

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ АГРАРНЫХ ПОЧВ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ**Зинченко М.К.¹, Зинченко С.И.¹, Борин А.А.², Камнева О.П.³**¹*Владимирский НИИСХ, п. Новый, Владимирская обл., e-mail: zinchenkosergei@mail.ru;*²*Ивановская ГСХ академия им. Беляева, Иваново, e-mail: rektorat@ivgsha.ru;*³*Костромской НИИСХ, с. Минское, Костромская обл., e-mail: kniish.dir@mail.ru*

Проведено исследование ферментативной активности почвы в агросистемах Верхневолжья, сформированных в длительных стационарных опытах на дерново-подзолистой и серой лесной почве, с целью оценки их экологического состояния. В дерново-подзолистой почве лесных экосистем средний уровень инвертазной активности составляет 21,1 мг глюкозы /1г почвы, а в почве агросистем – 8,6 мг глюкозы/1г почвы. Сельскохозяйственное использование снизило активность инвертазы в среднем в 2,5 раза. Особенно сильная депрессия инвертазы просматривается на нулевых фонах, где ежегодно проводятся агротехнические мероприятия по выращиванию сельскохозяйственных культур, без внесения удобрительных материалов. Средняя активность уреазы в почве агроэкосистем составила 0,10 мг N- NH₄/1г почвы, незначительно выше она и в почве лесных экосистем – 0,13 мг N- NH₄/1г, что обусловлено, в первую очередь, генетическими особенностями дерново-подзолистых почв и уровнем их плодородия. На серой лесной почве изучаемый уровень агрогенной нагрузки не оказал негативного влияния на активность почвенных ферментов, а, наоборот, наблюдается тенденция повышения их активности на пашне, что сопровождается мобилизацией общей активности биологических процессов в почве по сравнению с залежью. Интенсивность воздействия на почвенный покров разнообразными технологическими приемами проявилась в снижении показателей ферментативной активности только у дерново-подзолистых почв. В экологическом плане эти результаты можно считать признаком ответной реакции почвенного покрова на внешние нагрузки антропогенного характера.

Ключевые слова: ферментативная активность, серые лесные почвы, дерново-подзолистые, кататаза, инвертаза, уреазы, агроландшафты.

ENZYMATIC ACTIVITY SOILS OF THE UPPER VOLGA**Zinchenko M.K.¹, Zinchenko S.I.¹, Borin A.A.², Kamneva O.P.³**¹*Vladimir Research Institute of Agriculture, Noviy settlement, Vladimir region, e-mail: zinchenkosergei@mail.ru;*²*Ivanovo State Academy of Agriculture named after D.K. Belyaev, Ivanovo, e-mail: rektorat@ivgsha.ru;*³*Kostroma Research Institute of Agriculture, Minskoe settlement, Kostroma region, e-mail: kniish.dir@mail.ru*

Study of soil enzymatic activity has been conducted to assess ecological state of Upper Volga agricultural ecosystems formed in the course of long term stationary experiments on soddy podzolic and gray forest soil. The average invertase activity in soddy podzolic soils of forest ecosystems makes up 21.1 mg glucose per 1 gram of soil, with the corresponding value in soil of agricultural ecosystems being 8.6 mg glucose per 1 gram of soil. Agricultural exploitation reduced invertase activity by factor of 2.5 on the average. The most profound invertase depression was observable against the null background involving annually taken agro-engineering measures to grow crops without fertilizers. The average urea enzyme activity in the soil of agricultural ecosystems makes up 0.10 mg. N- NH₄/1gr. soil, with a slightly higher value in soil of forest ecosystems being 0.13 mg/ N- NH₄/1gr. soil mainly due to genetic features of soddy podzolic soils and their fertility level. The agrogenic load under study has displayed no negative effect on soil enzymes activity. Indeed their activity tends to increase on tilled land with higher general activity of biological processes compared to that in idle land. Intensive use of varied technological tools resulted in lower values of enzymatic activity only in soddy podzolic soils. In environmental terms, these results can be considered a sign of the response of a soil cover on the external anthropogenic load.

