

ОЦЕНКА АКТИВНОСТИ КАТАЛАЗЫ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ

Цель работы заключалась в исследовании влияния различных способов основной обработки на каталазную активность чернозема выщелоченного Красноярской лесостепи. Каталазную активность почвы определяли газометрически по Галстяну. Показана динамика активности каталазы в условиях минимизации обработки. Получены данные о ее пространственном варьировании. Способы обработки по-разному и разнонаправленно влияли на каталазную активность. Выводы: 1. Активность каталазы в исследуемой почве характеризовалась как средняя (2,0–5,7 O_2 , см³/г/мин). В среднем за два года минимальный уровень обнаруживался в почве, не подвергающейся механической обработке. 2. Пространственное варьирование каталазной активности характеризовалось средним уровнем, а ее внутрисезонная динамика была наиболее существенной при минимизации обработок. 3. Из числа изученных факторов на уровень каталазной активности оказали влияние внутрисезонные колебания и характер их взаимодействия с условиями, формирующимися при обработке почвы.

Ключевые слова: ферменты, активность каталазы, нулевая и минимальная обработка.

A.A. Belousov

THE EVALUATION OF CATALASE ACTIVITY AT DIFFERENT WAYS PLOWING OF THE LEACHED BLACK SOIL

The aim of the study is to investigate the effect of different ways of the basic processing on the catalase activity leached chernozem Krasnoyarsk forest. Soil catalase activity was determined by gas-meter according to A. Galstyan. The dynamics of catalase activity in terms of minimization of processing is shown. The data on its spatial variation is achieved. The handling of different methods differently effected catalase activity. Conclusions. 1. The activity of catalase in the test soil was described as average (2,0–5,7 O_2 cm³/g/min). On average for two years minimum level was detected in the soil which was not machined. 2. Spatial variation of catalase activity was characterized by an average level, and its seasonal dynamics was the most significant, while minimizing treatments. 3. Among the factors studied, the level of catalase activity was influenced by seasonal oscillations and the nature of their interactions with the conditions emerging in the processing of the soil.

Key words: enzymes, catalase activity, no-till and minimum tillage.

Введение. В настоящее время в целях энерго- и ресурсосбережения достаточно актуально развитие так называемого сберегающего (консервирующего) сельского хозяйства. Приоритетным направлением является замена традиционных интенсивных технологий возделывания зерновых и других видов культур на сберегающие почвозащитные. Изучение параметров биологической активности почвы является одной из основных задач, направленных на поиск оптимальных параметров плодородия почвы. Каталаза, разлагая пероксид водорода, способствует деятельности микрофлоры и протеканию процессов разложения органических остатков, а также переводу их в гумус почвы. Таким образом, этот показатель плодородия почвы и активность каталазы находятся в прямой зависимости друг от друга: чем больше активность каталазы, тем более благоприятные условия для образования гумуса, и наоборот, чем больше содержание гумуса, тем большее количество молекул фермента способно сорбироваться на поверхности [4].

Для условий Красноярского региона имеется недостаток информации о том, как изменяется ферментативный пул почвы при смене и долгосрочном использовании минимальных обработок почвы. Эти сведения могут быть востребованы в связи с каталитическим влиянием ферментов на циклы превращения элементов минерального питания, в том числе углерода и азота.

Цель исследований: изучение влияния различных способов основной обработки на каталазную активность чернозема выщелоченного Красноярской лесостепи.

Объекты и методы исследований. Наблюдения проводились в Красноярском природном округе на земельных площадях СПК «Шилинское» Сухобузимского района. Влияние ресурсосберегающих способов обработки почвы на ферментативную активность изучали в 2013–2014 гг. на базе опыта, заложенного в 2005 г., под руководством генерального директора ОАО «Коркино Агропромхимия» И.А. Куприна и доктора сельскохозяйственных наук Л.Р. Мукиной. В пределах производственных посевов были выделены реперные участки площадью 500 м². С каждого отбирались образцы из слоев 0–5 и 5–20 см методом змейки в 15-кратной повторности. Схема опыта включала (способы обработки): 1) отвальная (st); 2) минимальная; 3) нулевая.

