



## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Сельскохозяйственная экология / Agricultural ecology

Оригинальная статья / Original article

УДК 631.46+631.51+631.8

DOI: 10.18470/1992-1098-2016-4-139-148

### ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЕЙ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЧВЫ

<sup>1</sup>Александр В. Щур\*, <sup>2</sup>Дмитрий В. Виноградов, <sup>3</sup>Виктор П. Валько

<sup>1</sup>Белорусско-Российский университет,  
Могилев, Беларусь, shchur@yandex.ru

<sup>2</sup>Рязанский государственный агротехнологический  
университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия

<sup>3</sup>Белорусский аграрный технический университет, Минск, Беларусь

**Резюме. Цель работы:** изучить влияние различных уровней агроэкологических нагрузок на ферментативную активность почвы. **Методы исследований.** Выделение почвенной фауны проводилось термоградиентным методом. Экологические характеристики сообщества почвенной биоты определяли по экологическим индексам. Ферментативная активность почвы под различными сельскохозяйственными культурами и при разных уровнях агроэкологических нагрузок в наших опытах определялась по методикам, апробированным в лаборатории почвенной энзимологии института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича и Белорусском научно-исследовательском институте почвоведения и агрохимии. **Результаты исследований.** Сообщество почвенной биоты носит полидоминантный характер, что подтверждается значениями экологических индексов. Не установлено значимого воздействия агротехнологических нагрузок на сообщество почвенной микро и мезофауны. Абсолютные показатели фосфатазной активности почвы в среднем по всем вариантам без оборота пласта были выше на 63% по сравнению со вспашкой. Инвертазная и каталазная активность была гораздо выше при дисковании по всем вариантам опыта и срокам отбора. Содержание пероксидазы более низкое под чистым паром. Закономерности, имевшие место в отношении пероксидазной активности, отмечаются и для полифенолоксидазной активности. **Заключение.** Отсутствовало серьезное изменение экологических характеристик почвенной биоты. На ферментативную активность почвы оказывали влияние время отбора образцов, система удобрений, способы обработки почвы и возделываемые сельскохозяйственные культуры.

**Ключевые слова:** почвенная микро- и мезофауна, полидоминирование в почвенном зооценозе, ферментативная активность почвы, инвертаза, фосфатаза, каталаза, протеаза, полифенолоксидаза, пероксидаза, обработки почвы.

**Формат цитирования:** Щур А.В., Виноградов Д.В., Валько В.П. Влияние различных уровней агроэкологических нагрузок на биохимические характеристики почвы // Юг России: экология, развитие. 2016. Т.11, N4. С.139-148. DOI: 10.18470/1992-1098-2016-4-139-148

### EFFECT OF DIFFERENT LEVELS AGROECOLOGICAL LOADS ON BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOIL

<sup>1</sup>Alexander V. Shchur, <sup>2</sup>Dmitry V. Vinogradov, <sup>3</sup>Viktor P. Valckho

<sup>1</sup>Belarusian-Russian University, Mogilev, Belarus, shchur@yandex.ru

<sup>2</sup>Ryazan State Agrotechnological University named P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

<sup>3</sup>Belarusian Agrarian Technical University, Minsk, Belarus

**Abstract. Aim.** To study the effect of different levels of agri-environmental loads on the enzymatic activity of the soil. **Methods.** Isolation of soil fauna was conducted by thermogradient. Ecological characteristics of soil biota community



was determined by ecological indices. The enzymatic activity of soil under different crops and at different levels of agri-environmental loads in our experiments was determined by methods proven in the laboratory soil enzymology Institute of Experimental Botany name V.F. Kuprevich and Belorussian Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry. **Results.** Community soil biota is polydominant character, as evidenced by the values of environmental indices. It does not set a significant impact on the community agrotechnological loads of soil micro and mesofauna. Absolute figures soil phosphatase activity averaged over all embodiments without recourse formation were higher by 63% compared with plowing. Invertase and catalase activity was much higher in stubble on all variants of the experiment and selection of terms. The content of peroxidase lower under pure steam. The laws have taken place in respect of peroxidase activity, marked for polifenoloksidase activity. **Main conclusion.** There was no major change in the ecological characteristics of soil biota. In the enzymatic activity of soil influenced by sampling time, fertilizer system, soil tillage methods and cultivated crops.

**Keywords:** soil micro- and mesofauna, polydominant soil animals cenosis, soil enzymatic activity, invertase, phosphatase, catalase, protease, polyphenol oxidase, peroxidase, tillage

**For citation:** Shchur A.V., Vinogradov D.V., Valckho V.P. Effect of different levels agroecological loads on biochemical characteristics of soil. *South of Russia: ecology, development.* 2016, vol. 11, no. 4, pp. 139-148. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2016-4-139-148

## ВВЕДЕНИЕ

Биохимические процессы в почве определяются активностью биоты почвы и активно влияют на ее ферментативную активность. Считаем, что ферментативная активность почвы является важнейшим биохимическим показателем почвы, определяющим почвенное плодородие. На показатели ферментативной активности значительное влияние оказывают видовой состав и трофическая структура почвенных обитателей, особенности их ценологических связей, формирующих почвенное сообщество организмов. В настоящее время ряд исследователей активно изучает особенности ферментативной активности почвы [1-24]. Но сведений о взаимосвязи ферментативной активности и агроэкологических нагрузок на почвы недостаточно, если не считать общих положений. В связи с вышеуказанным, исследования в отмеченном направлении очень значимы,

так как позволят получить достоверную информацию о влиянии агротехнических приемов на производительную способность и стабильность экосистем и управлять антропогенным воздействием на почву.

