

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО И ПРОДУКТИВНОСТЬ ПШЕНИЦЫ В ЗЕРНОПАРОПРОПАШНОМ СЕВООБОРОТЕ ЛЕСОСТЕПИ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ

О.Ф. Хамова, к.б.н., Л.В. Юшкевич д.с.-х.н., Е.В. Тукмачева, к.б.н.
ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»,
644012, Россия, г. Омск, пр-т Королева, 26, e-mail: tukmacheva@anc55.ru

Проведены исследования ферментативной активности чернозема выщелоченного в зернопаропропашном севообороте. Изучены ее изменения, как показателя биологического состояния, при разных способах обработки под посевом яровой пшеницы в зависимости от предшественников. Показано, что минимизация обработки почвы способствовала усилению активности инвертазы, каталазы, но существенно не влияла на количество уреазы. Разложение целлюлозы в пахотном слое зависело в основном от технологии обработки почвы, снижаясь по мере удаления культуры пшеницы от парового поля. На урожайность пшеницы по пару технология его подготовки повлияла незначительно. С уменьшением интенсивности обработки урожайность последующих после пара посевов яровой пшеницы, особенно повторных, без применения химизации снижалась.

Ключевые слова: почвенные ферменты, целлюлоза, чернозем выщелоченный, технология обработки почвы, урожайность, пшеница.

Для цитирования: О.Ф. Хамова, к.б.н., Л.В. Юшкевич д.с.-х.н., Е.В. Тукмачева Ферментативная активность чернозема выщелоченного и продуктивность пшеницы в зернопаропропашном севообороте лесостепи Омского Прииртышья // Плодородие. – 2023. - №6. – С. 73-76. DOI: 10.25680/S19948603.2023.135.18.

Наряду с численностью микроорганизмов, показателем биологического состояния почвы является ферментативная активность. Установлено, что ферменты – это вещества белковой природы, катализирующие биохимические процессы в почвах, в основном разложение и синтез органических и неорганических соединений, в том числе гумуса, обеспечение растений элементами питания [1-3]. Эти соединения в почве присутствуют в основном виде как комплексы с глинистыми минералами и органическим веществом. При этом на долю минерального компонента приходится 18-20%, органического – около 80%. Имобилизованные ферменты длительно сохраняют свою активность даже в неблагоприятных условиях [4, 5].

Цель исследований – изучить изменения биохимической активности почвы, как показателя ее биологического состояния, при разных способах обработки под посевом яровой пшеницы в зависимости от предшественников.

Методика. Исследования проводились в течение нескольких ротаций зернопаропропашного севооборота, заложенного в начале 70-х годов XX в. с чередованием культур: пар – пшеница – пшеница – кукуруза – пшеница – ячмень. Почва – чернозем выщелоченный среднесплошной среднегумусовый тяжелосуглинистый. Агрохимическая характеристика пахотного слоя при закладке опыта: гумус – 7,4%, азот общий 0,34%, содержание подвижного фосфора среднее, обменного калия – высокое (10,8 и 58,3 мг/100 г соответственно).

Изучали варианты механической обработки почвы (в убывающем порядке по интенсивности): вспашка (отвальная) на глубину 20-22 см под все культуры; плоскорезная обработка на глубину 10-12 см под все культуры и в пару (плоскорезная); без осенней обработки под все культуры и в пару (минимально-нулевая).

Климат зоны южной лесостепи Омского Прииртышья резко-континентальный. Вегетационный период 150-160 сут. Среднегодовое количество осадков – 320-370 мм. Биологическая активность почвы, глубина и степень увлажнения верхнего слоя во многом зависят от сложившихся погодных условий вегетационного периода. Особенностью гидротермических условий в годы исследований были кратковременные засухи, чаще в первый период вегетации – всходы-кущение, сменявшиеся ливневыми дождями. Периодические засухи, ограничивая промачивание пахотного горизонта, способствуют образованию гумусовых веществ с высоким содержанием азота.

Биохимические показатели определяли в воздушно-сухих почвенных образцах: активность инвертазы – по В.Ф. Купревичу с определением сахаров по Берtrandу; активность почвенной уреазы – по Гофману с колориметрическим окончанием, активность каталазы – газометрически [4]. Интенсивность разложения целлюлозы в полевых условиях устанавливали методом Л.Д. Тихомировой [6].

Результаты и их обсуждение. Исследованиями Ф.Х. Хазиева (1982) показано, что почва является самой богатой системой по количеству различных ферментов, насчитывающих около 40 видов [2, 5]. Среди гидролитических ферментов, осуществляющих распад высокополимерных органических соединений в почве, наиболее изучены в условиях Сибири инвертаза и уреазы [5, 7-10].

