

---

Научная статья/Research Article

УДК 631.46 : 631.5 : 631.8 : 632.95

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-7-12-21

Наталья Николаевна Шулико<sup>1✉</sup>, Ольга Федоровна Хамова<sup>2</sup>, Леонид Витальевич Юшкевич<sup>3</sup>, Елена Васильевна Тукмачева<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

<sup>1</sup>shuliko@anc55.ru

<sup>2</sup>hamova@anc55.ru

<sup>3</sup>yushkevich@anc55.ru

<sup>4</sup>tukmacheva@anc55.ru

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ

Цель исследования – установление направленности мобилизационных процессов и количественных изменений почвенной биоты при длительном применении ресурсосберегающих обработок лугово-черноземной почвы. Исследование проводилось в многолетнем (заложен в 1973 г.) стационарном опыте в зернопаровом севообороте (пар – пшеница – пшеница – пшеница – ячмень) под культурой пшеницы (третья после пара) в ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» в южной лесостепи Западной Сибири. Установлены параметры изменения численности отдельных физиологических групп микроорганизмов и показателей биологической активности лугово-черноземной почвы под третьей пшеницей после пара при агротехнологиях с различным уровнем интенсификации, включая минимально-нулевую систему обработки почвы в севообороте. В отдельные периоды 2020 и 2021 гг. при хорошем увлажнении почвы, наличии значительного количества растительных остатков в варианте с минимально-нулевой обработкой численность олигонитрофилов, фосфатмобилизующих бактерий возрастала до 200,0–451,0 млн КОЕ/г. Применение средств комплексной химизации существенно повлияло на численность нитрифицирующих бактерий в почве. Доля влияния фактора интенсификации при этом составляла 62,7 %. Наибольшее количество нитрификаторов наблюдалось при применении средств комплексной химизации (1,46–2,02 тыс. КОЕ/г), по мере сокращения интенсивности обработки почвы оно уменьшалось. Многолетняя минимизация обработки лугово-черноземной почвы способствовала накоплению растительных остатков в пахотном слое, что оказало определяющее влияние на ее биологические свойства. Общее суммарное количество определяемых микроорганизмов в среднем за 2019–2021 гг. было наиболее высоким при минимальной обработке, превысив вспашку на 68,5 %. За годы исследования по вариантам применения средств интенсификации и на контрольном фоне наибольшая урожайность зерна получена при отвальной системе обработки почвы, с превышением над минимально-нулевой на 0,27 т/га (9 %).

**Ключевые слова:** микробиологическая активность, средства химизации, обработка почвы, агроценоз, минеральные удобрения, пестициды, урожайность, пшеница

**Для цитирования:** Биологическая активность лугово-черноземной почвы в зависимости от системы обработки почвы и применения средств химизации / Н.Н. Шулико [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 7. С. 12–21. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-7-12-21.

Natalia Nikolaevna Shuliko<sup>1✉</sup>, Olga Fedorovna Khamova<sup>2</sup>, Leonid Vitalievich Yushkevich<sup>3</sup>, Elena Vasilievna Tukmacheva<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russia

<sup>1</sup>shuliko@anc55.ru

<sup>2</sup>hamova@anc55.ru

<sup>3</sup>yushkevich@anc55.ru

<sup>4</sup>tukmacheva@anc55.ru

**MEADOW-CHERNOZEM SOIL BIOLOGICAL ACTIVITY DEPENDING ON THE TILLAGE SYSTEM AND THE CHEMICALS USE**

*The purpose of the study is to establish the direction of mobilization processes and quantitative changes in soil biota during long-term use of resource-saving treatments of meadow chernozem soil. The study was carried out in a long-term (established in 1973) stationary experiment in grain-fallow crop rotation (fallow – wheat – wheat – wheat – barley) under wheat (third after fallow) in the Omsk Agrarian Research Center in the southern forest-steppe of Western Siberia. The parameters of changes in the number of individual physiological groups of microorganisms and indicators of the biological activity of the meadow-chernozem soil under the third wheat after fallow under agricultural technologies with different levels of intensification, including the minimum-zero tillage system in crop rotation, were established. In separate periods of 2020 and 2021 with good soil moisture, the presence of a significant amount of plant residues in the variant with minimal-zero tillage, the number of oligonitrophils, phosphate-mobilizing bacteria increased to 200.0–451.0 million CFU/g. The use of complex chemicals significantly affected the number of nitrifying bacteria in the soil. The share of influence of the intensification factor in this case was 62.7 %. The largest amount of nitrifiers was observed when using complex chemicals (1.46–2.02 thousand CFU/g), as the intensity of tillage decreased, it decreased. The long-term minimization of the cultivation of the meadow-chernozem soil contributed to the accumulation of plant residues in the arable layer, which had a decisive influence on its biological properties. The total cumulative number of detected microorganisms on average for 2019–2021 was the highest with minimal tillage, exceeding plowing by 68.5 %. Over the years of research on the options for the use of means of intensification and against the control background, the highest grain yield was obtained with a moldboard tillage system, exceeding the minimum-zero one by 0.27 t/ha (9 %).*

**Keywords:** *microbiological activity, chemicals, tillage, agrocenosis, mineral fertilizers, pesticides, productivity, wheat*

**For citation:** Meadow-chernozem soil biological activity depending on the tillage system and the chemicals use / N.N. Shuliko [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(7): 12–21. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-7-12-21.

