

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

*Н.Н. Шулико, к.с.-х.н., О.Ф. Хамова, к.б.н., Л.В. Юшкевич, д.с.-х.н., Е.В. Тукмачева, к.б.н.,
ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»
Россия, 644012, г. Омск, пр-т Королева, 26; e-mail: shuliko-n@mail.ru*

Исследования проводились в многолетнем (заложен в 1986 г.) стационарном плодосменном севообороте ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» в южной лесостепи Западной Сибири. Цель исследований – установить закономерности изменения почвенной биоты при длительном применении ресурсосберегающих обработок, их количественные характеристики, а также возможные неблагоприятные изменения биологических (экологических) свойств лугово-черноземной почвы. Микробное сообщество выполняет функцию поддержания гомеостаза почв, поэтому быстро реагирует на изменения в среде обитания. Установлено, что численность определяемых групп микроорганизмов в пахотном слое лугово-черноземной почвы под ячменем в плодосменном севообороте составляла $158\text{--}208 \cdot 10^6$ КОЕ/г (колониеобразующие единицы на грамм почвы) при различных обработках почвы, включая ресурсосберегающую. Применение комплексной химизации стимулировало рост численности нитрифицирующих, фосфатмобилизирующих бактерий, олигонитрофилов, целлюлозоразрушающих и почвенных грибов в вариантах с комбинированной обработкой. На интенсивном фоне наибольшая общая численность микроорганизмов была в варианте с комбинированной обработкой – $208 \cdot 10^6$ КОЕ/г. Применение комплексной химизации под ячменем на фоне отвальной и минимально-нулевой обработок почвы не оказало достоверного влияния на количество микрофлоры. Изменения под влиянием изучаемых факторов были в пределах ошибки определения. Лишь в некоторых вариантах наблюдалась тенденция к увеличению отдельных групп микроорганизмов. При рациональной (комбинированной) технологии возделывания культур в севообороте отмечена стимуляция роста численности почвенных микроорганизмов. В условиях применения средств интенсификации угнетение численности агрономически важных групп микроорганизмов не выявлено, что свидетельствует о стабильной экологической ситуации в агрофитоценозе.

Ключевые слова: почвенная микрофлора, биологическая активность, экологическое состояние, агрофитоценоз, ячмень, севооборот, система обработки почвы, средства химизации.

Для цитирования: Шулико Н.Н., Хамова О.Ф., Юшкевич Л.В., Тукмачева Е.В. Экологическое состояние лугово-черноземной почвы при возделывании ячменя в условиях южной лесостепи Западной Сибири// Плодородие. – 2022. – №3. – С. 80–83. DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.21.

В современной земледелии актуальны сравнительная оценка и поиск ресурсосберегающих агротехнологий обработки почвы и эффективных средств интенсификации при возделывании зерновых культур. Внесение удобрений, а также применение пестицидов вызывает опасность ухудшения экологического состояния почв. Установление закономерностей изменения микробиологических показателей при длительном применении ресурсосберегающих обработок черноземных почв в условиях интенсификации земледелия – необходимая предпосылка теоретического обоснования рациональных приёмов обработки почвы и изменения её экологического состояния [1–4]. Микроорганизмы поддерживают гомеостаз почв и быстро реагируют на изменения в среде обитания. Почвенная микрофлора является одним из индикаторов экологического состояния пахотных почв [5, 6].

Систематическое применение поверхностных обработок приводит к тому, что основная деятельность микрофлоры приурочена к слою 0–10 см, вниз по почвенному профилю её активность резко снижается, что может привести к дефициту элементов питания [7].

Цель исследований – установить закономерности изменения микробиологических показателей при длительном применении ресурсосберегающих обработок, их количественные характеристики, а также возможные неблагоприятные изменения биологических (экологических) свойств лугово-черноземной почвы.

Методика. Исследования по определению биологической активности почвы проводились в многолетнем (заложен в 1986 г.) стационарном плодосменном севообороте, в настоящее время со следующим чередованием культур: 1 – соя; 2 – пшеница; 3 – лен; 4 – ячмень, в Омском АНЦ в 2018–2020 г. Почва опытного участка – лугово-черноземная среднесиловатая среднегумусная. Содержание гумуса 7–8%, $\text{pH}_{\text{вод.}}$ 6,5. Обеспеченность почвы азотом нитратов в слое 0–20 см низкая и очень низкая (3–5 мг/кг), содержание подвижных фосфора и калия (по Чирикову) – высокое.

