

Научная статья/Research Article

УДК 631.46 : 631.5 : 631.8 : 632.95 : 633.358

DOI: 10.36718/1819-4036-2024-8-24-33

Наталья Николаевна Шулико^{1✉}, Елена Васильевна Тукмачева²,
Ирина Анатольевна Корчагина³, Ольга Федоровна Хамова⁴,
Алина Андреевна Киселева⁵, Леонид Витальевич Юшкевич⁶, Денис Николаевич Ющенко⁷
1,2,3,4,5,6,7Омский аграрный научный центр, Омск, Россия
1,2,3,4,5,6,7shuliko@anc55.ru

ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГОРОХА НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ

Цель исследований – установить закономерности изменения биологических и агрохимических показателей лугово-черноземной почвы при длительном применении ресурсосберегающих обработок и средств химизации в условиях южной лесостепи Западной Сибири. Стационарные исследования проведены в лесостепи Омской области в зернопаровом севообороте (пар – пшеница – горох – пшеница – ячмень) под культурой гороха в ФГБНУ «Омский аграрный научный центр». Установлены параметры изменения численности отдельных физиологических групп микроорганизмов и показателей биологической активности лугово-черноземной почвы под горохом при агротехнологиях с различным уровнем интенсификации, включая минимально-нулевую систему обработки почвы в севообороте. Определено, что при применении средств комплексной химизации в сочетании с No-till технологией обработки почвы увеличивалась активность бактерий, способных фиксировать атмосферный азот, на 34 %, сапротрофных и амилотических микроорганизмов – на 13 и 17 % по отношению к контролю соответственно. Активность окислительно-восстановительного фермента каталазы при применении средств интенсификации независимо от технологии возделывания гороха снижалась до 28 % к контролю. Применение средств интенсификации приводило к увеличению содержания нитратного азота в почве в период бутонизации, подвижного фосфора в 4 и более раз. При оценке антропогенного воздействия на почвенную микрофлору воспользовались определением суммарной биологической активности, включающей все исследуемые биологические тесты в относительных процентах. По этому показателю варианты обработки почвы располагаются в ряду в порядке возрастания: комбинированная < отвальная < минимально-нулевая.

Ключевые слова: биологическая активность, микроорганизмы, нитратный азот, подвижный фосфор, лугово-черноземная почва, технологии обработки, комплексная химизация, горох

Для цитирования: Влияние агротехнологии возделывания гороха на биологические и агрохимические свойства лугово-черноземной почвы / Н.Н. Шулико [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2024. № 8. С. 24–33. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-8-24-33.

Natalia Nikolaevna Shuliko^{1✉}, Elena Vasilievna Tukmacheva², Irina Anatolyevna Korchagina³,
Olga Fedorovna Khamova⁴, Alina Andreevna Kiseleva⁵, Leonid Vitalyevich Yushkevich⁶,
Denis Nikolaevich Yushchenko⁷
1,2,3,4,5,6,7Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russia
1,2,3,4,5,6,7shuliko@anc55.ru

INFLUENCE OF PEA CULTIVATION AGROTECHNOLOGY ON BIOLOGICAL AND AGROCHEMICAL PROPERTIES OF MEADOW-CHERNOZEM SOIL

The aim of research is to establish patterns of changes in biological and agrochemical parameters of meadow-chernozem soil with long-term use of resource-saving treatments and chemicalization means in the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia. Stationary studies were conducted in the

forest-steppe of the Omsk Region in a grain-fallow crop rotation (fallow – wheat – peas – wheat – barley) under a pea crop at the Omsk Agricultural Research Center. The parameters of changes in the number of individual physiological groups of microorganisms and indicators of biological activity of meadow-chnozem soil under peas were established using agricultural technologies with different levels of intensification, including the minimum-zero tillage system in crop rotation. It was determined that when using complex chemicalization agents in combination with No-till technology of soil cultivation, the activity of bacteria capable of fixing atmospheric nitrogen increased by 34 %, saprotrophic and amylolytic microorganisms – by 13 and 17 % in relation to the control, respectively. The activity of the oxidation-reduction enzyme catalase when using intensification agents, regardless of the technology of pea cultivation, decreased to 28 % of the control. The use of intensification agents led to an increase in the content of nitrate nitrogen in the soil during the budding period, mobile phosphorus by 4 or more times. When assessing the anthropogenic impact on soil microflora, we used the definition of total biological activity, including all the studied biological tests in relative percentages. According to this indicator, soil cultivation options are arranged in a row in ascending order: combined < moldboard < minimum-zero.

