

УДК 631.82:631.45
ГРНТИ 68.33.29; 68.05.29

<http://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-13030>

Калашников Р.П., аспирант;
Семёнова Е.А., д-р с.-х. наук, доцент;
Фокин С.А., канд. с.-х. наук;
Захарова Е.Б., д-р с.-х. наук, доцент

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЁМОВИДНОЙ ПОЧВЫ ПОД ПОСЕВАМИ КУКУРУЗЫ

© Калашников Р.П., Семёнова Е.А., Фокин С.А., Захарова Е.Б., 2020

Резюме. В статье представлены результаты изучения влияния различных доз минеральных азотно-фосфорных удобрений на ферментативную активность чернозёмовидной почвы под посевами кукурузы, её взаимосвязь с агрохимическими показателями почвы и урожайностью кукурузы. Схема опыта включала 7 вариантов, общая площадь делянок – 700 м², учётная – 32 м², повторность четырёхкратная. Отбор почвенных образцов осуществлялся в фазы 3-5 листа, 9-11 листа и полной спелости. Контролем являлась почва без внесения удобрений. Ферментативную активность определяли в воздушно-сухих почвенных образцах, в трёхкратной повторности, по общепринятым методикам. По результатам проведённых опытов выявлены дозы азотно-фосфорных удобрений, оказывающие положительное влияние на агрохимические показатели почвы и активность уреазы и фосфатазы. Наибольшая активность уреазы в течение всего периода вегетации наблюдалась в варианте с N₁₂₀P₆₀. Наиболее высокая активность фосфатазы – в вариантах N₆₀P₃₀, N₉₀P₆₀, N₁₂₀P₆₀, N₃₀P₃₀ + N₂₀. Внесение удобрений не оказало существенного влияния на каталазную активность почвы. Установлены сильные прямые взаимосвязи содержания минерального азота с уреазной активностью почвы ($r = 0.817$) в фазе полной спелости; фосфатазной активности с содержанием подвижного фосфора ($r = 0.793$) и минерального азота ($r = 0.761$) в фазе 3-5 листа. Взаимосвязи урожайности кукурузы с активностью уреазы и фосфатазы были положительными преимущественно средней силы и слабые с каталазой.

Ключевые слова: чернозёмовидная почва, азотно-фосфорные удобрения, кукуруза, каталаза, уреазы, фосфатаза.

UDC 631.82:631.45

<http://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-13030>

R.P. Kalashnikov, Postgraduate Student;
E.A. Semenova, Dr Agr. Sci., Associate Professor;
S.A. Fokin, Cand. Agr. Sci.;
E.B. Zakharova, Dr Agr. Sci., Associate Professor

MINERAL FERTILIZERS AND ENZYMATIC ACTIVITY OF CHERNOZEM-LIKE SOIL USED FOR CORN CROPS

Abstract. The article presents the results of studying the effect of various doses of mineral nitrogen-phosphorus fertilizers on the enzymatic activity of chernozem-like soil used for corn crops, its relationship with agrochemical indicators of soil and yield of corn. The experiment scheme included 7 variants, the total area of plots – 700 m², record plot – 32 m², four-fold replication. The selection of soil samples was carried out in the following phases: 3-5 leaves, 9-11 leaves and full ripeness. The

control was the soil without fertilizing. Enzymatic activity was determined in air-dried soil samples in three-fold replication according to the standard methods. The findings of the experiments revealed the doses of nitrogen-phosphorus fertilizers that have a positive effect on the agrochemical parameters of the soil and the activity of urease and phosphatase. The greatest activity of urease was observed in the variant with $N_{120}P_{60}$ during the entire period of vegetation. The highest phosphatase activity was in variants $N_{60}P_{30}$, $N_{90}P_{60}$, $N_{120}P_{60}$, $N_{30}P_{30} + N_{20}$. Fertilizer application did not have significantly effect on the catalase activity of the soil. Strong direct correlations between the mineral nitrogen content and the urease activity of the soil ($r = 0.817$) were revealed in the phase of full ripeness; between phosphatase activity and the content of mobile phosphorus ($r = 0.793$) and mineral nitrogen ($r = 0.761$) in the phase of 3-5 leaves. The correlations between the yield of corn and the activity of urease and phosphatase were positive mainly of medium strength and weak in case of catalase.

Key words: chernozem-like soil, nitrogen-phosphorus fertilizers, corn, catalase, urease, phosphatase.

Ферментативная активность почв является результатом сочетания процессов поступления, стабилизации и действия ферментов в почве. Вследствие комплексного поступления ферментов (микроорганизмы, растения, животные) почва – это самая богатая система по ферментному разнообразию [23]. Потенциально активный пул ферментов при создании соответствующих условий в почве (субстрат, влажность, температура, pH и др.) играет важную роль в почвенных процессах, делает возможным осуществление последовательных биохимических превращений. Активность почвенных ферментов влияет на важнейшие периодически повторяющиеся превращения в биогеохимическом цикле углерода, азота, фосфора, серы и других органогенных элементов и окислительно-восстановительные процессы [20; 24].

