

References

1. Sokolov I.A. O bazovoy klassifikatsii pochv // Pochvovedenie. – 1978. – No. 8. – S. 113-123.
2. Fridland V.M. Osnovnye printsipy i elementy bazovoy klassifikatsii pochv i programma raboty po ee sozdaniyu. – M., 1982. – 149 s.
3. Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR. – M.: Kolos, 1977. – 223 s.
4. Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii / Avtory i sostaviteli: L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov. I.I. Lebedeva, M.I. Gerasimova. – Smolensk: Oykumena, 2004. – 342 s.
5. Soil Taxonomy Agricultural Handbook (1975). 436 Soil Conservation Services, USDA, Washington D.C., 1975.
6. Sokolov I.A. Teoreticheskie problemy geneticheskogo pochvovedeniya. – Novosibirsk, 2004. – 296 s.
7. Rozhkov V.A. Klassiologiya, i klassifikatsiya pochv // Pochvovedenie. – 2012. – No. 3. – S. 259-269.
8. Rozhkov V.A. Pochvennaya informatika. – M.: Agropromizdat, 1989. – 222 s.
9. Koposov G.F., Valeeva A.A. Chislennye metody vydeleniya tipov pochv lesostepi // Byulleten Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva. – 2015. – Vyp. 79. – S. 73-90.
10. Puzachenko Yu.G., Karpachevskiy L.O., Vznuzdaev N.A. Vozmozhnosti primeneniya informatsionno-logicheskogo analiza pri izuchenii pochvy na primere ee vlazhnosti // Zakonomernosti prostranstvennogo varirovaniya svoystv pochv i informatsionno-statisticheskie metody ikh izucheniya. – M.: Nauka, 1970. – S. 103-121.
11. Shannon, Claude E. (1948). A Mathematical Theory of Communication // Bell System Technical Journal. 27: 379-423.
12. Pochvy Altayskogo kraya. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1959. – 382 s.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-44-220003 и Минобрнауки Алтайского края.



УДК 631.465

С.И. Завалишин, В.С. Карелина
S.I. Zavalishin, V.S. Karelina

ЗАВИСИМОСТЬ АКТИВНОСТИ ПОЧВЕННЫХ ФЕРМЕНТОВ ОТ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЛЕСНЫХ УГОДИЙ

DEPENDENCE OF SOIL ENZYME ACTIVITY ON PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SOD-PODZOLIC SOILS OF TRANSFORMED FOREST LANDS

Ключевые слова: биохимия почв, лесные почвы, дерново-подзолистые почвы, каталаза, уреазы, протеазы, трансформация лесных почв, ветровал, гарь, вырубка, охрана земель.

Охрана земель является одной из важнейших задач регулирования функционирования лесных экосистем. Лесные почвы подвергаются значительным изменениям в результате различных трансформаций. Ферментативная активность является чувствительным показателем изменения почвы. Нами были обследованы дерново-подзолистые почвы, распространенные на коренной смене растительности, гари 2004 г., свежей вырубке, а также ветровалы и фоновые почвы. Отмечено увеличение ферментативной активности при повышении аэрации ветровала, спустя два месяца после падения дерева, а

также при увеличенном поступлении органического вещества в почву вследствие коренной смены растительности и постпирогенной сукцессии. Уменьшение активности ферментов отмечено при снижении содержания гумуса в почвах гари 2004 г. и на свежей вырубке. Активность почвенных ферментов напрямую зависит от содержания гумуса в почве и имеет обратную зависимость от глубины отбора образцов.

Keywords: soil biochemistry, forest soils, sod-podzolic soils, catalase, urease, protease, transformation of forest soils, windfall, burnt forest area, land protection.

Land protection is one of the most important tasks of forest ecosystem functioning regulation. Forest soils undergo significant changes as a result of various transformations.

Enzymatic activity is a sensitive indicator of soil change. We examined the sod-podzolic soils common at radical change of vegetation, a burnt forest area of 2004, fresh felling, windfalls and background soils. There was increased enzymatic activity with increasing aeration of windfall in two months after the fall of the tree, as well as with increased flow of organic matter into the soil as a result of a radical

change of vegetation and post-pyrogenic succession. Decreased enzyme activity was observed with a decrease in humus content in the soils of burnt forest area of 2004 and on fresh felling. The activity of soil enzymes directly depends on the humus content in the soil and has an inverse dependence on the depth of image selection.

Завалишин Сергей Иванович, к.с.-х.н., доцент, проректор по учебной работе, доцент каф. почвоведения и агрохимии, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: serg11zav@mail.ru.