Фермент инвертаза гидролизует углеводы в почве до образования глюкозы и фруктозы, являясь высокочувствительным к изменению ее плодородия [2]. В этой связи А.Ш. Галстяном (1974) было предложено использовать показатель активности инвертазы для биохимической оценки плодородия почв [11].

Исследованиями Л.Д. Тихомировой, О.И. Гамзиковой (1972) установлено, что активность инвертазы (сахаразы) в большей степени реагирует на изменения влажности, содержания органического вещества в почвах, чем другие ферменты, как и в европейской части России [1, 9]. При продолжении исследований на этой же черноземной почве (более 40 лет после освоения) показано, что активность инвертазы в большой степени зависит от внесения минеральных и органических (солома) удобрений. Это связано с увеличением содержания в почве легкогидролизуемых углеводов и повышением продуктивности сельскохозяйственных растений, развивающих более мощную корневую систему [12].

Рассматривая влияние предшественников на активность инвертазы, следует отметить следующее. На обогащение почвы ферментом значительно повлияло парование, что связано с интенсивностью проходящих в паровом поле минерализационных процессов. При этом под пшеницей после пара наиболее высокой была активность инвертазы при плоскорезной безотвальной обработке почвы. С удалением пшеницы от парового поля активность фермента снижалась. Однако, последствие кукурузы, после которой в почве остается большое количество корней, растительных остатков, богатых углеводами, при плоскорезной обработке положительно повлияло на обогащение почвы инвертазой (табл. 1).

Исследованиями, проведенными в СибНИИСХ в 60-80-е годы XX в. установлено, что при минимизации обработки почвы в пахотном слое возрастает количество органических остатков. По данным А.И. Шевлягина (1966), при ежегодной безотвальной обработке их

биомасса превышала вариант со вспашкой на 0,16-0,43% от массы почвы в слое 0-20 см [9].

В последующие годы С.А. Показаньев (1994) по результатам длительного стационарного опыта на черноземе выщелоченном отмечал, что запасы органических остатков при ресурсосберегающих почвозащитных обработках в замыкающем поле пятипольного зернопарового севооборота (пятая ротация) в слое 0-20 см выше, чем при вспашке на фоне без химизации на 0,86-1,05 т/га (21-26%), с применением средств химизации – на 32-35%, что положительно повлияло на активность инвертазы.

Уреаза, по определению В.Ф. Купревича, Т.А. Щербаковой (1966), – фермент из группы амилаз, расщепляющих гидролитические связи между азотом и углеродом в молекулах органических веществ [1]. Фермент строго специфичен, гидролизует только мочевины до диоксида углерода и аммиака. В почве мочевина образуется при разложении азотистых органических соединений или вносится как удобрение. По данным Тихомировой Л.Д., Гамзиковой О.И. (1972), активность уреазы под влиянием способа обработки почвы и влажности изменялась незначительно [9]. Следует отметить, что и в наблюдениях, и в последующие годы, прослеживалась лишь тенденция к росту активности уреазы под пшеницей после кукурузы при замене вспашки безотвальными мелкими обработками. Существенных изменений в обогащении почвы ферментом под влиянием предшественника, а также технологии обработки почвы не происходило (см. табл. 1).

1. Влияние предшественников и технологии обработки почвы на ферментативную активность (в 1 г возд.-сухой почвы) и разложение целлюлозы в слое 0-20 см, %

Культура	Инвертаза, мг инвертного сахара				Уреаза, мг NH ₃				Каталаза, см ³ O ₂ /мин				Разложение целлюлозы, %			
	отвальная	минимальная	плоскорезная	среднее	отвальная	минимальная	плоскорезная	среднее	отвальная	минимальная	плоскорезная	среднее	отвальная	минимальная	плоскорезная	среднее
Первая пшеница после пара	9,97	9,96	10,73	10,22	1,13	1,19	1,20	1,17	1,85	1,98	1,96	1,93	21,2	24,7	20,7	22,2
Вторая пшеница после пара	9,35	10,10	10,30	9,92	1,17	1,10	1,25	1,18	1,92	2,04	2,03	2,00	20,6	21,3	19,2	20,4
Пшеница после кукурузы	9,30	9,78	10,50	9,86	1,13	1,28	1,31	1,24	1,89	1,94	1,96	1,95	19,3	21,4	17,7	19,5
<i>Среднее по обработкам</i>	<i>9,54</i>	<i>9,91</i>	<i>10,51</i>	<i>-</i>	<i>1,14</i>	<i>1,19</i>	<i>1,25</i>	<i>-</i>	<i>1,89</i>	<i>1,99</i>	<i>1,98</i>	<i>-</i>	<i>20,4</i>	<i>22,5</i>	<i>19,2</i>	<i>-</i>
<i>Для частных средних НСР₀₅</i>	<i>1,36</i>				<i>0,19</i>				<i>0,14</i>				<i>4,43</i>			

