

УДК 574.24:582.521.43

ЦЕЛЛЮЛОЗОЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

О. Е. Пряженникова

TSELLJULOZOLITICHESKY ACTIVITY OF SOILS IN THE CONDITIONS OF CITY MEDIUM

O. E. Prjzhennikova

В данной статье приведены результаты исследований целлюлозолитической активности почв в условиях городской среды. Выявлено действие повышенной концентрации тяжелых металлов в почве на целлюлозолитические процессы.

In given article results of researches tseljulozoliticheskyy activity of soils in the conditions of city medium are resulted. Action of the raised concentration of serious metals in soil on tseljulozoliticheskyy processes is taped.

Ключевые слова: целлюлозолитическая активность, тяжелые металлы, микроорганизмы, почвенный покров.

Keywords: tseljulozoliticheskyy activity, serious metals, microorganisms, a soil integument.

Целлюлоза — главный компонент клеточных стенок высших растений и водорослей. По своей природе она является полисахаридом, линейным полимером состоящим из цепочек молекул бета-D-глюкозы соединенных бета-1,4-гликозидными связями. Цепочки моносахаридов объединены в волокна, окруженные оболочкой, в состав которой входят воск и пектин [3]. Подобное строение делает целлюлозу механически прочной, устойчивой к внешним химическим воздействиям и нерастворимой в воде. Синтез целлюлозы — масштабный природный процесс, наряду с крахмалом, она является самым распространенным на Земле органическим соединением.

В почву целлюлоза попадает вместе с растительными остатками, где её содержание достаточно велико (40 % — 70 %).

Процесс разложения клетчатки в почве осуществляется как в аэробных, так и анаэробных условиях при участии особых групп бактерий и грибов. В ряде современных исследований экспериментально доказано, что их количественное соотношение в почве примерно одинаково [2]. К целлюлозоразрушающим аэробным почвенным бактериям относят миксобактерии родов цитофага (Cytophaga), сорангиум (Sorangium) и полиангиум (Polyangium). Они покрыты эластичной оболочкой, способны менять форму тела (известны кокковидные и палочковидные формы), достаточно подвижны, перемещаются в почве по реактивному принципу, выбрасывая слизь. Миксобактерии не выделяют фермент во внешнюю среду, находится он на поверхности бактериальной клетки. По этой причине разложение целлюлозы осуществляется при непосредственном контакте её волокон с оболочкой миксобактерии.

В анаэробных условиях разрушать целлюлозу в почве способны клостридии (Clostridium). К факультативным анаэробам, разлагающим целлюлозу как в кислородных условиях, так и без доступа кислорода, относят бактерии рода псевдомонас (Pseudomonas). Наибольшее значение в разложении целлюлозы имеют микроскопические грибы и актиномицеты.

Ферментативное разложение целлюлозы осуществляется при помощи целлюлозного комплекса. На

начальном этапе фермент эндо-бета-1,4-глюканаза разрушает гликозидные связи внутри глюкозидной цепочки, образуются фрагменты со свободными концами. Затем экзо-бета-1,4-глюканаза катализирует отщепление дисахарида целлобиозы от конца цепочки. На завершающем этапе происходит гидролиз целлобиозы до глюкозы с помощью фермента бета-глюкозидазы [3].

В почвах любого типа, формирующихся в различных климатических условиях, существуют виды микроорганизмов, которые доводят расщепление клетчатки до конца, образуя углекислоту и воду при условии достаточного количества азота и минеральных элементов, необходимых для обмена веществ.

Процесс разложения органического вещества является важным неотъемлемым звеном мирового биогеохимического круговорота элементов, во многом определяет плодородие почв. Скорость разложения целлюлозы влияет на скорость разложения органики в целом. Данный показатель можно рассматривать как количественную меру почвенного плодородия, а чистую целлюлозу можно рассматривать как модельный субстрат для разложения, на фоне которого можно определить действие факторов внешней среды и изучить свойства почвы.

