

УДК 631.4, 574.4

ВЛИЯНИЕ ПАЛА НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА

© 2017 М.Ю. Одабашян, А.В. Трушков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

Статья поступила в редакцию 22.05.2017

В статье представлены результаты исследования влияния пирогенного фактора на ферментативную активность чернозема. Выявлено снижение ферментативной активности при пирогенном воздействии. Степень влияния пирогенного фактора определяется продолжительностью пала, количества органического материала горения и времени с момента пала. Ферменты разных классов реагируют на пирогенное воздействие в разной степени. В целом гидролазы более устойчивы к воздействию пала, нежели оксидоредуктазы. Из оксидоредуктаз активность каталазы была более чувствительной к пирогенному фактору, чем активность дегидрогеназ, из класса гидролаз инвертаза была чувствительнее, чем фосфатаза. После проведения пала восстановление ферментативной активности почв имеет нелинейный характер. Из оксидоредуктаз активность каталазы приближается к контрольным значениям быстрее, чем активность дегидрогеназ, из гидролаз инвертаза быстрее восстанавливается, чем фосфатаза.

Ключевые слова: *чернозём, пирогенный фактор, ферментативная активность, биодиагностика, сжигание соломы*

Пирогенный фактор является распространенным экологическим процессом, который играет важную роль в изменении почвенно-растительного покрова. За последние два десятилетия наблюдается значительный рост степных и лесных пожаров во всем мире. С появлением *Terra* (транснациональный научно-исследовательский спутник, действующий под руководством агентства НАСА) ведётся наблюдение за вспышками природных пожаров в онлайн режиме [1].

В связи с созреванием колосовых культур и началом уборки полей от пожнивных остатков сельхозпроизводители в качестве метода очистки практикуют выжигание растительных остатков. Солома, неиспользованная в качестве корма или подстилки для скота, сжигается прямо на полях. Первые сельскохозяйственные палы практиковались в США примерно в 1970 г., сжигали остатки пшеницы и сои, сейчас этот процесс имеет глобальный характер. Число сельскохозяйственных организаций в Ростовской области составляет 1450 объектов, общая площадь земли 3486,6 га. [2]. Пирогенный фактор может существенно изменить характеристики почвы как непосредственно во время пожара, так и косвенно - в период восстановления почвы после пала. Проблема антропогенных пожаров в степных экосистемах достаточно сложна. Несмотря на частые летние палы на полях, исследования, касающиеся пирогенного воздействия на почвенный покров, крайне немногочисленны [3]. Пожар может стать причиной уменьшения микробного состава, видового разнообразия растительности, увеличение

pH и нитратов, уменьшения органического состава, полное восстановление которого может потребовать нескольких лет. Меняется цвет почвы, затемнения – способствует уменьшению отражательной способности почвы (альbedo чернозёма - 0,15; песка 0,3-0,4); таким образом, меняется температурный режим почвы, который значительно изменяет водный режим и способствует разрушению верхнего слоя, и в конечном счете - эрозии [4, 5].

Одно из влияний пожаров на почвы заключается в том, что на оголенном участке в ближайшие 2-3 месяца после пожара на поверхности почвы резко увеличивается испарение, повышается граница вскипания. На повышение карбонатного горизонта в следующем году после пожара, возможно, влияет зимнее сдувание снега, что, вызывая большую сухость почв, влечет за собой подъем солей и их накопление в верхних горизонтах [6]. Регулярным пожарам в степных регионах страны подвержены значительные площади сельхозугодий и особо охраняемых природных территорий; распространение огня, как правило, имеет неуправляемый характер. Обширные пожары вызывают значительную эмиссию парниковых газов, снижают плодородие почв и приводят к деградации почвенного покрова [6].

Ферментативная активность почв складывается в результате совокупности процессов поступления, иммобилизации и действия ферментов в почве. Источниками почвенных ферментов служит все живое вещество почв: растения, микроорганизмы, животные, грибы, водоросли и т.д. Накапливаясь в почве, ферменты становятся неотъемлемым реактивным компонентом экосистемы. Почвенные ферменты обычно связаны с органическим веществом почвы и находятся в местах их образования, не продвигаясь по профилю [7].