Keywords: enzymatic activity, gray forest soil, soddy podzolic, katataza, invertase, urease, agricultural landscapes.

Агроэкологические функции почв выражаются определенными количественными и качественными параметрическими характеристиками, важнейшими из которых являются биологические показатели. Процессы разложения растительных остатков, синтез и минерализация гумуса, превращение труднодоступных форм питательных веществ в усвояемые для растений формы, ход аммонификации, нитрификации и фиксации свободного

азота воздуха обусловлены деятельностью почвенных микроорганизмов.

Процессы обмена веществ и энергии при разложении и синтезе органических соединений, переход трудноусвояемых питательных веществ в формы, легкодоступные для растений и микроорганизмов, происходят при участии ферментов. Поэтому ферментативная активность почвы является важнейшим диагностическим показателем воздействия антропогенной нагрузки на почвенные системы. Особенно это актуально для агроэкосистем с ежегодным агротехническим воздействием на почву. Определение активности почвенных ферментов очень важно для выявления степени влияния агротехнических мероприятий и агрохимических средств на активность биологических процессов, чтобы судить о скорости мобилизации основных органогенных элементов [2-4].

Целью исследований было оценить экологическое состояние почв в агроэкосистемах Верхневолжья по показателям ферментативной активности. Объектами исследований были дерново-подзолистые почвы разной степени оподзоленности и серые лесные почвы на сопряженных целинных и окультуренных ландшафтах.

Материалы и методы исследования

Так как объективные данные о плодородии почв и ее биологической активности можно получить в длительных стационарных опытах, то для исследования отбирались образцы почв на вариантах многолетних стационарных опытов, расположенных на базе Костромского НИИСХ, Ивановской СХА и Владимирского НИИСХ. В результате активность ферментов анализировалась в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (Опыт 1, Кострома), дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почве (Опыт 2, Иваново); серой лесной среднесуглинистой почве (Опыт 3, Суздаль).

Чтобы иметь возможность выявить степень влияния различного рода антропогенной нагрузки на почвы агроэкосистем, мы изучили эталонные образцы почвы ненарушенных экосистем, прилегающих к опытным участкам. Целинные варианты дерново-подзолистых почв представляли собой участки под сосновым лесом с примесью лиственных пород. Серые лесные почвы многолетней залежи сформированы под широколиственными лесами с обильным разнотравьем в наземном покрове.

Серые лесные почвы Владимирского ополья характеризуются средней аккумуляцией органического вещества. Содержание гумуса в горизонте А1 (А_п) составляет 1,9 - 4%; гумусовый горизонт маломощный (17–37 см). Значение кислотности, характерное для этих почв, меньше, чем для дерново-подзолистых, преобладают слабо кислые почвы (рН=5,2-6,0). Поэтому серые лесные почвы Владимирской области характеризуются более благоприятными агрохимическими показателями по сравнению с дерново-подзолистыми. Стационарный полевой опыт на серой лесной почве заложен в 1997 г. для изучения

эффективности адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ). На изучаемых вариантах за ротацию 6-ти польного севооборота вносится: на нулевом фоне – навоз 40т/га (единовременно); среднем – $N_{240}P_{150}K_{150}$; высокоинтенсивном минеральном- $N_{510}P_{480}K_{480}$; высокоинтенсивном органоминеральном – навоз 80т/га (единовременно) + $N_{495}P_{300}K_{300}$.

Содержание гумуса в почвы опытного участка Ивановской сельскохозяйственной академии составляет 1,92 %; $pH_{ксл}$ – 4,6-6,4; P_2O_5 – 170-180 мг/кг почвы, K_2O – 110-170 мг/кг почвы. Мощность пахотного слоя – 21–23 см. Опыт заложен в 1987 году. Образцы почвы отбирали в четырехпольном севообороте на нормальном фоне ($N_{30}P_{60}K_{60}$) по двум приемам обработки почвы – отвальной вспашке на глубину 20-22см (ОВ) и безотвальной плоскорезной обработке на 20–22 см (ПО).