Двухфакторный опыт включал: фактор А – система обработки почвы в севообороте: отвальная – вспашка на глубину 20–22 см ежегодно под все культуры, комбинированная – вспашка под вторую пшеницу и плоскорезная на глубину 10–14 см под ячмень; минимально-нулевая – применяется в целом в системе севооборота: в паровом поле проводится культивация на глубину 6–8 см (минимальная), в других трех полях – «нулевая» (без осенней обработки). Фактор В – средства интенсификации: контроль – без средств химизации; комплексная химизация: удобрения – $\text{N}_{30}\text{P}_{30}$ + гербициды (дикотициды, 1,0 л/га + граминциды – Пума супер 100, 0,6 л/га) + фунгициды – Рекс Дуо, 0,6–0,8 л/га. Биологическую активность почвы определяли общепринятыми стандартными методами [8].

Погодные условия вегетационных периодов 2018 и 2019 г. с мая по август были аналогичны, в пределах среднемноголетней нормы. В среднем за вегетационный период количество осадков было близко к норме – 193 и 206 мм соответственно, температура соответствовала норме (16,5 и 16,7⁰С), с отклонением в 0,2⁰С. Вегетационный период 2020 г. был в пределах нормы, но с

дефицитом осадков в июле и превышением среднемноголетней температуры за май-сентябрь на 1,8⁰С.

Результаты и их обсуждение. Результаты микробиологических исследований 2018-2019 г. свидетельствуют о приблизительно равной суммарной численности определяемых групп микроорганизмов в почве при различных технологиях обработки на контрольном фоне (204-237·10⁶ КОЕ/г) (табл. 1).

1. Численность микроорганизмов под ячменем в плодосменном севообороте в зависимости от обработки почвы (2018-2019 г.), КОЕ/г

Вариант обработки почвы	Бактерии на МПА·10 ⁶	Микроорганизмы на КАА·10 ⁶	Олигонитрофилы·10 ⁶	Фосфатмобилизующие·10 ⁶	Нитрификаторы·10 ³	Целлюлозоразрушающие·10 ³	Грибы·10 ³	Общее количество микроорганизмов·10 ⁶
<i>2018-2019 г.</i>								
<i>Контроль</i>								
Отвальная	34,5	30,3	89,4	70,8	2,80	37,3	53,2	225,0
Комбинированная	33,1	23,0	78,2	69,9	2,66	45,9	46,3	204,1
Минимально-нулевая	28,1	24,6	102,8	81,7	2,62	47,9	49,2	237,1
<i>Комплексная химизация</i>								
Отвальная	26,7	20,9	65,0	79,2	3,52	38,5	36,3	191,8
Комбинированная	34,8	23,6	99,6	85,0	3,76	60,0	67,1	243,0
Минимально-нулевая	32,4	25,8	95,3	88,2	2,41	38,7	48,0	241,8
НСП ₀₅ : А	6,1	5,9	28,3	19,4	0,33	11,0	13,7	51,5
В	7,5	5,9	34,6	23,7	0,41	13,5	16,8	63,0
АВ	10,5	10,4	49,0	33,5	0,58	19,1	23,8	89,2
<i>2020 г.</i>								
<i>Контроль</i>								
Отвальная	16,6	11,1	50,6	31,1	1,23	44,2	22,5	110,0
Комбинированная	14,5	13,4	41,0	23,1	1,18	50,5	41,6	93,0
Минимально-нулевая	18,5	11,6	37,7	28,0	1,14	52,3	35,7	96,7
<i>Комплексная химизация</i>								
Отвальная	17,2	11,2	39,3	23,6	1,64	56,6	40,9	92,3
Комбинированная	20,4	15,8	53,2	49,0	1,53	84,4	42,3	139,7
Минимально-нулевая	21,1	18,2	52,4	39,4	1,54	71,6	63,2	132,5
НСП ₀₅ : А	4,6	3,2	18,2	11,3	0,2	19,4	14,5	31,4
В	5,7	3,9	22,3	13,8	0,3	23,7	17,7	38,5
АВ	8,1	5,6	31,5	19,5	0,4	33,6	20,5	54,4

Применение средств комплексной химизации не оказало существенного влияния на общее количество почвенных микроорганизмов под ячменем, которое составило на этом фоне 192-242·10⁶ КОЕ/г (±15-19% к контролю). При этом увеличилась численность нитрифицирующих и фосфатмобилизующих бактерий в вариантах с отвальной и комбинированной технологиями обработки почвы. Количество нитрификаторов на фоне с комплексной химизацией возросло на 25,7 и 41,3% к контролю, фосфатмобилизаторов на 21,6 и 8% к контролю.