На активизацию гидролитических ферментов при внесении минеральных и органических удобрений указывал Звягинцев Д.Г. (1981) [13]. В исследованиях Шулико Н.Н. (2017) показано достоверное повышение уреазной активности в почве при внесении минеральных удобрений в сочетании с соломой (N₁₈P₄₂ + солома) [12].

Среди ферментов оксидоредуктаз важным источником пополнения энергии микроорганизмов в процессах синтеза является каталаза. Она в процессе дыхания микробов расщепляет ядовитую для них перекись водорода на воду и кислород, перенос электронов при этом сопровождается синтезом АТФ.

Исследованиями на черноземах в степной зоне Омской области установлено, что мелкие (10-12 см) плоскорезные обработки почвы, судя по деятельности фермента каталазы, не приводят к снижению активности

окислительных мобилизационных процессов в корнеобитаемом слое и депрессивному снижению азрации [10].

В последующих наблюдениях количество фермента каталазы возрастало при почвозащитных технологиях обработки почвы и возделывании пшеницы при удалении от парового поля (см. табл. 1).

Высокая ферментативная активность пахотного слоя черноземной почвы при минимизации её обработки отмечалась во многих исследованиях [4, 7-10, 12, 14-16]. Однако, в подпахотном, 20-30 см слое, активность ферментов как и численность, и жизнедеятельность почвенной микрофлоры, ослабевают по всем предшественникам и приемам обработки почвы, что особенно заметно в варианте с минимально-нулевой обработкой. Происходит это ввиду некоторого уплотнения почвы при

сокращении числа и глубины обработок, что не может не повлиять на ход и направленность биохимических процессов [14, 15].

Об интенсивности разложения органических остатков в почве судят по величине целлюлозолитической активности (в %) за вегетационный период – показатель эффективного плодородия, поскольку зависит как от экологических факторов, так и от условий, складывающихся в почве в результате антропогенного влияния [8].

При минимально-нулевой обработке эффективное плодородие почвы достоверно возрастало под пшеницей по пару за счёт увеличения количества разлагаемой стерни и соломы, лучшей обеспеченности верхнего слоя азотом нитратов и влагой. По мере удаления культуры от пара происходило снижение интенсивности разложения клетчатки в связи с ухудшением питательного режима пахотного слоя почвы.

Наибольшая урожайность пшеницы получена при выращивании ее после пара при отвальной обработке почвы, что достоверно, так как пар является лучшим предшественником для зерновых культур, накапливая

влагоу и азот нитратов, необходимые растениям. При этом урожай зерна пшеницы по минимально-нулевой и плоскорезной обработкам достоверно ниже, чем при вспашке, и практически стабилен, составляя 2,32-2,42 т/га [15, 16].

Урожайность второй пшеницы после пара без внесения удобрений в среднем на 0,71 т/га (30,1%) ниже, чем первой. При вспашке и плоскорезной обработках получена равная продуктивность – 1,71 т/га. Минимально-нулевая обработка почвы несколько уступала – 1,64 т/га. Расширение соотношения C:N при минимизации обработки почвы при наличии в ней большого количества корневых остатков, соломы препятствует накоплению азота нитратов, основного источника азотного питания растений в условиях лесостепи Омского Прииртышья.

Следует отметить, что урожайность яровой пшеницы после кукурузы составляет среднюю величину между такими предшественниками как пар и первая пшеница после пара. Это обусловлено в основном повышением засорённости и дефицитом доступного азота в почве в сравнении с паровым полем (табл. 2).

2. Урожайность пшеницы по разным предшественникам в зависимости от способа обработки почвы, т/га (среднее за 6 лет)

Предшественник (фактор А)	Технология обработки почвы (фактор В)			среднее по фактору А
	отвальная	минимальная	плоскорезная	
Первая пшеница после пара	2,42	2,32	2,34	2,36
Для частных средних $HCP_{05}=0,08$				
Вторая пшеница после пара	1,71	1,64	1,71	1,65
Для частных средних $HCP_{05}=0,07$				
Пшеница после кукурузы	2,09	1,94	2,16	2,06
Для частных средних $HCP_{05}=0,04$				
Среднее по фактору В	2,07	1,97	2,07	X₀=2,04

В среднем за годы исследований урожайность яровой пшеницы по пару мало зависела от технологии его подготовки. С уменьшением интенсивности обработки почвы без химизации урожайность последующих после пара культур снижалась.