Плодородие дерново-подзолистой почвы длительного стационарного опыта Костромского НИИСХ в период отбора образцов характеризовалось следующими средними показателями: содержание гумуса 1,39–1,54 %; $pH_{ксл}$ – 4,6-6,4; P_2O_5 – 105-126 мг/кг; K_2O – 104-156 мг/кг. Длительный стационарный полевой опыт по изучению влияния извести на свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур был заложен в 1978 году. Исследования проводились в ротации семипольного севооборота. Для данной работы были отобраны образцы почвы в вариантах $N_{45}P_{45}K_{45}$ – нулевой фон; $Ca_{0,5}+Ca_{0,5}(N_{45}P_{45}K_{45})$ – нормальный и $Ca_{2,5}(N_{135}P_{135}K_{135})$ – интенсивный. Мелиорантом в опыте была доломитовая мука, внесенная однократно при закладке опыта в дозе 25 т/га в физическом весе для варианта $Ca_{2,5}(NPK)_3$. В варианте $Ca_{0,5}+Ca_{0,5}(NPK)_1$ мелиорант применяли дробно, первый раз – при закладке опыта в дозе 5 т/га, по 0,5 гидролитической кислотности; повторно – по окончании четвертой ротации в 2007 году осенью, под перепашку, в дозе 3,2 т/га, по 0,5 от потребности по гидролитической кислотности.

В почвенных образцах определяли: каталазную активность газометрическим методом по Галстяну [8], инвертазную активность методом И.Н. Ромейко, С.М. Малиновской и уреазную активность методом Т.А. Щербаковой [10]. Активность этих ферментов почвы непосредственно касается превращения углерода, азота и окислительно-восстановительных процессов, а значит, характеризует функциональное состояние микроорганизмов почвы. Комплексное определение указанных параметров дает возможность точнее выяснить направление изменений в активности ферментативного пула почвенных разностей.

Биохимические исследования активности ферментов проводились в период с 2011–2013 гг. в слое почвы 0–20 см, поскольку основная биологическая активность и наибольшая биогенность присущи верхним слоям почвенного профиля, максимально обогащенных органическим веществом, с наиболее благоприятным для микрофлоры гидротермическим и воздушным режимом.

Результаты исследований и их обсуждение

Важнейшим звеном круговорота углерода в природе является стадия ферментативного превращения углеводов в почвенной среде. Она обеспечивает передвижение поступающего в почву в огромных количествах органического материала и накопленной в нем энергии, а также аккумуляцию его в почве в форме гумуса, так как при этом образуются предгумусовые компоненты [9,10].

Поступающие в почву растительные остатки на 60 % состоят из углеводов. В почве обнаружены моно-, ди- и полисахариды (целлюлозы, гемицеллюлозы, крахмал и др.). Очевидно, что агроэкологические воздействия, приводящие к изменению физико-химического и биологического состояния почв, оказывают влияние на активность ферментов углеводного обмена. Данные инвертазной активности почвы представлены в таблице 1.

Таблица 1

Активность инвертазы в почвах агроэкосистем

Почва	Место отбора проб	Агроэкосистемы	Активность инвертазы, мг глюкозы /1г почвы за 40 часов
Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва	Кострома	Лес (контроль)	22,0±0,2
		Нулевой фон N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	7,0±0,1
		Нормальный Ca _{0,5} +Ca _{0,5} (N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅)	7,9±0,1
		Интенсивный Ca _{2,5} (N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅)	8,8±0,1
Дерново-среднеподзолистая легкосуглинистая почва	Иваново	Лес (контроль)	20,2±0,2
		Нормальный N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ ОВ	11,0±0,2
		Нормальный N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ ПО	8,4±0,1
Серая лесная среднесуглинистая почва	Суздаль	Залежь (контроль)	50,0±0,1
		*Нулевой фон	45,8±0,2
		Средний N ₃₀₋₆₀ P ₃₀₋₆₀ K ₃₀₋₆₀	49,8±0,3
		Высокоинтенсивный минеральный N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	45,8±0,3
		Высокоинтенсивный органоминеральный N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ ;	41,5±0,2

		Навоз 80т/га + N ₉₀	
--	--	--------------------------------	--

Примечание: В таблице дозы удобрений на серой лесной почве приводятся в период исследований.