**Введение.** Основной резерв повышения урожайности и устойчивости производства зерна в регионе с преобладающим экстенсивным земледелием – совершенствование зональной структуры использования пашни, рациональный выбор более продуктивных севооборотов, обработки почвы, средств химизации, качественных сортов [1].

Посевы ведущей зерновой культуры – яровой пшеницы составляют (2021 г.) 1,46 млн га, или 71,8 % от площади зерновых. Нарушение агротехнологий, ограниченный выбор предшественников и полевых севооборотов, высокий удельный вес повторных и бессменных посевов яровой пшеницы способствуют снижению урожайности и ухудшению технологических параметров зерна [2, 3].

В настоящее время повторные посевы яровой пшеницы (два года и более) занимают около 30 % площади (более 500 тыс. га). Значительная площадь повторных посевов, особенно при экстенсивной технологии возделывания, приводит к снижению урожайности и качества

зерна, почвенного плодородия, повышению засоренности полей [4].

В нашей стране и за рубежом проведено значительное количество исследований по влиянию средств интенсификации на биологическую активность почв. Установлено, что внесение удобрений не только не угнетает, а, напротив, увеличивает численность агрономически важных физиологических групп почвенных микроорганизмов – аммонифицирующих, нитрифицирующих, денитрифицирующих бактерий и целлюлозоразрушающих микроорганизмов [5].

Установление закономерностей изменения биологической активности почвы при длительном применении энергосберегающих обработок в интенсивном земледелии – необходимая предпосылка оптимизации ее экологического состояния, обоснования рациональных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

**Цель исследований** – установление направленности мобилизационных процессов и количественных изменений почвенной биоты, определение урожайности третьей пшеницы после пара без внесения удобрений и примене-

ния химизации, а также при использовании средств комплексной химизации в различных вариантах обработки почвы.

**Объекты и методы.** Исследования проводили в длительном стационарном опыте в зернопаровом севообороте (пар-пшеница-пшеница-пшеница-ячмень) лаборатории ресурсосберегающих агротехнологий Омского АНЦ в течение 2019–2021 гг.

Опыт включал 9 вариантов агротехнологий: три варианта средств интенсификации и три системы обработки почвы. Варианты интенсификации (фактор А): контроль – без средств химизации (К); гербициды + удобрения  $N_{30}P_{30}$  (ГУ); комплексная химизация – совместное применение удобрений, гербицидов, фунгицидов и ретардантов (КХ). Системы обработки почвы (фактор В): *отвальная* на глубину 20–22 см ежегодно; *плоскорезная* – плоскорезная обработка на глубину 10–12 см под все культуры; *минимально-нулевая* – в паровом поле культивация на глубину до 8–10 см, в остальных полях без обработки.

Высевали среднеранний сорт яровой пшеницы Омская 36 посевным комплексом Selford, обеспечивающим более равномерное распределение семян по глубине и площади питания [6].

Почва опытного участка – лугово-черноземная среднесуглинистая с содержанием гумуса до 7 %. Сумма обменных катионов составляет 32,1 мг-экв/100 г почвы, заметно уменьшаясь вниз по профилю. В составе катионов преобладает кальций (88,7 %), магния – 10,6 % от общей емкости поглощения, натрия практически нет (до 1 мг-экв/100 г), показатель рНвод – 6,8 [7].

Учет численности микроорганизмов проводили в свежих почвенных образцах методом посева на стандартные питательные среды: мясопептонный агар (МПА) – для подсчета бактерий, разлагающих органические азотсодержащие соединения, в т. ч. аммонификаторов; крахмало-аммиачный агар (КАА) – для микроорганизмов, потребляющих азот в минеральной форме ( $NH_3$ ); среда Мишустинной – для олигонитрофилов; среда Муромцева – для бактерий, разлагающих труднодоступные минеральные фосфаты  $Ca_3(PO_4)_2$ ; выщелоченный агар с добавлением двойной аммонийно-магниевой соли фосфорной кислоты – для нитрифицирующих бактерий; среда Гетчинсона – для целлюлозоразлагающих микроорганизмов; подкисленная среда Чапека – для грибов [8]. Целлюлозолити-

ческая активность почвы определялась аппликационным методом в полевых условиях по Л.Д. Тихомировой [9].

Результаты исследований математически обработаны с использованием дисперсионного анализа [10].