На фоне антропогенного фактора (внесение удобрений, гербицидов и других средств химизации) возможны изменения физико-химических свойств почвы, нарушение работы ферментных комплексов [16]. Значительное влияние на агрохимические, агрофизические и биологические свойства почвы оказывают удобрения, которые определяют её плодородие, режим питания и урожайность сельскохозяйственных культур [7; 11; 14; 22].

Активность почвенных ферментов можно использовать в качестве параметра биологической активности для изучения почв при сельскохозяйственном использовании на содержание почвенного углерода,

азота, фосфора, серы и биогенных веществ [25]. Ведущую роль в почвенной биодинамике выполняют оксидоредуктазы, катализирующие окислительно-восстановительные процессы и гидролазы, определяющие интенсивность трансформации органических веществ (углеводов, азотсодержащих, фосфорсодержащих органических соединений).

Целью настоящего исследования являлось изучение влияния различных доз азотно-фосфорных удобрений на ферментативную активность чернозёмовидной почвы под посевами кукурузы, а также её взаимосвязь с агрохимическими показателями почвы и урожайностью кукурузы.

Методика. Исследования проводились в 2014–2016 гг. на чернозёмовидной среднетяжёлой почве в южной сельскохозяйственной зоне Амурской области на второй надпойменной террасе Зейско-Буреинской равнины на опытном поле ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ (с. Грибское Благовещенского района).

Агрохимическая характеристика почвы: pH_{KCl} 5.0-5.2; содержание гумуса составляло 3.4-3.8%; нитратного азота ($N-NO_3$) – 12.5 мг/кг почвы; аммонийного азота ($N-NH_4$) – 30.7 мг/кг почвы; подвижного фосфора (P_2O_5) – 58-154 мг/кг почвы (по А.Т. Кирсанову); обменного калия (K_2O) – 168-308 мг/кг почвы (по А.Т. Кирсанову).

В исследовании были включены гибриды кукурузы раннеспелой группы.

Схема опыта содержала 7 вариантов в четырёхкратной повторности: 1. Контроль (без внесения удобрения); 2. $N_{30}P_{30}$; 3. $N_{60}P_{30}$; 4. $N_{60}P_{60}$; 5. $N_{90}P_{60}$; 6. $N_{120}P_{60}$; 7. $N_{30}P_{30}+N_{20}$ (некорневая подкормка). В опыте использовали 3 вида удобрений: аммофос и аммиачная селитра вносились весной до посева вручную под предпосевную культивацию, и мочевина в виде некорневой подкормки по вегетации в фазе 3-5 листа. Общая площадь делянок – 700 м², учётная площадь делянки – 32 м².

Ферментативную активность определяли в воздушно-сухих почвенных образцах, в трёхкратной повторности. Активность ферментов определяли по общепринятым методикам: каталазы – методом Джонсона и Темпле [19]; уреазы – по методу А.Ш. Галстяна [12]; фосфатазы – методом С.Г. Малахова [2].

Дисперсионный и корреляционный анализы экспериментальных данных проводили с помощью программ EXCEL. Средние значения (число выборок $n = 9$) активности ферментов оценивали с помощью стандартной ошибки среднего ($S\bar{x}$). Корреляционный анализ был проведён по средним значениям показателей за три года исследований, количество пар равно количеству вариантов ($n = 7$). Статистическую значимость различий между средними значениями параметров оценивали при уровне вероятности (p) 0.05 [6].

Результаты и обсуждение. По данным ранее проведенных исследований, применение минеральных азотно-фосфорных удобрений при выращивании кукурузы приводит к увеличению содержания питательных веществ в почве и повышению её плодородия. Диапазон содержания нитратного азота в течение периода вегетации кукурузы составлял 1.3-67.9 мг/кг, наибольшее увеличение отмечено в варианте $N_{120}P_{60}$ – 67.9 мг/кг (фаза 3-5 листа); аммонийного азота – 1.0-39.6 мг/кг, максимальные значения аммонийного азота в почве наблюдались в вариантах $N_{120}P_{60}$ и $N_{30}P_{30}+N_{20}$ (фаза 3-5 листа); подвижного фосфора в почве составляло – 65-147 мг/кг, самое его высокое содержание отмечено в

варианте $N_{60}P_{60}$ – 147 мг/кг (фаза 9-11 листа). Применение минеральных удобрений обеспечивало прибавку урожая зерна кукурузы от 4.2 до 8.7 ц/га, наибольшая урожайность отмечена в варианте $N_{60}P_{30}$ – 75.1 ц/га [17].

Ферментативную активность почвы можно использовать в качестве диагностического показателя интенсивности и направленности почвообразовательных процессов, как в естественных условиях, так и при различных антропогенных воздействиях на почву [8; 18]. В наших исследованиях для оценки применения азотно-фосфорных удобрений использованы показатели активности оксидоредуктаз – каталазы, а также гидролитических ферментов – уреазы и фосфатазы.

Каталаза катализирует реакцию разложения перекиси водорода, образующуюся в процессе дыхания растений и в результате биохимического окисления органических веществ в почве, на воду и молекулярный кислород [20]. Как правило, чем выше содержание в почве органического вещества, тем выше активность каталазы [1, 3]. Однако многолетние исследования ферментативной активности почв юга России выявили факт отсутствия связи активности каталазы с органическим веществом [5].