Ферментативная активность почвы может рассматриваться как депозит биохимической активности почв. Данный резерв может реализоваться как фактор повышения плодородия почв и активизации других биологических процессов в почве, либо не оказать значительного влияния. Таким образом, задача состоит в проведении мониторинга изменений ферментативного комплекса почв при их аграрной эксплуатации с целью выяснения роли ферментов, степени их стабильности и локализации в почвенном метаболизме, а также роль в экологической стабильности биогеоценозов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Территория Республики Беларусь относится к климатической зоне умеренного климата. Сумма радиационного баланса за год – 1500-1600 МДж/м<sup>2</sup>. Годовая сумма суммарной солнечной радиации – 3600-38000 МДж/м<sup>2</sup>. Число дней с осадками достигает в среднем 90-110 дней. Наибольшее количество осадков выпадает в виде дождя и приходится на летний период. Длительность вегетационного периода составляет в среднем по стране 187-190 суток. Гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК) по региону исследований изменяется от 1,45

до 1,5, т.е. в среднем вегетационный период оценивается как умеренно влажный.

Исследования проводились на стационаре в зерно-травянопропашном севообороте в условиях опытного поля Гродненского аграрного университета и на целинном аналоге. Почва участков дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на супесях связных, подстилаемых с глубины 40-60 см моренным суглинком, рельеф выровненный. Почва опытных полей характеризуется высоким содержанием подвижного фосфора, калия, оптимальной реакцией среды, высо-



кой степенью насыщенности основаниями, т.е. обладает достаточно высоким уровнем окультуренности. Система обработки почвы под культуры – в соответствии с действующими технологическими регламентами по Внесение удобрений:

1-ая закладка

1. Контроль (без удобрений)
2. N90P70K80
3. P70K80
4. N60P50K90
5. Навоз
6. Навоз+ N60P50K90
7. Навоз+ P50K90
8. Навоз+ N90P70K80

2-ая закладка

1. Контроль (без удобрений)+Байкал-ЭМ1
2. N90P70K80+ Байкал-ЭМ1
3. P70K80+ Байкал-ЭМ1
4. N60P50K90+ Байкал-ЭМ1
5. Навоз + Байкал-ЭМ1
6. Навоз +N60P50K90+ Байкал-ЭМ1
7. Навоз+P50K90+ Байкал-ЭМ1
8. Навоз+N90P70K80+ Байкал-ЭМ1

Опыт закладывали в соответствии с общепринятой методикой, повторность вариантов – четырехкратная. Ферментативная активность в наших опытах определялась по методикам, апробированным в лаборатории почвенной энзимологии института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича и Белорусском научно-исследовательском институте почвоведения и агрохимии. Отбор почвенных образцов для анализа проводился в следующие сроки: 1 – апрель; 2 – в период цветения культуры (июль); 3 – после уборки культуры (сентябрь) [3]. Параллельно проходила оценка видового и экологического состава микрофауны почвы. Для учета фауны пробы гумусового горизонта разбирали

возделыванию культур и экологической направленности, безотвальная с применением комбинированных агрегатов для уменьшения количества проходов техники по полю.

вручную под бинокулярной лупой при 16-кратном увеличении. Для выделения скрытой мезо- и микрофауны их прогревали в течение суток по методу термоградиентной экстракции [25]. Определение живой массы беспозвоночных проводилось после обезжизивания их парами эфира путем взвешивания на аналитических весах. Беспозвоночных идентифицировали по определителям Н.В. Бондаренко и А.Ф. Глушенко [26], А.И. Ильинского [27] и «Определителю вредных и полезных насекомых и клещей однолетних и многолетних трав и зернобобовых культур в СССР» [28]. Экологические индексы популяций почвенной биоты рассчитывались по общепринятой методике [29].

### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На биодegradацию органического вещества почвы значительное влияние оказывают различные виды биоты, в том числе почвенная микрофлора, микро и мезофауна. В данной статье нами рассматривается экологическая группировка микро и мезофауны почвы, и связанная с ней ферментативная активность почв.

Нами были изучены две размерно-функциональные группы беспозвоночных животных, населяющих почвы региона, – микро- и мезофауна. Микрофауна представлена микроартроподами – ногохвостками (*Collembola*), клещами оribатидами и гамазидами (*Acari: Oribatei, Gamasoidea*). В составе мезофауны выделено 20 таксонов беспозвоночных: малощетинковые черви (*Oligocheta: Lumbricidae, Enchytraeidae*), моллюски (*Gastropoda: Stylommatophora*), паукообразные (*Arachnida: Araneae, Opiliones*), многоножки (*Myriapoda: Lithobiidae*), насе-

