

УДК 631.465

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ
ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ
Г. РОСТОВ-НА-ДОНУ)**

Горбов Сергей Николаевич
к.б.н.

Безуглова Ольга Степановна
д.б.н., профессор
*Южный федеральный университет, Ростов-на-
Дону, Россия*

В различных частях города с учетом его специфики, заложили около 40 полнопрофильных почвенных разрезов. Проводили определение уровня ферментативной активности (каталаза, инвертаза, полифенолоксидаза) в естественных и антропогенно-преобразованных почвах пригородных, парковых, селитебных и промышленных зон города. Ферментативная активность почв в условиях урбодогенеза значительно ниже, чем во внегородских аналогах. Кратность снижения в А погр. составляет по каталазе – 2,5–2,1; по инвертазе – 3,4–3,3; по полифенолоксидазе – 3,9–2,9. Существенное влияние на биологическую активность оказывает длительность запечатывания, причем, чем дольше этот период, тем выше негативное влияние, оказываемое на активность исследуемых ферментов. Тем не менее, сохраняется тесная связь между гумусным состоянием почвы и ее ферментативной активностью: высокая активность перечисленных ферментов характерна для горизонтов, содержащих наибольшее количество органического вещества

Ключевые слова: УРБОПЕДОГЕНЕЗ,
ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ,
ГОРОДСКИЕ ПОЧВЫ, УРБАНОЗЕМ,
ЭКРАНОЗЕМ, ЧЕРНОЗЕМ ОБЫКНОВЕННЫЙ

UDC 631.465

**BIOLOGICAL ACTIVITY OF URBAN SOILS
(ON THE EXAMPLE OF ROSTOV-ON-DON)**

Gorbov Sergey Nikolaevich
Cand.Biol.Sci.

Bezuglova Olga Stepanovna
Dr.Sci.Biol., professor
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

About 40 soil cuts were made in various parts of the city of Rostov-on-Don. The determinations of enzyme activity (catalase, invertase, polyphenoloxidase) were carried out in natural and antropogenic soils of a suburban park, residential and industrial areas of the city. The enzyme activity of soils in urban condition significantly lowers than in non-urban soils. It is established, that significant impact on the biological activity has duration of sealing, and the longer the period, the higher the negative impact on the enzymes activity. However, a close relationship between humus state of soil and its enzyme activity kept in a condition of urban pedogenesis. The high activity of investigated enzymes is typical to soil horizons which contain the highest amount of soil organic matter

Keywords: URBAN PEDOGENESIS, ENZYME ACTIVITY, URBAN SOILS, URBANOZEM, EKRAZEM, ORDINARY BLACK SOIL

Введение

Почвенные биосистемы в городах подвергаются существенным структурным преобразованиям и это выражается, прежде всего, в перераспределении биологической активности в пределах почвенного профиля [1]. В этой связи особое внимание следует обратить на один из показателей биохимических свойств почвы – ферментативную активность, и ее взаимосвязь с загрязнением и изменением почвенной биоты под

воздействием негативных экологических процессов, происходящих в городской среде.

Влияние урбанизации на ферменты почв является малоизученной проблемой. В то же время ферментативная активность – это ранний диагностический показатель, позволяющий заметить негативные изменения на начальных стадиях [5]. В связи с этим изучение особенностей действия ферментов в почвах городских территорий имеет первостепенное значение.

Объекты и методы исследования

Основной целью исследования, проводимого в течение шести лет, явилось определение специфики почвенного покрова г. Ростов-на-Дону, особенностей его парково-рекреационной, селитебной и промышленной зон; отдельное внимание в работе сосредоточено на ферментативной активности почв городской среды и ее изменении по почвенному профилю.