Следует отметить положительное влияние средств комплексной химизации на численность олигонитрофилов в вариантах с комбинированной и минимально – нулевой обработками, которая увеличилась, соответственно, на 53,2 и 46,6% по сравнению со вспашкой. Количество почвенных грибов, являющихся в основном деструкторами целлюлозы, на фоне комплексной химизации было выше при почвозащитных обработках в сравнении с отвальной на 84,8 и 32,2%, что связано с накоплением органических остатков под ячменем.

В 2020 г. общая численность определяемой микрофлоры под ячменем была по сравнению с прошедшими 2018-2019 г. в 1,7-2,0 раза ниже, что связано с дефицитом осадков вегетационного периода. Суммарное количество микроорганизмов при почвозащитных обработках на неудобренном фоне существенно не отличалось от вспашки (снижение на 12-15%). Следует отметить достоверное увеличение количества грибов, деструкторов целлюлозы, в вариантах с минимизацией обработки

почвы – на 58,6-84,8% в сравнении с отвальной обработкой. Увеличение численности грибов может привести к росту фитопатогенов рода *Fusarium* и усилению фитотоксичности почвы. Наиболее многочисленными были грибы *Penicillium*, являющиеся сапрофитами, активно разлагающими растительные остатки.

Использование средств интенсификации при почвозащитных обработках способствовало увеличению общей численности определяемых физиологических групп микроорганизмов на 37-50% в сравнении с контролем, без применения средств химизации, в том числе олигонитрофилов на 29,7-39, фосфатмобилизующих – на 40,7-112, целлюлозоразлагающих – на 37-67%. В значительной степени при вспашке и на фоне минимально-нулевой обработки возросло количество грибов, соответственно, на 77 и 82% к контролю (табл. 2).

Применение комплексной химизации на фоне азотно-фосфорных удобрений стимулировало рост количества нитрификаторов при отвальной обработке на 33%, ресурсосберегающих комбинированной и минимально-нулевой обработках – на 29,6 и 35% соответственно.

В сложившихся засушливых погодных условиях вегетационного периода 2020 г. под ячменем в плодосменном севообороте существенной разницы в общей численности агрономически важных групп микроорганизмов при различных технологиях обработки почвы не наблюдалось. Она составляла 93-110·10⁶ КОЕ/г, что в 1,7-2 раза ниже по сравнению с предыдущими 2018-2019 г. При этом в вариантах с ресурсосберегающими

обработками отмечен рост численности грибов – на 58,6-84,8% по отношению к вспашке.

В 2018-2020 г. на контрольном фоне при различных технологиях обработки, включая ресурсосберегающую, суммарная численность определяемых групп микроорганизмов в почве существенно не различалась, составляя $166-190 \cdot 10^6$ КОЕ/г.

Применение средств интенсификации на комбиниро-

ванной обработке почвы способствовало увеличению общей численности определяемых групп микроорганизмов на 25% в сравнении с контрольным фоном, без применения средств химизации, в т.ч. олигонитрофилов на 29, фосфатмобилизующих – на 21, целлюлозоразлагающих на 29, нитрификаторов на 40 и почвенных грибов на 36% (табл. 2).

2. Численность микроорганизмов под ячменем в плодосменном севообороте в зависимости от обработки почвы (2018-2020 г.), КОЕ/г								
Вариант обработки почвы	Бактерии на МПА $\cdot 10^6$	Микроорганизмы на КАА $\cdot 10^6$	Олигонитрофилы $\cdot 10^6$	Фосфатмобилизующие $\cdot 10^6$	Нитрификаторы $\cdot 10^3$	Целлюлозоразрушающие $\cdot 10^3$	Грибы $\cdot 10^3$	Общее количество микроорганизмов $\cdot 10^6$
<i>Контроль</i>								
Отвальная	28,5	23,9	76,5	70,8	2,30	76,5	42,9	186,5
Комбинированная	26,9	19,8	65,8	69,9	2,15	65,8	44,7	166,8
Минимально-нулевая	24,9	20,3	81,4	81,7	2,10	81,4	44,7	190,4
<i>Комплексная химизация</i>								
Отвальная	23,6	17,7	56,4	79,2	2,90	56,4	37,8	158,3
Комбинированная	29,9	20,9	84,1	85,0	3,00	84,1	60,5	208,1
Минимально-нулевая	28,6	23,3	81,0	88,2	2,10	81,0	53,0	204,9
НСР ₀₅ : А	4,2	4,3	17,4	11,7	0,29	8,3	11,7	40,7
В	5,1	5,3	21,4	14,3	0,36	10,1	14,3	49,8
АВ	7,2	7,5	30,2	20,2	0,50	14,3	18,1	70,4

