

Сравнительная агротехнологическая оценка возделывания яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири

Л. В. Юшкевич, Д. Н. Ющенко[✉], А. Г. Щитов, С. П. Кашинская

Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

[✉]E-mail: yushchenko@anc55.ru

Аннотация. Длительные (более 20 лет) исследования проведены на лугово-черноземной почве в южной лесостепной зоне Западной Сибири. В стационарном зернопаровом севообороте (пар – пшеница – пшеница – пшеница – ячмень) проведена сравнительная оценка плодородия, состояния агрофитоценоза, урожайности и качества зерна яровой пшеницы в зависимости от размещения культуры в севообороте, системы обработки почвы, комплексной химизации. **Цель исследований** – установить влияние и результативность разноуровневых агротехнологий яровой пшеницы на элементы почвенного плодородия, состояние агрофитоценоза, продуктивность и технологические свойства зерна в южной лесостепи Западной Сибири. **Методы исследования.** Стационарные исследования проведены в южно-лесостепной почвенно-климатической зоне Омской области в 2001–2021 гг. в зернопаровом севообороте (пар – пшеница – пшеница – пшеница – ячмень). Двухфакторный опыт: фактор А – система обработки почвы; фактор В – средства интенсификации (контроль – без средств химизации, вариант комплексного применения средств химизации включал совместное применение удобрений, рекомендованных гербицидов, фунгицидов и ретардантов). **Результаты.** Установлено, что интенсивная агротехнология с применением удобрений и средств защиты растений вносит основной вклад в повышение урожайности и технологических параметров зерна – 30–35 %, предшественники – до 20–25 %, погодные условия вегетационного периода – 18–20 %, система обработки почвы в севообороте – 10–12 %. Комплексное применение средств химизации способствует повышению биомассы культуры до 2080 г/м² (на 49 %), снижает водопотребление до 73 мм на 1 т зерна (в 2,7 раза), оптимизирует питательный режим почвы и фитосанитарное состояние агрофитоценоза, что в конечном счете повышает урожайность с 1,51 до 3,27 т/га при улучшении технологических свойств зерна содержанием клейковины до 26,4–29,4 %. **Научная новизна.** В южно-лесостепных агроландшафтах установлена результативность разноуровневых агротехнологий возделывания яровой пшеницы, с ростом урожайности с 1,51 до 3,24 т/га (в 2,1 раза) и уменьшением технологических параметров зерна. Впервые установлено долевой вклад компонентов химизации в повышении продуктивности яровой пшеницы, возделываемой по пару и в зернопаровом севообороте.

Ключевые слова: яровая пшеница, полевой севооборот, предшественник, агротехнология, урожайность, качество зерна

Для цитирования: Юшкевич Л. В., Ющенко Д. Н., Щитов А. Г., Кашинская С. П. Сравнительная агротехнологическая оценка возделывания яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24. № 03. С. 348–357. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-03-348-357>.

Дата поступления статьи: 12.01.23, **дата рецензирования:** 13.06.2023, **дата принятия:** 22.06.2023.

Comparative agrotechnological assessment of spring wheat cultivation in the southern forest-steppe of Western Siberia

L. V. Yushkevich, D. N. Yushchenko✉, A. G. Shchitov, S. P. Kashinskaya

Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia

✉E-mail: yushchenko@anc55.ru

Abstract. Long-term (more than 20 years) studies were carried out on meadow – chernozem soil in the southern forest-steppe zone of Western Siberia. In a stationary grain-steam crop rotation (steam-wheat-wheat-wheat-barley), a comparative assessment of fertility, the state of agrophytocenosis, yield and quality of spring wheat grain, depending on the placement of the crop in the crop rotation, the tillage system, and complex chemicalization was carried out. **The purpose of the research** is to establish the influence and effectiveness of multi-level agricultural technologies of spring wheat on the elements of soil fertility, the state of agrophytocenosis, productivity and technological properties of grain in the southern forest-steppe of Western Siberia. **Research methods.** Stationary studies were carried out in the southern forest-steppe soil-climatic zone of the Omsk region in 2001–2021. In grain-fallow crop rotation (fallow – wheat – wheat – wheat – barley). Two-factor experience: factor A – tillage system (dump-plowing on the head of 20–22 cm, annually; combined-plowing in the fallow field and under the third wheat after steam for 20–22 cm and flat-cut on the head of 10–12 for the second wheat after steam barley; flat-cut on the head of 10–12 cm for all crops annually; minimal – in the fallow field cultivation on the 8–10 cm. in other fields without autumn treatment); factor B – means of intensification (control – without chemicals, the option of complex application of chemicals included the combined use of fertilizers, recommended herbicides, fungicides and retardants). **Results.** It was found that intensive agrotechnology with the use of fertilizers and plant protection products makes the main contribution to increasing the yield and technological parameters of grain – 30–35 %, precursors – up to 20–25 %, weather conditions of the growing season – 18–20 %, the system of tillage in crop rotation – 10–12 %. The complex application of chemicals contributes to an increase in crop biomass to 2080 g/m² (by 49 %), reduces water consumption to 73 mm per 1 t of grain (2.7 times), optimizes the nutrient regime of the soil and the phytosanitary state of agrophytocenosis, which ultimately increases yields from 1.51 to 3.27 t/ha while improving the technological properties of grain gluten content up to 26.4–29.4 %. Long-term rational use of chemicals does not lead to the accumulation of ecotoxics in soil and grain. **The scientific novelty** was revealed for the conditions of Western Siberia with the long-term rational use of chemicals, the accumulation of ecotoxics in the soil and grain was not observed.

