

ВЛИЯНИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ДИНАМИКУ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО (Оренбургская область)

© 2012 Р.Р. Сулейманов¹, Т.С. Шорина²

¹ Институт биологии Уфимского научного центра РАН, г. Уфа

² Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Поступила 17.01.2011

В условиях полевого опыта изучалось влияние различных уровней загрязнения нефтью (1%, 5%, 10 и 15% от массы почвы) на динамику биохимических процессов чернозема обыкновенного. Проведенные исследования показали, что изменение основных биохимических показателей почв, таких как активность почвенных ферментов (каталаза, пероксидаза, полифенолоксидаза) и эмиссия углекислого газа, зависит от уровня и срока загрязнения. На третьи сутки после начала эксперимента невысокие дозы нефти, являясь дополнительным источником углерода, вызывают повышение значений некоторых биохимических показателей (активность полифенолоксидазы, эмиссия CO₂). По мере же увеличения концентрации нефти наблюдается ингибирование изученных ферментов. Однако через 3 месяца после начала эксперимента отмечается увеличение исследуемых биохимических показателей, что подтверждает потенциальную возможность чернозема обыкновенного к самоочищению от экзогенных веществ.

Ключевые слова: чернозем обыкновенный, нефтяное загрязнение, ферменты, эмиссия CO₂.

ВВЕДЕНИЕ

Процесс деградации ландшафтов, в первую очередь почв, приобрел в настоящее время глобальные масштабы и составляет одну из главных проблем экологии, почвоведения и смежных с ними наук. Усиление техногенных воздействий, сопровождающееся прогрессивным ухудшением свойств и режимов почв, создает реальную угрозу сокращения или полной утраты их экологических и производительных функций. Эксплуатация нефтяных месторождений повсеместно ведет к выпадению из хозяйственного землепользования значительных площадей плодородных земель, в том числе в Оренбургской области. Загрязнение нефтью влияет на весь комплекс морфологических, физических, физико-химических, биологических свойств почвы, определяющих ее плодородие [1]. Нефтяное органическое вещество при поступлении в почву подвергается различным воздействиям, в том числе и разложению. Различают три вида разложения нефти: биологическое, химическое и физическое. Процессы биологического окисления циклических углеводов осуществляются преимущественно за счет оксидоредуктаз – ферментов, участвующих в окислительно-восстановительных реакциях [2].

Целью работы является изучение динамики биохимических процессов, протекающих в почве, под влиянием различных доз нефтяного загрязнения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В течение 3 месяцев в полевых условиях изучалось влияние загрязнения нефтью на динамику биохимических процессов чернозема обыкновенного.

Были заложены опытные площадки размером 1×1 м², искусственно загрязненные нефтью различных концентраций – 1%, 5%, 10% и 15% от массы почвы. Почвенные образцы отбирались из горизонтов 0-10, 10-20 и 20-30 см. через 3 сут. и 3 мес. после загрязнения. Контролем служила незагрязненная почва.

Активность каталазы определяли с помощью газометрического метода А.Ш. Галстяна. Содержание пероксидазы и полифенолоксидазы определяли по методу Л.А. Карягиной и Н.А. Михайловской [4]. Продуцирование углекислого газа почвой или «дыхание» почвы – по Б.Н. Макарову в модификации А.Ш. Галстяна [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основная роль в процессах самоочищения почвы от экзогенных веществ принадлежит биологическому окислению, которое происходит в процессе ферментативных реакции, в частности окислительно-восстановительных, осуществляется оксидоредуктазами [4, 8]. Каталазная активность – это устойчивый показатель, который может использоваться для энзимологической диагностики состояния загрязненности почв и изменения окислительно-восстановительных условий среды [2, 7].

Результаты исследования показали, что активность каталазы, в пределах изученных уровней загрязнения, на 3 сутки находилась в линейной зависимости от содержания нефти исследуемых участках и имела уравнение следующего вида: $x = 6,6805 - 0,1969 \times y$, $r = -0,70$ при $p > 0,05$. Отмечено, что вместе с увеличением концентрации нефти одновременно происходило снижение активности каталазы во всех горизонтах почвенного профиля по сравнению с контрольным участком. Через 3 мес. наблюдаем несколько иную картину. В горизонте 0-10 см и 10-20 см наблюдается повышение активности исследуемого.