Для изучения влияния пала на ферментативную активность чернозёма обыкновенного были выбраны 4 наиболее исследованных почвенных

Одабашян Мэри Юрьевна, аспирантка. E-mail: m.odabashyan@mail.ru.

Трушков Анатолий Владимирович, аспирант

Казеев Камил Шагидуллович, доктор географических наук, профессор. E-mail: kamil_kazeev@mail.ru.

Колесников Сергей Ильич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования. E-mail: kolesnikov@sfedu.ru

ферментов из класса оксидоредуктаз - каталаза, дегидрогеназы, и из класса гидролаз - фосфатаза, инвертаза. Объектом исследования был выбран чернозём обыкновенный южно-европейской фации карбонатный мощный слабогумусированный тяжелоуглинистый на желто-бурых лессовидных глинах, отобранный на территории Ботанического сада Южного федерального университета (координаты 47°14'13" с.ш. 39°39'12" в.д.).

Цель работы: определение влияния пирогенного фактора на ферментативную активность чернозёма.

Материалы и методика исследования. Опыты проводились 29.06.2016 г. в Ботаническом саду Южного федерального университета. Почвенные образцы для лабораторно-аналитических исследований отбирали из верхнего слоя (0-5 см) сразу же после пожара, на 3 и 30-ые сутки. Для достоверности результатов опыты проводили в трехкратной повторности. В опыте было 3 варианта. Вариант №1 был контрольным (не подвергался пирогенному воздействию), на варианте №2- почва подвергалась обычному палу, а на варианте №3 - более интенсивному палу с двойным количеством соломы.

Температура почвы до начала эксперимента на поверхности была +30°C, на глубине 5 см +24°C, на глубине 10 см +22,6°C. В результате инициирования пала температура за несколько минут значительно возросла. Изменение температуры зависело от глубины почвы и степени воздействия пожара (количества растительного вещества на поверхности почвы). Через 30 минут после пала температура на варианте №2 на поверхности температура увеличилась на 2,6°C, на глубине 5 см на 0,3°C, на глубине 10 см на 1,0°C от контроля. На варианте №3 температура увеличилась - на поверхности на 13,5°C, на глубине 5 см на 3,5°C, на глубине 10 см на 2,0°C выше контроля. Активность ферментов определяли по методике А.Ш. Галстяна, в модификации Ф.Х. Хазиева [8].

Результаты и их обсуждение. В результате исследования установлено, что активность каталазы в верхнем слое контрольного участка в первый срок наблюдения составила 9,8 мл О₂/мин./г почвы. В чернозёме через сутки после пирогенного воздействия активность каталазы снизилась на варианте №2 - на 7% от контроля, на варианте №3 - на 26% (p<0,001) от контроля. Эффект сохранялся и через трое суток после воздействия практически с теми же значениями активности каталазы. Через трое суток активность каталазы осталась ниже контрольных значений на 7% на варианте №2, и 18% (p<0,001) - на варианте №3. При этом эффект воздействия сохраняется длительное время. Через 30 суток после пирогенного воздействия происходит некоторое восстановление активности фермента, на контрольном образце активность фермента составляло 10,1 О₂/мин./г почвы, на варианте №2- 8,8 О₂/мин./г почвы, на варианте №3- 7,9 (p<0,01) О₂/мин./г почвы, полного восстановления значений не произошло (рис.1). Причиной изменения является

инактивация активности фермента при высоких температурах. В исследованиях Ю. В. Акименко, выявлено, что температура свыше 127°C стерилизует почву, а температура до 100°C приводит к инактивации и денатурации почвенных ферментов [9].