Выявлено, что в дерново-подзолистой почве лесных экосистем средний уровень инвертазной активности составляет 21,1 мг глюкозы /1г почвы, а в почве агросистем – 8,6 мг глюкозы/1г почвы. То есть сельскохозяйственное использование пашни оказало значительное влияние на активность инвертазы, снизив ее в среднем в 2,5 раза.

Особенно сильная депрессия инвертазы просматривается на нулевых фонах, где ежегодно проводятся агротехнические мероприятия по выращиванию сельскохозяйственных культур, без внесения удобрительных материалов. Это может быть связано с незначительным поступлением мортмассы в виде корне-пожнивных остатков, а также с изменением физико- химических свойств в результате обработок почвы.

Агротехническое использование серой лесной почвы не значительно снижает активность углеводного обмена по сравнению с почвой залежи. На участках многолетней залежи средний показатель активности инвертазы составляет 50,0 мг глюкозы на 1 г почвы за 40 часов, что на 9 % выше, чем в среднем на пашне. Вариация значений фермента в серой лесной почве агросистем за 2 года исследований (2012–2013 гг.) составила V= 7,6 %, при среднем показателе XS = 45,8 мг глюкозы / 1г почвы за 40 часов. Влияние систем удобрений на активность инвертазы наиболее выражено на среднем фоне. На этом варианте показатели активности фермента были достоверно выше (НСР₀₅ = 2,9), чем на других фонах интенсификации. Поэтому при использовании средних доз удобрений создаются благоприятные условия для превращений органических соединений ароматического ряда в компоненты гумуса. Это подтверждают данные о содержании органического углерода, так как максимальные запасы гумуса накоплены на среднем фоне – 3,62 %.

Одним из информативных показателей ферментативной активности почвы является активность уреазы. Многими исследователями уреазная активность рассматривается в качестве показателя самоочищающей способности почвы, загрязненной ксенобитиками органической природы. Действие уреазы связано с гидролитическим расщеплением связи между азотом и углеродом (СО- NH) в молекулах азотсодержащих органических соединений. В агроэкосистемах быстрое нарастание активности уреазы также свидетельствует о способности накопления в почве аммиачного азота. Поэтому многими исследователями отмечается положительная корреляция активности уреазы с содержанием азота и гумуса в почвах [6].

О том, что описываемые дерново-подзолистые почвы слабо обеспечены исходным

органическим субстратом, свидетельствует низкая активность этого фермента (табл. 2). В наших исследованиях средняя активность уреазы в почве агроэкосистем составила 0,10 мгN-NH₄/1г почвы, незначительно выше она и в почве лесных экосистем – 0,13 мг N- NH₄/1г, что обусловлено, в первую очередь, генетическими особенностями дерново-подзолистых почв и уровнем их плодородия.

Таблица 2

Активность уреазы в почвах агроэкосистем

Почва	Место отбора проб	Агроэкосистемы	Активность уреазы, мг N-NH ₄ /1г почвы за 4 часа
Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва Опыт 1.	Кострома	Лес (контроль)	0,14±0,03
		Нулевой фон N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	0,11±0,02
		Нормальный Ca _{0,5} +Ca _{0,5} (N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅)	0,12±0,02
		Интенсивный Ca _{2,5} (N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅)	0,13±0,02
Дерново-среднеподзолистая легкосуглинистая почва Опыт 2.	Иваново	Лес (контроль)	0,11±0,02
		Нормальный N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ (ОВ)	0,08±0,01
		Нормальный N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ (ПО)	0,06±0,02
Серая лесная среднесуглинистая почва Опыт 3.	Суздаль	Залежь (контроль)	0,31±0,03
		Нулевой фон	0,22±0,04
		Средний N ₃₀₋₆₀ P ₃₀₋₆₀ K ₃₀₋₆₀	0,26±0,02
		Высокоинтенсивный минеральный N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,21±0,03
		Высокоинтенсивный органоминеральный N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ ; Навоз 80т/га + N ₉₀	0,34±0,03