Применение комплексной химизации (интенсивная технология) под ячменем на фоне отвальной и минимально-нулевой обработок почвы не оказало достоверного влияния на количество микрофлоры. Изменения в численности почвенных микроорганизмов под влиянием изучаемых факторов были в пределах ошибки опыта. Лишь в некоторых вариантах отмечена тенденция к увеличению отдельных групп микроорганизмов. На интенсивном фоне наибольшая микробиологическая активность была в варианте с комбинированной (ресурсосберегающей) обработкой – $208 \cdot 10^6$ КОЕ/г, для сравнения при отвальной – $153 \cdot 10^6$ КОЕ/г, при минимально-нулевой – $204,8 \cdot 10^6$ КОЕ/г. Урожайность ячменя в варианте комбинированной обработки почвы в севообороте при комплексном применении средств химизации составляла 4,0-4,2 т/га. Ее и следует считать в лесостепной почвенно-климатической зоне Западной Сибири наиболее ресурсосберегающей, продуктивной и рациональной.

Заключение. Таким образом, результатами исследований по оценке экологического состояния лугово-черноземной почвы при внедрении ресурсосберегающих технологий установлено что:

- общая численность определяемых групп почвенных микроорганизмов при сокращении количества и уменьшении глубины обработки (минимизации) существенно не отличалась от вспашки, составляя $158-208 \cdot 10^6$ КОЕ/г;
- применение комплексной химизации стимулировало рост численности нитрифицирующих, фосфатмоби-

лизующих бактерий, олигонитрофилов, целлюлозоразрушающих и почвенных грибов преимущественно в вариантах с комбинированной обработкой;

- многолетнее интенсивное использование лугово-черноземной почвы не оказало негативного влияния на её экологическое состояние, а применение рациональной технологии возделывания культур в севообороте стимулировало рост численности почвенных микроорганизмов и их жизнедеятельность.

Литература

1. Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика. – М.: МСХА, 2000. – 473 с.
2. Хамова О.Ф., Юшкевич Л.В., Воронкова Н.А., Бойко В.С., Шулико Н.Н. Биологическая активность лугово-черноземных почв Омского Прииртышья. – Омск: Омскбланкиздат, 2019. – 94 с.
3. 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. – С. 42-46.
4. Система адаптивного земледелия Омской области // И.Ф. Храмов, В.С. Бойко, Л.В. Юшкевич и др. – Омск: ИП Макшеевой Е.А., 2020. – 522 с.
5. Шулико Н.Н., Тимохин А.Ю., Тукмачева Е.В. Экологическое состояние лугово-черноземной почвы при длительном орошении // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 3. – С. 79-85.
6. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах : РАСХН, Сиб. Отд. Новосиб. Гос. Аграр. Ун-т. – Новосибирск, 2013. – 790 с.
7. Иванов А.Л. Роль микробиологии в оценке почвенных ресурсов // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – №6. – С. 26-28.
8. Теннер Е.З., Шильникова В.К. Практикум по микробиологии: учебное пособие для вузов/ Под ред. В.К. Шильниковой. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.

UDC: 631.5 : 633.16 : 581.55 (571.13)

BIOLOGICAL ACTIVITY AND ECOLOGICAL STATE OF MEADOW-CHERNOZEM SOIL DURING THE CULTIVATION OF BARLEY IN THE SOUTHWEST OF WESTERN SIBERIA

Shuliko N.N., Candidate of agricultural sc., Khamova O.F., Candidate of biological sc., Yushkevich L.V., Doctor of Agricultural Sciences, Tukmacheva E.V., Candidate of Biological Sciences
FSBT Omsk agricultural research center,
644012, Russia, Omsk, Pr. Korolev's 26, shuliko-n@mail.ru