Значения каталазной активности чернозёмовидной почвы варьировали в пределах 0.18-0.29 O_2 см³/г почвы за мин. и по шкале Э.П. Гапонюка, С.В. Малахова [8] является очень слабой (рис. 1). Согласно исследованиям О.И. Наими [13], внесение азотного удобрения способствует увеличению активности каталазы в чернозёме обыкновенном карбонатном, фосфорного – снижает активность фермента.

Наши исследования показали, что применение азотно-фосфорных удобрений при выращивании кукурузы на чернозёмовидной почве не оказывало существенного влияния на её каталазную активность, и только в варианте с $N_{30}P_{30} + N_{20}$ по результатам трёх лет зафиксирована максимальная активность каталазы в фазе полной спе-

лости – 0.29 O₂ см³/г почвы за мин., по-видимому, дополнительная некорневая подкормка растений мочевиной активизировала жизнедеятельность почвенной микрофлоры и привела к росту активности фермента.

Важную роль в азотном обмене в почве играет уреазы, которая катализирует разложение мочевины на угольную кислоту и аммоний. Образовавшийся в результате

уреазной реакции аммоний служит непосредственным источником азотного питания растений [19].

Исследования показали, что активность уреазы под посевами кукурузы варьировала в пределах 1.09-1.90 мг NH₃/10 г почвы за 24 часа и характеризовалась по шкале Э.П. Гапонюка, С.В. Малахова [8] как очень слабая (рис. 2).

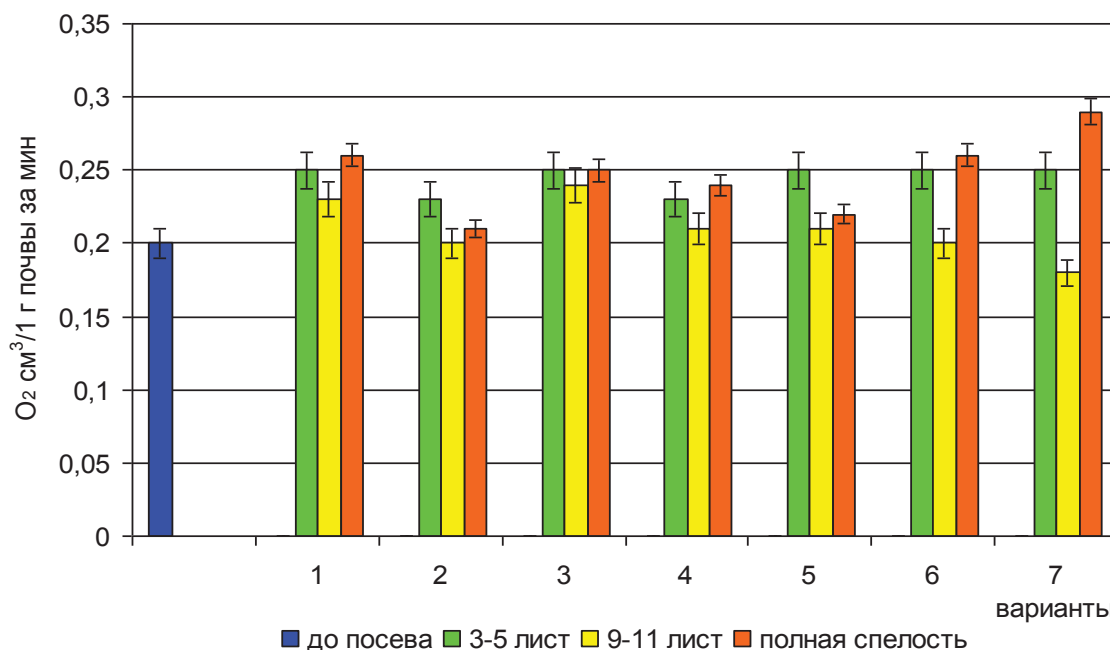


Рис. 1. Динамика активности каталазы в почве (среднее за 2014-2016 гг.)

