианте – 14,6 % (табл. 2).

Таблица 2

Влажность почвы в слое 0–100 см, % от массы абсолютно-сухой почвы

Срок определения	Годы исследований	Вариант опыта			
		ПЛН-8-35	SSD-4	БДМ 7×3	ПБС-10 П
Перед посевом озимой пшеницы	2017	15,1	14,9	14,6	15,0
	2018	14,1	13,9	12,8	14,3
	2019	16,0	15,8	15,1	16,0
	2020	11,4	11,5	11,2	11,4
	2017–2020	14,2	14,0	13,4	14,2
Фенологическая фаза – выход в трубку озимой пшеницы	2018	12,8	12,6	12,3	13,0
	2019	11,3	11,4	11,2	11,5
	2020	12,2	12,5	12,2	12,3
	2018–2020	12,1	12,2	11,9	12,3

В 2018 г. величина влажности почвы возростала от 12,8 % по дискованию до 14,3 % на комбинированной вспашке. В условиях 2019 г. максимальная величина влажности почвы формировалась на вариантах обработанных плугами ПЛН-8-35 и ПБС-10 П – 16,0 %, что превышало минимальную обработку на 0,9 %. В 2020 засушливом году фиксировалась самая низкая влажность почвы – всего 11,2–11,5 %. С наступлением фенологической фазы «выход в трубку» различия по вариантам основной обработки сглаживались.

В среднем за 2017–2019 гг. максимальная густота стояния всходов растений озимой пшеницы формировалась на отвальной обработке – 3,04 млн шт./га и на варианте обработанном ПБС-10П, – 2,96 млн шт./га, что составляло 86,9 и 84,5 % от нормы высева 3,5 млн шт./га. Наименьшая густота всходов фиксировалась на варианте с минимальной обработкой – 2,71 млн шт./га, или 77,3 % от заданной нормы и 89 % от контроля (табл. 3).

Таблица 3

Густота стояния всходов озимой пшеницы, млн шт./га

Годы исследований	Вариант опыта			
	ПЛН-8-35	SSD-4	БДМ 7×3	ПБС-10 П
2017	3,38	3,01	3,11	3,31
2018	2,69	2,27	2,24	2,54
2019	3,05	2,87	2,77	3,02
2017–2019	3,04	2,72	2,71	2,96

Наиболее значимое влияние на густоту стояния всходов озимой пшеницы оказывали не варианты основной обработки чистого пара, а влажность почвы перед посевом и количество осадков после посева. Оптимальная густота стояния всходов была получена в 2017 г. – 3,01–3,38 млн шт./га, сумма осадков за сентябрь составила 37,4 мм. Минимальные показатели густоты стояния фиксировали в 2018 г. – 2,24–2,69 млн шт./га, где в сентябре выпало всего 13,7 мм.

Учет урожайности озимой пшеницы по вариантам опыта показал, что в среднем за три года максимальная урожайность была получена на варианте, обработанном плугом ПБС-10 П, – 2,40 т/га, что превышало контроль на 0,05 т/га, но данные различия находились в пределах ошибки опыта ($HCP_{05} = 0,06$), табл. 4.

На варианте с глубокой безотвальной обработкой не отмечено существенного снижения урожайности озимой пшеницы (–0,03 т/га). Минимизация основной обработки почвы в чистом пару снижала урожайность на 0,25 т/га, или на 10,6 %.

Таблица 4

Урожайность и показатели качества зерна озимой пшеницы (сорт Новоершовская)

Показатели урожайности и качества	Годы исследований	Вариант опыта				HCP_{05}
		ПЛН-8-35	SSD-4	БДМ 7×3	ПБС-10 П	
Урожайность, т/га	2018	2,55	2,61	2,20	2,64	0,09
	2019	1,83	1,81	1,72	1,88	0,05
	2020	2,66	2,54	2,37	2,68	0,03
	2018–2020	2,35	2,32	2,10	2,40	0,06
Содержание белка, %	2018	14,3	14,0	14,2	14,2	$F_{\phi} < F_T$
	2019	15,3	15,2	15,2	15,4	$F_{\phi} < F_T$
	2020	13,5	13,6	12,9	13,4	0,28
	2018–2020	14,4	14,3	14,1	14,3	0,15
Содержание клейковины, %	2018	25,5	24,4	24,7	25,6	0,24
	2019	29,7	29,4	29,3	29,8	0,23
	2020	23,2	23,4	23,1	23,2	0,29
	2018–2020	26,1	25,7	25,7	26,2	0,29

Определение массовой доли белка в зерне пшеницы озимой за 2018–2020 гг. показало, что способы и глубина обработки почвы в чистых парах не оказывали существенного влияния на данный показатель. Максимальные значения содержания белка в зерне озимой пшеницы сорта Новоршовская формировались в 2019 г. – 15,2–15,4 %, а минимальные в 2020 г. – 12,9–13,6 %.