комые (*Insecta*): равнокрылые (*Homoptera: Cicadellidae, Psyllidae, Aphididae*), клопы (*Hemiptera*), жесткокрылые (*Coleoptera: Cantharidae larvae, Carabidae, Curculionidae, Elateridae larvae, Staphylinidae*), перепончатокрылые (*Formicigae, Hymenoptera*), двукрылые (*Diptera*), чешуекрылые (*Lepidoptera larvae*), трипсы (*Thysanoptera*). Не были обнаружены представители диплопод (*Diplopoda*) и изопод (*Isopoda*), обычно типичных для почв Беларуси. Это может быть связано с динамическими процессами в популяциях, воздействием пестицидов и миграцией. Таксономический состав фауны беспозвоночных животных не постоянен. В разные сезоны и годы в почве отсутствовали представители тех или иных таксонов. В частности, разнообразие мезофауны возрастало с 7-8 групп в апреле до 18-20 в июле и снижалось до 10-11 групп к концу сентября. Увеличение разнообразия в более теплые



месяцы вегетационного периода связано с появлением фитотрофов: клопов, листоблошек, тлей, трипсов, цикадок, перепончатокрылых, чешуекрылых. В более холодные месяцы они частично или полностью отсутствовали.

При описании структуры доминирования в качестве доминантов рассматривали таксоны с долей численности и биомассы особей, составляющей 10% и более от общей величины этих показателей, в качестве субдоминантов – таксоны с долей от 5 до 10%.

Полученные результаты показывают, что представители примерно половины выявленных таксонов мезофауны доминируют и субдоминируют по численности, причем доля каждого таксона не превышает 20%. Это позволяет рассматривать структуру доминирования по численности как полидоминантную, состоящую из 9 преобладающих групп, 7 малочисленных групп (от 1 до 5%) и 5 таксонов, представленных единичными экземплярами (менее 1%).

Полидоминирование подтверждается низкой степенью доминирования по Симпсону, и высокими значениями индексов разнообразия Шеннона-Уивера ( $H' = 3,09-3,19 \text{ бит/экз}$ ) и выровненности по Пиелу ( $e = 0,67-0,83$ ), значения индексов Менхиника, Маргалефа и Бергера-Паркера подтверждают отсутствие монодоминирования видов. Стабильность доминантного комплекса в годичной динамике по количеству групп, их доле и таксономическому составу, а также величине индексов доминирования подтверждает наш вывод об устойчивости сообщества мезофауны в исследуемых почвах и отсутствии значительных влияний агроэкологических воздействий на численность животных и доминантную структуру в ценозе.

Структура доминирования мезофауны по биомассе также характеризуется наличием полидоминирования. Оно обеспечивается меньшим, по сравнению с численностью, количеством таксонов – 5. Основу доминирующей группы составляют малоцетинковые черви, моллюски и многоножки. В тоже время возрастает до 7 количество редких групп беспозвоночных, что связано с их низкой биомассой.

Присутствие полидоминантного сообщества подтверждается значениями индекса

доминирования Симпсона ( $C = 0,10-0,14$ ), и высокими значениями индексов разнообразия Шеннона-Уивера ( $H' = 3,19-3,28 \text{ бит/экз}$ ) и выровненности по Пиелу ( $e = 0,66-0,72$ ).

При этом следует отметить отсутствие значимых различий по способам обработки и внесения удобрений, что скорее всего, связано с миграцией биоты и занятием высвобождающихся экологических ниш.

Следует отметить, что почвенная биота является активным поставщиком азоторганических соединений, которые претерпевают ряд сложных биохимических превращений, интенсивность которых характеризует активность протеолитических ферментов. Протеазы играют ведущую роль в жизни почвы, так как обуславливают динамику накопления усваиваемых форм азота, за счет катализа начальных стадий высвобождения азотных соединений. Наши исследования продемонстрировали, что в эксперименте с отвальной обработкой почвы, активность протеазы в апреле была достаточно высокой и находилась в пределах 1,49-2,02 мг. Использование безотвальной обработки приводит к некоторому снижению ее активности: 1,54-1,80 мг. Внесение удобрений повышало этот показатель на всех вариантах опыта (рис. 1). Максимальные уровни протеазной активности наблюдались в варианте навоз (80 т) + ас. уд. (2,59 мг) и навоз (80 т) + NPK + ас. уд. (3,09 мг). Обсуждая усредненные по обработкам результаты анализов, следует отметить, что значения протеолитической активности были выше в опыте без оборота пласта на 14,2%-16,2%. Контроль уровней азотпревращающих ферментов дает возможность оценить роль биохимических процессов в мобилизации почвенного азота. Нами установлено, что наблюдается тенденция сопряженного варьирования между активностью протеаз и нитрификационной активностью почвы, коэффициент корреляции  $r = 0,59$ .