Карелина Виктория Сергеевна, магистрант, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: pochva22@mail.ru.

Zavalishin Sergey Ivanovich, Cand. Agr. Sci., Vice-Rector for Academics, Assoc. Prof., Chair of Soil Science and Agrochemistry, Altai State Agricultural University. E-mail: serg11zav@mail.ru.

Karelina Viktoriya Sergeevna, master's degree student, Altai State Agricultural University. E-mail: pochva22@mail.ru.

Введение

Лесные экосистемы постоянно испытывают на себе влияние различных естественных и антропогенных процессов трансформации, таких как лесные пожары, ветровалы, вырубки, создание минерализованных противопожарных лесных полос и ряд других. Почвенный покров при этом претерпевает обширный спектр изменений за короткий период.

Для диагностики уровня деградации или проградации почвы в результате определенного вида воздействия можно использовать показатели биологической активности, а именно ферментативной активности почв (ФАП), поскольку он позволяет судить об интенсивности и направленности почвообразовательного процесса. Это обусловлено тем, что ФАП – достаточно чувствительный показатель биологической активности, отражающий функциональное состояние микрофлоры почвы[1].

Цель работы – определить зависимость активности основных почвенных ферментов от физико-химических свойств дерново-подзолистых почв трансформированных лесных угодий на территории Алтайского края.

В **задачи** исследования входило: проведение полевого почвенного обследования, описание факторов почвообразования и особенностей трансформации лесных угодий; определение основных физико-химических свойств исследуемых почв; определение ФАП (активности ферментов

протеазы, каталазы и уреазы), статистическая обработка полученных данных.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования послужили дерново-подзолистые почвы, распространённые на лесных угодьях, трансформированных в результате различных процессов.

В условиях Барнаульской ленты, близ г. Барнаула, почвенные разрезы были заложены на фоновой дерново-подзолистой почве, на ветровалах сосны обыкновенной (*Pinussylvestris*), а также в условиях коренной смены растительность со светло-хвойной на широколиственную.

В Приобском бору нами были обследованы фоновые дерново-подзолистые почвы, заложены прикопки в пределах свежей вырубки 2018 г., а также дерново-подзолистые почвы на гари 2004 г.

Дерново-подзолистые почвы распространены в условиях теплого недостаточно увлажненного климата (IIIг агроклиматический район) [2], на древнеаллювиальных почвообразующих породах. Естественная растительность древесная, главная порода – сосна обыкновенная (*Pinussylvestris*), напочвенный покров разнотравно-злаковый, местами изреженный и представлен мхами, лишайниками, кустарничками (брусника, черника).

Все исследуемые почвы слабокислые и кислые, $pH_c=3,9-5,9$, обеспеченность почв элементами питания слабая по всему профилю, содержание гумуса от 1,68 до 5,14% в гумусово-

аккумулятивном горизонте. Гранулометрический состав рыхло песчаный.

В работе были использованы общепринятые методики определения физико-химических свойств почвы [3]. Активность фермента протеаза определяли аппликационным методом Е.Н. Мишустина, Д.Н. Никитина и И.В. Вострова, по разложению желатиновой эмульсии на фотопленке, каталазу устанавливали газометрическим методом А.Ш. Галстяна, уреазную активность – по изменению уровня рН [1]. Статистическую обработку результатов анализов проводили при помощи встроенного пакета анализа данных Microsoft Excel.

Результаты исследования

Трансформация лесных угодий происходит в результате разнообразных процессов – от катастрофических, вследствие которых экосистема в целом и почвенный покров в частности изменяются за короткий период времени, до длительных процессов, занимающих по времени несколько десятков лет.

Ветровальные явления буквально за несколько секунд изменяют структуру почвенного покрова [4, 5], лесные пожары – в течение нескольких часов или суток [6], воздействие лесозаготовительной техники может длиться от недель до месяцев, а коренная смена растительности изменяет почвенный покров лишь через несколько лет, или даже десятков лет [1, 7].

Нами были обследованы почвы ветровалов спустя неделю после урагана послужившего причиной падения дерева, а также через два месяца. В результате падения сосны обыкновенной возраста 80-85 лет по розе ветров в северо-восточном направлении был полностью вскрыт элювиальный горизонт. Отбор почвенных проб осуществляли со «стены» упавшего дерева, а также на вскрытой почве.