Keywords: biological activity, microorganisms, nitrate nitrogen, mobile phosphorus, meadow-chnozem soil, cultivation technologies, complex chemicalization, peas

For citation: Influence of pea cultivation agrotechnology on biological and agrochemical properties of meadow-chnozem soil / N.N. Shuliko [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2024;(8): 24–33 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-8-24-33.

Введение. В современной земледелии актуальными являются сравнительная оценка и поиск ресурсосберегающих агротехнологий обработки почвы и эффективных средств интенсификации при возделывании сельскохозяйственных 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 приемов обработки и изменения ее экологического состояния [1, 2].

Показателями биологической активности почв могут служить как количественные характеристики численности и биомассы разных групп биоты почв, так и ее ферментативная активность [3].

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 [4–7].

Ферментативная активность отражает состояние плодородия почв и внутренние изменения, происходящие при сельскохозяйственном

использовании и повышении уровня культуры земледелия. Эти изменения обнаруживаются как при вовлечении целинных и лесных почв в культуру, так и при различных приемах их использования [8].

Внесение удобрений, а также применение пестицидов вызывают опасность ухудшения экологического состояния почв. Актуальность исследований состоит в установлении закономерностей изменения биологических показателей при длительном применении энергосберегающих обработок черноземных почв в условиях интенсификации земледелия, что необходимо для теоретического обоснования рациональных приемов обработки и изменения ее биологического состояния.

Цель исследований – установить закономерности изменения биологических и агрохимических показателей лугово-черноземной почвы при длительном применении ресурсосберегающих обработок и средств химизации в условиях южной лесостепи Западной Сибири.

Объекты и методы. Исследования проводили в длительном стационарном опыте в зернопаровом севообороте (пар – пшеница – горох – пшеница – ячмень) лаборатории ресурсосберегающих агротехнологий Омского АНЦ в течение 2022–2023 гг. Севооборот заложен в 1972 г. Культура гороха введена в севооборот с 2021 г. – 1-я ротация севооборота с горохом.

Опыт включал 12 вариантов агротехнологий: четыре варианта средств интенсификации и три

системы обработки почвы. Варианты интенсификации (фактор А): контроль (экстенсивная технология), гербициды (Гермес, МД 0,9 л/га), гербициды + инсектициды (Фаскорд.ю, КЭ, 0,3 л/га); гербициды + удобрения ($N_{30}P_{30}$) + инсектициды. Системы обработки почвы (фактор В): *отвальная* на глубину 20–22 см ежегодно; *комбинированная* – вспашка в паровом поле и под третью пшеницу после пара, плоскорезная на глубину 10–14 см под вторую пшеницу после пара и ячмень; *No-till* – на всех полях без механической обработки. Высевали сорт гороха с усатым типом листа Триумф Сибири зернофуражного направления. По содержанию белка в зерне он соответствует требованиям Госкомиссии, предъявляемым к ценным сортам [9].

Почва опытного участка – лугово-черноземная среднетяжелосуглинистая 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 [10].

Отбор проб для микробиологических исследований проводили в течение вегетации растений (фазы – бутонизация, конец цветения, налив (пожелтение нижних бобов), из 4–5 уколов буром на глубину 0–20 см (Апах). Численность почвенных микроорганизмов учитывали путем посева различных разведений почвенной суспензии на элективных питательных средах: сапротрофных бактерий – на мясопептонном агаре (МПА), микроорганизмов, потребляющих азот в минеральной форме, – на крахмало-аммиачном агаре (КАА), клубеньковых бактерий – на гороховом агаре, почвенных микромицетов на подкисленной среде Чапека [11]. Анализ ферментативной активности почвы (каталазы) проводили в воздушно-сухих образцах – газометрически [12]. Для оценки биологической активности почвы, как суммарного результата сопряженно протекающих процессов, был использован метод относительных величин Ацци в изложении Л.А. Карягиной (1983) [13]. По каждому определяемому биологическому показателю дается относительная оценка его изменения по вариантам опыта. За 100 % принимается наибольший показатель. Относительные величины всего комплекса биологических характеристик суммируются по каждому варианту отдельно, и

на основе полученных величин выводится окончательная оценка вариантов. Нитратный азот определяли с дисульфифеноловой кислотой по Грандваль–Ляжу, подвижный фосфор по Францесону [14].