Сулейманов Руслан Римович д.б.н., в.н.с., e-mail: soils@mail.ru; Шорина Татьяна Сергеевна, к.б.н., асс. e-mail: fns@mail.osu.ru

Таблица. Изменение активности биохимических процессов черноземы обыкновенного в условиях нефтяного загрязнения

Концентрация нефти в почве, %	Мощность почвенного слоя, см	Каталаза, мл O ₂ мин/г почвы		Пероксидаза, мг 1,4-бензохинона/г почвы		Полифенолоксидаза, мг 1,4-бензохинона/г почвы		Коэффициент гумификации	Эмиссия CO ₂ , мл O ₂ мин/г почвы		
		3 сут.	3 мес.	3 сут.	3 мес.	3 сут.	3 мес.		3 сут.	3 мес.	
0	0-10	6,1±0,05	7,5±0,03	2,9±0,03	3,1±0,03	2,5±0,03	3,4±0,01	0,8	1,1	2,72±0,14	3,63±0,09
	10-20	8,1±0,04	8,3±0,05	2,3±0,12	3,7±0,02	2,6±0,01	3,6±0,05	1,1	1,0	2,44±0,09	3,03±0,15
	20-30	6,1±0,09	5,6±0,07	2,9±0,02	3,7±0,04	2,7±0,01	3,9±0,01	1,2	1,0	1,22±0,09	2,87±0,09
1	0-10	5,3±0,15	8,6±0,04	2,4±0,04	2,9±0,02	2,8±0,01	3,6±0,02	1,2	1,2	2,70±0,05	5,23±0,18
	10-20	8,3±0,03	8,6±0,02	2,2±0,01	3,6±0,03	2,8±0,06	3,7±0,08	1,3	1,0	2,52±0,04	2,67±0,15
	20-30	5,9±0,05	5,1±0,02	2,1±0,04	3,5±0,01	2,9±0,04	3,8±0,04	1,4	1,1	1,40±0,07	2,30±0,25
5	0-10	4,6±0,02	9,1±0,05	2,2±0,01	2,3±0,01	2,2±0,04	2,9±0,06	1,1	1,3	3,12±0,13	3,97±0,15
	10-20	8,1±0,02	8,5±0,02	1,7±0,01	3,4±0,04	2,5±0,01	3,6±0,05	1,5	1,0	2,66±0,05	2,07±0,09
	20-30	4,7±0,01	4,3±0,01	1,4±0,01	3,5±0,02	2,6±0,02	3,7±0,01	1,9	1,1	1,68±0,04	1,87±0,23
10	0-10	3,1±0,03	4,6±0,04	1,6±0,01	0,8±0,01	1,3±0,01	1,1±0,03	0,8	1,4	1,64±0,12	2,50±0,12
	10-20	4,8±0,03	8,1±0,06	1,4±0,03	2,9±0,03	1,7±0,01	3,4±0,01	1,2	1,2	1,26±0,04	1,67±0,12
	20-30	4,7±0,04	4,2±0,05	0,9±0,02	2,9±0,01	2,3±0,03	3,6±0,01	2,6	1,3	1,14±0,05	1,33±0,35
15	0-10	3,1±0,12	3,2±0,01	1,6±0,01	0,7±0,02	0,7±0,01	1,2±0,02	0,4	1,6	1,60±0,07	1,53±0,27
	10-20	4,6±0,06	5,3±0,01	0,9±0,01	1,6±0,03	0,9±0,03	1,7±0,09	1,1	1,0	0,74±0,11	1,00±0,06
	20-30	4,4±0,19	3,1±0,03	0,6±0,01	2,5±0,02	1,6±0,02	2,5±0,01	2,6	1,0	0,74±0,09	0,77±0,12

фермента на участках с 1% и 5% загрязнением, что свидетельствует об активации окислительно-восстановительных процессов в верхних горизонтах почвенного профиля с течением времени (табл.).