В ходе исследования было установлено, что активность фермента дегидрогеназы сразу же после пала снижается. На контрольном участке активность фермента- 31,6 ТТХ мг/мл. После обычного пала активность дегидрогеназы снизилась на 4% от контроля. Двойной пал - активность фермента снизилась на 17,5% (p<0,001). На третий день после пала, на контрольном образце- 28,6 ТТХ мг/мл, на варианте №2- активность фермента снизилась на 13,7%, на варианте №3 - снизилась на 20,7% (p<0,001). На 30-ый день после пала активность дегидрогеназы восстанавливается, но не доходит до контрольных значений. На контрольном участке - 32,2 ТТХ мг/мл, после одианрного пала активность фермента снижается на 6,3%, после двойного пала - на 7,5% (p<0,01) (рис. 2).

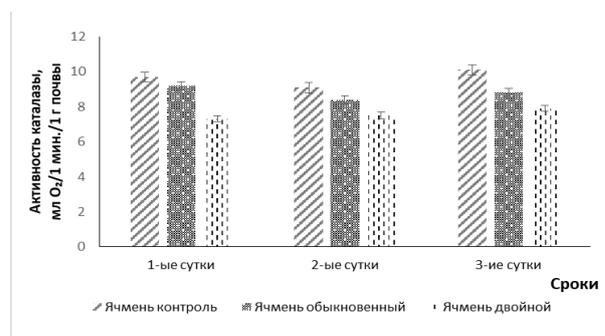


Рис. 1. Активность каталазы после пала

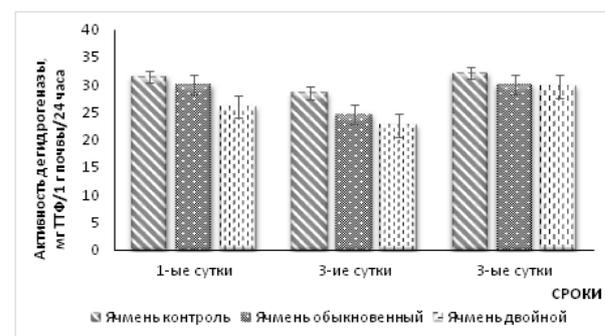


Рис. 2. Активность дегидрогеназы после пала

Активность инвертазы в верхнем слое контрольного участка в первый срок наблюдения составила 29,6 мг глюкозы/г/сутки. В чернозёме через сутки после пирогенного воздействия активность инвертазы снизилась на варианте №2- 7% от контроля, на варианте №3 -на 10,2% от контроля. На 3-ий день после воздействия наблюдается увеличение активности инвертазы, на варианте №2 - 1,4% от контроля, на варианте №3 -5,5%. Через 30 суток после пирогенного воздействия происходит резкое снижение активности фермента относительно предшествующих сроков. На варианте №1-22,3 мг глюкозы/г/сутки, на варианте №2- снижается на

7,7% от контроля, на варианте №3- снижается на 8,9% от контроля (рис. 3).

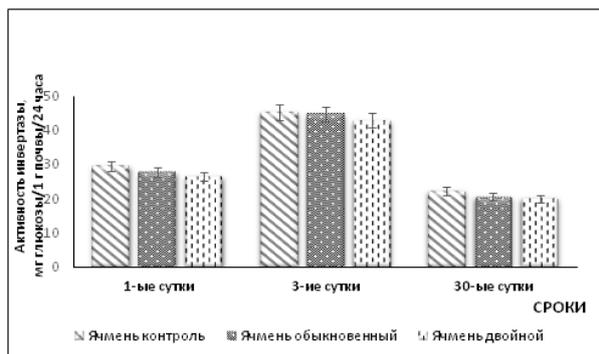
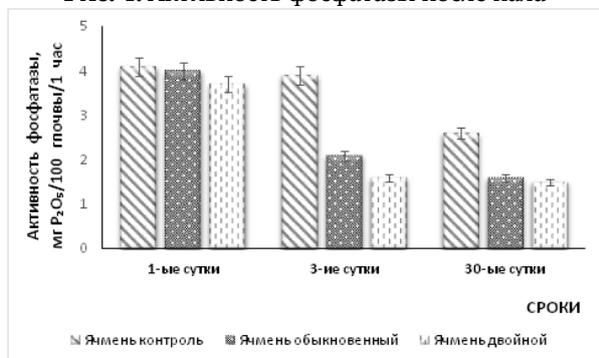