Результаты исследований математически обработаны с использованием дисперсионного анализа [15].

Вегетационные периоды 2022 и 2023 гг. характеризовались засушливостью, ГТК за май–август составлял 0,76 и 0,80 соответственно.

Результаты и их обсуждение. В годы исследований общая численность почвенной микрофлоры пахотного слоя при различных системах обработки почвы под горохом без применения средств комплексной химизации (удобрения, пестициды) составляла 51,4–61,2 млн КОЕ/г с разницей в 19 % в возрастающем ряду: *No-till* (прямой посев) < *отвальная* < *комбинированная* (под горохом плоскорезная на глубину 10–12 см) (табл. 1). Некоторое снижение общей численности микроорганизмов в почве при минимизации обработки было обусловлено уменьшением количества сапротрофов на 22 % (*No-till*), иммобилизующих минеральный азот на КАА на 25 % по отношению к *комбинированной* технологии соответственно.

Применение удобрений в сочетании с пестицидами не оказало существенного влияния на количество определяемой почвенной микрофлоры при *отвальной* и *комбинированной* обработках в сравнении с контролем без химизации. Наблюдалось незначительное снижение общей численности микроорганизмов в вариантах с интенсификацией до 17 % в пределах ошибки определения. Использование гербицидов и средств комплексной химизации стимулировало рост численности микрофлоры в вариантах с *No-till* технологией на 22 и 18 % по отношению к контролю соответственно. Применение гербицидов и внесение удобрений в сочетании со средствами защиты растений, сужая соотношение С : N в вариантах с минимизацией обработки, способствовало росту численности сапротрофных микроорганизмов в пахотном слое почвы на 21 и 13 %, амилитической микрофлоры – на 33 и 17 % в сравнении с контролем. Наибольшее воздействие на численность тестируемых групп оказало применение средств химизации, доля влияния фактора составила 77 и 56 % соответственно.

**Численность микроорганизмов в почве в зависимости от технологии обработки
и применения комплексной химизации (2022–2023 гг., n = 6), КОЕ/г**

Вариант	Сапротрофные бактерии на МПА, млн	Амилолитические микроорганизмы на КАА, млн	Клубеньковые бактерии, млн	Микромицеты, тыс.	Общее количество микроорганизмов, млн
Отвальная					
Контроль	25,6	19,6	8,3	32,7	53,3
Гербициды	23,1	14,5	8,0	33,6	45,6
Гербициды + инсектициды	24,7	16,9	7,9	40,1	49,5
Гербициды + инсектициды + удобрения	26,0	16,8	7,2	33,5	50,0
Комбинированная					
Контроль	30,3	22,9	8,1	46,0	61,2
Гербициды	29,4	17,6	8,8	31,9	55,7
Гербициды + инсектициды	27,2	17,4	10,1	36,5	54,6
Гербициды + инсектициды + удобрения	30,8	17,6	8,8	65,1	57,2
No-till					
Контроль	24,8	18,3	8,3	49,6	51,4
Гербициды	30,4	24,3	8,2	57,0	62,9
Гербициды + инсектициды	26,1	18,9	8,2	75,1	53,3
Гербициды + инсектициды + удобрения	28,1	21,4	11,1	64,0	60,5
НСР ₀₅ A	4,7	5,3	2,9	17,7	11,0
НСР ₀₅ B	5,4	6,1	3,4	20,5	12,7
НСР ₀₅ AB	9,4	10,6	5,8	35,5	22,0

Здесь и далее: контроль – без применения средств химизации; НСР₀₅A – обработка почвы; НСР₀₅B – средства химизации; НСР₀₅AB – для частных средних.

