

ВЛИЯНИЕ ВИДОВ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Д.С. Фомин, к.с.-х.н., М.Т. Васбиева, к.б.н., Н.Е. Завьялова, д.б.н.,
Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН

614532, Пермский край, Пермский район, с. Лобаново, ул. Культуры, 12, vashbieva@mail.ru

Изучена активность ферментов (каталазы, дегидрогеназы, инвертазы и уреазы) дерново-подзолистой тяжёло-суглинистой почвы в условиях длительного стационарного опыта, заложенного в 1977 г. Проведено сравнение влияния на ферментативную активность почвы бессменного чистого пара, бессменного посева культур (яровой ячмень, озимая рожь), севооборотов с различной насыщенностью бобовыми культурами (0; 28,6; 42,9 %) и залежи. Рассмотрено влияние длительного применения минеральных удобрений. Активность ферментов в почве в зависимости от вида землепользования варьировала. Минимальные значения ферментативной активности установлены в бессменном чистом пару. Активности ферментов были ниже в 1,3-9,8 раза, чем в вариантах с возделыванием культур и залежной почве. Полученные результаты связаны в первую очередь с небольшим поступлением органического материала в почву. Установлено, что введение в севооборот бобовых клевера лугового повышает активность каталазы и дегидрогеназы. Максимальные значения активности дегидрогеназы и инвертазы отмечены в залежи (43 года).

Ключевые слова: залежь, чистый пар, севооборот, бессменный посев, каталаза, инвертаза, дегидрогеназа, уреаз.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.116.07

В результате антропогенного воздействия (распашка целины, севообороты, внесение удобрений, пестицидов, различные виды обработки и мелиорации почвы) происходят изменения в структуре комплекса почвенных микроорганизмов. В настоящее время для определения экологического состояния агроценоза все чаще используют показатели биологической активности почвы. Микробиологическое состояние почв служит индикатором, с одной стороны, нарушений, произошедших в антропогенно-измененных почвах, а с другой, – показателем способности почвы к восстановлению [1, 2]. Реакцию биологической активности почвы диагностируют используя большое количество показателей: видовое разнообразие; структура микробоценоза, дыхание почвы, интенсивность азотфиксации, ферментативная активность почв и др.

В почве функционируют системы ферментов, которые последовательно осуществляют биохимические реакции, приводящие к синтезу и деструкции веществ. Под действием ферментов органическое вещество почвы распадается на промежуточные конечные продукты минерализации. В результате образуются доступные микроорганизмам и растениям питательные вещества и высвобождается энергия [3]. Источником почвенных ферментов является живая фаза почв: растения, животные и микроорганизмы, что находит свое отражение на уровне ферментативной активности почвы. Активность ферментов считают более достоверным и чувствительным показателем биогенности почв, чем численность и состав микроорганизмов [4]. Микробиологические и биохимические показатели отражают динамичные свойства и являются чувствительными индикаторами процессов, происходящих в почве [5]. Биологические свойства почв могут изменяться в зависимости от климатических условий, приемов возделывания сельскохозяйственных культур, внесения удобрений и широко используются учеными для мониторинга почв разного землепользования [2, 6-10].

Целинная дерново-подзолистая почва характеризуется низким уровнем биологической активности. С повыше-

нием степени окультуренности почвы увеличиваются общая численность микроорганизмов, количество нитрификаторов и аммонификаторов, повышаются активность протеазы и уреазы, нитрифицирующая способность. Установлена тесная связь между уровнем окультуренности подзолистых почв и активностью ферментов азотного режима – протеазы и уреазы ($r = 0,66$ и $0,60$), а также полифенолоксидазы ($r = 0,71$) и дегидрогеназы ($r = 0,51$), слабая связь с инвертазой, фосфатазой, каталазой и обратная зависимость с пероксидазой [11]. В дерново-подзолистой почве лесных экосистем средний уровень инвертазной активности составлял 21,1 мг глюкозы/г почвы. Сельскохозяйственное использование снизило активность инвертазы в среднем в 2,5 раза. Особенно сильная депрессия инвертазы просматривалась при выращивании сельскохозяйственных культур без внесения удобрений [12].