Рис. 3. Активность инвертазы после пала

Рис. 4. Активность фосфатазы после пала



Активность фосфатазы после пожара снизилась незначительно, на контрольном образце 4,1, на варианте №2-снижается на 2,5% от контроля, на варианте №3 - активность снизилась на 9,8% ($p < 0,01$). На третий день после пожара идет более интенсивное снижение активности фермента на варианте №2- 46,2% от контроля, на варианте №3- 59% ($p < 0,01$). На 30-ый день после пожара не наблюдается полного восстановления активности фермента.

В исследованиях американского ученого Р. Боернера [10] было установлено, что активность фосфатазы в дубовом лесу в Огайо (США) в целом не различалась между горелым и контрольным участками в течение вегетационного сезона. Однако при более детальном рассмотрении оказалось, что к осени на горелых почвах фосфатазная активность падает. Другой исследователь К. Брай [11] исследовал физико-химические свойства почв после 12 лет ежегодных выжиганий прерий в Арканзасе (США). Плотность, электропроводность почвы и содержание экстрагируемых P, Na, Fe и Mn статистически значительно снизилось, что лишним раз доказывает отрицательное воздействие пожара на почву и ее компоненты. Проведенные исследования подтверждают литературные данные о возможности применения активности почвенных ферментов в диагностике экологического состояния почв [12-15].

Выводы:

1. Пирогенный фактор оказал подавляющее воздействие на ферментативную активность исследуемых ферментов.

2. Степень влияния пирогенного фактора определяется продолжительностью пала, количества органического материала горения и времени с момента пала.

3. По степени устойчивости к пирогенному фактору, активность ферментов можно расположить в ряд от более устойчивого до менее: фосфатаза > инвертаза > дегидрогеназа > каталаза.

4. Из оксидоредуктаз каталаза была более чувствительной к пирогенному фактору, чем дегидрогеназа, из класса гидролаз инвертаза была чувствительнее, чем фосфатаза. В целом гидролазы более устойчивы к воздействию пала, нежели оксидоредуктазы.

5. Восстановление ферментативной активности имеет нелинейный характер. По скорости восстановления показатели ферментативной активности можно выделить в ряд от быстрого до медленного: каталаза > дегидрогеназа > инвертаза > фосфатаза.

6. Из оксидоредуктаз активность каталазы восстанавливается до контрольных значений быстрее, чем активность дегидрогеназ, из гидролаз инвертаза быстрее восстанавливается, чем фосфатаза.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (5.5735.2017/8.9) и Президента Российской Федерации (НШ-9072.2016.11, МК-326.2017.11)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Louis, G. A global feasibility assessment of the bispectral fire temperature and area retrieval using MODIS data / G. Louis, S. Wilfrid // Remote Sensing of Environment. 2014. V.152. P. 166-173.
2. Прокопенко, Е.В. Влияние степного пожара на фауну и структуру населения пауков (Aranei, Arachnida) заповедника «Каменные Могилы» (Володарский район Донецкой области) / Е.В. Прокопенко, Е.Ю. Савченко // Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета. 2013. №1 (7). С. 90-105.
3. Всероссийская сельскохозяйственная перепись - 2016 года. Предварительные итоги Статистический бюллетень. – Ростов-на-Дону: Ростовстат, 2017. 23 с.
4. Certini, G. Effects of fire on properties of forest soils // Oecologia. 2005. №143. P. 1-10.
5. Certini, G. Wildfire effects on soil organic matter quantity and quality in two fire-prone Mediterranean pine forests / G. Certini, C. Nocentini, H. Knicker et al. // Geoderma. 2011. P. 148-155.
6. Смелянский, И.Э. Степные пожары и управление пожарной ситуацией в степных ООПТ: экологические и природоохранные аспекты / И.Э. Смелянский, Ю.А. Буйволов, А.Ю. Баженов и др. – М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2015. 144 с.
7. Купревич, В.Ф. Почвенная энзимология. Научные труды. Т.4. – Минск: Наука и Техника, 1974. 404 с.
8. Казеев, К.Ш. Методы биодиагностики наземных экосистем / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, Ю.В. Акименко, Е.В. Даденко Е.В. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2016. 356 с.