Спустя неделю в почве не отмечено значительного изменения ФАП. Активность протеазы по всему профилю почвы очень сильная (96-100%), обеспеченность почв каталазой в гумусово-аккумулятивном горизонте низкая (2,1 O_2 см³/г за 1 мин.), в элювиальном очень низкая (0,0-0,1

O_2 см³/г за 1 мин.), уреазная активность также низкая (0,5-1,0 рН/сут.). В фоновой почве в указанный период ФАП находилась на аналогичном уровне.

Спустя два месяца после падения дерева отмечается увеличение активности каталазы до 7,2 O_2 см³/г за 1 мин. в гумусово-аккумулятивном горизонте и 3,0 O_2 см³/г за 1 мин. в элювиальном горизонте. Активность уреазы также увеличивается до 0,5-3,0 рН/сут. Это связано с активизацией почвенной микрофлоры в результате повышения аэрации вскрытых почвенных горизонтов [8].

Низкая обеспеченность дерново-подзолистых почв ферментами обуславливается недостатком органического вещества, являющегося субстратом для деятельности микроорганизмов, продуцирующих ферменты [9]. Опад с деревьев представлен хвоей и шишками, которые не могут обеспечить высокое поступление органических веществ в почву. Подлесок в районах исследований развит слабо, напочвенный покров на водоразделах изрежен, состоит из мхов, лишайников и кустарничков (брусника, черника). В межгрядных понижениях проективное покрытие напочвенного покрова достигает 75% и более, представлено разнотравно-злаковым содружеством.

В 1950-е годы XX в. по инициативе Министерства лесного хозяйства СССР на территории Алтайского края проводили заложение искусственных насаждений дуба черешчатого (*Quercus robur*), в том числе на дерново-подзолистых почвах, с целью проведения опытов по акклиматизации данной культуры в Западной Сибири [10].

В настоящее время в пригородной зоне г. Барнаула существует насаждение дуба черешчатого (*Quercus robur*) среди фонового бора Барнаульской ленты с главной породой сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*). Характерной особенностью данной почвы является более развитый напочвенный покров, представленный разнотравно-злаковым содружеством.

На данном участке отмечена повышенная ФАП, по сравнению с фоновыми дерново-подзолистыми почвами. Активность протеазы в гумусово-аккумулятивном горизонте составляет

100%, вниз по профилю уменьшается незначительно до 95% в переходном элювиально-иллювиальном горизонте снижает в иллювиальном до 17%. Обеспеченность данной почвы каталазой составляет 5,0 см³/г за 1 мин. в гумусово-аккумулятивном горизонте, что на 2,1-0,8 см³/г за 1 мин. превышает содержание в фоновой почве. Уреазная активность данной почвы также выше фоновой на 0,2-0,5 рН/сут.

Повышенная ФАП на коренной смене растительности связана с большим количеством органического вещества, поступающего в профиль почвы в результате древесного опада дуба черешчатого (*Quercus robur*).

Снижение ФАП почвы отмечено на свежей вырубке. Отбор почвенных образцов осуществлялся с поврежденных участков почвенного покрова – на волоке и тракторном следе. Одновременно отбирали почвенные образцы на фоновой дерново-подзолистой почве.

Значительное изменение почвенного покрова на донном участке состоит в деградации гумусово-аккумулятивного горизонта. Содержание гумуса в фоновой почве составляет 2,37%, на волоке – 2,00%, на тракторном следе – лишь 1,22%. При этом ФАП изменилась следующим образом: протеазная активность приближена к фоновым значениям и составляет 96,2-98,2%, активность уреазы, как и в фоновых почвах, низкая 0,8-2,0 рН/сут. Наибольшим изменениям подвергалась каталазная активность, ее снижение составило 1,6-2,2 О₂ см³/г за 1 мин., при этом фоновое содержание составляет 4,4 О₂ см³/г за 1 мин.

На почвах гари 2004 г изменение ФАП неоднородно и зависит от рельефа участка. В межгряд-

ных понижениях отмечается повышенная активность почвенных ферментов, связанная с обильным поступлением органики в почву, вследствие постпирогенной сукцессии. Так, активность каталазы в гумусово-аккумулятивном горизонте увеличена, по сравнению с фоновыми почвами, на 2,6 О₂ см³/г за 1 мин. и составляет 7,0 О₂ см³/г за мин., вниз по профилю ее содержание постепенно снижается до 4,9 О₂ см³/г за мин. в переходном горизонте и в элювиальном уменьшается до 1,9 О₂ см³/г за мин. Уреазная активность отличается незначительно, лишь на 0,2 рН/сут. превышает фоновый показатель. Протеаза соответствует фоновому значению.