Почвенный покров представлен черноземом выщелоченным среднегумусным среднесильным глинистым пылевато-иловатым. В вегетационный сезон 2013 г. участок, где применялась технология нулевой обработки, находился в условиях химического пара. Здесь проводили трехкратную обработку баковой смесью из гербицидов «Топик» и «Ковбой», фунгицида «Альто Супер» и инсектицида «Карате». В третьей декаде августа высевалась озимая пшеница комбинированным агрегатом СС-6 без предварительной подготовки почвы с механическим высевом семян. Ее вегетационный период пришелся на 2014 г.

Минимальная обработка почвы осуществлялась СКС-3,2. С помощью дисковых горизонтальных сошников посевного комплекса проводилась обработка почвы на глубину 4–5 см, посев семян ярового рапса (2013 г.) и яровой пшеницы (2014 г.) с одновременным внесением нитроаммофоски.

Отвальная основная обработка состояла из зяблевой вспашки на глубину 20–22 см и весенней культивации. Посев яровой пшеницы в 2013–2014 гг. проводился комбинированным агрегатом – стерневой сеялкой СС-6 с одновременным припосевным внесением нитроаммофоски.

Химические и физико-химические показатели получены по общепринятым прописям современных методов [2]. Каталазную активность почвы определяли газометрически по Галстяну [3]. Статистический анализ данных проводился с использованием пакета программ MS Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Хорошо известно, что эффективное плодородие почвы в значительной степени реализуется через деятельность микроорганизмов и ферментов. Причем многочисленные исследования свидетельствуют о различной биологической активности и, следовательно, разнокачественности частей «пахотного слоя». Рассмотрим изменение статистических параметров каталазной активности в анализируемых слоях исследуемой почвы при различных технологиях обработки. В условиях отвальной вспашки она соответствовала среднему уровню (табл. 1, 2).

Таблица 1

Статистические параметры активности и динамики каталазы, $t_{05} = 2,0$ (2013 г.)

Вариант	Слой, см	Срок	$x \pm ts_x$	s	V, %	t_ϕ
1	2	3	4	5	6	7
Отвальная вспашка	0–5	Май (1)	$3,9 \pm 0,3$	0,5	12,8	$t_1 t_2 (0,83)$
		Июнь (2)	$3,7 \pm 0,3$	0,6	16,2	$t_1 t_3 (0,6)$
		Октябрь (3)	$4,0 \pm 0,1$	0,2	5,0	$t_2 t_3 (1,59)$
	5–20	Май (1)	$4,1 \pm 0,5$	0,9	21,9	$t_1 t_2 (1,14)$
		Июнь (2)	$3,8 \pm 0,3$	0,5	13,1	$t_1 t_3 (1,77)$
		Октябрь (3)	$3,6 \pm 0,3$	0,5	13,8	$t_2 t_3 (0,92)$
Минимальная обработка	0–5	Май (1)	$4,1 \pm 0,4$	0,7	17,0	$t_1 t_2 (2,18)$
		Июнь (2)	$4,6 \pm 0,3$	0,5	10,8	$t_1 t_3 (0,67)$
		Октябрь (3)	$4,3 \pm 0,4$	0,7	16,2	$t_2 t_3 (1,37)$
	5–20	Май (1)	$3,2 \pm 0,2$	0,4	12,5	$t_1 t_2 (5,87)$
		Июнь (2)	$4,1 \pm 0,3$	0,5	12,2	$t_1 t_3 (1,53)$
		Октябрь (3)	$3,4 \pm 0,3$	0,5	14,7	$t_2 t_3 (3,63)$

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Нулевая обработка	0–5	Май (1)	$2,2 \pm 0,1$	0,2	9,0	t_{1t_2} (17,9)
		Июнь (2)	$4,0 \pm 0,2$	0,3	7,5	t_{1t_3} (18,0)
		Октябрь (3)	$3,7 \pm 0,1$	0,2	5,4	t_{2t_3} (3,0)
	5–20	Май (1)	$2,0 \pm 0,1$	0,2	10,0	t_{1t_2} (18,7)
		Июнь (2)	$3,8 \pm 0,2$	0,3	7,9	t_{1t_3} (18,9)
		Октябрь	$3,5 \pm 0,1$	0,2	5,7	t_{2t_3} (2,98)

Здесь и далее: жирным шрифтом выделены достоверные различия; t_{1t_2} – сравнение сроков наблюдения.