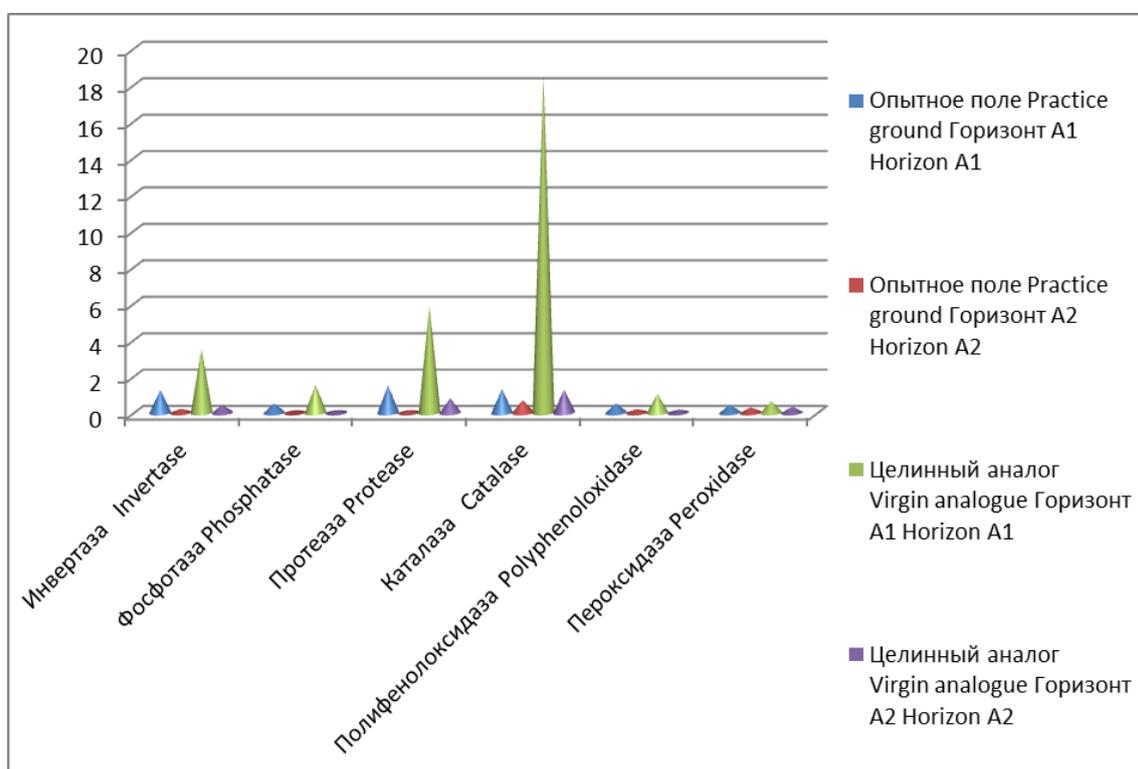
Оценить интенсивность минерализации фосфорсодержащих органических соединений в почве возможно по уровню фосфатазной активности. В эксперименте было установлено, что существенное влияние на активность указанного фермента имеет внесение органических удобрений. В частности, при внесении двойной нормы навоза (80 т) наблюдалось увеличение активности фосфатазы с 0,49-0,50 до 0,60-0,62 у.е. В данном



варианте она была максимальной и на нее не оказывал влияние способ обработки почвы.

Расщепление дисахаридов, поступающих почву из разлагающихся органических веществ катализирует инвертаза, и, таким образом, играет важную роль в формировании предгумусовой фракции. Наши исследования демонстрируют, что активность инвертазы в начале вегетационного периода (в апреле) по вариантам опыта различалась несущественно и была в пределах 0,81-1,09 единиц по вспашке, 0,93-1,39 по дискованию. Максимальное значение активности инвертазы в этот период (1,39 ед.) наблюдалось в варианте эксперимента без оборота

пласта при внесении навоза (80 т) +NPK+ас.уд. В целом за вегетацию нами установлено, что внесение ассоциативных удобрений способствовало определенному росту инвертазной активности на всех вариантах, причем самые высокие показатели отмечены на вариантах 80 т + NPK + ас. уд. (1,46 у. е.) и 40 т + РК + ас. уд. (1,65 у. е.) – по дискованию и 1,34-1,41 у. ед., соответственно, по вспашке. Можно предположить, что внесение подобных органо-минеральных комплексов удобрений в сочетании с ассоциативными экологическими субстратами интенсивнее высвобождают доступные для инвертазной активности вещества.



**Рис. 1. Ферментативная активность почвы**  
**Fig.1. The enzymatic activity of soil**

Важнейшим элементом плодородия почв является гумус. Синтез его компонентов происходит на основе окислительно-восстановительных процессов, в которых активное участие принимают каталаза, полифенолоксидаза, пероксидаза. При их участии происходят сложнейшие биохимические превращения. Фенольные соединения, входящие в состав органических остатков, после их окисления при участии оксидаз переходят в биохимически активную хиноидную форму, из которой в процессе реак-

ций поликонденсации, полимеризации и взаимодействия с азотоорганическими соединениями, формируют молекулы гуминовых кислот. Каталаза в почве важна еще и тем, что она разрушает опасную для живых организмов перекись водорода, образующуюся в процессе жизнедеятельности, а также при аэробной деградации органического вещества.

Каталазная активность почв не столь отзывчива на различные уровни агроэкологических воздействий. В опытах мы наблю-



дали, что в апреле не отмечено существенной дифференциации активности фермента по вариантам обработки. Осенью, в среднем по опыту, в варианте вспашки она была на уровне 4,17, без оборота – 5,84 у.е., или увеличилась на 14,0 %. В эксперименте показано, что применение ассоциативных удобрений в определенной степени усиливало каталазную активность почвы, особенно в вариантах, где вносился навоз. Причем, рост данного показателя был большим в вариантах с двойной дозой навоза.

Характерные для Беларуси дерново-подзолистые почвы отличаются относительно низкой активностью ферментов пероксидаз и полифенолоксидаз. В наших экспериментах максимальные уровни активности пероксидазы наблюдались в начале вегетационного периода (апрель). Позднее активность снижалась, при этом абсолютные величины пероксидазной активности в июле в варианте эксперимента без оборота пласта были выше на 15,7 % (0,44 у.е.), чем с оборотом пласта (0,38 у.е.). В вариантах с совместным внесением навоза и полного минерального удобрения изучаемый показатель был выше относительно других вариантов, при этом ассоциативные удобрения не оказали существенного влияния на данный показатель.