Погодные условия вегетационного периода 2019 г. были близки к среднесреднегодным (ГТК = 0,99), 2020 и 2021 гг. характеризовались засушливостью (ГТК 0,60 и 0,70 соответственно).

**Результаты и их обсуждение.** Длительные исследования, проведенные в стационарном севообороте, показали, что продуктивность яровой пшеницы во многом определяется удаленностью культуры от парового поля, системой обработки почвы и комплексным применением средств химизации.

Различные системы обработки почвы, отличающиеся по степени интенсивности воздействия на верхний слой черноземных почв и комплексное применение средств химизации, оказывают существенное влияние на показатели почвенного плодородия, в т. ч. на биологическую активность почвы и урожайность яровой пшеницы.

Исследованиями 2012–2014 гг. установлено, что при повторных посевах яровой пшеницы численность микроорганизмов отдельных групп изменяется примерно в тех же пределах, что и после парового предшественника (бактерии сапрофиты на МПА, потребляющие минеральный азот на КАА и др.). Наиболее значительной была разница под пшеницей по различным предшественникам в количестве нитрифицирующих бактерий. Было отмечено, что низкая обеспеченность повторных посевов азотом нитратов в отличие от парового предшественника связана не только с их высокой засоренностью, но и с меньшим количеством нитрификаторов в почве [11].

В 2019 г. отмечалась высокая численность нитрифицирующих бактерий в почве – 2,2–4,9 тыс. КОЕ/г. Погодные условия вегетационного периода 2019 г. были близки к среднесреднегодной норме по количеству выпавших осадков и температуре воздуха (ГТК = 0,99), что благоприятно повлияло на деятельность нитрификаторов.

В засушливых условиях лета 2020 и 2021 гг. численность этой группы бактерий резко уменьшилась. В среднем за 2019–2021 гг. наблюдалась тенденция снижения количества бактерий при минимизации обработки почвы на интенсивных фонах. Доля влияния фактора хи-

мизации (А) на количество нитрификаторов составила 62,7 %, в то время как влияние фактора системы обработки почвы (В) было равно 20 %.

Применение минимально-нулевой обработки достоверно повышало численность бактерий-сапрофитов на МПА, разлагающих органические азотсодержащие соединения в почве, по сравнению со вспашкой, что можно объяснить большим количеством растительных остатков при минимизации обработки, но практически не отразилось на величине показателя при плоскорезной системе обработки почвы.

Использование гербицидов для борьбы с сорняками в сочетании с удобрениями положительно повлияло на количество аммонификаторов при вспашке, плоскорезной и минимально-нулевой обработках в сравнении с контролем. Применение комплексной химизации существенно увеличило численность сапрофитных бактерий при почвозащитных обработках по отношению к вспашке. Возможно, причиной этого была высокая засоренность этих вариантов опыта и

большее по сравнению с отвальной обработкой количество отмершей фитомассы [12].

Доля влияния фактора химизации при учете численности бактерий, растущих на МПА, составляла 41,8 %, а фактора обработки почвы – 48,3 %. Таким образом, система обработки почвы и применение средств комплексной химизации практически в равной степени влияли на численность сапрофитов под повторным посевом яровой пшеницы.

Количество микроорганизмов, растущих на крахмало-аммиачном агаре, при экстенсивной технологии возделывания яровой пшеницы достоверно увеличилось при почвозащитных ресурсосберегающих обработках – на 31–63 % в сравнении со вспашкой, что, видимо, связано с большим количеством стерни и растительных остатков. Доля влияния системы обработки почвы составляла для этой группы почвенных микроорганизмов 85 %. Влияние применения средств химизации было очень мало – 0,30 % (табл. 1).

Таблица 1

**Численность микроорганизмов под посевом третьей пшеницы в зависимости от технологии возделывания (слой 0–20 см), КОЕ/г**

Группа микроорганизмов	Год	Вариант									НСП <sub>05</sub> А,В	НСП <sub>05</sub> АВ
		Отвальная			Плоскорезная			Минимально-нулевая				
		К	ГУ	КХ	К	ГУ	КХ	К	ГУ	КХ		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Бактерии-сапрофиты, на МПА, млн	2019	22,5	29,4	25,5	31,7	37,2	30,2	24,0	34,1	30,7	4,6	7,9
	2020	22,0	30,8	28,8	18,6	27,0	33,1	37,1	33,1	35,5		
	2021	28,7	33,5	29,7	33,2	43,3	36,3	36,5	30,9	34,0		
	Среднее	24,4	31,2	28,0	27,8	35,8	33,2	32,5	32,7	33,4		
Микроорганизмы на КАА, млн	2019	15,6	19,3	20,4	26,9	22,4	22,8	19,4	22,0	21,6	5,2	9,0
	2020	17,5	21,4	18,5	13,3	18,9	20,0	31,2	31,8	19,7		
	2021	20,8	24,6	24,8	30,6	30,7	31,9	37,2	20,7	35,2		
	Среднее	18,0	21,8	21,2	23,6	24,0	24,9	29,3	24,8	25,5		
Олигонитрофилы, млн	2019	56,5	53,0	73,0	81,3	89,6	103,3	84,7	83,2	84,2	61,6	106,8
	2020	169,3	123,6	53,5	93,9	190,8	205,4	451,3	172,0	114,1		
	2021	105,9	129,2	101,4	118,1	139,6	131,1	211,3	73,8	180,5		
	Среднее	110,6	101,9	76,0	97,8	140,0	146,6	249,1	109,7	126,3		
Фосфатмобилизующие, млн	2019	52,9	55,7	60,8	77,7	57,4	85,8	74,3	86,9	77,9	37,4	64,9
	2020	194,2	144,1	66,5	106,7	83,9	81,7	187,7	230,1	90,9		
	2021	82,5	87,9	77,4	107,7	89,9	87,6	133,7	76,7	139,4		
	Среднее	109,9	95,9	68,2	97,4	77,1	85,0	131,9	131,2	102,7		