The studies were carried out in a long-term (laid down in 1986) stationary crop rotation of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Omsk Agrarian Scientific Center" in the southern forest-steppe of Western Siberia. The purpose of the research is to establish the regularities of changes in soil biota during long-term use of resource-saving treatments, their quantitative characteristics, as well as possible adverse changes in the biological (ecological) properties of meadow chernozem soil. In assessing the fertility and ecological state of soils, agrobiological methods based on the determination of the number of soil microflora and the resistance of the microbocenosis to anthropogenic influences are of great importance. The microbial community performs the function of maintaining soil homeostasis, therefore it quickly responds to changes in the habitat. It was found that the number of agronomically important groups of soil microorganisms in the arable layer of meadow chernozem soil under barley in the crop rotation was $158-208 \times 10^6$ CFU / g (colony forming units colony forming units per gram of soil). The use of complex chemicalization stimulated an increase in the number of nitrifying, phosphate-mobilizing bacteria, oligonirofiles, cellulose-destroying and soil fungi in variants with combined treatment. Against an intense background, the largest total number of microorganisms was in the variant with combined treatment – 208×10^6 CFU / g. The use of complex chemicalization under barley against the background of moldboard and minimum-zero tillage did not have a significant effect on the amount of microflora, changes under the influence of the factors studied were within the experimental error. Only in some variants there is a tendency towards an increase in certain groups of microorganisms. When using the means of intensifying the suppression of the number of agronomically important groups of microorganisms, it was not revealed, which indicates a stable ecological situation in the agrophytocenosis.

Key words: soil microflora, biological activity, ecological state, agrophytocenosis, barley, crop rotation, soil cultivation system, chemical agents.

УДК 631.8

DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.22

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ХОЗЯЙСТВАХ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ЖИВОТНОВОДСТВА

Сообщение 1. Природоохранные аспекты организации предприятий индустриального животноводства, систем удаления бесподстилочного навоза

**С.И. Тарасов, к.б.н., Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа – филиал ФГБНУ «Верхневолжский Федеральный аграрный научный центр»
601390, Владимирская область, Судогодский район, п. Вяткино, ул. Прянишникова, 2
тел.: (4922) 426035; факс: (4922) 426010, e-mail: tarasov.s.i@mail.ru**

Актуализирована необходимость соблюдения экологических требований при организации строительства предприятий индустриального животноводства. Иницировано требование по разработке санитарно-защитных зон для полей применения органических удобрений на основе бесподстилочного навоза в зависимости от способа их внесения. Предложены мероприятия по снижению влажности бесподстилочного навоза в целях сокращения затрат на его удаление, карантинирование, переработку, производство органических удобрений, их хранение, транспортирование, внесение.

Ключевые слова: индустриальное животноводство, бесподстилочный навоз, удаление, использование, экологические риски, охрана природы.

Для цитирования: Тарасов С.И. Актуальные вопросы охраны окружающей среды в хозяйствах индустриального животноводства *Сообщение 1. Природоохранные аспекты организации предприятий индустриального животноводства, систем удаления бесподстилочного навоза*// Плодородие. – 2022. – №3. – С. 83-86.

DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.22

В настоящее время глобальным направлением развития животноводства является его перевод на промышленные методы [15]. Лидером индустриализации животноводства становятся страны юго-восточной Азии, прежде всего Китай. В целях обеспечения продовольственной независимости, резкого сокращения импортных поставок мясной продукции в стране построено более 6200 крупных животноводческих предприятий. В 2025 г. под Шанхаем планируется ввести в эксплуатацию самую крупную в мире свиноферму с поголовьем породы Ландрас 10 млн [2]. В стране сооружаются в основном многоэтажные (6-20-этажные) свинокомплексы вертикального типа. В Российской Федерации в рамках реализации приоритетного национального проекта «Развитие АПК», Государственных программ развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008-2012 г., 2013-2020 г. были введены в эксплуатацию более 3 тыс. вновь построенных, реконструиро-

ванных, модернизированных ранее возведенных животноводческих комплексов, птицефабрик, мегаферм [4,5,7,8]. Высокая производительность данных предприятий позволила излишки животноводческой продукции поставлять на экспорт. В рамках приоритетного национального проекта «Экспорт продукции АПК» согласно планам, утвержденным президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и приоритетным проектам (протокол от 20.11. 2016 г. № 11) , к 2025 г. стоимость экспорта мяса должна превысить 1,7 млрд. долларов США [6].

Вместе с тем, как свидетельствует практика, индустриализация животноводства обусловила резкое увеличение нагрузок на окружающую среду, в первую очередь из-за нарушения требований по организации и строительству мегаферм, животноводческих комплексов, птицефабрик, нерешенности вопросов использования бесподстилочного навоза [14]. Согласно отечественному и зарубежному опыту, успешность эксплуата-