

7. Lobanov A.I. Vliyanie polezashchitnykh lesnykh polos na temperaturu vozdukha // Nauka segodnya: globalnye vyzovy i mekhanizmy razvitiya: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Vologda, 2018. – Ch.1. – S. 111-113.

8. Paramonov Ye.G Lesopolosy i uvlazhnenie mezhpolosnykh poley // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – No. 11 (109). – S. 52-54.

9. Podlesnykh I.V., Zarudnaya T.Ya. Vliyanie uzkoj lesnoy polosy na urozhaynost grechikhi v agrolandshafte // Problemy rekultivatsii otkhodov byta, promyshlennogo i selskokhozyaystvennogo proizvodstva: sbornik nauchnykh trudov po materialam V Mezhdunarodnoy nauchnoy ekologicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 95-letiyu Kubanskogo GAU. – 2017. – S. 156-158.

10. Tishkov N.M., Semerenko S.A. Vliyanie lesnykh polos na fitosanitarnoe sostoyanie i produk-

tivnost podsolnechnika v agrolandshaftakh // Entuziasty agrarnoy nauki: sbornik statey po materialam Mezhdunarodnoy konferentsii. – 2018. – S. 219-231.

11. Usenko V.I. Altayskiy kray deystvitelno yavlyaetsya zonoj riskovannogo zemledeliya [elektronnyy resurs] // Ofitsialnyy sayt organov vlasti Altayskogo kraya. URL:<http://www.altaregion22.ru/ex/8531/91434/> (data obrashcheniya: 14.02.2019).

12. Bolotov A.G., Makarychev S.V., Bekhovyykh Yu.V., Sizov Ye.G. Elektronnyy izmeritel temperatury pochvy // Problemy prirodopolzovaniya na Altai: sb. nauch. tr. – Barnaul: OOO «Print-Info», 2001. – S. 55-57.

13. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv. – M.: Agropromizdat, 1986. – 416 s.

14. Rukovodstvo po gradientnym nablyudeniyam i opredeleniyu sostavlyayushchikh teplovogo balansa. – L: Gidrometeoizdat, 1964. – 120 s.



УДК 631.46

С.И. Завалишин, В.С. Карелина, А.В. Орлов, А.Д. Бабина, Т.Ю. Черемнова
S.I. Zavalishin, V.S. Karelina, A.V. Orlov, A.D. Babina, T.Yu. Cheremnova

МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПИРОГЕННЫХ ПОЧВ ПРИОБСКИХ БОРОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

MORPHOLOGICAL STRUCTURE AND BIOCHEMICAL POTENTIAL OF PYROGENIC SOILS OF THE PINE FORESTS OF THE ALTAI REGION'S OB RIVER AREA

Ключевые слова: биохимия почв, лесные почвы, дерново-подзолистые почвы, каталаза, уреазы, протеаза, полифенолоксидаза почв, пероксидаза почв, второй гумусовый горизонт, пиролиз, пирогенные почвы.

Представлены особенности морфологического строения и биохимического потенциала пирогенных дерново-неглубокоподзолистых почв межгивных понижений и пирогенных почв с погребенным вторым гумусовым горизонтом на водоразделах Приобского бора Алтайского края, распространенных на гари низового пожара 2004 г. Установлено, что морфологическое строение почв понижений рельефа незначительно изменяется при сукцессионных изменениях напочвенного покрова гари. Характерной особенностью яв-

ляется наличие включений древесного угля в гумусово-аккумулятивном горизонте. В данных почвах отмечена повышенная активность каталазы и уреазы, по сравнению с фоновой дерново-неглубокоподзолистой почвой, распространённой в климаксом сосновом лесу. Отношение активности полифенолоксидазы к пероксидазе соответствует фоновым почвам. На водоразделах отмечаются слабое развитие напочвенного покрова и активизация дефляционных процессов. Вскрыта почва с погребенным вторым гумусовым горизонтом, обладающая сниженным, по сравнению с фоновыми почвами, биохимическим потенциалом. Повышение активности полифенолоксидазы приводит к увеличению соотношения полифенолоксидазы к пероксидазе по сравнению с соотношением в гумусово-аккумулятивном горизонте фоновых почв. Данное из-

менение энзимной активности снижает интенсивность окисления гумуса и обуславливает сохранность и устойчивость второго гумусового горизонта в почве.