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Микроскопические грибы, тыс.	2019	28,0	34,0	32,2	36,4	55,2	62,6	48,9	42,5	67,6	10,4	17,9
	2020	31,1	37,1	32,2	47,2	59,4	58,2	65,5	66,3	79,1		
	2021	31,4	56,1	23,7	64,5	31,9	41,8	59,3	43,5	67,2		
	Среднее	30,2	42,4	29,4	49,4	48,8	54,2	57,9	50,8	71,3		
Нитрификаторы, тыс.	2019	2,23	5,00	4,90	3,13	3,03	3,23	2,23	2,33	3,97	0,63	1,10
	2020	0,30	0,50	0,73	0,40	0,93	0,67	0,60	0,80	0,43		
	2021	0,43	0,63	0,43	0,37	0,87	0,47	0,47	0,67	0,50		
	Среднее	0,99	2,04	2,02	1,30	1,61	1,46	1,10	1,27	1,63		
Целлюлозоразрушающие, тыс.	2019	38,6	49,9	41,1	61,2	47,2	43,8	62,4	64,4	43,2	21,2	36,7
	2020	42,4	24,4	37,4	81,1	60,1	45,4	68,0	78,9	74,4		
	2021	73,2	86,0	92,0	87,3	89,9	123,9	36,3	57,9	107,0		
	Среднее	51,4	53,4	56,8	76,5	65,7	71,0	55,6	67,1	74,9		

Примечание: К – Контроль, ГУ – гербициды + удобрения, КХ – комплексная химизация.

Соотношение КАА/МПА показывает отношение общей численности микроорганизмов, использующих минеральный азот, к общему числу микроорганизмов, разлагающих органическое вещество, отражающее степень участия микрофлоры в процессе трансформации органического вещества почвы. Судя по соотношению групп микроорганизмов КАА/МПА < 1, в почве преобладали иммобилизационные процессы. Увеличение этого соотношения свидетельствует о преобладании в почве процесса минерализации и интенсивном использовании азота почвы, а его снижение – об усилении гумификационных процессов [13].

По количеству олигонитрофилов выделился вариант минимально-нулевой обработки почвы без применения средств химизации. По результатам исследований И.Л. Клевенской (1974), эта многочисленная группа микроорганизмов занимает в почве ниши с низким содержанием минерального подвижного азота, обладая способностью к азотфиксации [14]. Почвозащитные системы обработки почвы всегда нуждаются в дополнительном внесении азотных удобрений, как установлено предыдущими исследованиями [15]. Следует отметить тесную взаимосвязь факторов обработки почвы и применения средств химизации при определении численности олигонитрофилов. Доля влияния фактора обработки на этот показатель составляла 44,3 %, а взаимодействие факторов обработки почвы и применения химизации – 38,2 %.

По результатам исследований 2019–2021 гг. при минимальной обработке количество фосфатмобилизаторов было приблизительно равно или превышало вспашку в зависимости от варианта применения химизации на 20–50 %. При этом доля влияния фактора обработки на численность этой группы микроорганизмов была выше, чем влияние фактора химизации, почти в два раза, соответственно 32 и 61 %.

Известно, что при минимизации обработки в поверхностном слое почвы увеличивается содержание подвижного фосфора, это связано с аккумуляцией растительных остатков и деятельностью микроорганизмов [16, 17].

Численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов при почвозащитных обработках превышала вариант вспашки на 8–49 %, что связано с более значительным накоплением органических растительных остатков в пахотном слое почвы. Доля влияния фактора обработки почвы на количество целлюлозоразрушающей микрофлоры составляла 73,6 %, в то время как влияние фактора химизации – всего 11,4 %. При ресурсосберегающих почвозащитных обработках запасы органических остатков в повторных посевах зерновых больше, чем при вспашке на фоне без химизации, на 0,86–1,05 т/га (на 21–26 %), с применением средств химизации – на 32–35 % [18].