На чернозёмах установлено повышение активности инвертазы, дегидрогеназы и каталазы с увеличением возраста залежи от 10 до 82 лет. Максимальные значения этих показателей отмечены на почве залежи возраста 82 года, а минимальные – на пашне [8]. Выявлено [7], что выведение чернозёмов в залежь наряду с увеличением активности инвертазы сопровождалось снижением активности пероксидазы и полифенолоксидазы. В работе [13] показано, что сельскохозяйственное использование чернозёма обыкновенного не приводило к значительному снижению активности каталазы и данный фермент не является информативным показателем для оценки состояния почв. Распашка земель привела к существенному снижению инвертазы и дегидрогеназы (на 30-50 %).

Значительное влияние на биохимические свойства почв оказывает внесение удобрений. Применение минеральных удобрений достоверно влияло на повышение инвертазной, уреазной и дегидрогеназной активности почвы. Степень влияния зависела от доз и соотношения азотных, фосфорных и калийных удобрений [14, 15]. По другим данным длительное применение минеральных удобрений, особенно азотных,

сопровождается снижением ферментативной активности почвы. Это может происходить в результате подкисления почвенного раствора, присутствия в почвенном поглощающем комплексе ионов алюминия и железа [12, 16]. По данным [6], минеральные удобрения оказывали воздействие на метаболизм углеводов в почве, что приводило к снижению инвертазной активности на 6-9 %, активность каталазы оставалась неизменной.

На основании литературного обзора можно сделать вывод о необходимости мониторинга и дальнейшего получения данных биохимических свойств почв различного землепользования, разработки специальных программ по сохранению и возобновлению почвенного плодородия путем биологизации севооборотов, изучения скорости и направленности процессов биологической активности почв.

Цель исследований – выявить влияние видов землепользования на ферментативную активность дерново-подзолистой почвы.

Методика. Исследования выполнены в условиях длительного стационарного опыта, заложенного в 1977 г. на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве. Варианты опыта: 1. Чистый пар бессменно; 2. Ячмень бессменно; 3. Озимая рожь бессменно; 4. Севооборот парозерновой пятипольный (0 % бобовых культур): 1 – ячмень; 2 – рожь озимая; 3 – пшеница яровая; 4 – ячмень; 5 – овёс; 5. Полевой семипольный парозернотравяной севооборот (типичный, 28,6 % бобовых культур): 1 – унавоженный чистый пар; 2 – рожь озимая; 3 – пшеница яровая с подсевом клевера; 4 – клевер 1-го года пользования (г.п.); 5 – клевер 2-го г.п.; 6 – ячмень; 7 – овес; 6. Полевой семипольный парозернотравяной севооборот (42,9 % бобовых культур): 1 – сидеральный пар (клевер 1-го г.п.); 2 – рожь озимая; 3 – пшеница яровая с подсевом клевера; 4 – клевер 1-го г.п.; 5 – клевер 2-го г.п.; 6 – ячмень; 7 – овес с подсевом клевера; 7. Залежь.

Варианты 2-6 изучали без применения минеральных удобрений и на фоне $N_{60}P_{30}K_{60}$. Минеральные удобрения вносили под зерновые культуры, на клеверах изучали последствие. В опыте использовали аммиачную селитру или мочевины, хлористый калий, суперфосфат. В паровом поле типичного для Предуралья полевого севооборота вносили подстилочный навоз КРС в дозе 40 т/га пашни. Повторность опыта 3-кратная, размещение вариантов последовательное, методом расщепленных делянок.

На момент закладки опыта почва имела следующие агрохимические показатели: pH_{KCl} 5,2-5,3; гидролитическая кислотность 2,1-2,3, сумма поглощенных оснований – 14,0-15,5 смоль (экв)/кг, содержание органического углерода по Тюрину – 1,10-1,12 %, подвижного фосфора – 225-240, обменного калия 196-204 мг/кг (по Кирсанову). Почвенные образцы для исследований отбирали осенью 2018 г. с двух несмежных повторений в слое 0-20 см.