Keywords: spring wheat, field crop rotation, precursor, agrotechnology, yield, grain quality

For citation: Yushkevich L. V., Yushchenko D. N., Shchitov A. G., Kashinskaya S. P. Comparative agrotechnological assessment of spring wheat cultivation in the southern forest-steppe of Western Siberia. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (03): 348–357. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-03-348-357>. (In Russ.)

Date of paper submission: 12.01.23, **date of review:** 13.06.2023, **date of acceptance:** 22.06.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

В Западно-Сибирском регионе Омская область по итоговому сальдо хлебного баланса относится к числу вывозящих качественное зерно при производстве на душу населения до 1,6–2,0 т, что в 1,7 раза выше, чем в среднем по России. Площадь пашни в южно-лесостепных агроландшафтах составляет 1,10 млн га, или 30 % от пахотных земель области с высокой концентрацией в посевах зерновых и зернобобовых культур (до 71 %), среди которых преобладает яровая пшеница – 394 тыс. га, (64,2 %).

Почвенный покров пашни представлен черноземными и лугово-черноземными почвами (44,8 %) с преобладанием почв тяжелого гранулометрического состава и содержанием гумуса до 8 %. Эродированной пашни в почвенно-климатической зоне 30–35 %, облесенность – до 12 %. В связи с крайне низким внесением минеральных удобрений за последние 30 лет (до 10–15 кг/га) дефицит элементов питания, особенно нитратного азота, достигает 50–70 кг NPK.

Южная лесостепь имеет относительно благоприятную теплообеспеченность и недостаточное в большинстве лет увлажнение. Годовое количество осадков – 350–420 мм, за теплый период (выше 5 °C) – 180–200 мм. Вегетационные периоды с атмосферной засухой составляют 8–16 суток, количество лет с засухой – около 30 %, безморозный период – 110–130 суток, с активными температурами (более 10 °C) – 125–128 суток, коэффициент увлажнения – 0,51–0,60 [1–3].

В связи со значительным расслоением товаропроизводителей по уровню ресурсного обеспечения и технических возможностей в настоящее время актуальны поиск и сравнительная оценка агротехнологий при возделывании зерновых культур в различных почвенно-климатических зонах региона [4].

Методология и методы исследования (Methods)

Стационарные исследования проведены в южно-лесостепной почвенно-климатической зоне Омской области в 2001–2021 гг. в зернопаровом севообороте (пар – пшеница – пшеница – пшеница – ячмень).

Двухфакторный опыт: фактор А – система обработки почвы (отвальная – вспашка на глубину 20–22 см, ежегодно; комбинированная – вспашка на паровом поле и под третью пшеницу после пара на 20–22 см и плоскорезная на глубину 10–12 см под вторую пшеницу после пара, плоскорезная на глубину 10–12 см под все культуры ежегодно; минимальная – в паровом поле культивация на глубину 8–10 см, в других полях без осенней обработки); фактор В – средства интенсификации (контроль – без средств химизации, вариант комплексного применения средств химизации включал совместное применение удобрений ($N_{24}P_{36}$ на 1 га пашни), рекомендованных гербицидов, фунгицидов и ретардантов).

Сорта яровой пшеницы Памяти Азиева, Омская 36 высевали сеялкой СЗ-3,6, с 2012 года – ПК Selford 18–25 мая с нормой высева по пару 5,0 млн семян, 2–3-й культуры – 4,5 млн зерен на 1 га. Уборка однофазная комбайном «Сампо-500» с оставлением соломы на поле. Площадь делянок первого порядка – 2700 м², второго – 450 м², учетная площадь – 36 м². Размещение систематическое, повторность четырехкратная.

Почва лугово-черноземная среднemocная тяжелосуглинистая с содержанием гумуса до 8 %. Наблюдения за состоянием почвенного плодородия и агрофитоценоза проводятся общепринятыми методиками [5; 6]. Погодные условия за годы исследований в целом были относительно засушливые (ГТК = 1,02 при норме 1,10).

Результаты (Results)

Оптимизация рационального чередования культур в полевом севообороте – фундамент адаптивно-ландшафтного земледелия региона, обеспечивающий наибольшую урожайность и выход качественного зерна с 1 га пашни.

Исследованиями в лесостепной почвенно-климатической зоне установлено, что повторные посеы неплохо переносят пропашные культуры, зерносмеси с зернобобовыми, гречиху, картофель, снижая продуктивность относительно чередования их в севообороте на 10–20 %. Повторные посеы озимых культур, яровой мягкой и твердой пшеницы, зернобобовых, проса, подсолнечника, рапса снижают продуктивность до 40–50 % [7].

Для яровой пшеницы в засушливых агроландшафтах, кроме качественного парового поля, хорошие предшественники – кукуруза, зернобобовые, озимые, подсолнечник на силос, гречиха, просо, которые обеспечивают прибавку зерна по сравнению с бессменной пшеницей от 0,3 до 0,9 т/га, удовлетворительный овес. Зерновые культуры при размещении второй культурой после пара – лучше предшественники для посевов яровой пшеницы, чем сама пшеница, вследствие нарастания негативных факторов. Так, на бессменной культуре в лесостепной зоне содержание нитратного азота снижается в метровом слое с 132 до 40 кг/га (в 3,3 раза), засоренность агрофитоценоза возрастает с 7 до 26 % (в 3,7 раза), водопотребление на 1 т зерна – со 102 до 201 мм (в 2,0 раза), поражение растений корневыми гнилями – в 1,6 раза [4; 8]. В этой связи без применения удобрений, в первую очередь азотных, даже при ограниченных дозах (до 60 кг/га) получить высокую продуктивность качественного зерна яровой пшеницы проблематично.