Следует отметить стимулирующее влияние применения средств комплексной химизации на активность бактерий, способных фиксировать атмосферный азот, увеличение их количества по отношению к контролю составило 34 % при No-till технологии.

Таким образом, при минимизации и полном отказе от обработки почвы (No-till) в сочетании с химизацией отмечается тенденция увеличения численности определяемых групп микроорганизмов по отношению к вспашке, что может быть связано с наличием большего количества растительных остатков – субстрата для развития микрофлоры.

В основе синтеза гумусовых компонентов почвы лежат окислительно-восстановительные

процессы, в которых участвуют оксидоредуктазы, в том числе один из наиболее широко распространенных в почве – каталаза.

Активность каталазы в среднем за годы исследований варьировала в пределах от 1,12 до 1,55 см³ O₂ в минуту на контрольных вариантах опыта, снижаясь при применении минеральных удобрений в сочетании со средствами защиты растений от 1,12 до 1,30 см³ O₂ в минуту. В вариантах комплексной химизации на отвальной и комбинированной обработках снижение составило 12 %, на No-till – 28 % к контролю (табл. 2). Известно, что применение удобрений, органических и минеральных, приводит к снижению активности фермента каталаза [16].

Активность фермента каталаза в лугово-черноземной почве в зависимости от применения комплексной химизации (слой 0–20 см, 2022–2023 гг.)

Вариант	Бутонизация	Конец цветения	Пожелтение нижних бобов	Среднее
Отвальная				
Контроль	1,33	1,40	1,68	1,47
Гербициды	1,18	1,55	1,64	1,46
Гербициды + инсектициды	1,18	1,42	1,70	1,43
Гербициды + инсектициды + удобрения	1,07	1,34	1,48	1,30
Комбинированная				
Контроль	1,30	1,45	1,60	1,45
Гербициды	1,36	1,48	1,65	1,50
Гербициды + инсектициды	1,21	1,43	1,50	1,38
Гербициды + инсектициды + удобрения	1,09	1,30	1,46	1,28
No-till				
Контроль	1,42	1,50	1,73	1,55
Гербициды	1,42	1,40	1,64	1,48
Гербициды + инсектициды	1,04	1,17	1,65	1,29
Гербициды + инсектициды + удобрения	1,11	1,10	1,15	1,12

Примечание: НСР₀₅A = 0,08; НСР₀₅B = 0,09; НСР₀₅AB = 0,15.

Согласно результатам двухфакторного дисперсионного анализа, установлено максимальное влияние взаимодействия факторов – 84,0 % на каталазную активность лугово-черноземной почвы под посевом гороха.

Определение суммарной биологической активности почвы показало, что в зависимости от обработки варианты располагаются в возрастающем ряду: комбинированная < отвальная < No-till.

Применение средств химизации способствовало повышению суммарной биологической активности почвы: при отвальной обработке – на 14–23 %; комбинированной – на 5–23; No-till – на 17–29 % (рис.).

