

УДК: 631.5.2.427.1

**<sup>1</sup>Демеуов С.Н., <sup>2</sup>Исенова Г., <sup>1</sup>Кайсанова Г.  
ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ЧЕРНОЗЕМА В ПОСЕ-  
ВАХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ОБРАБОТКИ ПОЧВ  
КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ**

<sup>1</sup>Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии  
им. У.У. Успанова, 050060 Алматы, проспект аль-Фараби 75 В, Казахстан,  
e-mail: demeuov@mail.ru

<sup>2</sup>Казахский научно-исследовательский институт защиты и карантина растений,  
040924 Алматы, Карасайский район, п. Рахат, ул. Казыбек би, д. 1, Казахстан

*Аннотация.* В статье излагаются материалы, проведенных исследований. Показана активность важнейших почвенных ферментов: уреазы, пероксидазы, каталазы в черноземах южных Костанайской области при различных способах (минимальной и нулевой) обработки почв.

*Ключевые слова:* уреазы, пероксидазы, каталазы нулевая обработка, минимальная обработка почв, чернозем южный, плодородие.

#### ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных факторов, влияющих на плодородие почвы, является ее ферментативная активность, которую можно использовать в качестве диагностического показателя плодородия различных почв, потому что активность ферментов отражает не только биологические свойства почвы, но и их изменения под влиянием агроэкологических факторов.

Огромная территория Республики Казахстан и разнообразие физико-географических условий обуславливают проявление широтной зональности формирования ферментативной активности почв в соответствии с зональностью почвенного покрова. В зональном ряду равнинных почв наиболее высокие значения показателей активности гидролаз (инвертазы, уреазы, каталазы) на фоне умеренной активности каталазы отмечаются в черноземах. В них установлена и наиболее высокая интенсивность "дыхания" почв. Среди подтипов черноземов наиболее энзимоактивны черноземы обыкновенные, меньше – южные черноземы.

В настоящее время во всем мире в целях энерго- и ресурсосбережения очень актуально развитие, так называ-

емого сберегающего (консервирующего) сельского хозяйства, причем приоритетным направлением является замена традиционных интенсивных технологий возделывания зерновых и других видов культур на сберегающие почвозащитные [1-2].

Технологии минимальной и нулевой почвозащитной обработки почвы относятся к числу особых и важных способов ресурс-энергосбережения в земледелии. Их применение обеспечивает непосредственно в технологическом процессе производства продукции, защиту почв как главного природного ресурса, снижение затрат труда и топлива, снижение энергоемкости и металлоемкости производства [3]. Опыт земледелия в различных почвенно-климатических условиях показывает, что данные технологии в сочетании с рациональным применением систем удобрений и пестицидов повышают эффективное плодородие почв и создают условия для получения высоких урожаев [1-3]. Однако на сегодняшний день мало изученным остается вопрос о влиянии минимизации обработки почвы на состояние плодородия и сохранения почв, имеющих место в условиях Костанайской области. В связи с

этим изучалось влияние минимальной и нулевой обработки на ферменты почвы.

Наряду с микробиологическими методами биологическое состояние почв может быть оценено с помощью определения активности ферментов [4-7].

При разработке энергосберегающих технологий возделывания зерновых сельскохозяйственных культур возникла необходимость проведения исследований по оптимизации приемов воспроизводства почвенного плодородия.

В задачи исследований входило изучение влияния минимальной и нулевой обработки почвы, в сравнении с зональной, на микробиоту почвы и ее ферментативную активность.

В данной статье представлены результаты изучения ферментативной активности почвы (чернозема) Костанайской области под посевами яровой пшеницы при минимальной обработке, полученные при выполнении проекта: «Разработка технологий сохранения и эффективности воспроизводства плодородия почв и критериев оценки их параметров».

#### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Метеорологические условия в годы проведения опыта были разнообразны и довольно полно отображали климатические особенности степной зоны Костанайской области. Исследования проводились в 2012-2014 годах в рамках целевой программы по изучению технологии нулевой обработки почвы (No-Till) в сравнении с зональными и минимальными в поселке Заречное Костанайской области. В качестве объекта исследования выбран чернозем южный среднегумусный среднеспособный тяжелосуглинистый. Характерной особенностью черноземов Северного региона Казахстана является высокая динамичность микробиологических процессов.

Изучена активность ряда важнейших ферментов – каталазы, уреазы и

пероксидазы при нулевой и минимальной обработке почв.

Опыт был заложен в поселке Заречное на опытном участке Костанайского НИИ сельского хозяйства маршутно-ключевым и стационарным методами.

Отбор почвенных образцов производился в конце мая и в третьей декаде июля 2014 года. Образцы почвы отбирались специальным буром с глубины 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 см. Для определения ферментативной активности были взяты почвенные пробы высушенные до воздушно-сухого состояния, очищенные от растительных остатков, в лаборатории при комнатной температуре. Почвенные образцы измельчали и просеивали через сито с ячейками размером 1 мм.

Активность каталазы определяли перманганат метрическим методом А.Н.Баха и А.И.Опраина [8], активность уреазы – методом Т. А. Щербаковой [7]; пероксидазы - методом А.Ш. Галстяна [5].

Активность пероксидазы выражают в миллиграммах пурпургаллина на 100 г почвы за 30 мин. Реактивы: 1. 1 %-ный раствор 1,2,3-пирогаллола. 2. 0,5 %-ный раствор  $H_2O_2$ . 3. Серный эфир. 4. 0,5 н. HCl. 5. Стандартный раствор бихромата калия – 0,75 г  $K_2CrO_7$  в 1 л 0,5 н. HCl. (Это соответствует 5 мг пурпургаллина в 50 мл эфира).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время большое внимание уделяется биохимическим процессам, происходящим в почве под влиянием ферментов, выделяемых микроорганизмами и корнями высших растений. Повышение плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур связано не с усилением отдельных ферментативных процессов. При этом активность ферментов может характеризовать биогенную активность почв, а, следовательно, и их плодородие. Активность почвенных ферментов каталазы, пероксидазы и полифенолок-

сидазы может служить показателем интенсивности и направленности биохимических процессов в почве [1-2].

Минимизация обработки почвы или полное исключение механической обработки почвы перед посевом вызывают некоторое увеличение ферментативной активности в верхних слоях почвы и снижение в более глубоких.

Полученные данные свидетельствует, что по сравнению 2012-13 годами при нулевой и минимальной обработке почв оказывают большое влияние на ферментативную активность почвы в относительно благоприятные по условиям увлажнения годы, в засушливых условиях она снижается, и разница между вариантами опыта сглаживается.

Таблица 1 – Активность ферментов в черноземах южных среднее (2012г.), п. Заречное (нулевая обработка)

№	Глубина	Ферменты		
		Уреаза	Каталаза	Пероксидаза
1	0-10	3.1±0.1	0.66±0.1	10.5±0.1
2	10-20	5.1±0.1	0.65±0.1	11.9±0.1
3	20-30	8.3±0.1	0.59±0.1	12.11±0.1
4	30-40	12.1±0.12	0.55±0.1	13.6±0.1
Активность ферментов в в черноземах южных среднее (2012 г.) Заречное (минимальная обработка)				
№	Глубина	Ферменты		
		Уреаза	Каталаза	пероксидаза
1	0-10	1.1±0.1	0.70±0.1	9.1±0.1
2	10-20	2.5±0.1	0.68±0.1	9.7±0.2
3	20-30	7.2±0.1	0.71±0.1	11.3±0.1
4	30-40	10.1±0.2	0.71±0.1	12.0±0.3
<i>Примечание:</i> Единицы измерения активности ферментов - каталаза, в микромолях H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> за 1 мин на 1 г сыр. почв. пероксидаза в мл 0,01 н I <sub>2</sub> на 1 г сыр. почв. Уреазы, мг. N/NH <sub>4</sub> на 1 г почвы за 3 ч.				