Длительными (21 год) исследованиями выявлено, что урожайность яровой пшеницы в южно-лесостепных агроландшафтах Западной Сибири во многом определяется уровнем интенсификации агротехнологий и размещением культуры в зернопаровом севообороте. Интенсивная технология возделывания с применением ограниченных доз удобрений и средств защиты растений от сорняков и листостеблевых инфекций способствуют росту продуктивности культуры и в среднем до 3,27 т/га, или в 2,2 раза, ячменя – в 3,2 раза относительно экстенсивного варианта. Яровая пшеница, высеваемая повторно, из-за нарастания негативных факторов (водопотребление, питательный режим, засоренность и инфицированности агрофитоценоза) снижает продуктивность относительно парового предшественника до 1,73 т/га, или в 1,6 раза (таблица 1).

В преобладающем экстенсивном зерновом производстве региона зяблевая обработка почвы способствует повышению водопроницаемости, улучшению питательного (прежде всего азотного) режима, подавлению засоренности агрофитоценоза и повышению выхода зерна с 1 га пашни до 0,17–0,25 т/га (9–15 %). Осенью 2021 года основная обработка почвы южной лесостепи Омской области проведена на площади 0,51 млн. га или на 47% от зональной пашни.

Таблица 1

Влияние разноуровневых агротехнологий на урожайность (т/га) яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири, 2001–2021 гг.

Размещение яровой пшеницы (В)	Агротехнология (фактор А)				Среднее по В НСР ₀₅ – 0,05 т/га
	Экстенсивная (без химизации)	Нормальная (гербициды)	Полуинтенсивная (удобрения+ гербициды)	Интенсивная (комплексная химизация)	
Яровая пшеница по пару	2,05	2,44	2,77	4,02	2,82
Вторая	1,45	1,96	2,34	3,26	2,25
Третья	1,03	1,53	1,83	2,54	1,73
Среднее по А, НСР ₀₅ = 0,07 т/га	1,51	1,98	2,31	3,24	

Agrotechnologies

Table 1

The influence of multi-level agricultural technologies on the yield (t/ha) of spring wheat in the southern forest-steppe of Western Siberia, 2001–2021

Placement of spring wheat (B)	Agrotechnology (factor A)				The average B LSD ₀₅ – 0.05 t/ha
	Extensive (without chemicalization)	Normal (herbicides)	Semi-intensive (fertilizers + herbicides)	Intensive (complex chemicalization)	
Spring wheat by steam	2.05	2.44	2.77	4.02	2.82
Second	1.45	1.96	2.34	3.26	2.25
Third	1.03	1.53	1.83	2.54	1.73
Average for A, LSD ₀₅ – 0.07 t/ha	1.51	1.98	2.31	3.24	

В почвенно-климатических зонах с недостаточным (менее 400 мм) и неустойчивым увлажнением паровой предшественник яровой пшеницы остается пока основой зернового производства вследствие оптимизации почвенного плодородия и агрофитоценоза.

Сравнительная агротехнологическая оценка показала, что системы основной обработки с различной степенью воздействия на верхний слой лугово-черноземных почв, размещение яровой пшеницы в севообороте и комплексная химизация оказывают заметное влияние на элементы почвенного плодородия, состояние агрофитоценоза и продуктивность яровой пшеницы (таблица 2).

Длительными исследованиями установлено, что в верхнем (0–30 см) слое лугово-черноземной почвы под повторными посевами отмечается уплотнение и снижение влагозапасов.

В связи с существенным снижением продуктивности яровой пшеницы и ухудшением водного режима водопотребление на 1 т зерна возрастает в среднем с 93,8 до 177,0 мм, или в 1,9 раза, перед посевом культуры содержание N-NO₃ уменьшается до 8,9 мг/кг, подвижного фосфора – на 15 %, калий остается практически без изменений при высокой обеспеченности почвы относительно пшеницы по паровому предшественнику.

В агрофитоценозе яровой пшеницы в повторных посевах наблюдается повышение удельной

биомассы сорного компонента в среднем до 22,5 % (в 1,6 раза), возрастает инфицированность растений корневыми гнилями до 9,6 %. Развитие листостеблевых болезней на верхнем ярусе листьев (флаговый и подфлаговый) на паровом предшественнике в основном из-за более плотного стеблестоя и повышения в растениях азота усиливается. При нарастании биомассы культуры по паровому предшественнику с 1431 до 2048 г/м² урожайность яровой пшеницы повышается в среднем до 3,08 т/га (в 1,9 раза), клейковина в зерне – с 24,7 до 29,2 %.

Сравнительная оценка элементов плодородия и агрофитоценоза в посевах яровой пшеницы на ресурсосберегающей комбинированной и минимальной обработке почвы свидетельствует, что в последнем повышается до оптимальных параметров уплотнение верхнего слоя (1,10–1,16 г/см³), водопотребление на 1 т зерна возрастает до 146,5 мм (19 %) содержание N-NO₃ уменьшается в среднем до 11,8 мг/кг, изменения в содержании подвижного фосфора и калия незначительные. Биомасса сорного компонента в агрофитоценозе культуры на минимальной обработке повышается в среднем до 19,7 % (на 39 %), инфицированность корневой системы растений – до 10,8 % (на 41 %) в основном на варианте экстенсивной агротехнологии, что способствует снижению урожайности в среднем на 0,19 т/га и клейковины в зерне с 27,7 до 26,2 %.

Таблица 2

Сравнительная агротехнологическая оценка возделывания яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири, 2004–2021 гг.