Предварительную пробоподготовку почвенных образцов проводили согласно рекомендациям Международной организации по стандартизации (ИСО 11464) [17]. Перед лабораторными исследованиями ферментативной активности проводили «оживление» биологических процессов в воздушно-сухих почвенных пробах. Для этого образцы компостировали в течение 14 сут в вентилируемом термостате при 22°C и поддержании влажности 60% НВ. Определение ферментативной активности проводили по общепринятым в экологии и почвоведении методами [5]: активность каталазы – газометрическим методом А.Ш. Галстяна, активность де-

гидрогеназы – колориметрическим методом с 2,3,5-трифенилтетразолием хлористым (ошибка определения по методу до 8 %), активность инвертазы – модифицированным колориметрическим методом Ф.Х. Хазиева, активность уреазы – колориметрическим методом. Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Statistica 6.0 [18].

Результаты и их обсуждение. В почвах под биоценозами формируются свои ферментативные комплексы, характеризующиеся активностью биокаталитических реакций и четкой работой определенных групп ферментов. В регуляции работы таких систем основную роль играют микроорганизмы и растения. Дерново-подзолистые почвы характеризуются в основном низкой биологической активностью, что связано с их генезисом и низким содержанием органического вещества и его лабильных форм, используемых микроорганизмами в качестве источника питания, и способствующих их численному развитию.

В настоящей работе рассмотрены ферменты, участвующие в основных процессах трансформации органического вещества почв и относящиеся к классам оксидоредуктаз (каталаза, дегидрогеназа) и гидролаз (инвертаза, уреазы). Оксидоредуктазы катализируют окислительно-восстановительные реакции в почве и являются важной частью процессов превращения органического вещества. Каталаза разрушает токсичный для растений пероксид водорода, образующийся в процессе их дыхания и в результате биохимических реакций окисления органических соединений. Гидролазы участвуют в реакциях гидролиза, расщепляя сложные органические соединения, и тем самым обеспечивая растения и микроорганизмы доступными элементами питания. Инвертаза участвует в превращении сахарозы, глюкозы, фруктозы, уреазы – белковых веществ.

Значения активности каталазы в дерново-подзолистой почве в зависимости от вида землепользования варьировали от 0,3 до 1,4 $см^3 O_2 \cdot г^{-1} \cdot мин^{-1}$, дегидрогеназы – от 0,2 до 0,8 $мг ТФФ \cdot 10 г^{-1} \cdot 24 ч^{-1}$, инвертазы – от 4,7 до 14,2 $мг глюкозы \cdot г^{-1} \cdot 24 ч^{-1}$ и уреазы – от 3,1 до 29,5 $мг NH_3 \cdot 10 г^{-1} \cdot 24 ч^{-1}$. Дерново-подзолистая почва по степени обогащенности каталазой, дегидрогеназой и инвертазой, согласно шкале Звягинцева [19], – бедная и очень бедная, по степени обогащенности уреазой – бедная и средняя (табл.).

Антропогенное воздействие (удобрения, пестициды, загрязнение и др.), независимо от природы действующего фактора, изменяет микрофлору почвы. При возрастании нагрузки каждый фактор вызывает в микробиологических сообществах изменения, соответствующие состоянию системы: гомеостаз, стресс, развитие резистентных форм и репрессию.

Почва, находящаяся под чистым паром с 1977 г., характеризовалась минимальными значениями ферментативной активности. Каталазная активность была ниже в 1,3-4,7 раза, инвертазная – в 2,4-3,0 и уреазная – в 2,8-9,8 раза, чем в вариантах с возделыванием культур и залежной почвой. Значения дегидрогеназной активности были ниже пределов обнаружения. Полученные результаты в первую очередь связаны с небольшим поступлением органического материала. Почва данного варианта характеризовалась минимальным для данной климатической зоны уровнем органического углерода – 0,78 % [20]. Степень обогащенности почвы бессменного чистого пара изучаемыми ферментами очень низкая.