Keywords: *soil biochemistry, forest soils, sod-podzolic soils, catalase, urease, protease, soil polyphenoloxidase, soil peroxidase, second humus horizon, pyrogenesis, pyrogenic soils.*

The paper describes the features of the morphological structure and biochemical potential of the pyrogenic sod-shallow podzolic soils of the intermountain depressions and pyrogenic soils with the buried second humus horizon on the watersheds of the Priobskiy (the Ob River area) pine forest of the Altai Region, common for the burnt site of the surface fire of 2004. It has been found that the soil morphological structure of relief depressions slightly changes with the successional changes in the ground

cover of the burnt site; a characteristic feature is the presence of charcoal inclusions in the humus-accumulative horizon. These soils reveal increased activity of catalase and urease as compared to the background sod-shallow podzolic soil common for the climax pine forest. The ratio of polyphenoloxidase activity to peroxidase corresponds to the background soils. In the watersheds, there is little development of ground vegetation and the intensification of deflation processes. The soil with the buried second humus horizon which has a reduced biochemical potential in comparison with the background soils was opened. Increased activity of polyphenoloxidase leads to an increase in the ratio of polyphenoloxidase to peroxidase as compared to the ratio in the humus-accumulative horizon of background soils. This change in enzyme activity reduces the intensity of humus oxidation and causes the safety and stability of the second humus horizon in the soil.

Завалишин Сергей Иванович, к.с.-х.н., 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.

Орлов Андрей Владимирович, аспирант, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: ORLOV1991andrey@yandex.ru.

Бабина Александра Дмитриевна, магистрант, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: leksi2203@mail.ru.

Черемнова Татьяна Юрьевна, студент, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: chernovab97@mail.ru.

Zavalishin Sergey Ivanovich, Cand. Agr. Sci., 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.

Orlov Andrey Vladimirovich, post-graduate student, Altai State Agricultural University. E-mail: ORLOV1991andrey@yandex.ru.

Babina Aleksandra Dmitriyevna, master's degree student, Altai State Agricultural University. E-mail: leksi2203@mail.ru.

Chernomova Tatyana Yuryevna, student, Altai State Agricultural University. E-mail: chernovab97@mail.ru.

Введение

Алтайский край обладает достаточно развитым лесным комплексом, базирующимся в основном на местных сырьевых ресурсах. Однако леса Алтайского края, помимо сырьевой функции, способствуют сохранению биологического разнообразия, предотвращают водную эрозию и дефляцию почв [1]. Все более расширяющееся многогранное воздействие человека приводит к изменению функционирования лесной экосистемы.

Пирогенез, или лесные пожары, являются одним из главных факторов сукцессионных процессов в лесных сообществах [2], изменяющих не только напочвенный покров, но и зачастую направление почвообразовательного процесса, что приводит к коренным изменениям всего биотопа. Лесные пожары на территории Алтайского

края в различном масштабе повторяются ежегодно, а при экстремальных погодных условиях могут носить катастрофический характер, что в результате требует принятия мер по проведению лесовосстановительных работ.

Для разработки плана по рациональной принудительной реабилитации почвенно-растительного покрова, направленной на восстановления лесных и других ресурсов, необходимо определить динамику и особенности естественной проградации пирогенных почв. Для почв Ленточных боров Алтайского края установлены особенности после-пирогенной трансформации физико-химических свойств почвы, их морфологического строения, гранулометрического состава [3]. Биохимическому потенциалу не уделено должного внимания, однако именно активность почвенных ферментов зна-

чительно изменяется при пирогенном воздействии, вследствие трансформации микробного сообщества.

Цель – определить особенности морфологического строения и биохимического потенциала пирогенных дерново-подзолистых почв Приобских боров Алтайского края.

Объекты и методы

Для изучения биохимического потенциала дерново-подзолистых почв, подверженных пирогенезу, нами была заложена серия почвенных разрезов в Приобском бору лесостепной зоны Алтайского края. В ходе работы исследовались почвы, подверженные низовому лесному пожару (в 2004 г.) на водораздельных элементах рельефа, в межгивных понижениях, а также на территории климаксового негорелого соснового леса. Почвенные образцы отбирались в каждом генетическом горизонте, либо через каждые 10 см, от поверхности до иллювиального горизонта. При отборе образцов для проведения биохимических и микробиологических исследований соблюдали стерильность.

В ходе работы нами были использованы общепринятые в почвоведении методы – профильно-генетический и сравнительно-аналитический. Агрохимические показатели исследуемых почв определяли согласно общепринятым методикам.

Активность ферментов (каталаза, уреазы, протеазы, полифенолоксидазы и пероксидазы) определяли по методикам, принятым в почвенной энзимологии [4].