На повышенных элементах рельефа пирогенная сукцессия происходит менее интенсивно, почва подвержена дефляции, в результате чего напочвенный покров изрежен, преобладают навесные слабогумусированные почвы. Активность каталазы и уреазы значительно снижена по сравнению с фоновыми показателями и, соответственно, составляет 0,7-0,9 О₂ см³/г за 1 мин. и 0,0-0,1 рН/сут.

Таким образом, наиболее чувствительным ферментом является каталаза, поскольку во всех случаях трансформации лесных угодий закономерно изменялась ее обеспеченность дерново-подзолистых почв.

Для определения зависимости ФАП от физико-химических свойств дерново-подзолистых почв мы определили коэффициенты корреляции между активностью изучаемых почвенных ферментов и обеспеченностью почвы подвижными элементами питания (Р₂О₅, К₂О), гумусом, рН_в и глубиной отбора образцов (табл.).

Таблица

Зависимость ФАП от физико-химических свойств дерново-подзолистых почв трансформированных лесных угодий

Фермент	Коэффициент корреляции Пирсона				
	Р ₂ О ₅ , мг/100 г	К ₂ О, г/100 г	Гумус, %	рН _в	глубина отбора образцов, см
Протеаза, %	-0,17	-0,21	0,11	0,50	-0,50
Каталаза, О ₂ см ³ /г за 1 мин.	0,04	0,03	0,78	-0,03	-0,44
Уреаза, рН	-0,13	-0,02	0,32	0,22	-0,33

Активность почвенных ферментов наибольшим образом зависит от содержания гумуса в почве, глубины отбора образцов, кислотности водной вытяжки. При этом следует учесть, что содержание гумуса напрямую зависит от глубины отбора образцов, коэффициент корреляции 0,33 указывает на умеренную прямую связь.

На активность протеазы почв главным образом сказываются кислотность водной вытяжки (коэффициент корреляции 0,50) и глубина отбора образцов (коэффициент корреляции -0,50).

Содержание в почве каталазы и уреазы напрямую зависит от содержания гумуса в почве, чем его больше, тем выше активность фермента, а также от глубины отбора образцов, чем глубже, тем меньше активность фермента.

Из полученных данных наибольший коэффициент корреляции 0,78 указывает на высокую прямую связь активности каталазы и содержания гумуса в почве. Данная зависимость прослеживается в трансформированных почвах. В результате различных причин при снижении содержания гумуса в почве в целом снижается ФАП, но наиболее активно уменьшается обеспеченность почв каталазой.

Выводы

Активность почвенных ферментов по-разному реагирует на трансформацию лесных угодий.

Увеличение ФАП происходит за счет активизации почвенной микрофлоры в результате повышения аэрации ветровалов, а также вследствие увеличенного поступления органики в профиль почвы при коренной смене растительности со светло-хвойной на широколиственную, а также при постпирогенной сукцессии в межгрядных понижениях.

Снижение ФАП отмечается при уменьшении поступления органики в почву и снижении содержания гумуса в профиле почвы.

Протеазная активность трансформированных почв имеет заметную прямую связь с кислотностью водной вытяжки и обратную заметную связь с глубиной отбора образцов.

Обеспеченность почв каталазой в высокой степени напрямую зависит от содержания гумуса в почве и в обратную сторону – от глубины отбора образцов.

Уреазы почвы напрямую связана с содержанием гумуса, корреляционная связь умеренная, прямая. Чем глубже производился отбор образцов, тем почва была меньше обеспечена уреазой.

Библиографический список

1. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. – М.: Наука, 1982. – 203 с.
2. Агроклиматические ресурсы Алтайского края. – Л.: Гидрометиздат, 1971. – 256 с.
3. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
4. Васенев И.И., Просвирина А.П. Влияние ветровальных нарушений на почвенный покров // Коренные темнохвойные леса южной тайги: (резерват «Кологривский лес»). – М.: Наука, 1988. – С. 129-147.
5. Завалишин С.И., Патрушев В.Ю. Изменение морфологии дерново-подзолистых почв Ленточных боров Алтайского края в результате ветровала // Лесной вестник. – 2014. – № 1. – С. 161-165.
6. Бурлакова Л.М., Морковкин Г.Г., Ананьева Ю.С., Завалишин С.И., Каменский В.А. Влияние лесных пожаров на свойства подзолистых почв (на примере Ханты-Мансийского автономного округа) // Лесной вестник. – 2002. – № 2 (22). – С. 66-72.
7. Завалишин С.И., Галецкая Г.А., Патрушев В.Ю., Починкин А.Н., Орлов А.В. Организация мониторинга почвенного покрова в ленточных борах Алтайского края // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2015. – Т. 3. – № 4. – С. 19-24.
8. Мишустин Е.Н. Ассоциации почвенных микроорганизмов. – М.: Наука, 1975. – 114 с.
9. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. – 1978. – № 6. – С. 48-54.