Величина пространственного варьирования была умеренной и, вероятно, определялась ходом динамики развития корневых систем растений, использованием гербицидов и сменой условий увлажнения. Динамика активности каталазы характеризовалась несущественными колебаниями в обоих исследуемых слоях относительно вариантов с минимальным механическим воздействием.

При использовании минимальной обработки уровень каталазной активности также оценивался как средний. Величина пространственного варьирования была на более высоком уровне, чем при традиционном способе обработки.

Таблица 2

Шкала для сравнительной оценки биологической активности почвы

Показатель	Активность				
	Очень слабая	Слабая	Средняя	Высокая	Очень высокая
Каталаза, O_2 , см ³ /г/мин	До 1	1–3	3–10	10–30	> 30

Динамика активности каталазы характеризовалась достоверными спадами и подъемами по срокам наблюдений. На наш взгляд, существенную роль на эти изменения оказала культура ярового рапса. Однако наиболее существенные динамические изменения были выявлены в почве, не подвергающейся механической обработке. Здесь проявилась существенная трансформация рядов динамики. По уровню активности почва характеризовалась как слабая в мае и средняя – в последующие периоды.

В течение вегетационного сезона 2014 г. динамика окислительного фермента проявила более высокую активность в сравнении с предыдущим сезоном (табл. 3). Тем не менее, потенциал активности оставался в пределах «среднего» по шкале Д.Г. Звягинцева. Пространственное варьирование сохранялось на аналогичном уровне, как и годом ранее. По характеру динамики вариант с оборотом пласта оценивался как самый стабильный. При использовании минимальной обработки колеблемость была выражена сильнее в слое 0–5 см, а при полном отказе от механического воздействия, также как и в вегетационном сезоне 2013 г., динамические изменения носили самый существенный характер. По-видимому, сохранение разнокачественного органического материала на поверхности почвы, содержание растворимых фракций, лигнина, целлюлозы и полифенолов определяли различную скорость разложения и обуславливали создание микроразнообразия (или нет) для деятельности микроорганизмов. Растительные остатки также могли препятствовать равномерному прогреванию почвы по периодам наблюдений, что обуславливало вариабельность значений.

Таблица 3

Статистические параметры активности и динамики каталазы, $t_{05} = 2,0$ (2014 г.)

Вариант	Слой, см	Срок	$\bar{x} \pm ts_x$	s	V, %	t_ϕ
Отвальная вспашка	0–5	Июнь (1)	$4,3 \pm 0,4$	0,6	13,9	t_{1t_2} (1,39)
		Июль (2)	$4,7 \pm 0,3$	0,6	12,7	t_{1t_3} (3,22)
		Сентябрь (3)	$5,0 \pm 0,3$	0,5	10,0	t_{2t_3} (1,75)
	5–20	Июнь (1)	$4,5 \pm 0,6$	1,0	22,2	t_{1t_2} (0,43)
		Июль (2)	$4,4 \pm 0,6$	1,1	25,0	t_{1t_3} (0,9)
		Сентябрь (3)	$4,8 \pm 0,3$	0,5	10,4	t_{2t_3} (1,2)
Минимальная обработка	0–5	Июнь (1)	$5,3 \pm 0,3$	0,6	11,3	t_{1t_2} (2,3)
		Июль (2)	$4,8 \pm 0,3$	0,6	12,5	t_{1t_3} (2,35)
		Сентябрь (3)	$4,7 \pm 0,4$	0,6	12,7	t_{2t_3} (0,14)
	5–20	Июнь (1)	$5,6 \pm 0,4$	0,7	12,5	t_{1t_2} (1,63)
		Июль (2)	$5,0 \pm 0,7$	1,2	24,0	t_{1t_3} (1,99)
		Сентябрь (3)	$5,2 \pm 0,2$	0,3	5,7	t_{2t_3} (0,59)
Нулевая обработка	0–5	Июнь (1)	$4,7 \pm 0,4$	0,7	14,9	t_{1t_2} (2,63)
		Июль (2)	$4,1 \pm 0,1$	0,3	7,3	t_{1t_3} (2,25)
		Сентябрь (3)	$5,4 \pm 0,6$	1,0	18,5	t_{2t_3} (4,42)
	5–20	Июнь (1)	$5,7 \pm 0,5$	0,9	15,8	t_{1t_2} (6,36)
		Июль (2)	$3,8 \pm 0,4$	0,7	18,4	t_{1t_3} (0,73)
		Сентябрь (3)	$5,5 \pm 0,3$	0,5	9,0	t_{2t_3} (7,55)