В трансформации различных органических веществ в почве, в т. ч. растительных остатков, активное участие принимают микроскопические грибы. При минимизации обработки их количес-

тво увеличилось на экстенсивном фоне на 63,5–91,7 % по отношению к вспашке. Наиболее часто встречались представители *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Trichoderma* spp., *Fusarium* spp.

На фоне с применением комплексной химизации количество микроорганизмов при минимальной обработке по отношению к вспашке возросло на 142,5 %, при плоскорезной – на 84,3 % (см. табл. 1).

Общее суммарное количество определяемых микроорганизмов в среднем за 2019–2021 гг. было наиболее высоким при минимальной обработке, превысив вспашку на 68,5 %.

В отдельные периоды 2020 и 2021 гг. при благоприятном увлажнении почвы, наличии значительного количества растительных остатков в вариантах с минимально-нулевой обработкой численность олигонитрофилов и фосфатмобилизирующих бактерий возрастала до 200,0–451,0 млн КОЕ/г, что отразилось на общей суммарной численности микроорганизмов в почве. При этом доля влияния фактора обработки, определяющего количество почвенной микрофлоры под третьей пшеницей после пара, составила 59,5 %, что было в три раза выше, чем доля влияния фактора химизации (рис.).

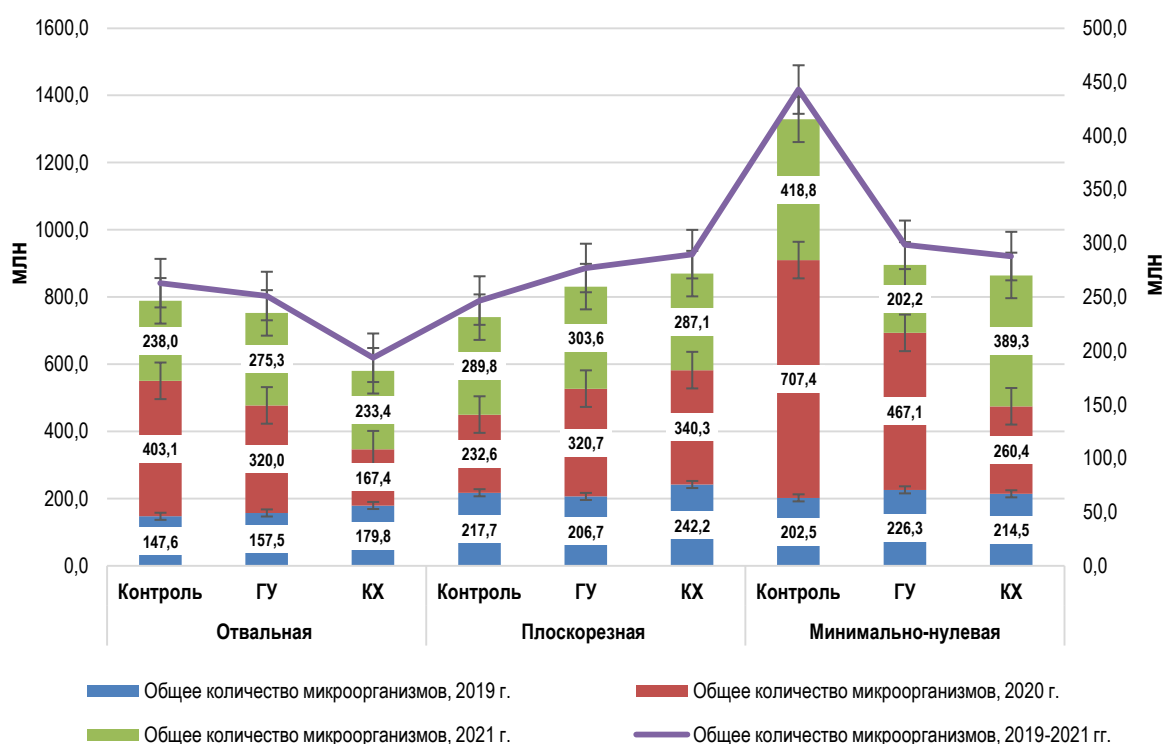


Рис. 1. Общая (суммарная) численность микроорганизмов под посевом третьей пшеницы в зависимости от технологии возделывания (слой 0–20 см), КОЕ/г

Одним из показателей общей биологической активности является интенсивность разложения целлюлозы. В среднем за годы исследований достоверных различий между вариантами опыта не установлено ( $F_{ф} < F_{05}$ ). Доли влияния факторов химизации (А) и системы обработки почвы (В) на целлюлозолитическую активность были примерно одинаковы для слоя 0–20 см, составляя 48,6 и 42,6 % соответственно (табл. 2).

Однако в слое 0–10 см, где при почвозащитных обработках сосредоточены растительные

остатки, возрастала доля влияния фактора комплексной химизации до 66,3 %, что способствовало усилению разложения клетчатки. Для слоя почвы 10–20 см увеличилась доля влияния фактора обработки почвы до 61 %, влияние средств интенсификации снижалось до 24,6 %.