Таблица 2 - Активность ферментов в черноземах южных среднее (2013 г.), п. Заречное (нулевая обработка)

№	Глубина	Ферменты		
		Уреаза	Каталаза	Пероксидаза
1	0-10	4,2±0.1	0.71±0.1	12,3±0.1
2	10-20	6,3±0.1	0.75±0.1	13,1±0.1
3	20-30	9,6±0.1	0.69±0.1	14,2±0.1
4	30-40	14,1±0.12	0.67±0.1	14,2±0.1
Активность ферментов в в черноземах южных среднее ( 2013 г.) Заречное (минимальная обработка)				
№	Глубина	Ферменты		
		Уреаза	Каталаза	Пероксидаза
1	0-10	2,3±0.1	0.82±0.1	10,2±0.1
2	10-20	4,1±0.1	0.78±0.1	10,5±0.2
3	20-30	8,5±0.1	0.89±0.1	12,6±0.1
4	30-40	11,9±0.2	0.85±0.1	13,4±0.3
<i>Примечание:</i> Единицы измерения активности ферментов - каталаза, в микромолях H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> за 1 мин на 1 г сыр. почв. пероксидаза в мл 0,01 н I <sub>2</sub> на 1 г сыр. почв. Уреазы, мг. N/NH <sub>4</sub> на 1 г почвы за 3 ч.				

2012 год погодные условия были засушливыми и это имело непосредственное отрицательное влияние на биологическую активность данной почвы, то есть полученные результаты были намного ниже по сравнению с 2014 годом.

А в 2014 году погодные условия были на этом регионе благоприятными для зерновых культур, т.е. влажными, и это оказало положительное действие на повышение микробиологической части исследуемой почвы.

Изученные почвы характеризуются слабощелочными условиями, обеспечиваю-

щими оптимальный уровень ферментативной активности почв. Ферментативные реакции всегда протекают в водной среде, а в реакциях с участием гидролитических ферментов вода принимает непосредственное участие и в самой реакции. Отмечено, что при высоком уровне гигроскопической влажности проявляется наибольшая активность гидролитических ферментов почвы (таблица 3, 4), что характеризует почвенную влагу, как один из важнейших экологических параметров, формирующих ферментный пул почвы.

Таблица 3 – Активность ферментов в черноземах южных среднее (2014 г.), п. Заречное (нулевая обработка)

№	Глубина почв	РН	Влажность, %	Гумус, %	Ферменты		
					уреаза	каталаза	пероксидаза
1	0-10	7,94	16,54	3,82	5,1±0.2	0.86±0.1	15,4±0.1
2	10-20	7,90	20,34	3,29	7,2±0.2	0.95±0.1	16,6±0.2
3	20-30	8,05	20,93	2,16	11,0±0.2	0.91±0.1	17,5±0.2
4	30-40	8,24	18,07	1,28	16,1±0.15	0.78±0.1	17,9±0.3

*Примечание:* Единицы измерения активности ферментов - каталаза, в микромолях H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> за 1 мин на 1 г сыр. почв. пероксидаза в мл 0,01 н I<sub>2</sub> на 1 г сыр. почв. Уреазы, мг. N/NH<sub>4</sub> на 1 г почвы за 3 ч.

Гигроскопическая влажность в изученных черноземах находится в средних пределах. При максимальном уровне влажности в почве отмечается наиболее высокий уровень активности гидролитических ферментов у черно-

земов южных. Минимальной влажностью из изученного ряда черноземов характеризуется чернозем, имеющий самый низкий уровень активности всех трех ферментов (таблица 4).