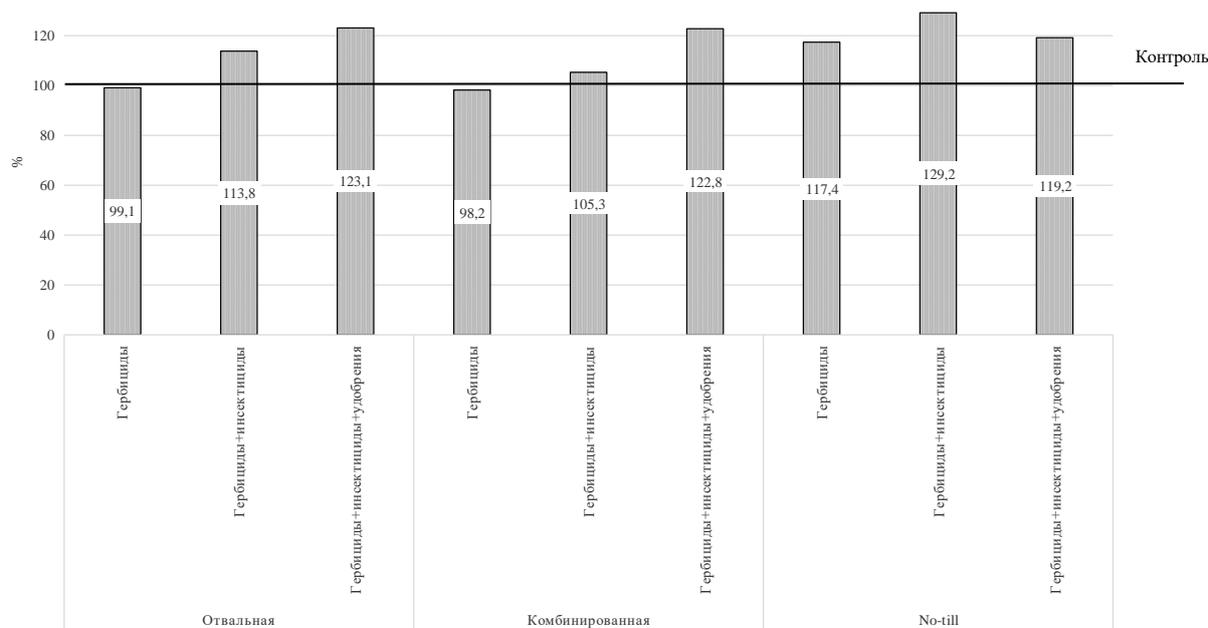
Наибольшей суммарной биологической активностью лугово-черноземной почвы под посевом гороха выделился вариант с минимальной обработкой почвы при применении средств защиты растений (129 %).

По результатам определения азота нитратов установлено, что содержание этой формы азота в период бутонизации гороха варьировало от низкого до высокого, очень низкие значения от-

мечены в контрольных вариантах при отвальной и комбинированной обработках (табл. 3).

Применение средств химизации под горох существенно повышало содержание этой формы азота в сравнении с контролем в период бутонизации и соответствовало уровню средней обеспеченности (от 15 до 20 мг/кг и выше N-NO₃ в слое 0–20 см). В последующие фазы развития культуры обеспеченность азотом нитратов пахотного слоя по шкале Г.П. Гамзикова [17] была на уровне очень низкой независимо от способа обработки почвы. В динамике содержание нитратного азота в почве снижалось в основном за счет потребления культурой гороха.

Не менее важным в питании растений наряду с азотом является фосфор, так как метаболизм растений в значительной степени зависит и от подвижной фосфорной кислоты. Одной из особенностей западносибирских черноземов является высокое содержание в них органических и органоминеральных фосфатов (70–72 % от общего запаса) и низкое содержание растворимых (подвижных) форм, доступных растениям [18].



Суммарная биологическая активность лугово-черноземной почвы под посевом гороха в зависимости от применения средств интенсификации и обработок (2022–2023 гг.)

Таблица 3

Содержание нитратного азота в почве под посевом гороха в зависимости от системы обработки и средств химизации (слой 0–20 см, 2022–2023 гг.), мг/кг

Вариант	Бутонизация	Конец цветения	Пожелтение нижних бобов
Отвальная			
Контроль	8,4	1,3	0,9
Гербициды	15,5	1,3	5,0
Гербициды + инсектициды	19,1	1,4	2,7
Гербициды + инсектициды + удобрения	19,4	3,4	5,4
Комбинированная			
Контроль	7,1	0,7	2,7
Гербициды	9,3	2,9	4,7
Гербициды + инсектициды	9,2	2,3	4,2
Гербициды + инсектициды + удобрения	13,7	3,2	4,8
No-till			
Контроль	17,3	1,4	2,2
Гербициды	17,1	3,1	1,8
Гербициды + инсектициды	24,7	2,7	2,4
Гербициды + инсектициды + удобрения	17,9	2,2	4,4

Примечание: НСР₀₅A = 2,6; НСР₀₅B = 3,0; НСР₀₅AB = 5,2.