При изучении почвенного плодородия значительное внимание уделяется исследованию почвенных фенолоксидаз (пероксидазы и полифенолоксидазы), которые играют важную роль в процессах гумификации, оказывают защитное действие на почву, разлагая различные ксенобиотики [5], участвуют в многостадийных процессах разложения и синтеза органических соединений ароматического ряда [6]

Пероксидаза (ПО) – фермент, осуществляющий окисление органических веществ почв за счет кислорода воздуха и перекиси водорода; его влияние направлено на окисление гумусовых веществ, которые, по сути, как и нефть, являются углеводородами [3, 9]. Результаты исследований показали, что активность пероксидазы, как на 3 сут., так и через 3 мес. с момента попадания углеводородного сырья находилась в линейной зависимости от содержания нефти ($x = 2,4485 - 0,1035 \times y$, $r = -0,86$ при $p > 0,05$ и $x = 3,53 - 0,1277 \times y$, $r = -0,75$ при $p > 0,05$ соответственно) и уменьшалась по мере роста ее концентрации. Что, по всей видимости, обусловлено снижением доступа кислорода к загрязненной части почвенного профиля. При этом на 3 суток вниз по профилю, по мере передвижения нефти, также наблюдается общая тенденция к снижению уровня активности исследуемого фермента. Спустя 3 месяца после загрязнения активность фермента увеличивается в горизонтах 10-20 и 20-30 см на всех площадках, загрязненных нефтью. Видимо, за указанный период произошла частичная утилизация (деградация) нефти, что сделало возможным доступ к загрязненным слоям почвенного воздуха. На контрольном (чистом) участке, увеличение активности фермента вниз по профилю не является достоверным ($t = 1,23$ для горизонта 10-20 см и $t = 2,13$ для горизонта 20-30 см). Следует отметить, что увеличение активности пероксидазы некоторые авторы [2, 4] объясняют включением этого фермента в процессы детоксикации загрязняющих веществ.

Полифенолоксидаза (ПФО) – фермент, участвующий в превращении органических соединений ароматического ряда в компоненты гумуса [3, 7, 9]. Полученные данные свидетельствуют, что активность полифенолоксидазы на 3 суток увеличивается на участке с 1% загрязнением по сравнению с опытным участком и постепенно снижается на участках с 5%, 10% и 15% загрязнением по мере увеличения концентрации нефти. Через 3 месяца активность полифенолоксидазы увеличивается, что, вероятно, связано с частичной трансформацией продуктов нефтяного разложения в компоненты гумуса. При этом снижение активности этого фермента наблюдается на участках с максимальным

загрязнением (10% и 15%). Ингибирующий эффект, очевидно, связан с достижением пороговой концентрации токсических компонентов нефти. Так же важным показателем, указывающим на характер протекающих в почве процессов (минерализация гумуса или его новообразование), является коэффициент гумификации (Кг), который определяется как соотношение активности ПФО к ПО [4]. На исследуемых участках Кг изменяется как в зависимости от концентрации загрязнителя, так и в зависимости от глубины отбора почвенных проб. На 3 суток после загрязнения в горизонте 0-10 см наблюдалось максимальное значение коэффициента гумификации на участке с 1% загрязнением и незначительное снижение его на участках с большей концентрацией загрязнителя.

В горизонте 10-20 см наибольшее значение коэффициента гумификации отмечены на участке с 5% загрязнением. В горизонте 20-30 см выявлено увеличение коэффициента гумификации с возрастанием концентрации загрязнителя.

Через 3 мес. после загрязнения почвы нефтью наблюдалась иная картина. В горизонте 0-10 см отмечено постепенное увеличение коэффициента гумификации с возрастанием концентрации нефти; в нижележащих горизонтах достоверного изменения значений этого коэффициента не наблюдалось.