На уровне природных биотопов сохраняется активность уреазы в опыте 1, где агротехнические мероприятия, кроме применения минеральных удобрений, включали известкование почвы. На фоне уменьшения содержания в почвенном – поглощающем комплексе ионов водорода и алюминия наблюдается стабилизация активности фермента.

Окультуривание дерново-подзолистых почв без систематического внесения известковых материалов, даже при использовании средних доз минеральных удобрений, по отвальной вспашке и плоскорезному рыхлению (Опыт 2) приводит к снижению уреазной активности по сравнению с их природными аналогами.

Исследования на серых лесных почвах показывают, что в среднем уровень уреазной активности этих почв в 2,5 раза выше, чем у дерново-подзолистых, что обусловлено генезисом почвообразования и уровнем их плодородия. Об этом свидетельствуют данные, как природных биотопов залежи, так и почв агроэкосистем. Многими исследователями [6] установлено, что активность уреазы находится в прямо пропорциональной зависимости от количества органического углерода в почве.

На уровне природных биотопов показатель уреазной активности отмечен на высокоинтенсивном органоминеральном фоне – 0,34 мгN-NH₄/1г почвы (Опыт 3). На высокоинтенсивном органоминеральном фоне был повышен уровень уреазной активности относительно других агроэкосистем и залежи. Это обусловлено, в первую очередь, тем, что в период исследований на этом варианте было внесено 80 т/га навоза, что обогатило почву свежим органическим веществом, мочевиной и стимулировало развитие комплекса уробактерий. Как и в почве многолетней залежи, при длительном использовании органоминеральных удобрительных средств, формируется органическое вещество с наиболее широким отношением углерода к азоту (C:N). Такому типу органического вещества соответствует наибольшая активность уреазы [1]. Наблюдаемая тенденция свидетельствует о способности почвы этих экосистем к интенсивному накоплению аммиачного азота. Достоверно ниже (при $HCp_{05} = 0,04$) активность фермента в почве других агроэкосистем. Самый низкий показатель (0,21 мгN-NH₄/1г) отмечен на высокоинтенсивном минеральном фоне, где в течение 18 лет вносились только высокие дозы минеральных удобрений. Можно предположить, что при использовании только минеральных удобрений, из-за недостатка специфического энергетического субстрата, в микробном пуле почвы снижается эколого-трофическая группа бактерий, продуцирующих уреазу.

Рассматривая ферментативную активность почв, нужно обратить внимание на окисление продуктов гидролиза органических соединений с образованием предгумусовых веществ. Эти реакции идут при участии оксиредуктаз, важным представителем которых является каталаза. Каталазная активность характеризует процессы биогенеза гумусовых веществ. Значения показателей каталазной активности дерново-подзолистых почв демонстрируют пространственно-временную вариабельность, но в целом обнаруживают колебания в пределах 0,9-2,8 мл O₂/1г почвы в мин. (табл. 3). В агроэкосистемах дерново-подзолистой почвы, сформированных в Ивановской и Костромской области, показатели

активности каталазы находятся на уровне их природных аналогов (почвы леса). То есть, степень антропогенной нагрузки не оказала существенного влияния на процессы биогенеза гумусовых веществ. Они протекают с одинаковой интенсивностью как в почвах этих агроэкосистем, так и в почве природных биотопов. Это является положительной тенденцией, так как формирование агроэкосистем на дерново-подзолистых почвах с легким гранулометрическим составом, без использования органических удобрений, может вызвать увеличение активности каталазы. Возрастание активности фермента характеризует интенсивную трансформацию гумусовых веществ в почве в сторону их минерализации, для обеспечения элементами питания возделываемых культур. Активизация этих процессов способна привести к уменьшению содержания гумуса в почве и снижению потенциального плодородия почвы.