Агротехнологии

Факторы почвенного плодородия и агрофитоценоза		Вариант химизации	Пшеница			
			По пару		Повторный посев	
			Система обработки почвы			
			Комбинированная	Минимальная	Комбинированная	Минимальная
Биомасса культуры, г/м ²		э	1707	1550	1318	1022
		и	2546	2388	1868	1516
Водопотребление на 1 т зерна, мм		э	109	137	252	290
		и	58	67	74	92
N-NO ₃ (0–40см), мг/кг		э	13,6	14,8	9,2	6,5
		и	20,4	18,1	12,2	7,8
P ₂ O ₅ (0–20см), мг/кг		э	152	142	134	118
		и	228	217	187	191
K ₂ O (0–20см), мг/кг		э	252	263	238	252
		и	258	269	258	268
Биомасса сорняков, %		э	23,0	23,9	35,8	40,8
		и	4,9	6,0	5,3	8,2
Развитие корневых гнилей, %		э	8,4	12,9	8,6	13,8
		и	6,3	7,7	7,3	8,8
Листостебельные болезни	Бурая ржавчина	э	14,4	9,6	12,6	10,5
		и	1,6	2,1	0,9	0,7
	Септориоз	э	7,2	7,7	5,7	5,1
		и	4,2	3,4	2,4	2,6
	Мучнистая росса	э	4,8	5,1	8,7	5,4
		и	2,4	2,0	3,5	2,6
Урожайность, т/га		э	2,09	1,89	0,90	0,69
		и	4,20	4,12	2,36	2,10
Клейковина в зерне, %		э	28,5	27,8	25,4	24,0
		и	31,2	29,1	25,6	23,8

Примечание. Э – экстенсивная агротехнология; и – интенсивная.

Table 2
Comparative agrotechnological assessment of spring wheat cultivation in the southern forest-steppe of Western Siberia, 2004–2021

Factors of soil fertility and agrophytocenosis		Chemization option	Wheat			
			Fallow		Re-seeding	
			Soil treatment system			
			Combined	Minimum	Combined	Minimum
Crop biomass, g/m ²		e	1707	1550	1318	1022
		i	2546	2388	1868	1516
Water consumption per 1 ton of grain, mm		e	109	137	252	290
		i	58	67	74	92
N-NO ₃ (0–40 cm), mg/kg		e	13.6	14.8	9.2	6.5
		i	20.4	18.1	12.2	7.8
P ₂ O ₅ (0–20 cm), mg/kg		e	152	142	134	118
		i	228	217	187	191
K ₂ O (0–20 cm), mg/kg		e	252	263	238	252
		i	258	269	258	268
Weed biomass, %		e	23.0	23.9	35.8	40.8
		i	4.9	6.0	5.3	8.2
Development of root rot, %		e	8.4	12.9	8.6	13.8
		i	6.3	7.7	7.3	8.8
Leaf-stem diseases	Brown rust	e	14.4	9.6	12.6	10.5
		i	1.6	2.1	0.9	0.7
	Septoria	e	7.2	7.7	5.7	5.1
		i	4.2	3.4	2.4	2.6
	Powdery rossa	e	4.8	5.1	8.7	5.4
		i	2.4	2.0	3.5	2.6
Yield, t/ha		e	2.09	1.89	0.90	0.69
		i	4.20	4.12	2.36	2.10
Gluten in grain, %		e	28.5	27.8	25.4	24.0
		i	31.2	29.1	25.6	23.8

Note. E – extensive agricultural technology; i – intensive agricultural technology.

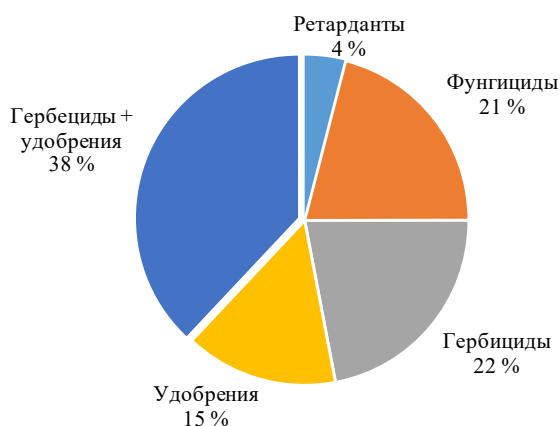


Рис. 1. Долевое участие (%) факторов интенсификации в повышении урожайности (зернопаровой севооборот, южная лесостепь), 2004–2020 гг.

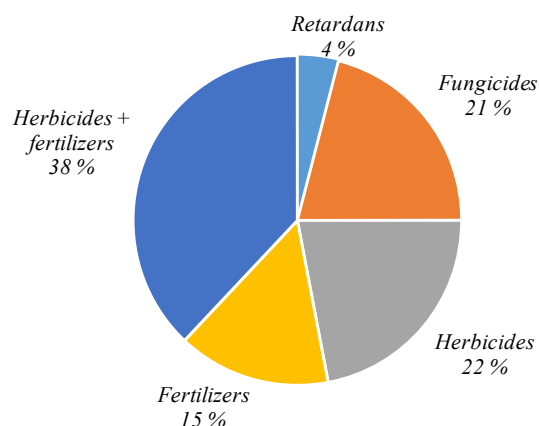


Fig. 1. Share participation (%) of intensification factors in increasing yields (grain-pair crop rotation, southern forest-steppe), 2004–2020

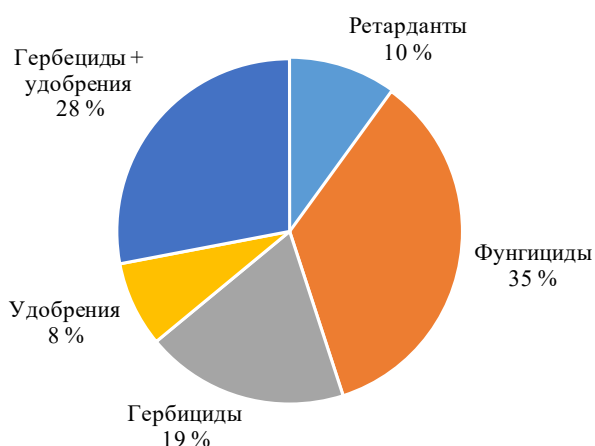


Рис. 2. Долевое участие (%) факторов интенсификации в повышении урожайности яровой пшеницы по пару (зернопаровой севооборот, южная лесостепь), 2004–2020 гг.