В настоящем исследовании о целлюлозолитической активности почв мы судили по результатам полевого опыта, основанного на использовании аппликационного метода «cotton strip assay». В литературе описано несколько способов закладки льняных полотен в почву. Нами использованы полотна чистой, белой льняной ткани массой 1 г, с четырех сторон закрепленные на стеклянной пластине размером 22x10 см. Льняные аппликаторы закладывали в почвенный разрез в вертикальном положении, отмечая местоположение деревянной меткой. Повторность опыта трехкратная. Для исследования выбрано 5 районов города Кемерово: Центральный, Ленинский, Заводский, Кировский, Рудничный. Фоновой была определена, удаленная от действия вредных промышленных и транспортных выбросов, деревня Андреевка. Общее число заложенных в почву аппликаторов за один сезон в соответствии с повторностями составило 72 штуки. Аппликаторы извле-

кали из почвы в определенной последовательности в конце каждого месяца. Время экспозиции последних полотен составило 4 месяца. О целлюлозолитической активности почв судили по объёму разложившегося субстрата, выраженного в процентах от первоначальной массы. Для этого в лабораторных условиях освобождали полотна от твердых примесей, просушивали и взвешивали на электронных весах.

Обработка полевых материалов и результатов опыта осуществлялась в лаборатории «Эколого-генетических исследований» кафедры ботаники Кемеровского государственного университета.

Результаты экспозиции льняных аппликаторов в почве приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Количество неразложившейся целлюлозы после экспозиции в почве, %

<i>2008 г.</i>	<i>Июнь</i>	<i>Июль</i>	<i>Август</i>	<i>Сентябрь</i>
Контроль	35	20	0	0
Центральный	71	40	45	23,3
Кировский	72	44,3	33,3	36,6
Рудничный	70,5	12,5	17,5	16
Ленинский	39,3	43,3	10	6,6
Заводский	65	41	33,3	32
<i>2009 г.</i>	<i>июнь</i>	<i>июль</i>	<i>август</i>	<i>сентябрь</i>
Контроль	30	28	0	0
Центральный	85	50	40	12
Кировский	79,6	48,6	17,2	0,5
Рудничный	72,3	48,3	10	3,3
Ленинский	81	50	25	0,5
Заводский	84,6	79	72	39,3

Таблица 2

Интенсивность разложения целлюлозы в почвах города Кемерово

	<i>% разложившейся целлюлозы</i>			
<i>2008 г.</i>	<i>1 месяц</i>	<i>2 месяца</i>	<i>3 месяца</i>	<i>4 месяца</i>
Контроль	65	80	100	100
Центральный	29	60	55	76,7
Кировский	28	55,7	66,7	63,4
Рудничный	29,5	87,5	82,5	84
Ленинский	60,7	56,7	90	93,4
Заводский	35	59	66,7	68
<i>2009 г.</i>	<i>1 месяц</i>	<i>2 месяца</i>	<i>3 месяца</i>	<i>4 месяца</i>
Контроль	70	72	100	100
Центральный	15	50	60	88
Кировский	20,4	51,4	82,8	99,5
Рудничный	27,7	51,7	90	76,7
Ленинский	19	50	75	99,5
Заводский	15,4	21	28	60,7

Таблица 3
Шкала интенсивности разрушения целлюлозы
(%) за вегетационный сезон

Выраженность процесса разрушения	Оценка
< 10	очень слабая
10–30	слабая
30–50	средняя
50–80	сильная
> 80	очень сильная

В результате проведенных исследований была определена сезонная динамика активности целлюлозоразрушающих микроорганизмов. Пик целлюлозолитической активности почв наблюдался в конце лета – начале осени. В августе и сентябре доля разложившейся целлюлозы в среднем по всем районам города составила 19,3 % и 14,2 % соответственно. В весенний период (в мае) доля утраченного льняного полотна после экспозиции в почве в течение 30 суток в среднем по всем районам города составила не более 5 %.

В мае слабая интенсивность разложения целлюлозы определена низкими температурами атмосферного воздуха и почвы, в данных условиях наиболее активны аэробные целлюлозоразрушающие бактерии, они запускают процесс органического распада в поверхностном слое почвы после длительного зимнего перерыва (рис. 1).