10. Муравлев А. Сто лет попыткам акклиматизировать дубы на Алтае: может ли это дерево расти на юге Сибири? // Алтайская правда. – 14.09.2006 г.

References

1. Khaziev F.Kh. Sistemno-ekologicheskiy analiz fermentativnoy aktivnosti pochv. – M.: Nauka, 1982. – 203 s.

2. Agroklimaticheskie resursy Altayskogo kraya. – L.: Gidrometioizdat, 1971. – 256 s.

3. Arinushkina Ye.V. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv. – M.: Izd-vo MGU, 1970. – 487 s.

4. Vasenev I.I., Prosvirina A.P. Vliyaniye vetrovalnykh narusheniy na pochvennyy pokrov // Korennyye temnokhvoynye lesa yuzhnoy taygi: (Rezervat «Kologrivskiy les»). – M.: Nauka, 1988. – S. 129-147.

5. Zavalishin S.I., Patrushev V.Yu. Izmeneniye morfologii demovo-podzolistykh pochv Lentochnykh borov Altayskogo kraya v rezultate vetrovala // Lesnoy vestnik. – 2014. – No. 1. – S. 161-165.

6. Burlakova L.M., Morkovkin G.G., Ananyeva Yu.S., Zavalishin S.I., Kamenskiy V.A. Vliyaniye lesnykh pozharov na svoystva podzolistykh pochv (na primere Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga) // Lesnoy vestnik. – 2002. – No. 2 (22). – S. 66-72.

7. Zavalishin S.I., Galetskaya G.A., Patrushev V.Yu., Pochinkin A.N., Orlov A.V. Organizatsiya monitoringa pochvennogo pokrova v lentochnykh borakh Altayskogo kraya // Interekspo Geo-Sibir. – 2015. – T. 3. – No. 4. – S. 19-24.

8. Mishustin Ye.N. Assotsiatsii pochvennykh mikroorganizmov. – M.: Nauka, 1975. – 114 s.

9. Zvyagintsev D.G. Biologicheskaya aktivnost pochv i shkaly dlya otsenki nekotorykh ee pokazateley // Pochvovedeniye. – 1978. – No. 6. – S. 48-54.

10. Muravlev A. Sto let popytkam akklimatizirovat duby na Altae: mozhet li eto derevo rasti na yuge Sibiri? // Altayskaya pravda. – 14.09.2006 g.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 18-04-00866, А.



УДК 631.43:631.421: 631.67(571.15)

**Н.Ю. Боронина, П.А. Мягкий,
В.Л. Татаринцев, Л.М. Татаринцев
N.Yu. Boronina, P.A. Myagkiy,
V.L. Tatarintsev, L.M. Tatarintsev**

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НА ГРАНУЛОМЕТРИЮ АГРОПОЧВ

THE INFLUENCE OF IRRIGATION ON PARTICLE-SIZE OF AGRICULTURAL SOILS

Ключевые слова: орошение, гранулометрия, гранулометрический состав, агропочвы, свойства почв, физическая глина, гранулометрические фракции.

Изучению физических и водно-физических свойств орошаемых агропочв посвящено довольно большое количество работ. Многие исследователи подтверждают негативное влияние орошения на физические и водно-физические свойства, в частности, заметно снижаются порозность, содержание водопрочных агрегатов, повышаются плотность, водоудерживающая способность, водопрочность агрегатов. Авторами работы экспериментально установлено, что орошение влияет на грануло-

метрию агропочв неоднозначно. Судя по величине потери ила в пахотном слое орошаемых среднесуглинистых агропочв, процесс иллювиования в них имеет большую интенсивность, чем в легкосуглинистых. В легкосуглинистых почвах на фоне увеличения содержания иловых частиц уменьшается количество частиц размером меньше 0,01 мм. Причём более весомая потеря «физической глины» отмечается в иловато-песчаных почвах. В крупнопылевато-песчаных почвах среднесуглинистой разновидности потеря «физической глины» происходит за счет всех фракций, имеющих размер меньше 0,01 мм. Тогда как в песчано-крупнопылеватых общее количество «физической глины» существенно