Таблица 4 – Активность ферментов в черноземах южных среднее (2014г.), п. Заречное (минимальная обработка)

№	Глубина почв	РН	Влажность, %	Гумус, %	ферменты		
					уреаза	каталаза	пероксидаза
1	0-10	7,0	8,59	3,45	4,1±0.1	0.91±0.2	12,2±0.1
2	10-20	7,3	13,79	3,29	6,5±0.1	0.86±0.3	12,4±0.2
3	20-30	7,4	12,05	2,16	11±0.1	0.92±0.2	14,5±0.1
4	30-40	7,7	13,34	1,49	16,1±0.2	0.96±0.1	16,7±0.3

*Примечание:* Единицы измерения активности ферментов - каталаза, в микромолях H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> за 1 мин на 1 г сыр. почв. пероксидаза в мл 0,01 н I<sub>2</sub> на 1 г сыр. почв. Уреазы, мг. N/NH<sub>4</sub> на 1 г почвы за 3 ч.

Анализ показал сильную положительную сопряженную связь активности гидролитических ферментов с содержанием гумуса

Представлены данные по ферментативной активности чернозема южного при нулевой (No-Till) и мини-

мальной обработки почвы. Минимизация обработки в целом положительно сказывается на ферментативную активность почвы, что в свою очередь влияет на увеличение естественного плодородия почв.

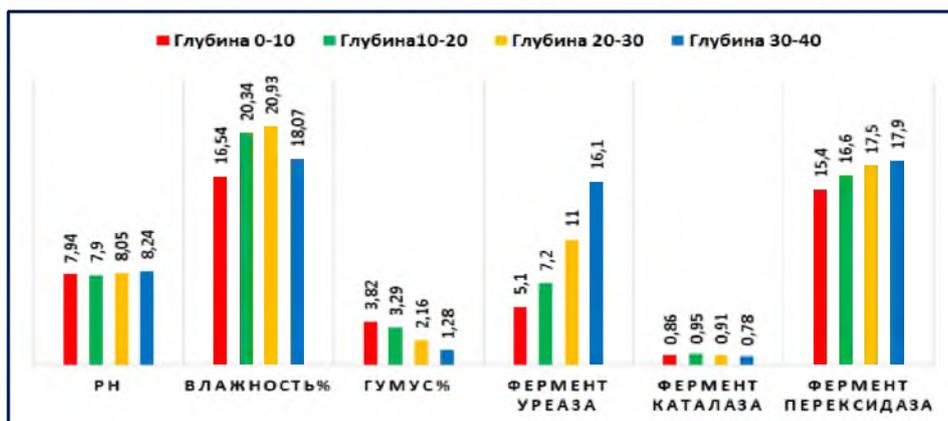


Рисунок 1 – Активность ферментов в черноземах южных среднее (2014 г.), п. За-речное (нулевая обработка)

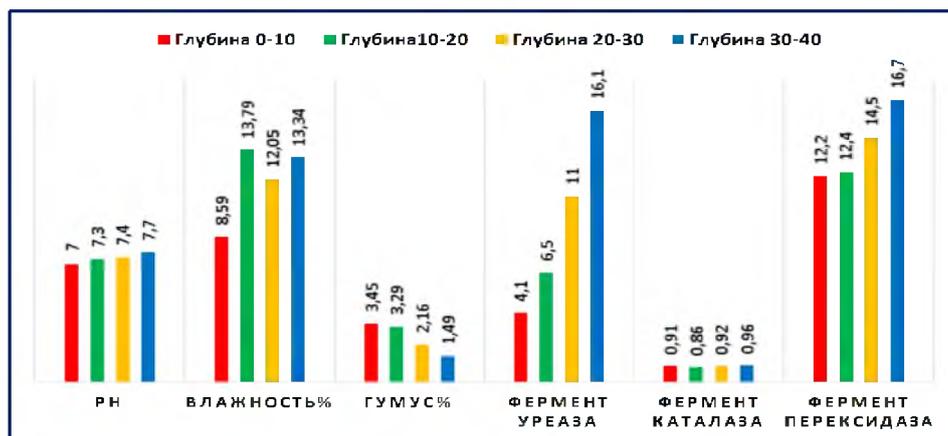


Рисунок 2 – Активность ферментов в черноземах южных среднее (2014 г.), п. За-речное (минимальная обработка)

Результаты изучения активности ферментов показали, что при нулевой обработке почвы на глубине 10-20 и 20-30 см наблюдается незначительное снижение активности фермента ката-лазы. При минимальной же обработке - в верхнем и нижнем горизонте актив-ность фермента каталазы была незна-чительно повышена.