Позднелетний и раннеосенний пики целлюлозолитической активности почв, вероятно, связаны с массовым поступлением в неё органического вещества в виде листового опада, отмерших в конце вегетационного периода наземных частей травянистых растений, а также корневых систем однолетних растений. В конце июня при повышении температуры воздуха и поверхности почвы до 26 – 28⁰С активизируются микроскопические грибы, положительно влияя на ход целлюлозолитических процессов. Их роль в почвообразовательной деятельности возрастает и с глубиной наряду с анаэробными бактериями, факультативными анаэробами, способными существовать без доступа кислорода. Установлена отрицательная коррелятивная связь активности почвенных сапрофитов с величиной атмосферных осадков (табл. 5). Утрата льняных полотен в августе – сентябре 2008 года в среднем по всем исследуемым районам составила 19,2 %, в 2009 году 40 % при среднемесячном слое атмосферных осадков 79 – 42 мм, 60 – 24 мм соответственно. Вторая половина лета – начало осени 2008 года отличались не только большей величиной атмосферных осадков, но и сравнительно низкими температурами атмосферного воздуха. В сочетании сложившиеся погодные ус-

ловия оказывали угнетающее действие на активность почвенной микрофлоры (рис. 1, 2; табл. 5).

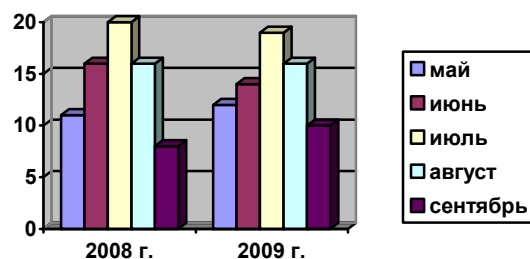


Рис. 1. *Ход среднемесячных температур в период исследований, °С*

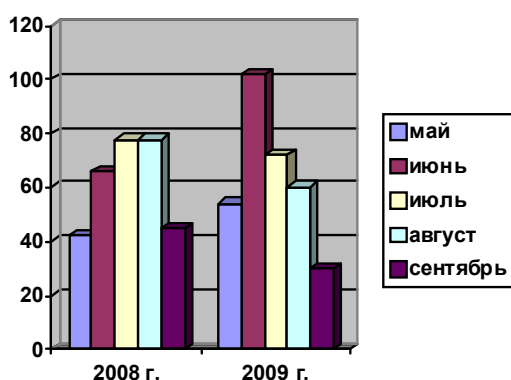


Рис. 2. *Среднемесячное количество атмосферных осадков в период исследований, мм*

В целом за вегетационный сезон интенсивность разрушения целлюлозы оценивается как сильная и очень сильная (табл. 3) [4]. Сравнивая исследуемые районы города с контролем (д. Андреевка), выявили напряжение хода почвенных целлюлозолитических процессов в следующих из них: Центральном, Кировском, Заводском. Доля неразложившейся целлюлозы после 4 месяцев экспозиции составила:

в 2008 г. – 23,3 %; 36,6 %; 32 %;

в 2009 г. – 12 %; 0,5 %; 39,3 % соответственно, на контроле – 0 %.

Угнетение жизнедеятельности почвенной биоты в вышеперечисленных районах города связано со значительной антропогенной нагрузкой.

В ходе проведенного нами в 2008 году при участии Испытательного центра по агрохимическому обслуживанию сельскохозяйственного производства ФГУ ЦАС «Кемеровский» изучения химического состава почвенных образцов полученных с аналогичных экспериментальных площадок города, было выявлено наибольшее загрязнение почв данных районов тяжелыми металлами (табл. 4).

Таблица 4

Уровень химического загрязнения почв

Показатель	K_c (Заводский район)	K_c (Кировский район)	K_c (Ленинский район)	K_c (Центральный район)	K_c (Рудничный район)
Свинец	4,39	1,38	1,67	1,23	0,85
Кадмий	1,45	0,84	0,61	0,51	0,53
Медь	1,48	0,77	1,30	0,77	0,55
Цинк	14,25	6,33	3,52	3,84	3,15
Хром	3,05	1,45	1,72	1,77	1,05
Никель	0,84	0,43	0,94	0,46	0,36
Марганец	19,63	3,97	14,77	9,36	0,82
Кобальт	1,25	1,07	1,01	1,04	0,85
Железо	0,40	0,16	0,32	0,12	0,23
Суммарный показатель загрязнения Z_c	38,74	8,4	17,86	11,1	0,39

* K_c – коэффициент концентрации химического вещества.