Ферментативная активность дерново-подзолистой почвы

Вариант опыта	Каталаза, $\text{см}^3 \text{O}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$	Дегидрогеназа, $\text{мг ТФФ} \cdot 10 \text{ г}^{-1} \cdot 24 \text{ ч}^{-1}$	Инвертаза, $\text{мг глюкозы} \cdot \text{г}^{-1} \cdot 24 \text{ ч}^{-1}$	Уреаза, $\text{мг NH}_3 \cdot 10 \text{ г}^{-1} \cdot 24 \text{ ч}^{-1}$
Чистый пар бессменно	0,3±0,04	Ниже пределов обнаружения	4,7±0,1	3,1±1,1
Ячмень бессменно, б/у*	0,5±0,06	0,4±0,04	12,9±0,3	8,5±5,7
Ячмень бессменно, NPK	0,5±0,06	0,2±0,05	12,9±0,5	27,4±5,4
Озимая рожь бессменно, б/у	0,5±0,17	0,3±0,02	12,6±1,2	16,9±0,6
Озимая рожь бессменно, NPK	0,6±0,18	0,3±0,04	12,4±0,7	15,2±5,8
Севооборот (0 % бобовых), б/у	0,5±0,35	0,5±0,08	12,7±0,9	20,1±8,8
Севооборот (0 % бобовых), NPK	0,4±0,03	0,4±0,08	11,3±0,8	19,2±7,6
Типичный сеимпольный севооборот (28,6 % бобовых), навоз	0,6±0,24	0,6±0,09	13,5±0,8	20,2±4,6
Типичный сеимпольный севооборот (28,6 % бобовых), навоз + NPK	1,4±0,19	0,3±0,05	13,0±0,7	21,2±7,7
Севооборот (42,9% бобовых), б/у	0,6±0,32	0,6±0,04	12,6±0,9	20,8±10,0
Севооборот (42,9 % бобовых), NPK	0,8±0,24	0,4±0,05	13,0±1,2	29,5±8,5
Залежь	0,9±0,22	0,8±0,15	14,2±0,9	13,8±2,8

*Без применения минеральных удобрений.

При бессменном возделывании культур (ячмень, озимая рожь) и в зерновом пятипольном севообороте активность каталазы находилась на одном уровне – $0,5 \text{ см}^3 \text{O}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$. Введение в севооборот бобовых – клевера лугового – повысило активность каталазы в 1,2 раза. Внесение минеральных удобрений $\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60}$ в севооборотах с бобовыми достоверно увеличило активность фермента в 2,3 раза при насыщенности бобовыми культурами 28,6 % и в 1,3 раза при насыщенности 42,9 %. В залежи активность фермента была в 1,5-2,2 раза выше, чем на пашне (бессменное возделывание культур, севообороты). Это связано с достаточным обогащением почвы органическим материалом.

Для дегидрогеназы прослеживается постепенное увеличение ее активности от 0,3 до 0,6 $\text{ТФФ} \cdot 10 \text{ г}^{-1} \cdot 24 \text{ ч}^{-1}$ в ряду: бессменное возделывание культур < зерновой севооборот < севообороты с бобовыми. Установлено снижение активности дегидрогеназы (в 1,2-2,0 раза) при дополнительном внесении минеральных удобрений.

Активность инвертазы при бессменном возделывании культур (ячмень, озимая рожь), возделывании в севообороте с разной насыщенностью бобовыми культурами (0, 28,6, 42,9 %) существенно не различалась и варьировала в небольших пределах – от 12,6 до 13,5 без применения минеральных удобрений и от 11,3 до 13,0 $\text{мг глюкозы} \cdot \text{г}^{-1} \cdot 24 \text{ ч}^{-1}$ на фоне $\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{60}$. Максимальные значения активности дегидрогеназы и инвертазы установлены в залежи (43 года).

Возделывание монокультур повлиало на активность уреазы. При бессменном возделывании ячменя и озимой ржи активность уреазы была ниже, чем в вариантах с севооборотами. Введение бобового компонента в структуру севооборота не оказало существенного влияния на активность фермента. Значения, как в зерновом севообороте, так и в севооборотах с 2-3 полями клевера, были на уровне 20,1-20,8 $\text{мг NH}_3 \cdot 10 \text{ г}^{-1} \cdot 24 \text{ ч}^{-1}$. Внесение минеральных удобрений при бессменном возделывании ячменя и в севообороте с насыщенностью бобовыми культурами 42,9% повысило активность уреазы в 3,2 и 1,4 раза соответственно. В других вариантах применение минеральных удобрений не оказало существенного влияния на уреазную активность почвы.