Обеспеченность лугово-черноземной почвы контрольных вариантов подвижным фосфором в период бутонизации была на уровне слабой и средней (5,8–11,1 мг/кг почвы). Применение средств комплексной химизации увеличивало содержание P₂O₅ в почве практически в 4 и бо-

лее раз в вариантах со всеми изучаемыми обработками почвы. Коллегами из Новосибирска установлено, что при минимизации обработки в поверхностном слое почвы увеличивается содержание подвижного фосфора, это связано с аккумуляцией растительных остатков и деятельностью микроорганизмов [19].

По вариантам опыта в течение вегетации прослеживалась тенденция увеличения подвижного фосфора на удобренном фоне в несколько раз в сравнении с контролем. Существенных изменений содержания фосфора в динамике не наблюдалось (табл. 4).

Таблица 4

Содержание подвижного фосфора в почве под посевом гороха в зависимости от системы обработки и средств химизации (слой 0–20 см, 2022–2023 гг.), мг/кг

Вариант	Бутонизация	Конец цветения	Пожелтение нижних бобов
Отвальная			
Контроль	5,8	7,7	6,8
Гербициды	6,7	7,9	7,6
Гербициды + инсектициды	31,6	23,1	19,5
Гербициды + инсектициды + удобрения	44,4	40,2	40,9
Комбинированная			
Контроль	6,5	5,6	6,3
Гербициды	21,6	6,5	7,7
Гербициды + инсектициды	39,4	39,8	25,1
Гербициды + инсектициды + удобрения	30,1	41,5	47,9
No-till			
Контроль	11,1	6,6	9,3
Гербициды	12,1	10,3	10,9
Гербициды + инсектициды	58,8	29,6	48,6
Гербициды + инсектициды + удобрения	59,3	59,5	69,6

Примечание: НСР₀₅A = 5,6; НСР₀₅B = 6,4; НСР₀₅AB = 11,1.

Заключение. Многолетняя минимизация обработки лугово-черноземной почвы способствовала накоплению растительных остатков в поверхностных слоях, что оказало определяющее влияние на ее биологические и агрохимические свойства.

1. При применении средств комплексной химизации в сочетании с No-till технологией обработки почвы увеличивалась активность бактерий, способных фиксировать атмосферный азот, на 34 %, сапротрофных и амилолитических микроорганизмов на 13 и 17 % по отношению к контролю соответственно.

2. Общая численность почвенной микрофлоры пахотного слоя при различных системах обработки почвы под горохом без применения средств комплексной химизации составляла 51,4–61,2 млн КОЕ/г. Использование гербицидов и средств комплексной химизации стимулировало рост общей численности микрофлоры в вариантах с No-till технологией на 22 и 18 % по отношению к контролю соответственно. При от-

вальной и комбинированной обработках применение удобрений в сочетании с пестицидами не оказало существенного влияния на количество определяемой почвенной микрофлоры.

3. В вариантах с применением комплексной химизации независимо от технологии возделывания гороха наблюдалось снижение активности фермента каталаза до 28 % относительно контроля.

4. Применение средств химизации под горох (независимо от обработки почвы) существенно повышало содержание азота нитратов в период бутонизации и соответствовало уровню средней обеспеченности, а также подвижной фосфорной кислоты в 4 и более раз.

5. При определении суммарной биологической активности почвы под горохом в относительных процентах по методу Ацци в пахотном слое определено, что варианты обработки почвы располагаются в следующем ряду в порядке возрастания: комбинированная < отвальная < No-till.

Таким образом, применение многолетней минимизации обработки почвы способствовало накоплению определенного биологического потенциала, который в конкретных условиях тепло- и влагообеспеченности, отсутствия дефицита азота может быть реализован в урожае зерновых, по величине не уступающем вспашке.