Учитывая сложность объекта исследования [20], в различных частях города заложили около 40 почвенных разрезов. На каждой точке наблюдения отбирали почвенные образцы из всех генетических горизонтов и антропогенных слоев и проводили обязательные морфологические описания. Во всех отобранных образцах определяли основные почвенно-диагностические показатели, такие как гигроскопическая влажность, содержание гумуса по Тюрину со спектрофотометрическим окончанием по Орлову-Гриндель, карбонатов по Кудрину и Шейблеру. Определение уровня ферментативной активности почв:

– каталаза ($H_2O_2:H_2O_2$ – оксидоредуктаза, КФ 1.11.1.6.) – газометрическим методом по Галстяну [13];

– инвертаза (β -фруктофуранозидаза, сахараза, КФ 3.2.1.26) – колориметрический метод по Хазиеву [13]);

– полифенолоксидаза (О-дифенол:кислород-оксидоредуктаза, КФ 1.10.3.1.) – колориметрическим методом с использованием пиригаллола по Галстяну [13], в модификации Шерстнева [22].

Для выявления закономерностей в изменении степени ферментативной активности из сорока разрезов мы выбрали наиболее типичные исследованные почвы и объединили их в четыре группы в зависимости от типа землепользования и, соответственно, уровня трансформации их морфологических признаков:

1. *Первая группа.* Почвы естественного сложения существенно не затронутые процессами урбанизации. Представлены черноземами обыкновенными, сохранившимися на плакорных пространствах в парково-рекреационной зоне города и на прилегающих к нему пахотных участках. Разрезы №№ 28, 29, 32.
2. *Вторая группа.* Почвы естественного сложения, перекрытые рыхлыми антропогенными отложениями. Представлены антропогенно-преобразованными почвами – собственно урбаноземами и урбо-черноземами, сохранившими в своем профиле основные генетические горизонты некогда скальпированных разновидностей черноземных почв. Данные типы почв приурочены в основном к селитебным зонам старой части города. Разрезы №№ 22, 30, 31.
3. *Третья группа.* Почвы естественного сложения, перекрытые асфальтовым и/или другим водонепроницаемым покрытием. В своем «теле» под слоем асфальта экраноземы на некоторой глубине сохранили чаще всего полнопрофильные черноземы, иногда слабо

скальпированные, перекрытые горизонтом урбик, гравием, тырсой или каменной кладкой. Приурочены к селитебным зонам. Разрезы №№ 26, 27.

4. *Четвертая группа.* Перемешанные слои, состоящие из остатков почвенных горизонтов и привнесенных грунтов, перекрытые или нет асфальтовым покрытием. Представлены антропогенно-преобразованными почвами, сложенными горизонтами «урбик» различной мощности и турбации, с количеством антропогенных включений выше 10%. Приурочены к промышленным зонам города. Разрез № 23.

Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ каталазной активности городских почв с целыми аналогами свидетельствует о снижении этого показателя под воздействием урбанизации (см. таблица).

Таблица – АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ В ПОЧВАХ РОСТОВА-НА-ДОНУ

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Гумус по Тю- рину, %	CaCO ₃ , %	MgCO ₃ , %	CO ₂ карб., %	Ката- лаза, мл O ₂ за 1 мин./1 г поч- вы	Инвер- таза, мг глюко- зы/1 г почвы за 24 часа	Поли- фенолок- сидаза, мг пур- пур- галлина/ 100 г почвы за 30 мин
1	2	3	5	6	7	8	9	10
<i>Первая группа почв</i>								
Чернозем обыкновенный карбонатный мощный тяжелосуглинистый (Аэропорт, 150 м на юг от дороги Ростов-Новочеркасск, разрез 28)								
A _{пах.}	0-25	3,14	2,48	0,21	1,20	7,0	17,06	Не опр.
A _{л/пах}	25-55	1,95	2,63	0,21	1,27	5,9	14,44	
B ₁	55-80	1,67	7,03	0,49	3,34	6,5	14,43	
B ₂	80-105	0,98	10,8	0,6	5,06	7,8	2,35	
BC	105-135	0,66	10,93	1,47	5,57	5,7	0	
ССа	135-170	0,40	11,95	1,82	6,22	9,0	0	