Пероксидазная активность почвы была довольно высокая, что обуславли-

вает высокие темпы минерализации почвы и также не зависела от варианта обработки почвы.

С глубиной отмечено повышение активности пероксидазы, которая со-ставляла 15,4-17,9 соответственно 12,2-16 при нулевой и минимальной обработке почвы (таблица 1, 2). По-видимому, на ферментативную ак-тивность пероксидазы оказывают влия-ние такие факторы как темпера-

тура, влага и механическая обработка почвы.

Результаты определения урезной активности, представленные в таблицах 1, 2 показывают, что активность этого фермента наиболее высокая и составляет 5,1-16,1 и 4,1-11 соответственно, с заметным увеличением вниз по профилю как при минимальной, так и нулевой обработке почв.

Каталазная активность в значительной степени зависит от агротехнических приемов а также, возможно, связана с высоким содержанием органического вещества и влажности почвы, так как 2014 год был годом достаточно влажным по сравнению с 2013 годом.

В результате изучения активности ферментов в черноземах южных (поселок Заречное) Костанайской области при нулевой обработке почвы наблюдалось незначительное снижение активности фермента каталазы в пределах от 0,86 до 0,78 в нижних горизонтах. Активность каталазы выражают в миллилитрах  $O_2$  за 1 или 5 мин. на 1 г почвы.

Результаты показали, что активность каталазы заложенного опыта в вариантах при минимальных обработках почв была умерено выше и составляло от 0,91 до 96 мл  $O_2$ /1 мин/1 г почвы. Это свидетельствует о напряженности микробно-биохимических процессов, скорости превращения органических соединений. Информативность и чувствительность данного показателя позволяет его использовать в экологическом мониторинге почв.

Данные по каталазной активности почвы свидетельствуют о равномерном распределении фермента и кислорода в пахотном слое почвы при нулевой обработке (таблица 1, 2). Во втором варианте при минимальной обработке, где осуществлялась заделка стерни и создавался мульчирующий слой, активность каталазы была значи-

тельно выше по сравнению с нулевой обработкой почвы по всем слоям.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты показали, что явных закономерностей по влиянию обработки почвы на ее ферментативную активность в южном черноземе не выявлено.

Однако следует отметить незначительное снижение активности фермента каталазы под воздействием нулевой обработки и повышение фермента уреазы при нулевой и минимальной обработке почвы особенно заметное в слое почвы 20-30 и 30-40см.

В целом минимизация обработки положительно сказывается на ферментативную активность почвы, что в свою очередь влияет на увеличение естественного плодородия почв. Она была достаточно высокой на всех вариантах опыта.

Таким образом, оптимальным методом обработки является метод нулевой обработки почв при условии сохранения биологической активности на уровне не ниже, чем при использовании традиционных методов воспроизводства почвенного плодородия.

В результате проведенных исследований определена активность таких важнейших почвенных ферментов, как уреазы, перодиксазы, каталазы в южных черноземах Костанайской области. Изученные черноземы южные проявляют среднюю ферментативную активность. Максимальная активность ферментов, содержание гумуса, гигроскопическая влажность отмечена в вариантах минимальной обработки почв.

Минимальная активность ферментов – в черноземе южном в варианте с нулевой обработкой почв при самой низкой гигроскопической влажности и среднем содержании гумуса. Выявлены сопряженные изменения активности ферментов между собой, с содержанием гумуса и гигроскопиче-

ской влажностью. Полученные данные по ферментативной активности могут служить одним из показателей биологической активности изученных черноземов и могут быть использованы при биологической диагностике и биомониторинге состояния почв.