Математическую обработку полученных результатов физико-химических, биохимических и микробиологических анализов проводили при помощи Microsoft Excel 2019.

Результаты исследований

Исследования проводились на территории Приобских боров Алтайского края, являющихся наиболее продуктивными в крае, главная порода представлена сосной обыкновенной. Почвенные образцы отбирали в сентябре 2018 г. на гари низового пожара 2004 г., расположенной на границе

Зонального и Троицкого районов. В настоящее время на данной территории в межгивных понижениях присутствует подрост сосны обыкновенной в возрасте 5-6 лет, частично сохранен мертвый сухой древостой, интенсивно восстанавливается мохово-кустарничковый покров. В понижениях микрорельефа хорошо развит напочвенный покров, проективное покрытие достигает 80%, на водоразделе лишь фрагментарно восстановился мохово-кустарничковый покров, травянистая формация развита слабо, проективное покрытие не превышает 10-13%. Почвенный покров на территории исследований представлен дерново-неглубокоподзолистыми почвами.

Морфологическое строение почв, распространенных в межгивных понижениях, изменяется незначительно (табл. 1). На данных участках отмечается хорошо развитый напочвенный покров, обусловленный лучшими гидрологическими условиями. Мощность гумусово-аккумулятивного горизонта достигает 15 см и более. Морфологическое строение данной почвы соответствует морфологическому строению фоновой дерново-неглубокоподзолистой почвы, различие состоит лишь в наличии включений древесного угля в гумусово-аккумулятивном горизонте пирогенной почвы.

Наибольшему изменению подвержены пирогенные почвы, распространенные на водораздельных участках. Спорадически лесная подстилка выгорает полностью, обнажая минеральный элювиальный горизонт A_2 . Нами было проведено описание морфологического строения почвенного профиля, разреза № 13 (табл. 2) и установлено, что спустя 14 лет после пожара лесная подстилка не сформировалась, гумусово-аккумулятивный горизонт находится в зачаточном состоянии. Верхний почвенный горизонт сухой, бесструктурный. На глубине 14 см обнаружен гумусовый горизонт, обозначенный нами как второй гумусовый горизонт Ah, погребенный под золовыми наносами при перераспределении почвенной массы вследствие развития дефляции на водораздельном участке, лишенном лесной подстилки. Характерной особенностью является наличие включений древесного угля (сосны обыкновенной) над

вторым гумусовым горизонтом. Границы распространения погребенного гумусового горизонта указывают на его принадлежность к микропонижению, перекрытому золовыми наносами.

Активность почвенных ферментов, биохимический потенциал следует рассматривать как совокупность процессов, катализирующих различные физико-химические процессы в почвах, регулирующие гомеостаз [5].

Таблица 1

Морфологический профиль (разрез № 11) дерново-неглубокоподзолистой почвы, распространенной в межривном понижении

Почвенный горизонт	Морфологическая характеристика
A ₀ (0-2 см)	Лесная подстилка из мха, лишайника, хвойного опада, осоково-злаковых трав, слаборазложившаяся, рыхлая, свежая
A ₀ A ₁ (2-3 см)	Влажный, буровато-серый, песчаный, крупно-комковатый, рыхлый, растительные остатки, ясный переход по плотности
A ₁ (3-6 см)	Влажный, светло-серый, песчаный, комковатый, бесструктурный, уплотнен, растительные остатки, уголь, ясный переход по плотности и цвету
A ₁ A ₂ (6-15 см)	свежий, белесовато-серый, песчаный, комковато-плитчатый, уплотнен по сравнению с предыдущим, кремнеземистая присыпка, постепенный переход по цвету
A ₂ (15-20 см)	Свежий, белесый, песчаный, комковато-плитчатый, уплотнен, кремнеземистая присыпка, ясный переход по цвету
A ₂ B (20-35 см)	Свежий, желтовато-серый с белесой кремнеземистой присыпкой, песчаный, комковато-плитчатый на фоне бесструктурной почвенной массы, уплотнен, кремнеземистая присыпка, постепенный переход, по плотности и цвету
B (>30 см)	Свежий, буровато-желтый, песчаный, плитчатый, уплотнен по сравнению с предыдущим

Таблица 2

Морфологический профиль почвы с погребенным вторым гумусовым горизонтом (разрез № 12), водораздельный участок