Таким образом, показатели каталитической активности имеют ярко выраженную сезонную динамику. При этом она может быть различной как по направлению, так и по амплитуде колебаний во времени.

Не менее важными, чем оценка каталазной активности, будут сведения об интенсивности биохимических процессов, формирующихся при различных технологиях обработки. В вегетационный сезон 2013 г. активность каталазы в мае была максимальна в 0–5 см слое почвы, обрабатываемой отвално и с поверхностным механическим рыхлением (табл. 4). Существенно уступала им в активности почва, находящаяся в условиях химического пара.

Таблица 4

Активность каталазы в вариантах опыта, O_2 , см³/г/мин (2013 г.)

Вариант	0–5 см			5–20 см		
	Май	Июнь	Октябрь	Май	Июнь	Октябрь
Отвальная	3,9	3,7	4,0	4,1	3,8	3,6
Минимальная	4,1	4,6	4,3	3,2	4,1	3,4
Нулевая	2,2	4,0	3,7	2,0	3,8	3,5
HCP_{05}	0,9	0,4	0,3	0,4	$F_\phi < F_T$	$F_\phi < F_T$

В июне, когда велика сила воздействия корневых систем растений, уровень активности повышался в вариантах минимальной и нулевой обработок. Причем, достоверно высоким он оказался в варианте, где возделывался рапс. По-видимому, эта же тенденция прослеживалась и в конце сезона.

В слое 5–20 см значимых различий в степени каталазной активности между вариантами не обнаружено. Лишь в начале вегетационного сезона энергия разложения перекиси оказалась существенно ниже в почве, обрабатываемой по нулевому способу что, возможно, обусловлено многократным использованием комплекса пестицидов. Подобное в своих исследованиях отмечали

Ф.Х. Хазиев, А.Е. Гулько [6]. Достоверный максимум зафиксирован в условиях отвальной вспашки. Вегетационный сезон 2014 г. показал, что это предположение правильное. Однако следует указать, что гербициды применялись и в других вариантах, но, вероятно, отсутствие механического воздействия в химическом пару усиливало токсический эффект химикатов на образование и активность фермента.

Во второй год исследований в слое почвы 0–5 см максимальный и достоверно высокий уровень активности каталазы был обнаружен в условиях минимальной обработки (табл. 5). Вероятно, здесь продолжалось влияние растительного материала рапса прошлого года. Накопленный на поверхности почвы растительный опад предшествующих культур и рапса в период посева яровой пшеницы был вовлечен поверхностной обработкой в процессы окисления, что, по-видимому, повысило и каталитическую активность. Аналогичные данные были получены В.Н. Слесаревым с соавторами [5], где, по их мнению, корневые остатки рапса служили дополнительным энергетическим материалом для микроорганизмов и являлись причиной усиления активности изучаемого ими окислительно-восстановительного фермента.

Таблица 5

Активность каталазы в вариантах опыта, O_2 , $cm^3/g/min$ (2014 г.)