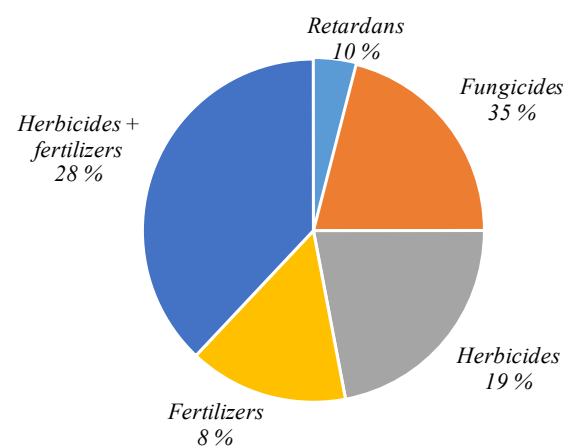


Fig. 2. The share participation (%) of intensification factors in increasing the yield of spring wheat by steam (grain-pair crop rotation, southern forest-steppe), 2004–2020

Интенсивная агротехнология возделывания яровой пшеницы с комплексным применением удобрений и средств защиты растений способствует наиболее существенным положительным изменениям плодородия черноземной почвы и состояния агрофитоценоза. При общем повышении биомассы культуры до 2080 т/м², (на 49 %) водопотребление яровой пшеницы на 1 т зерна снижается в среднем до 73 мм (в 2,7 раза), оптимизируется питательный режим почвы. Интенсивная технология возделывания способствует существенному снижению засоренности агрофитоценоза – в среднем до 6,1 % (в 5,1 раза), развитию корневых гнилей – с 10,9 до 7,5 %. Поражение верхнего яруса листьев яровой пшеницы бурой ржавчиной при своевременной обработке фунгицидами снижается в среднем с 11,8 до 1,3 % (в 9,1 раза), септориозом – с 6,4 до 3,1 % (в 2,1 раза), мучнистой росой – с 5,2 до 2,6 % (в 2,0 раза), что приводит в конечном итоге к повышению продуктивности культуры на повторном посеве – до 2,23 т/га, паровом предшественнике – до 4,16 т/га при оптимизации технологических па-

раметров зерна. Остатки экотоксикантов в почве и зерне не обнаружены.

Наблюдениями установлено, что после освоения целинных и залежных земель в 60-е годы сложившиеся агроценозы с насыщением зерновыми культурами по сравнению природными системами стали обладать неустойчивостью противостоять сорнякам, вредителям и многочисленными инфекциями. По оценке ученых, современному растениеводству причиняется ущерб от недобора продукции от 8 000 видов сорняков, вредителей и болезней до 40–45 % с потерей урожая более 100 млн тонн [9; 10]. Выявленные ранее потери зерна от листовых инфекций в Сибирском регионе в 10–15 % потенциальной продуктивности явно занижены. К сожалению, иммунная устойчивость сортов культуры к фитопатогенам защищает новые сорта не более 5–8 лет [11; 12].

В этой связи наиболее радикальным способом борьбы с листовыми инфекциями является обработка посевов системными фунгицидами. В 2001 году площадь посевов, обработанных фунгицидами, составила в Омской области 494 тыс. га.

Таблица 3
Влияние комплексной химизации и предшественника на качество зерна яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири, 2005–2019 гг.

Размещение яровой пшеницы после пара	Качество зерна					Урожайность, т/га
	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Стекловидность, %	Содержание, %		
				Белок	Клейковина	
Экстенсивная агротехнология						
Первая пшеница	32,2	740	50	13,6	27,5	2,08
Вторая пшеница	32,4	752	45	12,6	25,1	1,49
Третья пшеница	30,6	747	41	12,0	23,9	1,08
Среднее	31,7	746	45	12,7	25,5	1,55
Интенсивная агротехнология						
Первая пшеница	35,6	750	51	14,6	29,4	3,98
Вторая пшеница	36,1	761	48	13,5	27,0	3,26
Третья пшеница	35,1	762	49	13,1	26,4	2,08
Среднее пшеница	35,6	758	49	13,7	27,6	3,11

Table 3
Effect of complex chemicalization and precursor on the quality of spring wheat grain in the southern forest-steppe of Western Siberia, 2005–2019

Placement of spring wheat after steam	Grain quality					Yield, t/ha
	Weight of 1000 grains, g	Nature, g/l	Glassness, %	Content, %		
				Protein	Gluten	
Extensive agricultural technology						
First wheat	32.2	740	50	13.6	27.5	2.08
Second wheat	32.4	752	45	12.6	25.1	1.49
Third wheat	30.6	747	41	12.0	23.9	1.08
Average	31.7	746	45	12.7	25.5	1.55
Intensive agricultural technology						
First wheat	35.6	750	51	14.6	29.4	3.98
Second wheat	36.1	761	48	13.5	27.0	3.26
Third wheat	35.1	762	49	13.1	26.4	2.08
Average	35.6	758	49	13.7	27.6	3.11