Заключение. Об интенсивности различных биохимических процессов, влияющих на плодородие почвы, можно судить по активности ферментов и разложению целлюлозы. Минимизация обработки почвы способствовала усилению активности гидролитического фермента инвертазы. Наибольшая биохимическая активность чернозема выщелоченного отмечена при плоскорезной обработке почвы.

Разложение целлюлозы проходило наиболее интенсивно при минимальной обработке под пшеницей после пара. Урожайность пшеницы по пару (2,32-2,42 т/га) незначительно зависела от технологии его подготовки. С уменьшением интенсивности обработки почвы без химизации урожайность последующих после пара культур снижалась. Это свидетельствует о необходимости применения удобрений и комплексной химизации, независимо от технологии обработки почвы.

Следует отметить повышенную биологическую активность почвы под пшеницей после кукурузы, в том числе при минимизации обработки. В настоящее время площади посева кукурузы в Омской области ограничены (менее 50 тыс. га), хотя, судя по результатам, культура является хорошим предшественником для яровой пшеницы, дополнительным источником питания для человека и кормом для животных.

Литература

1. Купревич В.Ф. Почвенная энзимология. – Наука и техника, 1974. – 274 с.

- Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. – М.: Наука, 1982. – 204 с.
- Инишева Л.И., Ивлева С.Н., Щербакова Т.А. Руководство по определению ферментативной активности торфяных почв и торфов. – Томск, 2003. – 122 с.
- Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука, 2005. – 252 с.
- Данилова А.А. Биодинамика пахотной почвы при различном содержании органического вещества. – Новосибирск: СФНЦ РАН, 2018. – 152 с.
- Тихомирова Л.Д. Биологический метод определения плодородия почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 1973. – № 4. – С. 35-38.
- Козлов К.А. Биологическая активность почвы // Известия АН СССР. Сер. биол. наук. – 1966. – Т. 314. – С. 717-733.
- Гамзикова О.И. О влиянии сельскохозяйственных растений на ферментативную активность почвы // Сб. докладов симпозиума по ферментам почвы. – Минск: Наука и техника, 1968. – С. 327-333.
- Тихомирова Л.Д., Гамзикова О.И. Изменение микрофлоры и ферментативной активности почвы в связи с разной периодичностью оборачивания пахотного слоя / Вопросы численности, биомассы и продуктивности почвенных микроорганизмов. – Ленинград: Наука, 1972. – С. 258-265.
- Святская Л.Н., Моценко Ю.Б. Биогенность почвы как фактор обоснования минимизации технологии возделывания яровой пшеницы в степном земледелии Западной Сибири // Сиб. Вестник с.-х. науки. – 1982. – № 3. – С. 7-15.
- Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении. – Ереван: Айастан, 1974. – 275 с.
- Шулико Н.Н., Хамова О.Ф. Биологические и агрохимические свойства чернозема, выщелоченного при применении удобрений. – Омск: ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», 2023. – 152 с.
- Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. – М.: МГУ, 1991. – 304 с.
- Хамова О.Ф., Юшкевич Л.В., Воронкова Н.А., Бойко В.С., Шулико Н.Н. Биологическая активность лугово-чернозёмных почв Омского Прииртышья. – Омск: Омскбланкиздат, 2019. – 94 с.
- Хамова О.Ф., Юшкевич Л.В., Шулико Н.Н., Тукмачева Е.В. Влияние агротехнологий на состояние почвенной биоты и продуктивность ячменя в лесостепи Западной Сибири // Земледелие. – 2023. – № 2. – С. 18-23.
- Агроэкологические особенности возделывания ячменя в лесостепи Западной Сибири / Л.В. Юшкевич, О.Ф. Хамова, А.Г. Щитов [и др.] // Плодородие. – 2019. – № 4 (109). – С. 42-46. – DOI 10.25680/S19948603.2019.109.14.