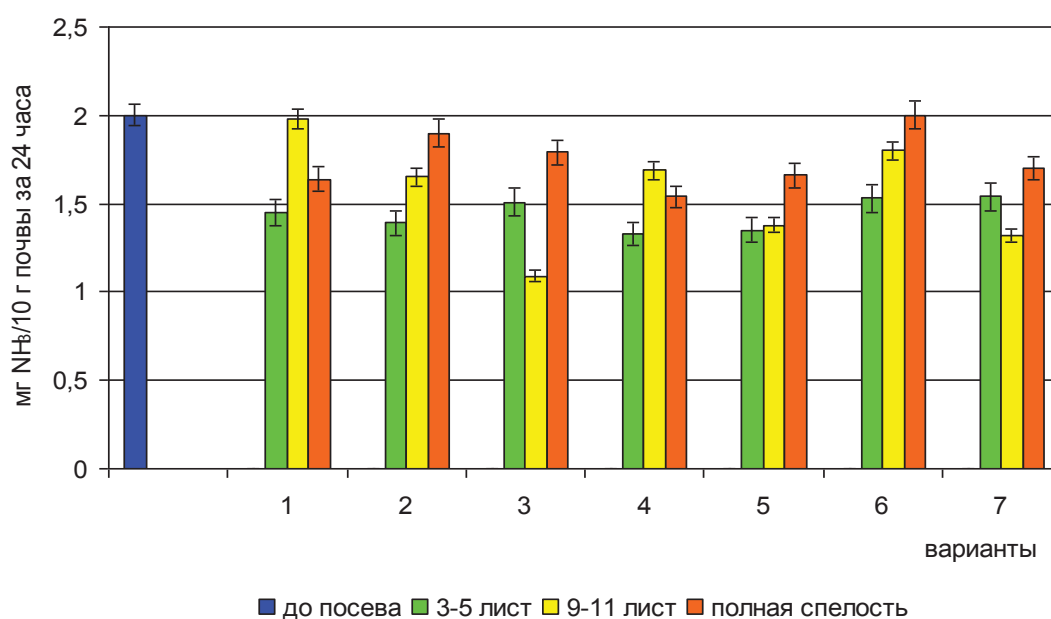


Рис. 2. Динамика активности уреазы в почве (среднее за 2014-2016 гг.)

Невысокая активность уреазы может быть связана с низкой гумусированностью чернозёмовидной почвы, тесная положительная зависимость между данными показателями была установлена исследованиями Ю.А. Вяль и А.В. Шиленкова [3].

Активность уреазы в почве опытного участка до посева кукурузы в среднем за три года исследований составляла 2.11 мг $\text{NH}_3/10$ г почвы за 24 часа. В удобренной почве отмечено повышение уреазной активности в период активного роста и развития растений (фаза 9-11 листа) и незначительное снижение в фазе полной спелости.

Внесение азотно-фосфорных удобрений в дозах $\text{N}_{60}\text{P}_{30}$, $\text{N}_{120}\text{P}_{60}$, $\text{N}_{30}\text{P}_{30} + \text{N}_{20}$ способствовало увеличению активности уреазы относительно контроля в фазе 3-5 листа, что свидетельствует об усилении интенсивности процесса разложения мочевины. В фазе 9-11 листа во всех вариантах с внесением удобрений активность уреазы была ниже, чем в контроле. Минимальный уровень ферментативной активности в данной фазе отмечен в варианте с $\text{N}_{60}\text{P}_{30}$ – 1.09 мг $\text{NH}_3/10$ г почвы за 24 часа. В фазе полной спелости активность уреазы в почве опытных вариантов превышала вариант без удобрения. Максимальная активность фермента в этой фазе выявлена при внесении $\text{N}_{30}\text{P}_{30}$ – 1.90 мг $\text{NH}_3/10$ г почвы за 24 часа. Повышенная активность уреазы в течение

всего вегетационного периода была в шестом варианте с внесением высоких доз азота ($\text{N}_{120}\text{P}_{60}$). Известно, что активность ферментов азотного обмена увеличивается при внесении малых доз азота или при внесении высоких доз, но только совместно с фосфором [15].

Важную роль в обеспечении растений элементами питания играет фосфатаза, фермент, отвечающий за минерализацию органического фосфора [4]. Субстратами почвенных фосфатаз являются специфические гумусовые вещества, включающие фосфор гумусовых кислот, и неспецифические соединения, представленные нуклеиновыми кислотами, фосфолипидами и фосфорпротеинами, а также метаболическими фосфатами. Активность фосфолиолитических ферментов характеризует активность биохимических процессов мобилизации органического фосфора почвы [19]. При недостатке подвижного фосфора в почве растения испытывают фосфорный стресс, наблюдается увеличение поступления в почву фосфатаз микробного и растительного происхождения [10].

Фосфатазная активность чернозёмовидной почвы до посева кукурузы согласно шкале Э.П. Гапонюка, С.В. Малахова [8] оценивается как средняя (3.46 мг P_2O_5 на 1 г за 24 часа) (рис. 3).