Данные технологии поддерживают

биологическую активность почвы и ее агрофизические характеристики в пределах оптимальных параметров и позволяют осуществлять рентабельное производство зерна без потери устойчивости агроэкосистем.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Crovetto C. Stubble over the soil. – Madison: American Society of Agronomy Inc., 1996. – 248 p.

2 Pronin D. Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungs – und Bestellverfahren auf die vertikale Differenzierung von Bodenkennwerten auf lehmigem Sand (Brandenburg) und auf Schwarzerde (Novosibirsk) sowie auf ausgewählte Pflanzenmerkmale. – Aachen: Shaker, 2003. – P. 88–90.

3 Рябов Е.И. Ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур (Минимальная почвозащитная обработка, удобрения, пестицидов) /Под ред.Е.И.Рябова. – Ставрополь: Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2003. – 150 с.

4 Купревич В.Ф. Биологическая активность почвы и методы ее определения // Доклады АН СССР. – 1951. – Т. 79, № 5. – С. 863-866.

5 Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении. – Ереван: Ай-астан, 1974. – Вып. 8. – 275 с.

6 Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. – М.: Наука, 1982. – 203 с.

7 Щербакова Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества. – Минск: Наука и техника, 1983. – 222 с.

8 Бах А.Н., Опарин А.И. Определение каталазы Практикум по общей биохимии. – М.: Наука, 1982. – С. 151-152.

#### ТҮЙІН

<sup>1</sup>Демеуов С.Н., <sup>2</sup>Исенова Г., <sup>1</sup>Кайсанова Г.

ҚОСТАНАЙ ОБЛЫСЫНЫҢ ҚАРА ТОПЫРАҒЫН ӨҢДЕУДІҢ ӘР ТҮРЛІ ӘДІСТЕРІ  
КЕЗІНДЕ ЖАЗДЫҚ БИДАЙ ЕГІЛГЕН ҚАРА ТОПЫРАҚТАРДЫҢ ФЕРМЕНТАТИВТІК  
БЕЛСЕНДІЛІГІ

<sup>1</sup>Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты, 050060 Алматы, әл-Фараби даңғылы, 75 В, Қазақстан,  
e-mail: demeuov@mail.ru

<sup>2</sup>Қазақ өсімдіктерді қорғау және карантин ғылыми-зерттеу институты,  
040924 Алматы, Қарасай ауданы, Рахат ауылы, Қазыбек би көшесі, 1-үй

Мақалада жүргізілген зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Топырақты өңдеудің әр түрлі әдістерінде (минималды, нөлдік) Қостанай облысының оңтүстік қара топырақтарындағы мынадай маңызды: уреазы, пероксидазы, каталазы, торырақ ферменттерінің белсенділігі көрсетілген.

Түйінді сөздер: уреазы, пероксидазы, каталазы, нөлдік топырақ өңдеу әдісі, минималды топырақ өңдеу әдісі, оңтүстік қара топырақ, топырақ құнарлылығы.

## SUMMARY

<sup>1</sup>Demeuov S.N., <sup>2</sup>Isenova G., <sup>1</sup>Kaisanova G.

ENZYMATIC ACTIVITY OF CHERNOZEM SOILS USED FOR CULTIVATION OF SPRING WHEAT IN KUSTANAI REGION, WITH DIFFERENT METHODS OF PROCESSING

<sup>1</sup>*Kazakh Reseach Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry after U.U. Usпанov, 050060 Almaty, 75V al-Farabi avenue, Kazakhatan, e-mail: demeuov@mail.ru*

<sup>2</sup>*LLP Kazakh Scientific Research Institute of Plant Protection and Quarantine, 040924, Almaty oblast, Karassai raion, Rakhat village, Kazybek bi str. 1*

The data concerning the effect of different tillage methods (minimum, zero) on the enzymatic activity of soils of southern chernozems of the steppe zone of Kostanai region used for sowing of spring wheat are presented.

*Key words:* urease, peroxidase, catalase, zero tillage, minimum tillage, southern black earth, soil fertility.