9. *Акименко, Ю.В.* Экологическое последствия загрязнения чернозема антибиотиками: монография / *Ю.В. Акименко, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников.* – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2013. 120 с.
10. *Boerner, R.E.J.* Seasonal variations in enzyme activity and organic carbon in soil of a burned and unburned hardwood forest / *R.E.J. Boerner, J.A. Brinkman, A. Smith* // *Soil Biol. Biochem.* 2005. V.37. P. 1419-1426.
11. *Brye, K.R.* Soil physiochemical changes following 12 years of annual burning in a humid-subtropical tallgrass prairie: a hypothesis // *Acta Oecologica.* 2006. V. 30. P. 407-413.
12. *Казеев, К.Ш.* Биологические особенности почв влажных субтропиков / *К.Ш. Казеев, В.К. Козин, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков* // *Почвоведение.* 2002. № 12. С. 1474-1478.
13. *Денисова, Т.В.* Восстановление ферментативной активности чернозема после воздействия γ -излучения / *Т.В. Денисова, К.Ш. Казеев* // *Радиационная биология. Радиоэкология.* 2005. Т. 45. № 6. С. 1-5.
14. *Даденко, Е.В.* Биологическая активность чернозема обыкновенного при длительном использовании под пашню / *Е.В. Даденко, М.А. Мясникова, К.Ш. Казеев* и др. // *Почвоведение.* 2014. №6. С. 724-733.
15. *Казеев, К.Ш.* Опыт применения ферментативной активности в оценке экологического состояния почв природных и нарушенных территорий // *Биодиагностика и оценка качества природной среды: подходы, методы, критерии и эталоны сравнения в экотоксикологии: Мат-лы междунар. симп.* – М.: ГЕОС, 2016. С. 91-99.

THE INFLUENCE OF AGRICULTURAL BURNING ON CHERNOZEM ENZYMATIC ACTIVITY

© 2017 M.Yu. Odabashyan, A.V. Trushkov, K.Sh. Kazeev, S.I. Kolesnikov

Southern Federal University, Rostov-on-Don

The results of the research the influence of pyrogenic factor on chernozem enzymatic activity are presented in article. The enzymatic activity of soils has decreased with pyrogenic action. The degree of influence of the pyrogenic factor is determined by the duration of the fall, the amount of organic combustion material and the time elapsed since the fall. Enzymes from different classes react to pyrogenic effects in varying degrees. In general, the hydrolases are more resistant to the impact than the oxidoreductase. The catalase activity was more sensitive to the pyrogenic factor of oxidoreductases, compared to the activity of dehydrogenases, the activity of invertase from the hydrolase class was more sensitive than the activity of phosphatase. The restoration of enzymatic activity of soils has a nonlinear character after the fall. Catalase activity approaches control values faster than dehydrogenase activity, invertase activity is more rapidly restored than phosphatase activity.

Key words: chernozem, pyrogenic factor, enzymatic activity, biodiagnostics, straw burning

Mary Odabashyan, Post-graduate Student. E-mail: m.odabashyan@mail.ru.

Anatoliy Trushkov, Post-graduate Student

Kamil Kazeev, Doctor of Geography, Professor.

E-mail: kamil_kazeev@mail.ru.

Sergey Kolesnikov, Doctor of Agriculture, Professor,

Head of Ecology and Nature Management

Department. E-mail: kolesnikov@sfedu.ru