Изучение динамики полифенолоксидазной активности продемонстрировало

схожую тенденцию – максимум наблюдался в апреле, затем происходило поэтапное снижение к сентябрьскому минимуму. Применение безотвальной обработки несколько стимулировало изучаемый показатель – он был выше на 14% по сравнению со вспашкой.

Рассматривая распределение ферментативной активности и деятельности биоты в гумусово-аккумулятивном (A1) и подзолистом горизонтах (A2) почвенного профиля, мы наблюдаем, что максимальная активность ферментов и деятельность биоты отмечена в верхнем горизонте. В подзолистом горизонте встречаются единичные особи микро и мезофауны, а также наблюдается резкое снижение активности ферментов.

Уровень активности ферментов в почве целинного аналога превосходил уровень в почвах опытного поля по каталазе в 14,3 раза, протеазе – 3,9 раза, фосфатазе – 3, инвертазе – в 2,9 раза. Различия по пероксидазе и полифенолоксидазе были менее значимы (47% и 94% соответственно). Следовательно, сравнение уровней ферментативной активности и характера профильного распределения ферментов в целинном аналоге и почве, задействованной в сельскохозяйственном обороте, отражает те изменения, которые происходят в почве при сельскохозяйственном использовании.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нами не отмечено серьезных различий в видовом составе и экологических характеристиках микро и мезофауны по вариантам эксперимента.

Основное положительное влияние на изменение фосфатной активности почвы оказали органические удобрения и, в несколько меньшей степени, ассоциативные удобрения. В отношении способа обработки почвы можно констатировать следующее: абсолютные показатели фосфатазной активности почвы в среднем по всем вариантам без оборота пласта были выше на 63% по сравнению со вспашкой.

Инвертазная и каталазная активность почв была значительно выше при дисковании по всем вариантам опыта и срокам отбора. Вероятно, это происходит вследствие того, что этот способ обработки создает более эффективный газообмен почвенной сре-

ды, оптимизирует «дыхание почвы», доступ сапротрофных организмов к органическим остаткам и способствует также более активному катализу минеральной части.

Обогащение почвы пероксидазой в значительной мере связано с жизнедеятельностью корней. Наиболее высокая пероксидазная активность наблюдается под травами, имевшими на протяжении вегетации больше живых корней на навеску почвы. После уборки пероксидазная активность быстро снижается, несмотря на попадание в почву большого количества отмерших остатков, что свидетельствует об участии живых корней в обогащении почв ферментом. Количество пероксидазы ниже под чистым паром, а под растениями она возрастает в зависимости от их биологических особенностей.

Закономерности, имевшие место в отношении пероксидазной активности, отме-



чаются и для полифенолоксидазной активности. Следует отметить, что полифенолоксидаза участвует в превращении органических соединений ароматического ряда в компоненты гумуса, и ее активность в почве находится в прямой зависимости от содержания гумуса, отсюда можно полагать, что ее снижение свидетельствует об ухудшении условий для гумусообразования.

Формирование почвенного плодородия тесно связано с ферментативными процессами. Обнаружена прямая связь содержания полифенолоксидазы с содержанием гумуса, а для пероксидазы – обратная.

Подождите живая вышеизложенное, в це-

лом необходимо отметить, что на ферментативную активность почвы оказывали влияние время отбора образцов, система удобрений, способы обработки почвы и возделываемые сельскохозяйственные культуры.