*Khamova O.F., Candidate of biological sc., Yushkevich L.V., Doctor of agricultural sc., Tukmacheva E.V.,
Candidate of biological sc.*

*FSBT Omsk agricultural research center,
644012, Russia, Omsk, Pr. Korolev's 26, e-mail: tukmacheva@anc55.ru*

Studies of the enzymatic activity of leached chernozem in grain-fallow crop rotation have been carried out. Its changes, as an indicator of the biological state, were studied with different methods of processing under the sowing of spring wheat, depending on the predecessors. It was shown that the minimization of tillage contributed to an increase in the activity of invertase, catalase, but did not significantly affect the amount of urease. The decomposition of cellulose in the arable layer mainly depended on the tillage technology, decreasing as the wheat crop moved away from the fallow field. The technology of its preparation had little effect on the yield of wheat by fallow. With a decrease in the intensity of treatment, the yield of subsequent sowings of spring wheat after a fallow, especially repeated, without the use of chemicalization, decreased.

Keywords: soil enzymes, cellulose, leached chernozem, tillage technologies, productivity, wheat.

УДК: 631.445.4:631.45 (470.56)

DOI: 10.25680/S19948603.2023.135.19

ПЛОДОРОДИЕ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ЧЕРНОЗЁМАХ ЮЖНЫХ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

*Ю.В. Кафтан, к.с.-х.н., В.Ю. Скороходов, к.с.-х.н., Н.А. Максютов, д.с.-х.н., А.А. Зоров, к.с.-х.н.,
Д.В. Митрофанов, к.с.-х.н., Н.А. Зенкова, к.с.-х.н., ФГБНУ «Федеральный научный центр биологиче-
ских систем и агротехнологий Российской академии наук»
460051, Россия, Оренбургская область, г. Оренбург, пр. Гагарина 27/1,
тел. 89068458745, e-mail: maksyutov.n@mail.ru*

*Исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательской работы:
«Разработка научно обоснованных параметров продуктивности агроценозов с улучшенными
показателями качества продукции растениеводства на основе кормовых культур, применения
новых технологических приёмов совершенствования видов севооборотов, использования методов
долгосрочного прогнозирования урожайности для хозяйств степной зоны с различным уровнем
интенсификации и специализации в условиях изменяющегося климата и нарастающего
антропогенного воздействия
(№ FNWZ-2022-0014) на 2022-2024 г. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН*

Возвращение в оборот неиспользуемых залежных земель на сегодняшний день актуально. Представлены данные о почвенном плодородии неиспользуемых залежных земель, которые нуждаются в освоении и окультуривании. Введение в оборот залежных земель требует благоприятного фитосанитарного состояния агроценозов, сохранения и повышения почвенного плодородия. Цель исследования – оценить достоинства и недостатки залежных земель в регулировании почвенного плодородия, эффективного накопления и использования продуктивной влаги на чернозёмах южных в условиях степной зоны Южного Урала. Одним из достоинств залежных земель является отсутствие стока весенних талых вод. Многолетняя бурьянистая растительность выполняет роль кулис и позволяет при высоте снежного покрова 53,8 см создать объём воды в снеге 115 мм, которая полностью усваивается почвой, служит эффективным резервом продуктивной почвенной влаги. В залежных землях снижается почвенное плодородие за счёт выноса питательных веществ большой вегетативной массой бурьянистой растительности, одновременно сильно засоряющей почву семенами сорняков. Для повышения плодородия почвы необходимо бурьянистую сорную растительность использовать в виде зелёного удобрения, повторяя данный приём с периодичностью в 2-3 года.

Ключевые слова: плодородие, залежь, засорённость, бурьянистая растительность, гумус, зябь, корневые остатки, зелёное удобрение.

Для цитирования: Кафтан Ю.В., Скороходов В.Ю., Максютов Н.А., Зоров А.А., Митрофанов Д.В., Зенкова Н.А.// Плодородие залежных земель на чернозёмах южных Оренбургской области // Плодородие. – 2023. – №6. – С. 76-79. DOI: 10.25680/S19948603.2023.135.19.

Освоение и окультуривание неиспользуемых земель в настоящее время, как и ввод сельскохозяйственных угодий в оборот становятся важнейшим резервом современного агропроизводства. Наблюдается существенное ухудшение состояния пахотных почв, сопровождающееся стремительной их деградацией. Так, по данным Федерального научного центра агроэкологии, ежегодно в России не используется 19 % пашни. Эта площадь из

наиболее ценной категории земли сельхозназначения переходит в состояние залежи [1-3].

Введение в оборот залежных земель требует благоприятного фитосанитарного состояния агроценозов, сохранения и повышения почвенного плодородия. В Оренбургской области под залежью находится более 1 млн га пашни. Основными причинами такого положения являются сокращение поголовья скота, снижение или