Список источников

1. Агроэкологические особенности возделывания ячменя в лесостепи Западной Сибири / Л.В. Юшкевич [и др.] // Плодородие. 2019. № 4 (109). С. 42–46.
2. Макаров А.Р., Черепанов М.Е., Юшкевич Л.В. Ресурсы почвенной влаги в засушливом земледелии Западной Сибири. М.: Росагропромиздат, 1992. 146 с.
3. Галстян А.Ш. Унификация методов определения активности ферментов почв // Почвоведение. 1978. № 2. С. 107–113.
4. Шулико Н.Н., Тимохин А.Ю., Тукмачева Е.В. Экологическое состояние лугово-черноземной почвы при длительном орошении // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3 (55). С. 79–85. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-3-79-85.
5. Оптимизация обработки почвы и применения средств химизации при возделывании второй пшеницы после пара в южной лесостепи Западной Сибири / Л.В. Юшкевич [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 9. С. 20–22.
6. Мавленко А.Н., Хамова О.Ф., Юшкевич Л.В. Плодородие лугово-черноземной почвы и урожайность яровой пшеницы при ресурсосберегающей комбинированной обработке // Плодородие. 2010. № 5 (56). С. 21–23.
7. Влияние средств интенсификации предшественника на численность и таксономический состав вредителей яровой пшеницы / В.В. Келер [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 3 (192). С. 3–11. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-3-3-11.
8. Саитгалиева Г.Э. Ферментативная активность почвы как показатель ее плодородия // Изменение почв в процессе их окультуривания // Молодой ученый. 2014. № 2. С. 277–278.
9. Результаты оценки качества зерна линий гороха конкурсного сортоиспытания в ФГБНУ «Омский АНЦ» / Л.В. Омелянюк [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 2 (30). С. 36–42. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11085.
10. Мищенко Л.Н. Почвы Омской области и их сельскохозяйственное использование. Омск, 1991. 105 с.
11. Теннер Е.З., Шильников В.К. Практикум по микробиологии: учеб. пособие для вузов / под ред. В.К. Шильниковой. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Дрофа, 2004. 256 с.
12. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.
13. Карягина Л.А. Микробиологические основы повышения плодородия почв. Минск: Наука и техника, 1983. 181 с.
14. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 655 с.
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 331 с.
16. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. М.: МГУ, 2005. 445 с.
17. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах. Новосибирск: РАСХН, Сиб. отд-ние, 2013. 790 с.
18. Шамрай Л.А. Влияние многолетнего применения удобрений в севооборотах на фосфорный режим почвы в севообороте // Агрохимия. 1991. № 2. С. 15–21.
19. Синещиков В.Е., Ткаченко Г.И. Влияние минимизации основной обработки почвы на азотный режим чернозема выщелоченного и продуктивность яровой пшеницы в зернопаровом севообороте // Агрохимия. 2016. № 1. С. 59–64.

References

1. Agro`ekologicheskie osobennosti vzdelyvaniya yachmenya v lesostepi Zapadnoj Sibiri / L.V. Yushkevich [i dr.] // Plodorodie. 2019. № 4 (109). S. 42–46.
2. Makarov A.R., Cherepanov M.E., Yushkevich L.V. Resursy pochvennoj vlagi v zasushlivom zemledelii Zapadnoj Sibiri. M.: Rosagropromizdat, 1992. 146 s.
3. Galstyan A.Sh. Unifikaciya metodov opredeleeniya aktivnosti fermentov pochv // Pochvovedenie. 1978. № 2. S. 107–113.