Длительными исследованиями, проведенными в стационарном севообороте южно-лесостепной зоны Западной Сибири, установлено, что долевой вклад компонентов химизации в повышение урожайности яровой пшеницы неравноценен. Прибавки зерна культуры в севообороте проявляются в различной степени и располагаются в возрастающей последовательности: ретарданты (0,09 т/га – 4 %) – удобрения (0,31 т/га – 15 %) – фунгициды (0,44 т/га – 21 %) – гербициды (0,46 т/га – 22 %) – гербициды + удобрения (0,78 т/га – 38 %). Яровая пшеница, возделываемая по паровому предшественнику, имеет более плотный стеблевой и облиственность верхнего яруса, повышенное содержание азота, сильнее поражается листовыми инфекциями. В этой связи прибавки зерна, особенно во влажные годы с повышенным поражением растений листовыми болезнями, в том числе и стеблевой ржавчиной (2002, 2007, 2008, 2015, 2016, 2019, 2020 гг.), составляют 0,5–1,2 т/га и более. В засушливые годы (ГТК менее 0,70) при ограниченном проявлении

стеблевых инфекций (2021–2022 гг.) прибавки зерна от фунгицидной обработки посевов не превышают 0,20–0,32 т/га (9–15%), что показано на рис. 1, 2.

В последние 25–30 лет в России наблюдается негативная тенденция ухудшения качественных параметров зерна, в первую очередь клейковины. Так, если в доперестроечные 80-е годы в стране производство зерна пшеницы III класса составляло до 80 %, то в настоящее время его заготовка снизилась до 40–45 %. В Омской области, которая славилась в 70–80-е гг. производством высококачественного зерна (премия Совета министров СССР в 1982 г.) в последние годы (2019–2021 гг.) заготовка зерна яровой пшеницы III класса уменьшалась до 35–40 %, а IV–V – составила более 55 %. Причинами ухудшения технологических свойств зерна яровой пшеницы являются нарушение зональных агротехнологий возделывания ведущей культуры, сокращение качественных предшественников, в том числе паров, посевов зернобобовых культур, крайне низкое применение минеральных удобрений (до 15–20 кг/га),

снижение плодородия черноземных почв, расширение в условиях экстенсивного земледелия «нулевых» обработок почвы, высокая засоренность и инфицированность посевов, некачественные сорта [13–15].

Исследованиями установлено, что интенсивная агротехнология возделывания яровой пшеницы с ограниченной дозой удобрений (до 60 кг/га) и средств защиты растений вносят основной вклад в повышение урожайности и технологических параметров зерна – 30–35 %, предшественники – до 20–25 %, погодные условия вегетационного периода – 18–20 %, система обработки почвы в севообороте – 10–12 %.

Наблюдения показали, что при удалении посевов яровой пшеницы от парового предшественника установлена устойчивая закономерность существенного снижения белковости зерна на 10–12 %, содержания клейковины – до 23,9–26,4 % (на 11–17 %), стекловидности – до 41–49 % при практически неизменных показателях натурной массы и 1000 зерен (таблица 3).

Интенсивная агротехнология возделывания яровой пшеницы с применением ограниченных доз удобрений и средств защиты растений способствовала повышению массы 1000 зерен в среднем до 35,6 т (на 12,3 %), натуре – до 758 г/л, стекловидности – в среднем до 49,3 % (на 9 %), белковости – на 13,7 % и клейковины в зерне – до 27,6 %. Рациональное применение средств интенсификации не приводило к накоплению в почве и зерне экотоксикантов.

Обсуждения и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, урожайность и качество зерна яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири во многом определяются зональной агротехнологией. Основная доля в прибавках качественного зерна приходится на удобрения и гербициды (31 %), в последние годы – на фунгициды 36 %, особенно на паровом предшественнике [16–18]. При преобладающих экстенсивных агротехнологиях паровой предшественник и рациональная ресурсосберегающая система обработки почвы остаются положительным фактором повышения урожайности и качества зерна. Интенсивная агротехнология способствует повышению биомассы культуры до 2080 г/м² (на 49 %), снижению водопотребления на 1 т зерна – до 73 мм (в 2,7 раза) оптимизации питательного режима, снижает долю сорного компонента в агрофитоценозе до 6,1 % (в 5,1 раза), уменьшению поражения растений корневыми гнилями, листовыми инфекциями (в 2,1–9,1 раза) при существенном росте продуктивности и оптимизации технологических свойств зерна. Масса 1000 зерен при комплексной химизации повышалась в среднем до 35,6 г (на 12,3 %), натура – до 758 т/л, стекловидность – до 49,3 %, белковость – до 13,7 %, клейковина в зерне – до 27,6 %. Комплексными исследованиями выявлены резервы повышения продуктивности и качества зерна яровой мягкой пшеницы в южно-лесостепных агроландшафтах западной Сибири, установлен долевым вкладом компонентов химизации в повышение урожайности качественного зерна. Длительное рациональное применение средств химизации не приводит к накоплению в почве и зерне экотоксикантов.