Для каталазы, дегидрогеназы, инвертазы установлена сильная прямолинейная корреляционная зависимость от содержания органического углерода и его лабильной фракции ($\text{C}_{0,1\text{M}} \text{Na}_4\text{P}_{207}$, %) ($r=0,7-0,8$), для уреазы – средняя ($r=0,3$). Отмечена средняя корреляционная зависимость между дегидрогеназой, инвертазой и гидролитической

кислотностью ($r=0,3-0,5$). Также средняя корреляционная зависимость установлена для каталазы, инвертазы и уреазы с подвижным фосфором ($r=0,3-0,5$). Активность каталазы имела тесную зависимость от обеспеченности почвы азотом, как его общим содержанием ($r=0,83$), так и легкогидролизуемой фракцией ($r=0,73$).

Рассмотрение корреляционных зависимостей с урожайностью сельскохозяйственных культур и продуктивностью севооборотов показало, что только активность ферментов каталазы и уреазы может считаться достаточно информативным показателем для прогнозирования и оценки продуктивности культур ($r=0,5-0,7$). Для дегидрогеназы и инвертазы с урожайностью культур установлена очень слабая корреляционная связь ($r=0,1-0,2$).

Выводы. Установлено, что в почвенно-климатических условиях Предуралья дерново-подзолистая почва по степени обогащенности каталазой, дегидрогеназой и инвертазой характеризуется как бедная и очень бедная, степень обогащенности уреазой варьирует от бедной до средней. В первую очередь активность ферментов зависела от содержания в почве органического вещества и его лабильных фракций. Почва, находящаяся под чистым паром с 1977 г., характеризуется минимальным для данной климатической зоны уровнем органического углерода – 0,78 % и, соответственно, в данном варианте наблюдали минимальные значения ферментативной активности. Реакция каждого фермента на дополнительное введение различных антропогенных факторов индивидуальна. Однако можно проследить некоторые закономерности. При возделывании культур в севооборотах (парозерновой, парозернотравяной) отмечена более высокая ферментативная активность почвы по сравнению с монокультурой. Введение в севооборот клевера лугового (насыщенность 28,6, 42,9 %) повысило в 1,2-2,0 раза активность каталазы и дегидрогеназы. Активность уреазы в парозерновом и парозернотравяном севооборотах была на одном уровне. Активность инвертазы при бессменном возделывании культур, возделывании в севообороте существенно не различалась и варьировала в небольших пределах – от 11,3 до 13,5 $\text{мг глюкозы} \cdot \text{г}^{-1} \cdot 24 \text{ ч}^{-1}$. В почве залежи (43 года) отмечены максимальные значения активности дегидрогеназы и инвертазы. Влияние минеральных удобрений на ферментативную активность почвы не однозначное. Внесение NPK привело к снижению активности дегидрогеназы во всех вариантах опыта (в 1,2-2,0 раза). В отдельных вариантах отмечено увеличение каталазы и уреазы.