4. *Shuliko N.N., Timohin A.Yu., Tukmacheva E.V.* `Ekologicheskoe sostoyanie lugovo-chernozemnoj pochvy pri dlitel'nom orosenii // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2021. № 3 (55). S. 79–85. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-3-79-85.
5. Optimizaciya obrabotki pochvy i primeneniya sredstv himizacii pri vozdeleyvanii vtoroj pshenicy posle para v yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri / *L.V. Yushkevich* [i dr.] // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2013. № 9. S. 20–22.
6. *Mavlenko A.N., Hamova O.F., Yushkevich L.V.* Plodorodie lugovo-chernozemnoj pochvy i urozhnost' yarovoj pshenicy pri resurso-sberegayuschej kombinirovannoj obrabotke // Plodorodie. 2010. № 5 (56). S. 21–23.
7. Vliyanie sredstv intensivacii predshestvennika na chislennost' i taksonomicheskij sostav vreditel' yarovoj pshenicy / *V.V. Keler* [i dr.] // Vestnik KrasGAU. 2023. № 3 (192). S. 3–11. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-3-3-11.
8. *Saetgalieva G.E.* Fermentativnaya aktivnost' pochvy kak pokazatel' ee plodorodiya // Izmenenie pochv v processe ih okul'turivaniya // Molodoj uchenyj. 2014. № 2. S. 277–278.
9. Rezul'taty ocenki kachestva zerna linij goroha konkursnogo sortoispytaniya v FGBNU «Omskij ANC» / *L.V. Omel'yanyuk* [i dr.] // Zemobobovye i krupyanye kul'tury. 2019. № 2 (30). S. 36–42. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11085.
10. *Mischenko L.N.* Pochvy Omskoj oblasti i ih sel'skohozyajstvennoe ispol'zovanie. Omsk, 1991. 105 s.
11. *Tepper E.Z., Shil'nikov V.K.* Praktikum po mikrobiologii: ucheb. posobie dlya vuzov / pod red. *V.K. Shil'nikovoj*. 5-e izd., pererab. i dop. M.: Drofa, 2004. 256 s.
12. *Haziev F.H.* Metody pochvennoj `enzimologii. M.: Nauka, 2005. 252 s.
13. *Karyagina L.A.* Mikrobiologicheskie osnovy povysheniya plodorodiya pochv. Minsk: Nauka i tehnika, 1983. 181 s.
14. Agrohimiicheskie metody issledovaniya pochv. M.: Nauka, 1975. 655 s.
15. *Dosphehov B.A.* Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). M.: Agropromizdat, 1985. 331 s.
16. *Zvyagincev D.G., Bab'eva I.P., Zenova G.M.* Biologiya pochv. M.: MGU, 2005. 445 s.
17. *Gamzikov G.P.* Agrohimiya azota v agrocenozah. Novosibirsk: RASHN, Sib. otd-nie, 2013. 790 s.
18. *Shamraj L.A.* Vliyanie mnogoletnego primeneniya udobrenij v sevooborotah na fosfornyj rezhim pochvy v sevooborote // Agrohimiya. 1991. № 2. S. 15–21.
19. *Sineschekov V.E., Tkachenko G.I.* Vliyanie minimizacii osnovnoj obrabotki pochvy na azotnyj rezhim chernozema vyschelochennogo i produktivnost' yarovoj pshenicy v zernoparovom sevooborote // Agrohimiya. 2016. № 1. S. 59–64.

Статья принята к публикации 29.01.2024 / The article accepted for publication 29.01.2024.

Информация об авторах:

Наталья Николаевна Шулико¹, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией микробиологии, кандидат сельскохозяйственных наук

Елена Васильевна Тукмачева², старший научный сотрудник лаборатории микробиологии, кандидат биологических наук

Ирина Анатольевна Корчагина³, старший научный сотрудник лаборатории микробиологии, кандидат сельскохозяйственных наук

Ольга Федоровна Хамова⁴, ведущий научный сотрудник лаборатории микробиологии, кандидат биологических наук, доцент

Алина Андреевна Киселева⁵, младший научный сотрудник лаборатории микробиологии, аспирант второго курса

Леонид Витальевич Юшкевич⁶, главный научный сотрудник лаборатории ресурсосберегающих агротехнологий, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Денис Николаевич Ющенко⁷, старший научный сотрудник лаборатории ресурсосберегающих агротехнологий

Information about the authors:

Natalia Nikolaevna Shuliko¹, Senior Researcher, Head of the Microbiology Laboratory, Candidate of Agricultural Sciences

Elena Vasilievna Tukmacheva², Senior Researcher at the Microbiology Laboratory, Candidate of Biological Sciences

Irina Anatolyevna Korchagina³, Senior Researcher at the Microbiology Laboratory, Candidate of Agricultural Sciences

Olga Fedorovna Khamova⁴, Leading Researcher at the Microbiology Laboratory, Candidate of Biological Sciences, Docent

Alina Andreevna Kiseleva⁵, Junior Researcher at the Microbiology Laboratory, Second-Year Postgraduate student

Leonid Vitalyevich Yushkevich⁶, Chief Researcher at the Laboratory of Resource-Saving Agricultural Technologies, Doctor of Agricultural Sciences, Docent

Denis Nikolaevich Yushchenko⁷, Senior Researcher at the Laboratory of Resource-Saving Agricultural Technologies