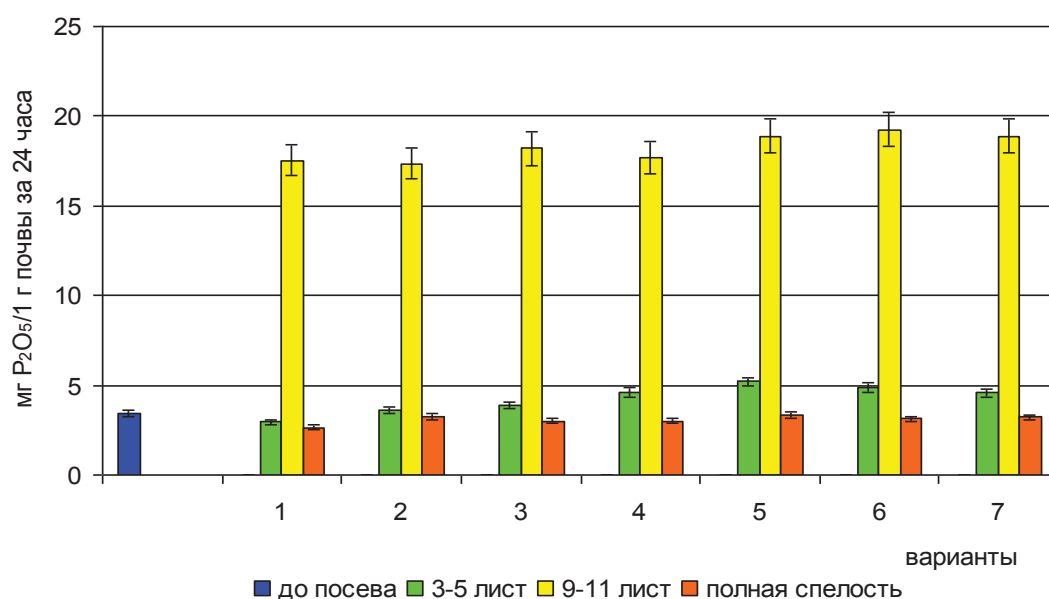


Рис. 3. Динамика активности фосфатазы в почве (среднее за 2014-2016 гг.)

В среднем за три года исследований во всех вариантах опыта отмечено усиление процессов минерализации фосфорсодержащих соединений в фазе 9-11 листа и соответственно рост фосфатазной активности. Внесение азотно-фосфорных удобрений в дозах $N_{60}P_{30}$, $N_{90}P_{60}$, $N_{120}P_{60}$, $N_{30}P_{30} + N_{20}$ приводило к увеличению активности фосфатазы на 0.64, 1.35, 1.69, 1.33 мг P_2O_5 на 1 г за 24 часа соответственно, что свидетельствует об улучшении азотного питания и стимулировании активности фермента. Данную зависимость отмечали в своих работах и другие исследователи [9].

Различия фосфатазной активности между вариантами по фазам развития кукурузы составляли 16-27% и превышали различия активности фермента в конкретную фазу развития от активности в неудобренной почве (1-10%).

Корреляционный анализ показал, что зависимости между содержанием в почве минерального (нитратного и аммонийного) азота и подвижного фосфора и активностью почвенных ферментов (каталазы, уреазы, фосфатазы) по фазам роста и развития кукурузы были преимущественно слабыми или средней силы. И только в фазе полной спелости выявлена тесная прямая взаимосвязь содержания минерального азота с уреазной активностью почвы ($r = 0.817$). Установлена сильная корреляция фосфатазной активности почвы с содержанием подвижного фосфора ($r = 0.793$) и минерального азота ($r = 0.761$) в фазе 3-5 листа.

Под влиянием различных доз азотно-фосфорных удобрений неодинаково протекали биохимические процессы в почве, по видимому, наиболее благоприятно они складывались в тех вариантах, которые давали высокие урожаи. В нашем исследовании наибольшее значение урожайности зерна кукурузы в среднем за три года получено в варианте с $N_{60}P_{30}$.

Результаты исследований по изучению взаимосвязи урожайности сельскохо-

зяйственных культур с активностью почвенных ферментов носят разноречивый характер. Сообщалось о высокой положительной связи урожая с активностью протеазы, уреазы, дегидрогеназы [21; 22]. О.А. Пилецкой была установлена высокая связь урожайности пшеницы с активностью пероксидазы и полифенолоксидазы, но в то же время слабая и средней силы с активностью фосфатазы, уреазы, каталазы [14]. На основании сопоставления урожайности зерна кукурузы и показателей ферментативной активности почвы установлены положительные преимущественно средней силы корреляции урожайности с активностью уреазы ($r = 0.564$; 0.693 ; 0.184) и фосфатазы ($r = 0.761$; 0.530 ; 0.625), взаимосвязь с активностью каталазы была слабой ($r = 0.014$; 0.231 ; 0.53) в фазы 3-5 листа, 9-11 листа, полной спелости соответственно. В связи с этим использование активности отдельных ферментов для диагностики урожайности кукурузы довольно сомнительно.

Заключение. Анализ результатов исследования показал, что внесение минеральных азотно-фосфорных удобрений с высокой дозой азота и фосфора оказывает положительное влияние на агрохимические показатели почвы и повышает активность ферментов. Наибольшая активность уреазы в течение всего периода вегетации наблюдалась при внесении азотно-фосфорного удобрения в дозе $N_{120}P_{60}$, этот вариант характеризовался наиболее высоким содержанием минерального азота в почве. Самая высокая активность фосфатазы отмечена при внесении азотно-фосфорных удобрений в дозах $N_{60}P_{30}$, $N_{90}P_{60}$, $N_{120}P_{60}$, $N_{30}P_{30} + N_{20}$, выявлена тесная её взаимосвязь с содержанием подвижного фосфора и минерального азота в начале вегетации кукурузы. Внесение различных доз азотно-фосфорных удобрений не сказалось на каталазной активности, что свидетельствует об отсутствии негативного влияния минеральных удобрений на её функциональную роль в почвенных процессах.