Вариант	0–5 см			5–20 см		
	Июнь	Июль	Сентябрь	Июнь	Июль	Сентябрь
Отвальная	4,3	4,7	5,0	4,5	4,4	4,8
Минимальная	5,3	4,8	4,7	5,6	5,0	5,2
Нулевая	4,7	4,1	5,4	5,7	3,8	5,5
HCP_{05}	0,5	0,4	0,4	0,6	0,8	0,3

В июле на данном варианте наблюдался спад активности от 5,3 до 4,8 $cm^3/g/min$. Аналогичный ферментный потенциал обнаружил верхний слой почвы при отвальной вспашке. Существенно уступал им в активности 0–5 см слой почвы при использовании прямого посева – 4,1 $cm^3/g/min$. К концу сезона 2014 г., в сентябре, напротив, наибольший уровень активности был характерен для почвы, где вегетировала озимая пшеница. А далее в убывающем порядке: на отвальной и минимальной обработках. Все отличия оказались статистически достоверны.

Интересные данные получены для слоя 5–20 см. Максимум каталазной активности почвы был выявлен при нулевой обработке, а наименьшие ее значения – при отвальной вспашке. К июлю в варианте с нулевой обработкой ферментный потенциал каталазы существенно сократился. Вероятно, это связано с усилением анаэробных процессов, которые стали следствием существенного возрастания влажности и плотности сложения, измеренных в опыте в составе сопутствующих наблюдений. К сентябрю уровень активности достиг июньского.

Таким образом, можно заключить, что активность в вариантах опыта, с одной стороны, характеризовалась как средняя, с другой – способы обработки по-разному и разнонаправленно влияли на каталазную активность. Причины этого мы попытались выявить при помощи двухфакторного дисперсионного анализа (табл. 6).

Таблица 6

Оценка вклада факторов в изменение активности каталазы чернозема выщелоченного (двухфакторный анализ ANOVA)

Фактор	Показатель степени влияния (ПСВ), %			
	2013 г.		2014 г.	
	0–5 см	5–20 см	0–5 см	5–20 см
1	2	3	4	5
Сроки (динамика)	28,2	16,6	2,0	7,1
Обработки	15,0	17,9	8,3	15,8

Окончание табл. 6

1	2	3	4	5
Взаимодействие	20,8	27,0	15,5	11,8
Не учитываемые в опыте факторы	35,2	38,3	73,9	65,2

В течение вегетационного сезона 2013 г. из исследуемых параметров наибольшее влияние на каталитическую активность в слое 0–5 см оказывал фактор «обработки». Однако в большей степени на потенциал каталазы воздействовал фактор «не учитываемые в опыте». В слое 5–20 см долевое распределение факторов было несколько иным. Здесь из исследуемых параметров на первое место вышел фактор «взаимодействие» (27 %). Что, по-видимому, связано с совместным влиянием способов обработки, сменой гидротермических условий, использованием различной растительности на реперных участках.

Выводы

1. Активность каталазы в исследуемой почве характеризовалась как средняя по шкале Д.Г. Звягинцева. Способы обработки почвы разнонаправленно влияли на каталитическую активность. В среднем за два года минимальный уровень обнаруживался в почве, не подвергающейся механической обработке.

2. Пространственное варьирование каталазной активности характеризовалось средним уровнем, а ее внутрисезонная динамика была наиболее существенной при минимизации обработок.

3. Изменения ферментативной активности обуславливались в большей степени факторами, не исследуемыми в опыте. Из числа наблюдаемых на уровень каталазной активности оказали влияние внутрисезонные колебания и характер их взаимодействия с условиями, формирующимися при обработке почвы.

Литература

1. Абросимова Л.Н., Ревут И.Б. Биологическая активность почвы и состав воздуха пахотного слоя почвы // Почвоведение. – 1964. – № 7. – С. 17–19.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
3. Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении. – Ереван: Айастан, 1974. – 185 с.
4. Кузьмина К.И. Ферментативная активность почв под различными культурами // XIV Докучаевские молодежные чтения: мат-лы Всерос. науч. конф., посвящ. 165-летию со дня рождения В.В. Докучаева. – СПб., 2011. – С. 215–216.
5. Слесарев В.Н., Святская Л.Н., Хамова О.Ф. и др. Биологическая активность чернозема выщелоченного юго-западной Сибири в зависимости от обработки // Почвоведение. – 1987. – № 4. – С. 137–142.
6. Хазиев Ф.Х., Гулько А.Е. Ферментативная активность почв агроценозов и перспективы ее изучения // Почвоведение. – 1991. – № 8. – С. 88–103.