В среднем за три года на вспаханных вариантах отмечалось достоверное увеличение (0,4–0,5 %) массовой доли клейковины по сравнению с минимальной и безотвальной обработкой почвы. Согласно ГОСТ 9353-90, зерно озимой пшеницы сорта Новоршовская соответствовало 3-му классу (23,1 – 25,6 %) в 2018 и 2020 гг., а в 2019 – 2-му классу (29,3–29,8 %).

Статистическая обработка полевых данных показала, что согласно коэффициентам детерминации множественной регрессии R^2 урожайность зерна озимой пшеницы на 98 %, содержание белка на 63 %, массовая доля клейковины на 74 % зависели от изучаемых показателей.

Наиболее значима для урожайности зерна озимой пшеницы была влажность почвы метрового слоя при выходе в трубку – начале колошения 18,1% ($r = 0,91$). Недостаток влаги в данный период развития растений пшеницы отрицательно влияет на генеративные органы. Высокая степень связи ($r = 0,89$) урожайности также отмечена от влажности почвы в чистых парах перед посевом озимой пшеницы, что определяет полевую всхожесть. Долевое влияние данного фактора составило 17,2 %. Положительная высокая корреляционная зависимость урожайности также получена от суммы осадков с апреля по июль ($r = 0,88$) с долевым влиянием 16,8 % (рис. 1).

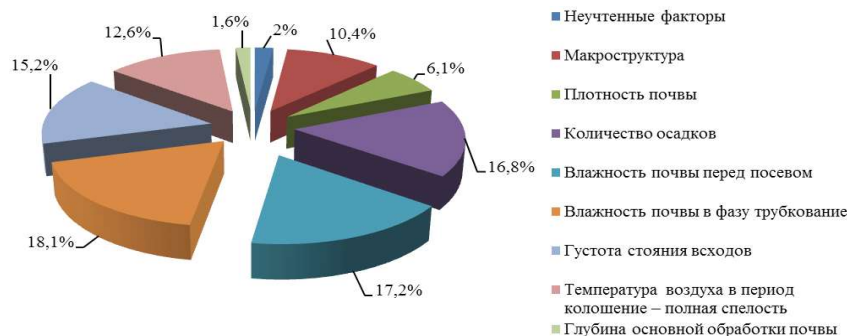


Рис. 1. Долевое влияние факторов на урожайность зерна озимой пшеницы (сорт Новоршовская)

При определении содержания белка и клейковины в зерне озимой пшеницы фиксировалась значительная величина неучтенных факторов 37 и 26 % соответственно (рис. 2, 3).

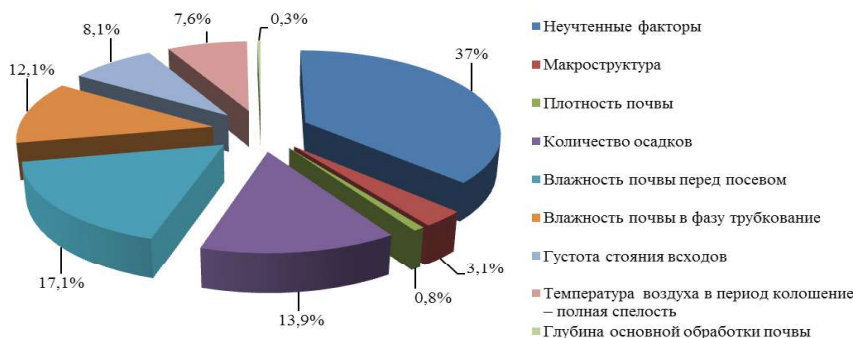


Рис. 2. Долевое влияние факторов на содержание белка в зерне озимой пшеницы (сорт Новоршовская)