Библиографический список

1. Кутилкин В. Г. Влияние основной обработки почвы на ее физические свойства, фитосанитарное состояние посевов и урожайность яровой пшеницы // Инновационные технологии в земледелии и растениеводстве: сборник международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию доктора сельскохозяйственных наук Юшкевича Леонида Витальевича. Омск, 2022. С. 115–121.
2. Илюшкина О. В. Влияние минеральных удобрений на продуктивность полевых севооборотов и вынос питательных веществ из почвы с урожаем в условиях Западно-Сибирского Нечерноземья // Инновационные технологии в земледелии и растениеводстве: сборник международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию доктора сельскохозяйственных наук Юшкевича Леонида Витальевича. Омск, 2022. С. 37–43.
3. Абрамов Н. В., Семизоров С. А., Оксукбаева А. М. Основная обработка почвы в системе инновационных технологий возделывания зерновых // Инновационные технологии в земледелии и растениеводстве: сборник международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию доктора сельскохозяйственных наук Юшкевича Леонида Витальевича. Омск, 2022. С. 276–286.
4. Юшкевич Л. В., Чибис В. В. [и др.] Оптимизация полевых севооборотов и структуры пашни при возделывании яровой пшеницы Омской области: рекомендации. Омск: изд-во ИП Макшеева Е. А., 2020. 44 с.
5. Соколов А. В. Агротехнологические методы исследования почв. Москва: Наука, 1975. 656 с.
6. Ющенко Д. Н. Борьба с сорняками при возделывании пшеницы в зернопаровом севообороте по нулевой технологии // Инновационные технологии в земледелии и растениеводстве: сборник международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию доктора сельскохозяйственных наук Юшкевича Леонида Витальевича. Омск, 2022. С. 154–163.

7. Торопова Е. Ю. [и др.]. Фитосанитарные последствия приемов обработки почвы в лесостепи Западной Сибири // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2012. № 3 (28). С. 86–91.
8. Хамова О. Ф. [и др.]. Биологическая активность лугово-черноземных почв Омского Прииртышья: монография. Омск: Омскбланкиздат, 2019. 96 с.
9. Юшкевич Л. В., Хамова О. Ф., Щитов А. Г., Шулико Н. Н., Тукмачева Е. В. Агроэкологические особенности возделывания ячменя в лесостепи Западной Сибири // Плодородие. 2019. № 4 (109). С. 42–46. DOI: 10.25680/S19948603.2019.109.14.
10. Усенко В. И. Продуктивность агроценозов и качество зерна пшеницы в зависимости от обработки почвы и средств интенсификации // Земледелие. 2018. № 8. С. 30–33. DOI: 10.24411/0044-39.
11. Романов В. Н., Шевырногов А. П., Ивченко В. К., Полосина В. А. [и др.]. Влияние минимальной обработки на структурное состояние почвы // Вестник КрасГАУ. 2022. № 5 (182). С. 58–60. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-58-65.
12. Пахотина И. В. [и др.] Формирование качества зерна яровой мягкой пшеницы в зависимости от предшественника и средств химизации // Известия Оренбургского ГАУ. 2018. № 1 (69). С. 28–31.
13. Федоренко В. Ф., Завалина А. А., Милащенко Н. З. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы. Москва: Росинформатех, 2018. 396 с.
14. Скороходов В. Ю., Кафтан Ю. В., Зоров А. А., Максютков Н. А., Зенкова Н. А. Стабилизация плодородия почвы и повышение продуктивности севооборотов // Плодородие. 2022. № 5 (128). С. 16–20. DOI: 10.25680/S19948603.2022.128.04.
15. Якушев В. П., Канаш Е. В., Русаков Д. В., Якушев В. В., Блохина С. Ю., Петрушин А. Ф., Блохин Ю. И., Митрофанова О. А., Митрофанов Е. П. Корреляционные зависимости между вегетационными индексами, урожаем зерна и оптическими характеристиками листьев пшеницы при разном содержании в почве азота и густоте посева // Сельскохозяйственная биология. 2022. № 1. С. 98–112. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.1.98rus.
16. Сыздыкова Г. Т., Серета С. Г., Малицкая Н. В. Подбор сортов яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по адаптивности к условиям степной зоны Акмолинской области Казахстана // Сельскохозяйственная биология. 2018. № 1. С. 103–110. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.103rus.
17. Кем А. А. [и др.]. Совершенствование способов посева зерновых в Западной Сибири // Зерновое хозяйство. 2007. № 1. С. 17–19.
18. Reckling M., Hecker J.-M., Bergkvist G., Watson C., Zander P., Stoddard F., Eory V., Topp K., Maire J., Bachinger J. A cropping system assessment framework - evaluating effects of introducing legumes into crop rotations // European Journal of Agronomy. 2016. Vol. 76. Pp. 186–197. DOI: 10.1016/J.EJA.2015.11.005.

Об авторах:

Леонид Витальевич Юшкевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией ресурсосберегающих агротехнологий, Омский аграрный научный центр, Омск, Россия; ORCID 0000-0002-6203-10787, AuthorID 488080. E-mail: yushkevitchLV@yandex.ru

Денис Николаевич Ющенко, старший научный сотрудник, Омский аграрный научный центр, Омск, Россия; ORCID 0000-0002-7387-8055, AuthorID 1122180. E-mail: yushchenko@anc55.ru

Александр Григорьевич Щитов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Омский аграрный научный центр, Омск, Россия; ORCID 0000-0002-2496-5830, AuthorID 486110. E-mail: shchitov@mail.ru

Светлана Петровна Кашинская, научный сотрудник, Омский аграрный научный центр, Омск, Россия; ORCID 0000-0002-3567-2670, AuthorID 644012. E-mail: s.kashinskaya@anc55.ru

References

1. Kutilkin V. G. The effect of basic tillage on its physical properties, the phytosanitary condition of crops and the yield of spring wheat. *Innovative technologies in agriculture and crop production: collection of international scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of doctor of agricultural sciences Leonid Vitalievich Yushkevich*. Omsk, 2022. Pp. 115–121. (In Russ.)
2. Ilyushkina O. V. The effect of mineral fertilizers on the productivity of field crop rotations and the removal of nutrients from the soil with harvest in the conditions of the West Siberian Non-Chernozem region. *Innovative technologies in agriculture and crop production: collection of international scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of doctor of agricultural sciences Leonid Vitalievich Yushkevich*. Omsk, 2022. Pp. 37–43. (In Russ.)