С активностью окислительно-восстановительных реакций тесно связана интенсивность выделения CO_2 почвой или «дыхание» почвы, относящееся к категории интегральных показателей их биологической активности. По результатам проведенных исследований интенсивность выделения CO_2 почвой положительно коррелирует с активностью пероксидазы на 3 сут. ($r = 0,65$ при $p > 0,05$) и с активностью каталазы через 3 мес. после загрязнения ($r = 0,70$ при $p > 0,05$).

Таким образом, проведенные исследования показали, что изменение основных биохимических показателей почв, таких как активность почвенных ферментов (каталаза, пероксидаза, полифенолоксидаза) и эмиссия углекислого газа зависит от уровня и срока загрязнения. На 3 суток после начала эксперимента невысокие дозы нефти, являясь дополнительным источником углерода, вызывают повышение значений некоторых биохимических показателей (активность полифенолоксидазы, эмиссия CO_2). По мере же увеличения концентрации нефти наблюдается ингибирование изученных ферментов. Однако через 3 месяца после начала эксперимента отмечается увеличение исследуемых биохимических показателей, что подтверждает потенциальную возможность чернозема обыкновенного к самоочищению от экзогенных веществ.

Увеличение значений коэффициента гумификации с течением времени не свидетельствует об изменении направленности процессов гумусообразования в сторону его новообразования. Влияние нефти на гумусное состояние почв до конца не выяснено и требует более детального исследования

изменений различных фракций гуминовых кислот под влиянием нефтяного загрязнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Габбасова И.М. Деградация и рекультивация почв Башкортостана. Уфа.: Гилем, 2004.
2. Новоселова Е.И. Экологические аспекты трансформации ферментного пула почвы при нефтяном загрязнении и рекультивации: Автореф. дис. ... док. биол. наук. Воронеж, 2008.
3. Зенова Г.М., Степанов А.Л., Лихачева А.А., Манучарова Н.А. Практикум по биологии почв: Учебное пособие. М.: МГУ, 2002.
4. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 1990.
5. Гулько А.Е., Хазиев Ф.Х. Фенолоксидазы почв: продуцирование, иммобилизация, активность // Почвоведение. 1992. № 11.
6. Раськова Н.В. Активность и свойства пероксидазы и полифенолоксидазы в дерново-подзолистых почвах под лесными биоценозами // Почвоведение. 1995. № 11.
7. Шорина Т.С. Динамика каталазной и пероксидазной активности нефтезагрязненных почв Оренбургского Предуралья // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Многопрофильный университет как региональный центр образования и науки». Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2009.
8. Сулейманов Р.Р., Абдрахманов Т.А., Жаббаров З.А., Турсунов Л.Т. Ферментативная активность и агрохимические свойства лугово-аллювиальной почвы в условиях нефтяного загрязнения // Известия Самарского научного центра РАН. 2008. № 2.
9. Русанов А.М., Шорина Т.С. Динамика биохимических процессов в почвах при нефтяном загрязнении // Вестник ОГУ. 2009. № 10.

INFLUENCE OF OIL POLLUTION ON DYNAMICS OF BIOCHEMICAL PROCESSES OF CHERNOZEM ORDINARY (Orenburg region)

© 2012 R.R. Suleymanov¹, T.S. Shorina²

¹Institute of Biology Ufa Reserch Centre RAS, Ufa

²Orenburg State University

In the conditions of a field experiment was studied influence of various levels of pollution by oil (1%, 5%, 10% and 15 % from weight of soil) on dynamics of biochemical processes of chernozem ordinary. The conducted researches have shown that change of the basic biochemical indicators of soils, such as activity of soil enzymes (catalase, peroxidase, polifenoloxidase) and issue of carbonic gas depends on level and pollution term. For the third days after the experiment beginning not high doses of oil, being an additional source of carbon, cause increase of values of some biochemical indicators (activity polifenoloxidase, issue CO₂). On a measure of increase in concentration of oil the inhibition of the studied enzymes is observed. However in three months after the experiment beginning the increase in investigated biochemical indicators that confirms potential possibility of chernozem ordinary to self-cleaning from polluted substances is noticed.

Key words: Chernozem ordinary, oil pollution, enzymes, issue CO₂.