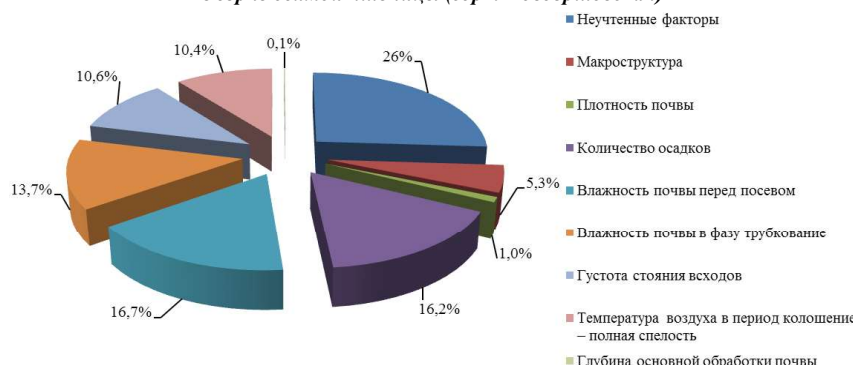


Рис. 3. Долевое влияние факторов на содержание клейковины в зерне озимой пшеницы (сорт Новоршовская)

Определяющее значение из изучаемых показателей по формированию массовой доли белка и клейковины в зерне озимой пшеницы сорта Новоршовская отводится влажности почвы в чистых парах перед посевом озимой пшеницы 17,1 % ($r = -0,81$) и 16,7 % ($r = -0,85$).

Также отмечена высокая отрицательная степень связи ($r = -0,73$ и $r = -0,85$) с осадками за апрель – июнь. Доля данного климатического фактора по белку составила 13,9 %, а по клейковине – 16,2 %.





Увеличение температуры воздуха в период от колошения до полной спелости снижает урожайность зерна озимой пшеницы с долевым влиянием (12,6 %), но увеличивает содержание белка и клейковины (7,6 и 10,4 %).

Из агрофизических факторов плодородия по влиянию на урожайность ($r = 0,69$), содержание белка ($r = -0,35$) и клейковины ($r = -0,48$) среднюю степень связи показала макроструктура почвы.

Глубина основной обработки чистого пара (0,1–1,6 %) и плотность почвы в чистых парах перед посевом озимой пшеницы (0,8–6,1 %) не оказывали существенного влияния на формирование урожайности и показателей качества зерна озимой пшеницы, так как значения данных показателей в период вегетации озимой пшеницы по вариантам опыта сглаживались.

Заключение. Минимизация обработки почвы в чистых парах под пшеницу озимую снижает ее урожайность на 0,25 т/га, или на 10,6 %, содержание клейковины на 0,5 %. Получение хорошего урожая пшеницы озимой обеспечивает комбинированная вспашка (ПБС-10 П на глубину 23–25 см) – 2,40 т/га, с максимальным содержанием клейковины – 26,2 %.

Хорошие запасы влаги в почве в чистых парах, значительное количество осадков за период вегетации озимой пшеницы и оптимальная густота стояния способствуют увеличению урожайности зерна, но снижают массовую долю белка и клейковины.