Почвенный горизонт	Морфологическая характеристика
A ₁ A ₂ (0-5 см)	Сухой, белесовато-желтый, песчаный, бесструктурный, рыхлый, переход постепенный
A ₂ A _h (5-14 см)	Свежий, белесовато-желтый со светло-серыми пятнами, песчаный, бесструктурный, уплотнен, включения угля, переход ясный по цвету
A _h (14-21 см)	Свежий, светло-серый с серыми пятнами, песчаный, комковато-плитчатый, уплотнен, по верхней границе уголь, переход ясный по цвету
A _h A ₂ (21-30 см)	Свежий, белесовато-желтый, песчаный, комковато-плитчатый, уплотнен по сравнению с предыдущим, кремнеземистая присыпка

Почвенный горизонт	Фермент					
	каталаза O ₂ см ³ /г*мин.	уреаза, рН/сут.	протеаза, %	полифено- локсидаза, мг I ₂ /г почвы	пероксидаза, мг I ₂ /г почвы	ПФО/ПО
Дерново-неглубокоподзолистая почва, фон						
A ₀ A ₁ (0-3 см)	2,9	0,20	81	0,45	1,5	0,30
A ₁ (3-9 см)	0,7	0,40	87	0,41	1,0	0,22
A ₁ A ₂ (9-14 см)	0,2	0,04	81	0,42	1,2	0,20
A ₂ (14-18 см)	0,2	0,00	55	0,03	1,5	0,02
Пирогенная дерново-неглубокоподзолистая почва, межгрядное понижение						
A ₀ A ₁ (2-3 см)	7,0	2,50	82	0,49	2,0	0,24
A ₁ (3-6 см)	4,9	1,50	58	0,49	2,0	0,24
A ₁ A ₂ (6-15 см)	1,9	0,30	55	-	-	-
A ₂ (15-20 см)	0,7	0,01	41	-	-	-
Пирогенная почва с погребенным вторым гумусовым горизонтом, водораздел						
A ₁ A ₂ (0-5 см)	0,9	0,10	94	0,45	2,5	0,25
A ₂ A _h (5-14 см)	0,9	0,50	98	0,49	2,0	0,24
A _h (14-21 см)	0,7	0,00	98	0,35	0,5	0,70
A _h A ₂ (21-30 см)	0,2	0,00	98	0,42	1,0	0,42

Активность каталазы косвенно указывает на численность почвенных микроорганизмов, поскольку она катализирует разложение токсичной для микроорганизмов перекиси водорода [6]. Наибольшая обогащенность почв каталазой характерна для гумусово-аккумулятивного горизонта пирогенной почвы межгрядных понижений, она более чем в два раза превышает активность каталазы фоновой почвы и соответствует высоким значениям. Обогащенность пирогенных почв водораздела соответствует активности каталазы элювиального и переходного горизонта фоновой почвы.

Для выявления особенностей азотного обмена пирогенных почв нами устанавливалась активность уреазы, во многом зависящая от поступления органического вещества в почву и обогащения ее элементами питания, в частности азотом [7]. Активность уреазы пирогенных почв межгрядных понижений, до 10 раз превышает активность данного фермента в фоновых почвах, что связано

с обильным поступлением растительных остатков, с преобладанием осоково-злаковых трав. Растительный опад фоновой почвы беден, в основном представлен хвойными остатками. Наименьшая активность уреазы характерна для пирогенных почв водоразделов, поскольку поступление растительных остатков на данной территории минимально, в основном состоит из лишайников и хвойных остатков.

Протеазная активность отражает интенсивность разложения белков [7]. Отмечено, что протеазная активность как в пирогенных, так и в фоновых почвах максимальна в гумусово-аккумулятивном горизонте и снижается в элювиальном. Характерной особенностью является повышенная протеазная активность пирогенных почв водоразделов (до 98% разложения желатинового слоя на фотопленке). Предполагаем, что это связано с особенностями микробиологического состава данных почв.

Наиболее важные ферменты в биохимических процессах превращения гумусовых веществ – полифенолоксидаза (ПФО) и пероксидаза (ПО), поскольку они участвуют в синтезе и деструкции гумуса почвы. ПФО участвует в превращениях органических соединений ароматического ряда в компоненты гумуса при участии кислорода воздуха, а ПО осуществляет окисление гумусовых веществ (фенолов, аминов и др.) в почве, за счет кислорода перекиси водорода, образующейся при деятельности почвенной микрофлоры [6]. Соотношение данных ферментов ПФО/ПО является коэффициентом гумификации, указывающим на направленность гумусообразования. При значении коэффициента выше 1,0 происходит интенсивное гумусообразование, гумусонакопление, при значении ниже 1,0 гумус почвы окисляется.