3. Abramov N. V., Semizorov S. A., Oksukbaeva A. M. The main tillage in the system of innovative technologies of grain cultivation. *Innovative technologies in agriculture and crop production: collection of international scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of doctor of agricultural sciences Leonid Vitalievich Yushkevich*. Omsk, 2022. Pp. 276–286. (In Russ.)
4. Yushkevich L. V., Chibis V. V. et al. Optimization of field crop rotations and arable land structure in the cultivation of spring wheat in the Omsk region: rekomendatsii. Omsk: izd-vo IP Maksheeva E. A., 2020. 44 p. (In Russ.)
5. Sokolov A. V. Agrotechnological methods of soil research. Moscow: Nauka, 1975. 656 p. (In Russ.)
6. Yushchenko D. N. Weed control in the cultivation of wheat in the grain-steam crop rotation using zero technology. *Innovative technologies in agriculture and crop production: collection of international scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of doctor of agricultural sciences Leonid Vitalievich Yushkevich*. Omsk, 2022. Pp. 154–163. (In Russ.)
7. Toropova E. Yu. et al. Phytosanitary consequences of tillage techniques in the forest-steppe of Western Siberia. *Bulletin of the BSSA named after V. R. Filippov*. 2012; 3 (28): 86–91. (In Russ.)
8. Khamova O. F. et al. Biological activity of meadow-chernozem soils of the Omsk Irtysh region: monograph. Omsk: Omskblankizdat, 2019. 96 p. (In Russ.)
9. Yushkevich L. V., Khamova O. F., Shchitov A. G., Shuliko N. N., Tukmacheva E. V. Agroecological features of barley cultivation in the forest-steppe of Western Siberia. *Plodorodie*. 2019; 4 (109): 42–46. DOI: 10.25680/S19948603.2019.109.14. (In Russ.)
10. Usenko V. I. Productivity of agrocenoses and quality of wheat grain depending on tillage and means of intensification: *Zemledelie*. 2018; 8: 30–33. DOI: 10.24411/0044-39. (In Russ.)
11. Romanov V. N., Shevyrnogov A. P., Ivchenko V. K., Polosina V. A. et al. The effect of minimal tillage on the structural condition of the soil. *Vestnik KrasGAU*. 2022; 5 (182): 58–60. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-58-65. (In Russ.)
12. Pakhotina I. V. et al. Formation of the grain quality of spring soft wheat depending on the precursor and the means of chemicalization. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2018; 1 (69): 28–31. (In Russ.)
13. Fedorenko V. F., Zavalina A. A., Milashchenko N. Z. Стабилизация плодородия почвы и повышение продуктивности севооборотов. Moscow: Rosinformatekh, 2018. 396 p. (In Russ.)
14. Skorokhodov V. Yu., Kaftan Yu. V., Zorov A. A., Maksyutov N. A., Zenkova N. A. The possibility of stabilizing soil fertility and increasing crop rotation productivity by saturation with intermediate crops and sideral steam. *Plodorodie*. 2022; 5 (128): 16–20. DOI: 10.25680/S19948603.2022.128.04. (In Russ.)
15. Yakushev V. P., Kanash E. V., Rusakov D. V., Yakushev V. V., Blokhina S. Yu., Petrushin A. F., Blokhin Yu. I., Mitrofanova O. A., Mitrofanov E. P. Correlations between vegetation indices, grain yield and optical characteristics of wheat leaves with different nitrogen content in the soil and sowing density. *Agricultural biology*. 2022; 1: 98–112. DOI: 10.15389/agrobiol.2022.1.98. (In Russ.)
16. Syzdykova G. T., Sereda S. G., Malitskaya N. V. Selection of varieties of spring soft wheat (*Triticum aestivum* L.) according to adaptability to the conditions of the steppe zone of the Akmola region of Kazakhstan: *Agricultural biology*. 2018; 1: 103–110. DOI: 10.15389/agrobiol.2018.1.103. (In Russ.)
17. Kem A. A. et al. Improvement of grain sowing methods in Western Siberia: *Grain Economy of Russia*. 2007; 1: 17–19. (In Russ.)
18. Reckling M., Hecker J.-M., Bergkvist G., Watson C., Zander P., Stoddard F., Eory V., Topp K., Maire J., Bachinger J. A cropping system assessment framework – evaluating effects of introducing legumes into crop rotations: *European Journal of Agronomy*. 2016; 76: 186–197. DOI: 10.1016/J.EJA.2015.11.005. (In Russ.)

Authors' information:

Leonid V. Yushkevich, doctor of agricultural sciences, chief researcher, head, laboratory of resource-saving agricultural technologies, Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia; ORCID 0000-0002-6203-10787, AuthorID 488080. E-mail: yushkevitchLV@yandex.ru

Denis N. Yushchenko, senior researcher, Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia; ORCID 0000-0002-7387-8055, AuthorID 1122180. E-mail: yushchenko@anc55.ru

Aleksandr G. Shchitov, candidate of agricultural sciences, leading researcher, Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia; ORCID 0000-0002-2496-5830, AuthorID 486110. E-mail: shchitov@mail.ru

Svetlana P. Kashinskaya, research associate, Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia; ORCID 0000-0002-3567-2670, AuthorID 644012. E-mail: s.kashinskaya@anc55.ru