Увеличение температуры воздуха в генеративный период (колошение – полная спелость) снижает урожайность зерна озимой пшеницы, но увеличивает показатели качества зерна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрофизические процессы формирования запасов продуктивной влаги в почве / Е.П. Денисов [и др.] // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2014. № 8. С. 10–15.
2. Бинарные посевы подсолнечника с донником и люцерной и их влияние на биогенность почвы / С.И. Коржов [и др.] // Аграрный научный журнал. 2018. № 5. С. 24–28.
3. Водный режим чернозема южного при энергосберегающих обработках почвы / А.П. Солодовников [и др.] // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2014. № 4. С. 33–36.
4. Динамика изменения агрофизических свойств почвы при возделывании полевых культур по технологии No-till / В.К. Дригидер [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 5 (73). С. 35–38.
5. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции / А.Ф. Дружкин, [и др.]. Саратов, 2013. 264 с.
6. Писменная Е. В., Азарова М. Ю., Курасова Л. Г. Влияние сортов и предшественников озимой пшеницы на плодородие почвы, урожайность и качество зерна в Ставропольском крае // Аграрный научный журнал. 2020. № 8. С. 32–37.
7. Писменная Е. В., Азарова М. Ю. Оценка состояния посевов озимой пшеницы в осенний период в засушливой зоне Ставропольского края // Агропромышленные технологии Центральной России. 2019. № 1 (11). С. 43–53.
8. Повышение продуктивности и качества озимой пшеницы при применении комплексных минеральных удобрений / А.Ю. Лёвкина [и др.] // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 3(35). С. 110–122.
9. Совместное применение органоминеральных и минеральных удобрений в системе удобрения озимой пшеницы на черноземе южном Нижнего Дона / А. В. Ермилов [и др.] // Аграрный научный журнал. 2021. № 2. С. 20–24.
10. Солодовников А. П., Денисов Е. П., Гудова Л. А. Водопотребление посевов чечевицы при энергосберегающих обработках почвы и применении «Гумата калия» в условиях Поволжья // Кормопроизводство. 2017. № 5. С. 16–19.
11. Солодовников А. П., Лёвкина А. Ю. Влияние способов обработки почвы и агрохимикатов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в Саратовском Заволжье // Аграрный научный журнал. 2020. № 3. С. 29–35.
12. Солодовников А. П., Шагиев Б. З., Лёвкина А. Ю. Динамика водно-физических свойств почвы в паровом звене при возделывании озимой пшеницы // Кормопроизводство. – 2019. № 11. С. 17–21.

REFERENCES

1. Agrophysical processes of formation of reserves of productive moisture in the soil / E.P. Denisov et al. *Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov*. 2014; 8: 10–15. (In Russ.).
2. Binary crops of sunflower with sweet clover and alfalfa and their influence on soil biogenicity / S.I. Korzhov et al. *Agrarian scientific journal*. 2018; 5: 24–28. (In Russ.).
3. Water regime of southern chernozem under energy-saving tillage / A.P. Solodovnikov et al. *Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov*. 2014; 4: 33–36. (In Russ.).
4. Dynamics of changes in the agrophysical properties of the soil during the cultivation of field crops using the No-till technology / V.K. Dridiger et al. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2018; 5 (73): 35–38. (In Russ.).
5. Fundamentals of scientific research in plant growing and selection / A.F. Druzhkin et al. Saratov, 2013. 264 p. (In Russ.).
6. Pismennaya E. V., Azarova M. Yu., Kurasova L. G. Influence of varieties and predecessors of winter wheat on soil fertility, productivity and grain quality in the Stavropol Territory. *Agrarian scientific journal*. 2020; 8: 32–37. (In Russ.).
7. Pismennaya E. V., Azarova M. Yu. Assessment of the state of winter wheat crops in the autumn period in the arid zone of the Stavropol Territory. *Agroindustrial technologies of Central Russia*. 2019; 1 (11): 43–53. (In Russ.).
8. Improving the productivity and quality of winter wheat with the use of complex mineral fertilizers / A.Yu. Levkina et al. *Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems*. 2019; 3(35): 110–122. (In Russ.).
9. Combined use of organomineral and mineral fertilizers in the winter wheat fertilizer system on the southern chernozem of the Lower Don / A.V. Ermilov et al. *Agrarian scientific journal*. 2021; 2: 20–24. (In Russ.).
10. Solodovnikov A. P., Denisov E. P., Gudova L. A. Water consumption of lentil crops during energy-saving tillage and the use of “potassium humate” in the conditions of the Volga region. *Feed Production*. 2017; 5: 16–19. (In Russ.).
11. Solodovnikov A. P., Lyovkina A. Yu. Influence of tillage methods and agrochemicals on the productivity and quality of winter wheat grain in the Saratov Zavolzhye. *Agrarian scientific journal*. 2020; 3: 29–35. (In Russ.).
12. Solodovnikov A. P., Shagiev B. Z., Lyovkina A. Yu. Dynamics of water-physical properties of the soil in the fallow link during the cultivation of winter wheat. *Feed Production*. 2019; 11: 17–21. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 27.12.2021; одобрена после рецензирования 11.02.2022; принята к публикации 22.02.2022.
The article was submitted 27.12.2021; approved after reviewing 11.02.2022; accepted for publication 22.02.2022.