Обработка почвы является радикальным средством регулирования сложных биологических процессов, протекающих в почве, в том числе и ферментативной активности, поскольку ферменты продуцируются всей совокупностью живых организмов почвы, и формирование почвенного плодородия тесно связано с ферментативными процессами.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонов Г.И., Безкоровая И.Н., Клименко А.В., Семенякин Д.А. Ферментативная активность почв после первого приема выборочной рубки в сосняках Красноярской лесостепи // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2011. N7. С. 61-66.
2. Буянтуева Л.Б., Никитина Е.П., Гынинова А.Б. Исследование численности и ферментативной активности микроорганизмов-деструкторов органического вещества растительных остатков каштановых почв степных пастбищ Бурятии // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география. 2014. N4-1. С. 83-87.
3. Валько В.П., Щур А.В. Особенности биотехнологического земледелия. Минск: БГАТУ, 2011. 196 с.
4. Даденко Е.В., Прудникова М.А., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Применение показателей ферментативной активности при оценке состояния почв под сельскохозяйственными угодьями // Известия Самарского научного центра Российской Академии Наук. 2013. Т. 15. N3(4). С. 1274-1277.
5. Емнова Е.Е., Дарабан О.В., Бызган Я.В., Тома С.И., Возиян В.И., Якобуца М.Д. Влияние вида азотных удобрений на ферментативную активность чернозема карбонатного и продуктивность сои в ризосферной части почв // Почвоведение. 2015. N5. С. 571. DOI: 10.7868/S0032180X15030041
6. Коваленко М.В., Марковская Г.К. Влияние способов основной обработки почвы на её ферментативную активность // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2013. N1(27). С. 108-111.
7. Куприченков М.Т., Шаповалова Н.Н. Изменение ферментативной активности почв Предкавказья при сельскохозяйственном использовании // Земледелие. 2014. N8. С. 25-26.
8. Курчевский С.М., Виноградов Д.В. Изменение основных свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы под действием органо-минеральных удобрений и бактериального препарата «Байкал ЭМ-1» // Вестник БГСХА. 2013. N4. С. 113-116.
9. Минкина Т.М., Полякова А.П., Манджиева С.С., Назаренко О.Г., Сушкова С.Н. Ферментативная активность почв района Новочеркасской ГРЭС // Плодородие. 2011. N1. С. 32-34.
10. Селявкин С.Н., Мараева О.Б., Лукин А.Л. Оценка биологического состояния почвы по микробиологической и ферментативной активности // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015. N2(45). С. 36-39.
11. Турусов В.И., Гармашов В.М., Дьячкова Т.И. Ферментативная активность чернозема обыкновенного в различных севооборотах при разных способах обработки почвы // Агрохимия. 2012. N9. С. 21-25.
12. Ушаков Р.Н., Виноградов Д.В., Головина Н.А. Физико-химический блок плодородия агросерой почвы // Агрохимический вестник. 2013. N5. С. 12-13.
13. Фадькин Г.Н., Виноградов Д.В., Щур А.В., Гомачадзе Г.Д. Миграция азота в системе «удобрение-почва-растение» под влиянием длительного применения удобрений // АгроЭкоИнфо. 2015. N4. URL: [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/st\\_15/dos](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/st_15/dos). (дата обращения 20.06.2016)
14. Фомина Н. В., Алексеева А. А. Использование ферментативной активности почвы в оценке экологической безопасности применения биофунгицидов // Экологический вестник Северного Кавказа. 2015. Том 11. N2. С. 50-54.
15. Швакова Э.В. Использование показателей ферментативной активности почв в почвенно-экологическом мониторинге // Потенциал современной науки. 2015. N4(12). С. 62-66.
16. Щур А.В., Валько В.П., Виноградов Д.В. Ферментативная активность почвы на различных уровнях агротехнических вмешательств при возделывании картофеля // Международный технико-экономический журнал. 2014. N6. С. 72-80.
17. Щур А.В., Виноградов Д.В., Валько В.П. Нитрификационная активность почв при различных уровнях



ных агротехнического воздействия // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2015. N2 (26). С. 21-26.

18. Щур А.В., Валько В.П., Виноградов Д.В. Влияние способов обработки почвы и внесения удобрений на численность и состав микроорганизмов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. N3. С. 41-44.

19. Щур А.В., Виноградов Д.В., Валько В.П. Целлюлозолитическая активность почв при различных уровнях агротехнического воздействия // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. N7. С. 45-49.

20. Щур А.В., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д., Валько В.П. Динамические процессы содержания свободных почвенных аминокислот на различных уровнях агротехнического воздействия при возделывании пелюшко-овсяно-райграсовой смеси в условиях Беларуси // АгроЭкоИнфо. 2014. N3(16). URL: [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2014/st\\_15/doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2014/st_15/doc). (дата обращения 20.06.2016)

21. Щур А.В. Агроэкологические особенности многолетних бобовых трав в условиях радиоактивного загрязнения территории могилевской области Республики Беларусь // Плодородие. 2016. N2(89). С. 48-49.

22. Щур А.В., Валько В.П., Виноградов Д.В. Агроэкологическое воздействие многокочковых бобово-злаковых смесей с подсевом райграса однолетнего на накопление органических остатков, содержание в них азота и структуру почвы // АгроЭкоИнфо. 2016. N2(24). URL: [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/2/st\\_20](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/2/st_20)

8.doc. (дата обращения 20.06.2016)

23. Щур А.В., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д. Экологические особенности микробиоты почв в условиях радиоактивного загрязнения территории Республики Беларусь при применении биологически активных препаратов // АгроЭкоИнфо. 2016, N1(23). URL: [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/1/st\\_51.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/1/st_51.doc). (дата обращения 20.06.2016)

24. Щур А.В. Исследование микробиоты почв в условиях радиоактивного загрязнения территории Республики Беларусь при применении биологически активных препаратов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2016, N1. С. 119-124.

25. Гиляров М.С., Стриганова Б.Р. Учет крупных беспозвоночных (мезофауна): Количественные методы в почвенной зоологии. Москва: Наука, 1987. С. 9-26.

26. Бондаренко Н.В., Глуценко А.Ф. Систематика и классификация насекомых (определятельные таблицы): практикум по общей энтомологии. Ленинград: Агропромиздат, 1985. 352 с.

27. Ильинский А.И. Определитель вредителей леса. Москва: Сельхозиздат, 1962. 392 с.

28. Копанева Л.М. Определитель вредных и полезных насекомых и клещей однолетних и многолетних трав и зернобобовых культур в СССР. Ленинград: Колос, 1983. 272 с.

29. Сорокина Г.А., Задереев Е.С., Пахарькова Н.В., Крючкова О.Е. Современные подходы к биоконтролю состояния окружающей среды: учебное пособие. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2012. С. 70-71.