Таблица 3

Активность каталазы в почвах агроэкосистем

Почва	Место отбора проб	Агроэкосистемы	Активность каталазы, мл O ₂ /1г почвы в минуту
Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва Опыт 1.	Кострома	Лес (контроль)	1,1±0,1
		Нулевой фон N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	1,0±0,1
		Нормальный Ca _{0,5} +Ca _{0,5} (N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅)	0,9±0,1
		Интенсивный Ca _{2,5} (N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅)	0,9±0,1
Дерново-среднеподзолистая легкосуглинистая почва Опыт 2.	Иваново	Лес (контроль)	2,0±0,1
		Нормальный N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ (ОБ)	2,8±0,2
		Нормальный N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ (ПО)	1,8±0,1
Серая лесная среднесуглинистая почва Опыт 3.	Суздаль	Залежь (контроль)	2,1±0,1
		Нулевой фон	2,5±0,2
		Средний N ₃₀₋₆₀ P ₃₀₋₆₀ K ₃₀₋₆₀	2,7±0,2
		Высокоинтенсивный минеральный N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	2,3±0,1
		Высокоинтенсивный органоминеральный N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ ;	2,2±0,1

		Навоз 80т/га + N ₉₀	
--	--	--------------------------------	--

Коэффициент вариации значений каталазной активности в серой лесной почве агроэкосистем составляет $V = 18,6 \%$. В целом обнаруживаются колебания в пределах 1,8-2,9мл O₂/1г почвы. При существующем уровне антропогенной нагрузки на пашню наблюдается тенденция активизации окислительно-восстановительных процессов по сравнению с почвой залежи. Наибольшая активность этих процессов наблюдается при использовании средних доз удобрений, что характеризуется достоверным повышением активности каталазы (при $НСР_{05} = 0,4$) на среднем фоне интенсификации. Это связано с достаточным обогащением почвы органической массой и улучшением режима ее трансформации за счет увеличения численности и мобилизационной деятельности микробного пула пашни [5].

Чтобы оценить степень агрогенного влияния на активность различных ферментов и определить общую ферментативную активность каждой агроэкосистемы в сопоставимых единицах, нами была использована методика О.В. Енкиной [7]. Более точно судить об уровне ферментативной активности отдельных агрофонов, интерпретировав обширный экспериментальный материал, возможно, если сравнить их активность с контролем (в нашем случае с почвой природных экосистем), принимая показатели их ферментативной активности за 100 %. То есть, степень влияния антропогенной нагрузки на различные группы ферментов отражается отношением показателей их активности в агросистемах к природным аналогам (табл. 4).

В результате исследований установлено, что в большинстве дерново-подзолистых почв региона уровень ферментативной активности агроландшафтов ниже, чем в их природных аналогах. Ферментативный потенциал дерново-подзолистой почвы в опыте 1 (Кострома) снизился на 31 % по сравнению с контролем, а в опыте 3 (Иваново) – на 24 %. На изучаемых фонах в этих опытах вносились средние и высокие дозы минеральных удобрений. Длительное применение минеральных удобрений, особенно азотных, часто нарушает экологический фон для размножения полезных микроорганизмов на почвах с низким потенциальным плодородием. Это, как правило, происходит за счет подкисления почвенного раствора, присутствия в почвенно-поглощающем комплексе ионов алюминия и железа, корневых выделений растений, вызывающих активное размножение микроскопических грибов, способствующих увеличению биологической токсичности почвы [2]. Негативные изменения при этом сопровождаются не только перестройкой структуры микробоценоза, но и снижением ферментативной активности почвы, потерей потенциального и эффективного плодородия.