Коэффициенты гумификации ПФО/ПО гумусово-аккумулятивных и элювиальных горизонта пирогенных почв межгрядных понижений и фоновых дерново-подзолистых почв равны и соответствуют 0,22-0,25 в горизонте А₁ и 0,00-0,04 в горизонте А₂. Данные показатели указывают на интенсивное окисление гумуса и преобладание в почве пероксидазы над полифенолоксидазой, что характерно для дерново-подзолистых почв с преобладанием неустойчивых фульвокислот. Схожие значения соотношения ПФО/ПО в пирогенных почвах межгрядных понижений и фоновых почвах свидетельствуют о том, что спустя 14 лет после низового пожара дерново-подзолистые почвы пониженных элементов рельефа восстанавливают направленность гумусообразования.

В погребенных вторых гумусовых горизонтах пирогенных почв водораздела Приобского бора происходит снижение интенсивности окисления гумуса за счет увеличения соотношения ПФО/ПО до 0,70. Предполагаем, что увеличение активности полифенолоксидазы и снижение активности пероксидазы связаны с изменением микробиологического состава погребенных гумусовых горизонтов, данная особенность биохимического потенциала является причиной сохранения гумусового горизонта, в связи с увеличением интенсивности гумусообразования.

Заключение

Биохимический потенциал пирогенной почвы, распространенной в межгрядном понижении, суммарно выше, чем таковой на фоновой почве климаксного леса. Предполагаем, что это связано с положением почвы в рельефе (лучшими гидрологическими условиями), а также вследствие активизации растительной формации при пирогенной сукцессии, более обильном поступлении растительных остатков в почву и активным развитием микроорганизмов, продуцирующих почвенные ферменты. Отношение ПФО/ПО по всему профилю соответствует таковому соотношению в фоновых дерново-неглубокоподзолистых почвах.

Пирогенные почвы водоразделов подвержены более интенсивной трансформации не только в морфологическом строении (появлении погребенного второго гумусового горизонта), но и в биохимическом потенциале. В целом, по всему профилю отмечено снижение активности каталазы и уреазы, протеазная активность повышена, по сравнению с фоновыми почвами. Предполагаем, что увеличение коэффициента гумификации ПФО/ПО до 0,7 в погребенном втором гумусовом горизонте способствует снижению интенсивности окисления гумуса и благоприятствует сохранению данного горизонта в профиле почвы.

Библиографический список

1. Природные условия и естественные ресурсы СССР. Западная Сибирь. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 487 с.
2. Тихнев Е.А. Роль пирогенного фактора в формировании лесного покрова побережья Тайкой губы // Вестник Северо-Восточного государственного университета. – 2009. – Т. 11. – № 11. – С. 85-91.
3. Трофимов И.Т., Бахарева И.Ю. Особенности послепирогенной трансформации дерново-подзолистых почв юго-западной части Леночных боров Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2007. – № 11 (37). – С. 31-38.
4. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной и энзимологии. – М.: Наука, 1990. – 189 с.

5. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.

6. Хазиев Ф.Х. Системный экологический анализ ферментативной активности почв. – М.: Наука, 1990. – 202 с.

7. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. – 1978. – № 6. – С. 48-54.

References

1. Prirodnye usloviya i estestvennye resursy SSSR. Zapadnaya Sibir. – М.: Izd-vo AN SSSR, 1963. – 487 s.

2. Tikhnev Ye.A. Rol pirogennoho faktora v formirovani lesnogo pokrova poberezhya Taykooy guby // Vestnik Severo-Vostochnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2009. – Т. 11, No. 11. – S. 85-91.

3. Trofimov I.T., Bakhareva I.Yu. Osobennosti poslepirogennoy transformatsii dernovo-podzolistykh pochv yugo-zapadnoy chasti Lentochnykh borov Altayskogo kraya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2007. – No.11 (37). – S. 31-38.

4. Khaziev F.Kh. Metody pochvennoi enzimologii. – М.: Nauka, 1990. – 189 s.

5. Zvyagintsev D.G. Metody pochvennoy mikrobiologii i biokhimii. – М.: Izd-vo MGU, 1991. – 304 s

6. Khaziev F.Kh. Sistemny ekologicheskiy analiz fermentativnoi aktivnosti pochv. – М.: Nauka, 1990. – 202 s.

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

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант №18-34-00421, мол_а.