Литература

1. Фаизова В.И. Ферментативная активность черноземов Центрального Предкавказья // Вестник АПК Ставрополя. – 2014. – № 3(15). – С.154-157.
2. Косолапова А.И., Фомин Д.С., Субботина М.Г. Биохимические свойства дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почвы Среднего Предуралья в зависимости от вида землепользования // Пермский аграрный вестник. – 2017. – № 4 (20). – С. 69-74.
3. Цховребов В.С. Изменения в составе живого вещества черноземов солонцеватых при сельскохозяйственном использовании // Вестник Ставропольского государственного университета. – 2004. – № 37. – С. 137-139.
4. Минкина Т.М., Полякова А.П., Манджиева С.С., Назаренко О.Г. Ферментативная активность почв района Новочеркасской ГРЭС // Плодородие. – 2011. – №1. – С.32-34.
5. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 2003. – 216 с.
6. Соловова Г.К., Пронько В.В. Приемы повышения ферментативной активности почв Поволжья // Плодородие. – 2005. – №4. – С.13-15.
7. Мясникова М.А., Ермолаева О.Ю., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биологические особенности разновозрастных постагрогенных черноземов Ростовской области // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С.722.
8. Прудникова М.А., Даденко Е.В., Ермолаева О.Ю., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Использование биологических показателей в мониторинге постагрогенных черноземов // Известия Самарского научного центра. – 2013. – №3. – С. 1406-1409.
9. Каменщикова В.И., Кувшинская Л.В., Усталова В.И., Черных Ю.С. Влияние агроценоза на эколого-биологические свойства дерново-бурых почв // Вестник Пермского университета. – 2008. – № 9(25). – С. 70-76.
10. Рижия Е.Я., Мухина И.М., Вертебный В.Е., Хорак Я., Конончук П.Ю., Хомяков Ю.В. Ферментативная активность и эмиссия закиси азота из дерново-подзолистой супесчаной почвы с биоуглем // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52. – № 3. – С. 464-470.
11. Чундерова А.И. Влияние севооборота и бессменных посевов на активность биохимических процессов на дерново-подзолистой почве /В кн.: Микробиология земледелия. – Л., 1970. – С. 59-65.
12. Зинченко М.К., Зинченко С.И., Борин А.А., Камнева О.П. Ферментативная активность аграрных почв Верхневолжья // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 3. – 143 с.
13. Даденко Е.В., Прудникова М.А., К.Ш. Казеев, Колесников С.И. Применение показателей ферментативной активности при оценке состояния почв под сельскохозяйственными угодьями // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – № 3. – С.1274-1277.
14. Лапа В.В., Михайловская Н.А. Ферментативная активность дерново-подзолистых почв при разных уровнях применения удобрений // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2015. – Т. 59. – № 5. – С. 122-128.
15. Михайловская Н.А., Богдевич И.М., Погирницкая Т.В., Василевская О.В. Ферментативная активность дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы при разной обеспеченности подвижным калием // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 2 (47). – С. 112-120.
16. Джанаев З.Г. Агрохимия и биология почв юга России. – М.: Изд-во МГУ, 2008. – 528 с.
17. ISO 11464. 1994. Soil Quality – Pretreatment of samples for physico-chemical analysis. – 11 p. Berlin.
18. Мешалкина Ю.Л., Самсонова В.П. Математическая статистика в почвоведении: практикум. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 84 с.
19. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. – 1978. – № 6. – С. 48-54.
20. Завьялова Н.Е., Васбиева М.Т., Фомин Д.С. Микробная биомасса, дыхательная активность и азотфиксация в дерново-подзолистой почве Предуралья при различном сельскохозяйственном использовании // Почвоведение. – 2020. – №3. – С. 372-378. doi: 10.31857/S0032180X20030120.

INFLUENCE OF LAND USE TYPES ON THE ENZYMATIC ACTIVITY OF SOD-PODZOLIC SOIL

D.S. Fomin, M.T. Vashieva, N.E. Zavyalova

PFRC UB RAS, Kultury ul. 12, 614532 Lobanovo vil., Russia, e-mail: vashieva@mail.ru

We studied the activity of enzymes (catalase, dehydrogenase, invertase and urease) of sod-podzolic heavy loamy soil under the conditions of a long stationary experience started in 1977. We compared the effect on the enzymatic activity of the soil of constant black fallow, monoculture of crops (spring barley, winter rye), crop rotation with varying saturation with legumes (0, 28.6, 42.9%) and long-fallow. The effect of prolonged use of mineral fertilizers is considered. The enzyme activity in the soil varied depending on the type of land use. Minimum values of enzymatic activity are set in a constant black fallow. Enzyme activities were 1.3–9.8 times lower than in variants with cultivation of crops and long-fallow soil. The results obtained are primarily associated with a small intake of organic material in the soil. It was established that the introduction of legumes – meadow clover (saturation of crop rotation – 28.6, 42.9%) into the crop rotation increases the activity of catalase and dehydrogenase. The maximum values of dehydrogenase and invertase activity were noted in the long-fallow (43 years).

Keywords: fallow, clean steam, crop rotation, permanent sowing, catalase, invertase, dehydrogenase, urease.