В зависимости от фона химизации, системы обработки и слоя почвы доля влияния каждого исследуемого фактора на разложение целлюлозы в повторных посевах пшеницы может изменяться в пределах от 23 до 66 %.

**Интенсивность разложения целлюлозы в зависимости от технологии возделывания  
под третьей пшеницей после пара, %**

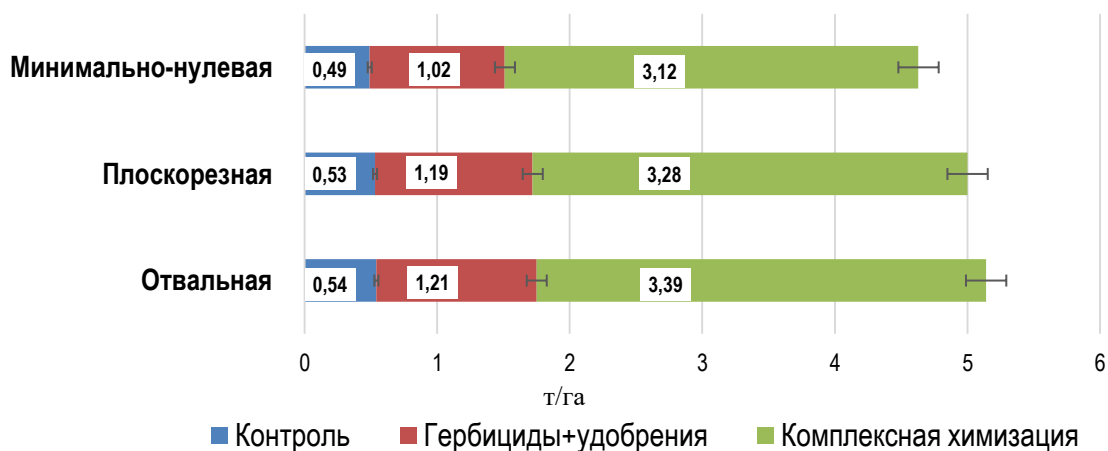
Вариант	2019 г.			2020 г.			2021 г.			Среднее		
	0–10 см	10–20 см	0–20 см	0–10 см	10–20 см	0–20 см	0–10 см	10–20 см	0–20 см	0–10 см	10–20 см	0–20 см
Контроль												
Отвальная	25,6	26,3	26,0	25,2	33,9	29,6	29,7	38,2	34,0	26,8	32,8	29,9
Минимально нулевая	26,4	26,8	26,6	25,1	26,4	25,8	47,4	27,5	37,5	33,0	26,9	30,0
Плоскорезная	25,8	20,1	23,0	26,0	29,8	27,9	37,3	22,3	29,8	29,7	24,0	26,9
Гербициды + удобрения												
Отвальная	30,2	25,0	27,6	29,0	32,9	31,0	54,2	35,0	44,6	37,8	31,0	34,4
Минимально нулевая	32,9	24,0	28,5	34,2	30,2	32,2	43,8	23,0	33,4	37,0	25,7	31,4
Плоскорезная	32,8	26,7	29,8	23,2	21,3	22,3	42,0	30,0	36,0	32,7	26,0	29,4
Комплексная химизация												
Отвальная	27,1	25,5	26,3	27,7	33,2	30,5	45,8	43,6	44,7	33,5	34,1	33,8
Минимально нулевая	26,7	22,6	24,7	33,2	34,0	33,6	55,2	52,5	53,9	38,4	36,4	37,4
Плоскорезная	39,4	25,5	32,5	34,0	29,9	32,0	31,8	20,3	26,1	35,0	25,2	30,2

*Примечание:* слой 0–10 см – доля влияния фактора А = 66,3 %, В = 23,4 %, АВ = 10,3 %; слой 10–20 см – доля влияния фактора А = 24,6 %, В = 61,1 %, АВ = 14,2 %; слой 0–20 см – доля влияния фактора А = 48,6 %, В = 42,6 %, АВ = 8,7 %.

Комплексное применение средств химизации с фунгицидной обработкой посевов обеспечило повышение урожайности зерна до 3,82 т/га при более высокой результативности на отвальной системе обработки почвы. Эффективность совместного применения гербицидов и удобрений достигала 1,21 т/га (на отвальной технологии) с

несущественной разницей по исследуемым обработкам.

В среднем по всем вариантам применения средств интенсификации наибольшая урожайность зерна получена на отвальной системе обработки почвы в севообороте, с превышением над минимально-нулевой на 0,27 т/га (9 %) (рис. 2).