## REFERENCES

1. Antonov G.I., Bezkorovaynaya I.N., Klimchenko A.V., Semenyakin D.A. Soil enzyme activity after first set selection cutting in the Krasnoyarsk forest-steppe pine forests. Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University]. 2011, no. 7, pp. 61-66. (In Russian)
2. Buyantueva L.B., Nikitina E.P., Gyninova A.B. Research of the number and enzymatic activity of microorganisms decomposers of organic matter of plant residues of chestnut soils in steppe grassland of Buryatia. Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya, geografiya [Bulletin of the Buryat State University. Biology, geography]. 2014, no. 4-1, pp. 83-87. (In Russian)
3. Valckho V.P., Shchur A.V. *Osobennosti biotekhnologicheskogo zemledeliya* [Features biotech agriculture]. Minsk, BSATU Publ., 2011, 196 p.
4. Dadenko E.V., Prudnekova M.A., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Applicability of enzyme activity for soil monitoring. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk [Proceedings of the Sama-

- ra Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2013, vol. 15, no. 3(4), pp. 1274-1277. (In Russian)
5. Emnova E.E., Daraban O.V., Bizgan Y.V., Toma S.I., Vozian V.I., Iacobuta M.D. Effect of the nitrogen fertilizer type on the enzyme activity in the rhizosphere of calcic chernozem and soybean production. Pochvovedenie [Soil science]. 2015, no. 5, pp. 571 (In Russian) DOI: 10.7868/S0032180X15030041
6. Kovalenko M.V., Markovskaya G.K. Primary tillage methods impact on soil fermentative activity. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Vestnik of the Kazan State Agrarian University]. 2013, no. 1 (27), pp. 108-111. (In Russian)
7. Kuprichenkov M.T., Shapovalova N.N. Changing the enzymatic activity of soils of Ciscaucasia under agricultural use. Zemledelie. 2014, no. 8, pp. 25-26. (In Russian)
8. Kurchevsky S.M., Vinogradov D.V. Changing the basic properties of a sod-podzolic sandy loam soil under the influence of organo-mineral fertilizers and bacterial



- preparation "Baikal EM-1". Vestnik BGSAA [Vestnik BSAA]. 2013, no. 4, pp. 113-116. (In Russian)
9. Minkina T.M., Polyakova A.P., Mandzhieva S.S., Nazarenko O.G., Sushkova S.N. Enzymatic activity of soil area of Novocherkassk City Power Plant. Plodorodie [Fertility]. 2011, no. 1, pp. 32-34. (In Russian)
10. Selyavkin S.N., Maraeva O.B., Lukin A.L. Biological evaluation of soil conditions on the microbiological and enzymatic activity. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Vestnik of Voronezh State Agrarian University]. 2015, iss. 2 (45), pp. 36-39. (In Russian)
11. Turusov V.I., Garmachov V.M., Diachkova T.I. Enzymatic activity of ordinary chernozem under different crop rotations and different tillage practices. Agrokhimiya [Agricultural Chemistry]. 2012, no. 9, pp. 21-25. (In Russian)
12. Ushakov R.N., Vinogradov D.V., Golovina N.A. Physical-chemical cluster of agrogrey soil fertility. Agrokhimicheskii vestnik [Agrochemical Herald]. 2013, no. 5, pp. 12-13. (In Russian)
13. Fadkin G.N., Vinogradov D.V., Shchur A.V., Gogmachadze G.D. [The migration of nitrogen in the system of "fertilizer-soil-plant" under the influence of long application of fertilizers]. AgroEcolInfo, 2015, no. 4. (In Russian) Available at: [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/st\\_15/doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/st_15/doc). (accessed 20.06.2016)
14. Fomina N.V., Alekseeva A.A. Use of fermentative activity of the soil in the assessment of ecological safety of application biofungicides. Ekologicheskii vestnik Severnogo Kavkaza [The North Caucasus Ecological Herald]. 2015, vol. 11, no. 2, pp. 50-54. (In Russian)
15. Shvakova E.V. The use of indicators of the enzymatic activity of soil in the soil-ecological monitoring. Potentsial sovremennoi nauki [Potential of modern science]. 2015, no. 4 (12), pp. 62-66. (In Russian)
16. Shur A.V., Valko V.P., Vinogradov D.V. Fermentative activity of the soil at various levels of agrotechnical interventions at cultivation of potatoes. Mezhdunarodnyi tekhniko-ekonomicheskii zhurnal [The International technical-economic journal]. 2014, no. 6, pp. 72-80. (In Russian)
17. Shchur A.V., Vinogradov D.V., Valko V.P. Soil nitrification activity at different levels of agrotechnical impact. Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva [Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev]. 2015, no. 2 (26), pp. 21-26. (In Russian)
18. Shchur A.V., Valckho V.P., Vinogradov D.V. Effect of tillage and fertilization on the size and composition of microorganisms. Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii [Vestnik of Kursk State Agricultural Academy]. 2015, no. 3, pp. 41-44. (In Russian)
19. Schur A.V., Vinogradov D.V., Valko V.P. The soilcellulolytic activity in various levels of agrotechnical influence. Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University]. 2015, no. 7, pp. 45-49. (In Russian)
20. Shchur A.V., Vinogradov D.V., Gogmachadze G.D., Valckho V.P. [Dynamic processes in free soil at various levels of amino acids influence the crop in the cultivation pelyushko-raygrasovoy oat mixture in the case of Belarus]. AgroEcolInfo, 2014, no. 3(16). (In Russian) Available at: [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2014/st\\_15/doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2014/st_15/doc). (accessed 20.06.2016)
21. Shchur A.V. Agroecological features perennial legumes in terms of radioactive contamination of the territory of Mogilev region of Belarus. Plodorodie [Fertility]. 2016, no. 2 (89), pp. 48-49. (In Russian)
22. Shchur A.V., Valckho V.P., Vinogradov D.V. [Agroecological impacts it is a lot of cut legume-grass mixtures with sowing annual ryegrass on the accumulation of organic matter, nitrogen content and structure of the soil]. AgroEcolInfo, 2016, no. 2(24). (In Russian) Available at: [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/2/st\\_208.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/2/st_208.doc). (accessed 20.06.2016)
23. Shchur A.V., Vinogradov D.V., Gogmachadze G.D. [Ecological features of microbiota soil radioactive contamination under the territory of the Republic of Belarus in the application of biologically active agents]. AgroEcolInfo, 2016, no. 1(23). (In Russian) Available at: [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/1/st\\_51.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/1/st_51.doc). (accessed 20.06.2016)
24. Shchur A.V. Research soils mikrobiotes in the conditions of radioactive pollution in Republic Belarus territory at application of biologically active preparations. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya [Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy]. 2016, no. 1, pp.119-124 (In Russian)
25. Gilyarov M.S., Striganova B.R. *Uchet krupnykh bespozvonochnykh (mezofauna): Kolichestvennye metody v pochvennoi zoologii* [Accounting for macroinvertebrates (mesofauna). Quantitative Methods in Soil Zoology]. Moscow, Nauka Publ., 1987, pp. 9-26. (In Russian)
26. Bondarenko N.V. Glushchenko A.F. *Sistematika i klassifikatsiya nasekomykh (opredelitel'nye tablitsy): praktikum po obshchei entomologii* [Systematics and classification of insects (identification keys): workshop on general entomology]. Leningrad, Agropromizdat Publ., 1985. 352 p.
27. Ilyinsky A.I. *Opredelitel' vreditelei lesa* [The determinant of forest pests]. Moscow, Selhozizdat Publ., 1962, 392 p.
28. Kopaneva L.M. *Opredelitel' vrednykh i poleznykh nasekomykh i kleshchei odnoletnikh i mnogoletnikh trav i zernobobovykh kul'tur v SSSR* [Key to