Таблица 5

Взаимосвязь целлюлозоразрушающей активности с концентрацией загрязняющих веществ в почве и погодными условиями

<i>Взаимосвязь целлюлозоразрушающей активности с концентрацией загрязняющих веществ в почве</i>		
<i>Исследуемые районы г. Кемерово</i>	<i>*r (2008 г.)</i>	<i>r (2009 г.)</i>
Центральный	-0,5815	-0,6495
Ленинский	-0,6683	-0,6048
Рудничный	-0,2041	-0,6059
Кировский	-0,2825	-0,6143
Заводский	-0,2644	-0,8940
<i>Взаимосвязь целлюлозоразрушающей активности почв с величиной атмосферных осадков</i>		
Центральный	-0,8789	-0,090
Ленинский	-0,7622	0,0163
Рудничный	-0,9159	0,6032
Кировский	-0,9934	0,0085
Заводский	-0,9962	0,2890
<i>Взаимосвязь целлюлозоразрушающей активности почв с температурой атмосферного воздуха</i>		
Центральный	-0,5957	-0,6655
Ленинский	-0,6212	-0,7502
Рудничный	-0,8284	-0,7100
Кировский	-0,9272	-0,8122
Заводский	-0,8802	-0,40851
*p = 5 %		

*r – коэффициент корреляции;

*p – уровень значимости.

Максимальные значения суммарного показателя загрязнения отмечены в Заводском, Ленинском, Центральном районах. Повышенные концентрации свинца и цинка отмечены в почвах Заводского рай-

она. Угнетающее действие данных химических элементов на ход целлюлозолитических процессов в почве описано и экспериментально доказано в отечественных и зарубежных исследованиях [1]. В на-

стоящем исследовании данный факт подтвержден длительным периодом разложения органического вещества (целлюлозы) в почве. Установлена отрицательная коррелятивная зависимость хода целлюлозолитических процессов от концентрации тяжелых металлов в почве (табл. 5).

Выводы. Целлюлозолитическая активность является важным показателем интенсивности деструкционных процессов в почве. Интенсивность разложения целлюлозы в почве определена совместным действием нескольких факторов: погодными условиями, характером растительного покрова, объемом органического вещества, поступающего в почву, типом почв, её физическими свойствами, химическим составом. В условиях городской среды интенсивность целлюлозолитических процессов регулируется характером и степенью антропогенного воздействия на почвенный покров, атмосферу и растительность.

1. Интенсивность разложения целлюлозы снижается при повышенной концентрации в почве тяжелых металлов. За 120 дней экспозиции льняных полотен в почве: 100 % утрата целлюлозы установлена на фоновой территории (д. Андреевка), минимальная утрата в Заводском районе города – 64 %, который расположен в промышленной городской

зоне, где отмечен наивысший суммарный показатель загрязнения тяжелыми металлами – 38,74.

2. На целлюлозолитические процессы угнетающее действие оказывают пониженные температуры воздуха ($r = -0,9$) и обильные атмосферные осадки ($r = -0,8$).

Литература

1. Ананьева, Ю. С. Влияние загрязнения свинцом на биологические свойства чернозема выщелоченного / Ю. С. Ананьева, Т. Э. Шпис // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – № 10 (72), 2010.
2. Жуков, А. В. Целлюлозолитическая активность техноземов на экспериментальном участке рекультивации земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью / А. В. Жуков, И. В. Лядская // Вестник донецкого национального университета, сер. а: естественные науки. – 2009, вып. 2.
3. Филиппович, Ю. Б. Основы биохимии / Ю. Б. Филиппович. – М.: Агар, 1999. – 512 с.
4. Федорец, Н. Г. Методика исследования почв урбанизированных территорий / Н. Г. Федорец, М. В. Медведева. – Петрозаводск, Карельский научный центр РАН, 2009. – 84 с.