Список литературы

1. Абрамян, С. А. Изменение ферментативной активности почвы под влиянием естественных и антропогенных факторов / С. А. Абрамян // Почвоведение. – 1992. – № 7. – С. 70-82.
2. Временные методические рекомендации по контролю загрязнения почв / под ред. канд. физ.-мат. наук С.Г. Малахова. – Москва: Московское отделение гидрометеоздата, 1984.
3. Вяль, Ю. А. Ферментативная активность и агрохимические свойства почв Пензенского ботанического сада / Ю. А. Вяль, А. В. Шиленков // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. – 2008. – № 10(14). – С. 26-32.
4. Даденко, Е. В. Методические аспекты применения показателей ферментативной активности в биодиагностике и биомониторинге почв: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук : 03.00.16 / Даденко Евгения Валерьевна. – Ростов-на-Дону, 2004. – 24 с.
5. Даденко, Е. В. Применение показателей ферментативной активности при оценке состояния почв под сельскохозяйственными угодьями / Е.В. Даденко, М.А. Прудникова, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников // Известия Самарского научного центра РАН. – 2013. – Т. 15. - № 3. – С. 1274-1277.
6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований) учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям / Б.А. Доспехов. – Москва: Альянс, 2014. – 351 с.
7. Звягинцев, Д. Г. Биология почв / Д. Г. Звягинцев, И. Л. Бабьева, Г. М. Зенова. – Москва: Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.
8. Казеев, К. Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 2003. – 216 с.
9. Куликова, А. Х. Ферментативная активность почвы в зависимости от систем удобрения / А.Х. Куликова, С. А. Антонова, А. В. Козлов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 4(40). – С. 36-43.
10. Лабутова, Н. М. Основы почвенной энзимологии: учебное пособие / Н. М. Лабутова, Т. А. Банкина. – Санкт-Петербург: Издательский дом Санкт-Петербургского гос. ун-та, 2013. – 102 с.
11. Лапа, В. В. Влияние систем удобрений на ферментативную активность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы / В. В. Лапа, Н. А. Михайловская, М. М. Ломонос [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 2(49). – С. 187-200.
12. Муртазина, С. Г. Практикум по почвоведению / С. Г. Муртазина, И. А. Гайсин, М. Г. Муртазин. – Казань: Казанская государственная сельскохозяйственная академия, 2006. – 225 с.
13. Наими, О. И. Активность каталазы в чернозёме обыкновенном и влияние на неё антропогенных факторов / О.И. Наими // Международный журнал гуманитарных и естественных наук – 2018. – Т. 11(1). – С. 12-15.
14. Пилецкая, О. А. Биологическая активность чернозёмовидной почвы при использовании различных систем удобрения: дис. на соиск. учен. степ.канд. биол.наук : 03.02.08 / Пилецкая Ольга Андреевна; Биолого-почвен. ин-т ДВО РАН. – Благовещенск, 2015. – 152 с.
15. Сычев, В. Г. Роль азота в интенсификации продукционного процесса сельскохозяйственных культур / В.Г. Сычев, О.А. Соколов, Н.Я. Шмырева // Агрохимические аспекты роли азота в продукционном процессе. – Москва : ВНИИА, 2009. – Т. 1. – 424 с.
16. Федорец, Н. Г. Методика исследования почв урбанизированных территорий / Н.Г. Федорец, М.В. Медведева. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. – 84 с.
17. Фокин, С. А. Питательный режим почвы при различных дозах удобрений под кукурузу на зерно / С. А. Фокин, Е. А. Семенова, Р. П. Калашников // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: материалы межд. науч.-прак. конф., посвященной Году экологии в России (Благовещенск, 05 апреля 2017 г.). – Благовещенск: Изд-во Дальневосточного ГАУ. – 2017. – С. 81-85.
18. Хазиев, Ф. Х. Ферментативная активность почв агроценозов и перспективы её изучения / Ф. Х. Хазиев, А. Е. Гулько // Почвоведение. – 1991. – № 8. – С. 88-103.
19. Хазиев, Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев / Рос. акад. наук, Уфим. науч. центр, Ин-т биологии. – Москва: Наука, 2005. – 252 с.
20. Хазиев, Ф. Х. Функциональная роль ферментов в почвенных процессах / Ф.Х. Хазиев // Вестник академии наук РБ. – 2015. – Т. 20. - № 2(78). – С. 14-24.
21. Чундерова, А. И. Влияние севооборота и бессменных посевов на активность биохимических процессов на дерново-подзолистой почве / В кн.: Микробиология земледелия. — Ленинград [б.и.], 1970. — С. 59-65.
22. Щербакова, Т. А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества / Т. А.Щербакова. – Минск: Наука и техника, 1983. – 122 с.
23. Cao, H. A review: soil enzyme activity and its indication for soil quality / H. Cao, H. Sun, H. Yang // Chinese Journal of Applied Ecology. – 2003. – Vol. 9, № 1. – P. 105-109.
24. Fansler, S. J. Distribution of two C cycle enzymes in soil aggregates of a prairie chronosequence / S.J. Fansler, J.L. Smith, H. Bolton [et al.] // Biology and Fertility of Soils. – 2005. – Vol. 42. – P. 17-23.
25. Marinari, S. Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy / S. Marinari, R. Mancinelli, E. Campiglia [et al.] // Ecological Indicators. – 2006. – Vol. 6. – P. 701-711.