*Рис. 2. Урожайность зерна третьей пшеницы после пара в зависимости от технологии возделывания (2019–2021 гг.)*

**Заключение.** Многолетняя минимизация обработки лугово-черноземной почвы способствовала накоплению растительных остатков в пахотном слое, что оказало определяющее влияние на ее биологические свойства. Доля влияния фактора обработки составляла более 50 % при определении численности амилитических и целлюлозоразрушающих микроорганизмов, фосфатмобилизаторов, почвенных микроскопических грибов и общего суммарного количества определяемой микрофлоры.

Применение средств комплексной химизации существенно повлияло на численность нитрифицирующих бактерий в почве. Доля влияния фактора интенсификации при этом составляла 62,7 %. Наибольшее количество нитрификаторов было при применении средств комплексной химизации, составляя 1,46–2,02 тыс. КОЕ/г, уменьшаясь по мере сокращения интенсивности обработки почвы в севообороте.

В почти равной степени на численность бактерий-сапрофитов на МПА повлияли обработка и средства химизации, на численность олигонитрофилов – сочетание этих агроприемов. Соответственно доля влияния обозначенных факторов составила для аммонификаторов 41,8 и 48,3 %, для олигонитрофилов – 38,2 %.

На целлюлозолитическую активность в слое 0–10 см, где при почвозащитных обработках сосредоточены растительные остатки, существенное влияние оказал фактор комплексной химизации (66,3 %). В слое почвы 10–20 см увеличилась доля влияния фактора обработки почвы до 61 %, влияние средств интенсификации снижалось до 24,6 %. В зависимости от фона химизации, системы обработки и слоя почвы доля влияния каждого исследуемого фактора на разложение клетчатки в повторных посевах пшеницы изменялась в пределах от 23 до 66 %.

За годы исследований по вариантам применения средств интенсификации и на контрольном фоне наибольшая урожайность зерна получена при отвальной системе обработки почвы, с превышением над минимально-нулевой на 0,27 т/га (9 %).

#### Список источников

1. Бойко В.С., Тимохин А.Ю., Хасеинов Т.М. Ячмень яровой в орошаемых агроценозах лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2016. № 3. С. 35–37.
2. Оптимизация полевых севооборотов и структуры использования пашни при возделывании яровой пшеницы в Омской области / Л.В. Юшкевич [и др.]. Омск: ИП Макшеева Е.А., 2020. 43 с.
3. Холмов В.Г., Ломановский А.В., Корчагина И.А. Повышение продуктивности яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири // Актуальные проблемы научного обеспечения АПК в Сибири: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 185-летию основания сибирской аграрной науки (Омск, 24–26 июля 2013 г.). Омск: Вариант-Омск, 2013. С. 152–155.
4. Влияние средств химизации на засоренность и биологическую активность почвы под посевом ячменя / Л.В. Юшкевич [и др.] // Плодородие. 2021. № 6 (123). С. 62–65.
5. Минеев В.Г., Ремпе Е.Х. Агрохимия, биология и экология почвы. М.: Росагропромиздат, 1990. 206 с.
6. Возделывание пшеницы в зависимости от способа посева и внесения азотных удобрений / М.С. Чекусов [и др.] // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52, № 1. С. 90–99.
7. Мищенко Л.Н. Почвы Омской области и их сельскохозяйственное использование. Омск, 1991. 105 с.
8. Теплер Е.З., Шильникова В.К. Практикум по микробиологии: учеб. пособие для вузов / под ред. В.К. Шильниковой. М.: Дрофа, 2004. 256 с.
9. Тихомирова Л.Д. Биологический метод определения плодородия почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 1973. № 5. С. 15–18.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 331 с.
11. Влияние повторных посевов яровой пшеницы на состояние почвенного плодородия и агрофитоценоза в лесостепи Западной Сибири / Л.В. Юшкевич [и др.] // Плодородие. 2020. № 1 (112). С. 33–37.
12. Биологические основы плодородия почвы / О.А. Берестецкий [и др.]. М.: Колос, 1984. 287 с.