harmful and useful insects and mites of annual and perennial grasses and leguminous crops in the USSR]. Leningrad, Kolos Publ., 1983, 272p.

29. Sorokina G.A., Zadereev E.S., Paharkova N.V., Kryuchkova O.E. *Sovremennye podkhody k biokontrolyu*

*sostoyaniya okruzhayushchei sredy: uchebnoe posobie* [Modern approaches to biological control of the environment: a training manual]. Krasnoyarsk, Siberian Federal University Publ., 2012, pp. 70-71.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

##### Принадлежность к организации

**Александр В. Щур\*** - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности» Белорусско-Российского университета, тел. рабочий +375 222 222450, моб. +375 25 9111 550; +375 29 7401 626; +375 29 6123 794, пр. Мира 43, г. Могилев, Беларусь, e-mail: shchur@yandex.ru

**Дмитрий В. Виноградов** - доктор биологических наук, заведующий кафедрой агрономии и агротехнологий Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева, тел. рабочий +74912 35 35 16, моб. +7 910 901 81 09, г. Рязань, Россия.

**Виктор П. Валько** - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры экономики и организации предприятий в АПК Белорусского аграрного технического университета, тел. рабочий +375 17 2676333, моб. +375 29 6124107, г. Минск, Беларусь.

##### Критерии авторства

Александр В. Щур проводил полевые опыты, собирал материалы, проанализировал данные, редактировал рукопись и оформлял статью, несет ответственность за плагиат. Дмитрий В. Виноградов обобщал материал, предложил дизайн и корректировал рукопись. Виктор П. Валько проводил лабораторные эксперименты, проанализировал данные, предложил концепцию и подготовил рукопись, интерпретировал материалы.

##### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 07.07.2016

Принята в печать 25.07.2016

#### AUTHOR INFORMATION

##### Affiliations

**Alexander V. Shchur\*** - PhD, Associate Professor, Head of Department "Occupational Safety and Health" Belarusian-Russian University, tel. work +375 222 222450, mob. +375 25 9111 550; +375 29 7401 626; +375 29 6123 794, pr. Mira 43, Mogilev, Belarus, e-mail: shchur@yandex.ru

**Dmitry V. Vinogradov** - Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Agronomy and Agrotechnology, Ryazan State Agrotechnological University, tel. work +7 4912 35 35 16, mob. +7 910 901 81 09, Ryazan, Russia.

**Victor P. Valckho** - PhD, Associate Professor, Department of Economics and Organization of agribusiness, Belarusian Agricultural Technical University, tel. work +375 17 2676333, mob. +375 29 6124107, Minsk, Belarus.

##### Contributions

Alexander V. Shchur conducted field experiments, collected materials, analyzed the data, edited the manuscript and designed the article is responsible for plagiarism. Dmitry V. Vinogradov generalized material he proposed design and corrected the manuscript. Victor P. Valckho conducted laboratory experiments, analyzed the data, proposed the concept and prepared the manuscript, interpreted the material.

##### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 07.07.2016

Accepted for publication 25.07.2016