Reference

1. Abramyan, S. A. *Izmenenie fermentativnoi aktivnosti pochvy pod vliyaniem estestvennykh i antropogennykh faktorov* (Changes in Soil Enzymatic Activity under the Influence of Natural and Anthropogenic Factors), *Pochvovedenie*, 1992, No 7, PP. 70-82.
2. *Vremennye metodicheskie rekomendatsii po kontrolyu zagryazneniya pochv* (Temporary Guidelines for Soil Pollution Control), pod red. kand. fiz.-mat. nauk S.G. Malakhova, Moskva, Moskovskoe otdelenie gidrometeoizdata, 1984.
3. Vyal', Yu.A., Shilenkov, A.V. *Fermentativnaya aktivnost' i agrokhimicheskie svoistva pochv Penzenskogo botanicheskogo sada* (Enzymatic Activity and Agrochemical Properties of Soils of the Penza Botanical Garden), *Izvestiya PGPU im. V.G. Belinskogo*, 2008, No 10(14), PP. 26-32.
4. Dadenko, E.V. *Metodicheskie aspekty primeneniya pokazatelei fermentativnoi aktivnosti v biodiagnostike i biomonitoringe pochv* (Methodological Aspects of the Application of Indices of Enzymatic Activity in Soil Biodiagnostics and Biomonitoring), avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. biol. nauk : 03.00.16, Dadenko Evgeniya Valer'evna, Rostov-na-Donu, 2004, 24 p.
5. Dadenko, E.V., Prudnikova, M.A., Kazeev, K.Sh., Kolesnikov, S.I. *Primenenie pokazatelei fermentativnoi aktivnosti pri otsenke sostoyaniya pochv pod sel'skokhozyaistvennymi ugod'yami* (Application of Indices of Enzymatic Activity in Assessing the State of Soils Used as Agricultural Land), *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2013, T. 15, No 3, PP. 1274-1277.
6. Dospel'kov, B.A. *Metodika polevogo opyta: (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy): uchebnyy dlya studentov vysshikh sel'skokhozyaistvennykh uchebnykh zavedeniy po agronomicheskim spetsial'nostyam* (Methodology of Field Experiment (with Bases of Statistical Processing of Findings): Textbook for Students of Higher Agricultural Educational Institutions of Agronomic Specialties), Moskva, Al'yanS, 2014, 351 p.
7. Zvyagintsev, D.G., Bab'eva, I.L., Zenova, G.M. *Biologiya pochv* (Soil Biology), Moskva, Izd-vo MGU, 2005, 445 p.
8. Kazeev, K.Sh., Kolesnikov, S.I., Val'kov, V.F. *Biologicheskaya diagnostika i indikatsiya pochv: metodologiya i metody issledovaniy* (Biological Diagnostics and Indication of Soils: Research Methodology and Methods), Rostov-na-Donu, Izd-vo RGU, 2003, 216 p.
9. Kulikova, A.Kh., Antonova, S.A., Kozlov, A.V. *Fermentativnaya aktivnost' pochvy v zavisimosti ot sistem udobreniya* (Fermentative Activity of the Soil Depending on the Fertilizer Systems), *Vestnik Ul'yanskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyaistvennoj akademii*, 2017, No 4(40), PP. 36-43.
10. Labutova, N.M., Bankina, T.A. *Osnovy pochvennoj enzimologii: uchebnoe posobie* (Fundamentals of Soil Enzymology: Textbook), Sankt-Peterburg, Izdatel'skii dom Sankt-Peterburgskogo gos. un-ta, 2013, 102 p.
11. Lapa, V.V., Mikhailovskaya, N.A., Lomonos, M.M. [i dr.] *Vliyanie sistem udobreniy na fermentativnyuyu aktivnost' dernovo-podzolistoi legkosuglinistoi pochvy* (Influence of Fertilizer Systems on the Enzymatic Activity of Sod-Podzolic Light Loam Soil), *Pochvovedenie i agrokhimiya*, 2012, No 2(49), PP. 187-200.
12. Murtazina, S.G., Gaisin, I.A., Murtazin, M.G. *Praktikum po pochvovedeniyu* (Practicum on Edaphology), Kazan', Kazanskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya, 2006, 225 p.
13. Naimi, O.I. *Aktivnost' katalazy v chernozeme obyknovennom i vliyaniye na nee antropogennykh faktorov* (Catalase Activity in Ordinary Chernozem and Anthropogenic Factors Effect), *Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk*, 2018, T. 11(1), PP. 12-15.
14. Piletskaya, O.A. *Biologicheskaya aktivnost' chernozemovidnoi pochvy pri ispol'zovanii razlichnykh sistem udobreniya* (Biological Activity of Chernozem-Like Soil under Use of Various Fertilizer Systems), dis. na soisk. uchen. step. kand. biol. nauk : 03.02.08, Piletskaya Ol'ga Andreevna, Biologo-pochven. in-t DVO RAN, Blagoveshchensk, 2015, 152 p.
15. Sychev, V.G., Sokolov, O.A., Shmyreva, N.Ya. *Rol' azota v intensivatsii produktsionnogo protsessa sel'skokhozyaistvennykh kul'tur* (The Role of Nitrogen in the Intensification of the Production Process of Agricultural Crops), *Agrokhimicheskie aspekty roli azota v produktsionnom protsesse*, Moskva, VNIIA, 2009, T. 1, 424 p.
16. Fedorets, N.G., Medvedeva, M.V. *Metodika issledovaniya pochv urbanizirovannykh territorii* (Methods of Soil Research on the Urbanized Territories), Petrozavodsk, Karel'skii nauchnyi tsentr RAN, 2009, 84 p.
17. Fokin, S.A., Semenova, E.A., Kalashnikov, R.P. *Pitatei'nyi rezhim pochvy pri razlichnykh dozakh udobreniy pod kukuruzu na zerno* (Nutritional Conditions of the Soil at Different Doses of Fertilizers Used for Growing Corn Grain), *Agropromyshlennyy kompleks: problemy i perspektivy razvitiya: materialy mezhd. nauch.-prak. konf., posvyashchennoi Godu ekologii v Rossii* (Blagoveshchensk, 05 aprelya 2017 g.), Blagoveshchensk, Izd-vo Dal'nevostochnogo GAU, 2017, PP. 81-85.
18. Khaziev, F.Kh., Gul'ko, A.E. *Fermentativnaya aktivnost' pochv agrotsenozov i perspektivy ee izucheniya* (Enzymatic Activity of Soils of Agrocenoses and Prospects for its Study), *Pochvovedenie*, 1991, No 8, PP. 88-103.
19. Khaziev, F.Kh. *Metody pochvennoj enzimologii* (Methods of Soil Enzymology), Ros. akad. nauk, Ufim. nauch. tsentr, In-t biologii, Moskva, Nauka, 2005, 252 p.
20. Khaziev, F.Kh. *Funktsional'naya rol' fermentov v pochvennykh protsessakh* (Functional Role of Enzymes in Soil Processes), *Vestnik akademii nauk RB*, 2015, T. 20, No 2(78), PP. 14-24.