Таблица 4

Уровень ферментативной активности почв агросистем (в % к почве природных экосистем)

Место отбора проб	Агроэкосистемы	Каталаза	Уреаза	Инвертаза	Средний показатель активности ферментов
Кострома Опыт 1.	Лес (контроль)	100%	100%	100%	100%
	Нулевой фон	91%	79%	32%	67%
	Нормальный	82%	86%	36%	68%
	Интенсивный	82%	93%	40%	72%
	В среднем по опыту,%				69%
Иваново Опыт 2.	Лес (контроль)	100%	100%	100%	100%
	Нормальный	140%	73%	54%	89%
	Нормальный	90%	55%	42%	62%
	В среднем по опыту,%				75,5%
Суздаль Опыт 3.	Залежь	100	100	100	100
	Нулевой	119	71	102	97
	Средний	129	84	111	108
	Высокоинтенсивный минеральный	110	68	102	93
	Высокоинтенсивный органоминеральный	105	110	92	102
	В среднем по опыту,%				100%

Таким образом, основные показатели ферментативной активности дерново-подзолистых почв, связанные с их эффективным плодородием, более высоки в природных экосистемах, чем в почвах пашни.

При повышенном уровне плодородия почвы влияние агрогенных факторов на ферментативный потенциал почвы несколько сглаживается. Это мы наблюдаем в агросистемах серой лесной почвы. Установлено, что в течение 3-х лет исследований самый высокий ферментативный потенциал сформировался на среднем фоне – 108 %. Средние дозы минеральных и органических удобрений (40 т/га навоза 1 раз в 6 лет) обусловили повышение каталазной и инвертазной активности почвы, что характеризует активизацию процессов синтеза гумусовых веществ.

Заключение

Установлено, что на серой лесной почве изучаемый уровень агрогенной нагрузки не оказал негативного влияния на активность почвенных ферментов, а, наоборот, наблюдается тенденция повышения их активности на пашне, что сопровождается интенсификацией общей активности биологических процессов в почве по сравнению с залежью. Интенсивность воздействия на почвенный покров разнообразными технологическими приемами проявилась в снижении показателей ферментативной активности дерново-подзолистых почв. В экологическом плане эти результаты можно считать признаком ответной реакции почвенного

покрова на внешние нагрузки антропогенного характера.

В целях рационального использования и охраны плодородия почв показатели ферментативной активности необходимо использовать при проведении биомониторинга и биодиагностики почв. Это особенно важно при проведении производственных задач в сельском хозяйстве.

Список литературы

1. Виттер А.Ф. Обработка почвы как фактор регулирования почвенного плодородия /А.Ф. Виттер, В.И. Турусов, В.М. Гармашов, С.А. Гаврилова. – М.: Инфра-М, 2014. – 174 с.
2. Джанаев З.Г. Агрохимия и биология почв юга России / З.Г. Джанаев. – М.: Изд-во МГУ, 2008. – 528 с.
3. Звягинцев Д.Г. Биология почв / Д.Г. Звягинцев, Н.А. Бабьева. – М., 2005. – 520 с.
4. Зинченко М.К. Ферментативный потенциал агроландшафтов серой лесной почвы Владимирского ополья / М.К. Зинченко, С.И. Зинченко // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 1. – С. 1319-1323.
5. Зинченко М.К. Реакция почвенной микрофлоры серой лесной почвы на длительное применение разных по уровню интенсификации систем удобрения/ М.К. Зинченко, Л.Г. Стоянова // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – № 2. – Т. 30. – С.21-24.
6. Емцев В.Т. Микробиология: учебник для вузов / В.Т. Емцев. – М.: Дрофа, 2005. – 445 с.
7. Енкина О.В. Микробиологические аспекты сохранения плодородия черноземов Кубани/ О.В. Енкина, Н.Ф. Коробский. – Краснодар, 1999. – 140 с.
8. Методы почвенной микробиологии и биохимии; [под ред. Д.Г. Звягинцева]. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 292 с.
9. Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв агроценозов и перспективы ее изучения / Ф.Х. Хазиев, А.Е. Гулько // Почвоведение. – 1991. – № 8. – С. 88-103.
10. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 2005. – 254 с.