13. Научно-методические рекомендации по использованию микробиологических показателей для оценки состояния пахотных почв Сибири / Л.Н. Коробова [и др.] / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Новосибирск, 2013. 38 с.
14. Клевенская И.Л. Олигонитрофильные микроорганизмы почв Западной Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1974. 220 с.
15. Храмцов И.Ф., Воронкова Н.А., Балабанова Н.Ф. Современное состояние плодородия почвы и продуктивности агроценозов при длительном применении приемов биологизации и средств химизации // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 2. С. 392.
16. Милащенко Н.З., Палецкая Г.Я. Изменение плодородия черноземов лесостепи при отвальной и безотвальной обработке пара и зяби // Вопросы сибирского земледелия: тез. докл. науч. конф. Омск, 1972. С. 35–36.
17. Синещеков В.Е., Ткаченко Г.И. Влияние минимизации основной обработки почвы на азотный режим чернозема выщелоченного и продуктивность яровой пшеницы в зернопаровом севообороте // Агрехимия. 2016. № 1. С. 59–64.
18. Показаньев С.А. Системы обработки почвы и средства химизации при возделывании яровой пшеницы в зернопаровом севообороте // Земледелие. 2007. № 6. С. 26–27.
- vom yachmenya / L.V. Yushkevich [i dr.] // Plodorodie. 2021. № 6 (123). S. 62–65.
5. Mineev V.G., Rempe E.H. Agrohimiya, biologiya i `ekologiya pochvy. M.: Rosagropromizdat, 1990. 206 s.
6. Vozdelyvanie pshenicy v zavisimosti ot sposoba poseva i vneseniya azotnyh udobrenij / M.S. Chekusov [i dr.] // Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 2022. T. 52, № 1. S. 90–99.
7. Mischenko L.N. Pochvy Omskoj oblasti i ih sel'skohozyajstvennoe ispol'zovanie. Omsk, 1991. 105 s.
8. Tepper E.Z., Shil'nikova V.K. Praktikum po mikrobiologii: ucheb. posobie dlya vuzov / pod red. V.K. Shil'nikovoj. M.: Drofa, 2004. 256 s.
9. Tihomirova L.D. Biologicheskij metod opredeleniya plodorodiya pochvy // Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 1973. № 5. S. 15–18.
10. Dospehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). M.: Agropromizdat, 1985. 331 s.
11. Vliyanie povtornyh posevov yarovojs pshenicy na sostoyanie pochvennogo plodorodiya i agrofитосеноза v лесостепи Западной Сибири / L.V. Yushkevich [i dr.] // Plodorodie. 2020. № 1 (112). S. 33–37.
12. Biologicheskie osnovy plodorodiya pochvy / O.A. Beresteckij [i dr.]. M.: Kolos, 1984. 287 s.
13. Nauchno-metodicheskie rekomendacii po ispol'zovaniyu mikrobiologicheskikh pokazatelej dlya ocenki sostoyaniya pahotnyh pochv Sibiri / L.N. Korobova [i dr.] / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Новосибирск, 2013. 38 с.

### References

1. Bojko V.S., Timohin A.Yu., Haseinov T.M. Yachmen' yarovojs v oroshaemyh агросенозах лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2016. № 3. S. 35–37.
2. Optimizaciya polevyh sevooborotov i struktury ispol'zovaniya pashni pri vzdelyvanii yarovojs pshenicy v Omskoj oblasti / L.V. Yushkevich [i dr.]. Omsk: IP Maksheeva E.A., 2020. 43 s.
3. Holmov V.G., Lomanovskij A.V., Korchagina I.A. Povyschenie produktivnosti yarovojs pshenicy v лесостепи Западной Сибири // Aktual'nye problemy nauchnogo obespecheniya APK v Sibiri: mat-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyasch. 185-letiyu osnovaniya sibirskoj agrarnoj nauki (Omsk, 24-26 iyulya 2013 g.). Omsk: Variant-Omsk, 2013. S. 152–155.
4. Vliyanie sredstv himizacii na zasorennost' i biologicheskuyu aktivnost' pochvy pod pose-

17. Sineschekov V.E., Tkachenko G.I. Vliyanie minimizacii osnovnoj obrabotki pochvy na azotnyj rezhim chernozema vyschelochenogo i produktivnost' yarovoj pshenicy v zernoparovom sevooborote // Agrohimiya. 2016. № 1. S. 59–64.
19. Pokazan'ev S.A. Sistemy obrabotki pochvy i sredstva himizacii pri vzdelyvanii yarovoj pshenicy v zernoparovom sevooborote // Zemledelie. 2007. № 6. S. 26-27.

Статья принята к публикации 15.03.2023 / The article accepted for publication 15.03.2023.

Информация об авторах:

**Наталья Николаевна Шулико**<sup>1</sup>, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией микробиологии, кандидат сельскохозяйственных наук

**Ольга Федоровна Хамова**<sup>2</sup>, ведущий научный сотрудник лаборатории микробиологии, кандидат биологических наук, доцент

**Леонид Витальевич Юшкевич**<sup>3</sup>, главный научный сотрудник лаборатории ресурсосберегающих агротехнологий, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

**Елена Васильевна Тукмачева**<sup>4</sup>, старший научный сотрудник лаборатории микробиологии, кандидат биологических наук

Information about the authors:

**Natalia Nikolaevna Shuliko**<sup>1</sup>, Senior Researcher, Head of the Laboratory of Microbiology, Candidate of Agricultural Sciences

**Olga Fedorovna Khamova**<sup>2</sup>, Leading Researcher, Laboratory of Microbiology, Candidate of Biological Sciences, Docent

**Leonid Vitalievich Yushkevich**<sup>3</sup>, Chief Researcher, Laboratory of Resource-Saving Agricultural Technologies, Doctor of Agricultural Sciences, Docent

**Elena Vasilievna Tukmacheva**<sup>4</sup>, Senior Researcher, Laboratory of Microbiology, Candidate of Biological Sciences