21. Chunderova, A. I. Vliyanie sevooborota i bessmennykh posevov na aktivnost' biokhimicheskikh protsessov na dernovo-podzolistoi pochve (Influence of Crop Rotation and Permanent Crops on the Activity of Biochemical Processes on Sod-Podzolic Soil), v kn.: Mikrobiologiya zemledeliya, Leningrad [b.i.], 1970, PP. 59-65.

22. Shcherbakova, T.A. Fermentativnaya aktivnost' pochv i transformatsiya organicheskogo veshchestva (Soil Enzymatic Activity and Organic Matter Transformation), Minsk, Nauka i tekhnika, 1983, 122 p.

23. Cao, H., Sun, H., Yang, H. A review: soil enzyme activity and its indication for soil quality, *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, Vol. 9, No 1, PP. 105-109.

24. Fansler, S.J., Smith, J.L., Bolton, H. [et al.], Distribution of two C cycle enzymes in soil aggregates of a prairie chronosequence, *Biology and Fertility of Soils*, 2005, Vol. 42, PP. 17-23.

25. Marinari, S., Mancinelli, R., Campiglia, E. [et al.] Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy, *Ecological Indicators*, 2006, Vol. 6, PP. 701-711.

Информация об авторах

Калашников Ростислав Петрович, аспирант; ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ; ул. Политехническая, д. 86, г. Благовещенск, Амурская область, Россия; e-mail: rostislav.pk@mail.ru;

Семенова Елена Александровна, д-р с.-х. доцент; ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ; ул. Политехническая, д. 86, г. Благовещенск, Амурская область, Россия; e-mail: epia@dalgau.ru;

Фокин Сергей Алексеевич, канд. с.-х. наук; ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ; ул. Политехническая, д. 86, г. Благовещенск, Амурская область, Россия; e-mail: epia@dalgau.ru;

Захарова Елена Борисовна, д-р с.-х. наук, доцент; ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ; ул. Политехническая, д. 86, г. Благовещенск, Амурская область, Россия; e-mail: za.kharova@mail.ru.

Information about authors

Rostislav P. Kalashnikov, Postgraduate Student; Far Eastern State Agrarian University; 86, Politekhnikeskaya, Blagoveshchensk, Amur region, Russia; e-mail: rostislav.pk@mail.ru;

Elena A. Semyonova, Dr Agr. Sci., Associate Professor; Far Eastern State Agrarian University; 86, Politekhnikeskaya, Blagoveshchensk, Amur region, Russia, e-mail: epia@dalgau.ru;

Sergey A. Fokin, Cand. Agr. Sci.; Far Eastern State Agrarian University; 86, Politekhnikeskaya, Blagoveshchensk, Amur region, Russia, e-mail: epia@dalgau.ru;

Elena B. Zakharova, Dr Agr. Sci., Associate Professor; Far Eastern State Agrarian University; 86, Politekhnikeskaya, Blagoveshchensk, Amur region, Russia, e-mail: za.kharova@mail.ru.