Literatura

1. Abrosimova L.N., Revut I.B. Biologicheskaya aktivnost' pochvy i sostav vozduha pahotnogo sloya pochvy // Pochvovedenie. – 1964. – № 7. – S. 17–19.
2. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv. – M.: Izd-vo MGU, 1970. – 487 s.
3. Galstyan A.SH. Fermentativnaya aktivnost' pochv Armenii. – Erevan: Aiastan, 1974. – 185 s.
4. Kuz'mina K.I. Fermentativnaya aktivnost' pochv pod razlichnymi kul'turami // XIV Dokuchaevskie molodezhnye chteniya: mat-ly Vseros. nauch. konf., posvyashch. 165-letiyu so dnya rozhdeniya V.V. Dokuchaeva. – SPb., 2011. – S. 215–216.

5. Slesarev V.N., Svyatskaya L.N., Hamova O.F. i dr. Biologicheskaya aktivnost' chernozema vysshelochennogo yugo-zapadnoy Sibiri v zavisimosti ot obrabotki // Pochvovedenie. – 1987. – № 4. – S. 137–142.
6. Haziev F.H., Gul'ko A.E. Fermentativnaya aktivnost' pochv agrocenozov i perspektivy ee izucheniya // Pochvovedenie. – 1991. – № 8. – S. 88–103.



УДК 631.4:628

А.А. Галямов, Е.В. Гаевая, Е.В. Захарова

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ПОЛУОСТРОВЕ ЯМАЛ

В работе представлены результаты качественной характеристики отходов производства и потребления на территории разведочных скважин Бованенковского месторождения. Целью исследований явилось определение участков сельскохозяйственных земель (оленьих пастбищ) Ямальского района, нарушенных и загрязненных в ходе проведения геологоразведочных работ при освоении газовых и газоконденсатных месторождений Бованенковской группы полуострова Ямал. Качественная характеристика загрязнений проведена на территории 100 разведочных скважин в районе Бованенковского, Северо-Бованенковского, Восточно-Бованенковского и Нерстинского месторождения общей площадью 3 633 кв. км. На буровых площадках обнаружены отходы преимущественно IV и V классов опасности, а также незначительное количество отходов III класса опасности. В соответствии с приведенными данными, выявлено, что 87,6 % (или 11 035,54 т) общей массы отходов относятся к V классу опасности, или практически неопасным отходам; 12,3 % (или 1 546,07 т) – к IV классу опасности, или малоопасным отходам; 0,1 % (или 17,85 т) – к III классу опасности, или умеренно опасным отходам. Более половины буровых площадок относится к первому и второму типу скважин, т. е. практически незахламленным (38 % от общего числа скважин) и мало захламленным буровым площадкам (26 % от общего числа скважин). К третьему типу средне захламленных площадок скважин относится 16 % всех буровых площадок, и на их долю приходится 12 % общей массы отходов (1 500,71 т). Доля площадок четвертого типа (сильно захламленных) составляет 12 % от общего числа, однако вклад в общую массу брошенных отходов весьма велик – 31 % общего количества (3 873,27 т). Самая малочисленная совокупность буровых площадок относится к пятому типу (чрезвычайно захламленные площадки), составляет всего 8 % общего числа площадок скважин, но масса отходов, брошенных на площадках пятого типа, составляет больше половины общего количества всех отходов – 51 % (6 432,65 т). Инвентаризация отходов производства и потребления позволит правильно спланировать направление технической рекультивации земель полуострова Ямал.

Ключевые слова: углеводородное сырье, отходы производства и потребления, геологоразведочные работы.

A.A. Galyamov, E.V. Gaevaya, E.V. Zakharova

ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF REHABILITATION OF DEGRADED SITES ON THE YAMAL PENINSULA

The results of the qualitative characteristics of waste production and consumption in the territory of the Bovanenkovo field exploration are given. The aim of research was to determine the areas of agricultural land (reindeer pastures) Yamal area of disturbed and contaminated in the course of exploration in the