Продолжение таблицы

1	2	3	5	6	7	8	9	10
Чернозем обыкновенный карбонатный мощный тяжелосуглинистый (2-ой поселок Орджоникидзе, лесопарковая зона, разрез 29)								
Ад	0-10	7,90	3,62	1,64	2,35	4,7	4,51	23,28
А	10-32	3,68	2,55	1,46	1,81	5,5	1,04	16,76
В ₁	32-50	2,65	8,11	1,16	4,01	4,01	0,65	15,80
В ₂	50-70	1,98	12,11	1,21	5,73	3,0	0,26	26,07
ВС	70-95	1,33	11,80	1,24	5,61	4,3	0	26,07
С	95-145	0,55	12,79	0,77	5,79	4,8	0	28,90
Чернозем обыкновенный карбонатный мощный тяжелосуглинистый (Ботанический сад РГУ, разрез 32)								
А _{пах}	0-25	3,47	2,34	0,51	1,29	5,5	1,06	10,71
А _{п/пах}	25-50	2,97	2,24	0,26	1,12	4,5	0,15	8,85
В ₁	50-70	2,19	2,34	0,59	1,33	3,7	0,41	18,6
В ₂	70-90	1,62	9,88	1,53	5,14	4,2	0	13,03
ВС	90-108	1,00	12,06	1,79	6,23	4,6	0	15,8
С _{са}	108-150	0,34	10,35	1,28	5,22	5,0	0	17,9
Вторая группа почв								
Урбанозем среднесиловой с более 25% антропогенных включений на черноземе обыкновенном карбонатном погребенном (центр города, ул. Социалистическая, разрез 22)								
U _{1ha2}	0-25	2,40	6,93	0,46	3,29	1,5	2,1	Не опр.
U _{2hFe2}	25-45	4,09	8,05	0,6	3,85	0,6	0,79	
U _{3iha1}	45-55	1,02	8,9	0,81	4,34	3,5	1,7	
U _{4iha1}	55-90	0,52	9,64	0,74	4,62	2,7	0,12	
A _{1погр}	90-100	2,38	4,93	0,95	2,67	2,3	1,95	
A _{2погр}	100-120	2,12	2,25	0,84	1,43	3,7	4,33	
В	120-140	1,58	2,6	0,42	1,36	4,2	3,11	
ВС	140-160	1,19	14,68	1,05	7,01	4,8	3,55	
С _{Са}	160-200	0,69	12,1	0,77	5,19	8,3	0	
Урбанозем среднесиловой с 25% антропогенных включений на черноземе обыкновенном карбонатном погребенном (район ЦГБ, ул. Варфаломеева, траншея магистральной теплосети, разрез 31)								
U _{3iha1}	40-80	1,88	12,39	1,08	5,55	1,60	0	20,02
A _{погр.}	80-95	1,95	1,94	0,88	1,25	2,20	0	5,80
В ₁	95-110	1,36	4,47	0,73	2,25	2,23	0	9,30
В ₂	110-130	0,91	10,22	1,50	5,08	3,07	0	11,17
ВС _{Са}	130-160	0,60	11,23	0,92	5,21	3,50	0	11,17
Урбо-чернозем среднесиловой тяжелосуглинистый с 25% антропогенных (район ЦГБ, ул. Варфаломеева, траншея магистральной теплосети, разрез 30)								
U _{4iha1}	25-35	2,56	5,56	0,72	2,74	4,7	0	3,72
A _{погр.}	35-60	2,77	2,1	0,90	1,33	5,5	0	3,03
В ₁	60-75	2,09	3,33	1,57	2,20	4,0	0	7,45
В ₂	75-90	1,81	3,55	1,10	2,04	3,0	0	19,56
ВС	90-110	1,26	9,46	1,13	4,57	4,3	0	14,90
С _{Са}	110-150	0,64	12,12	1,24	5,75	4,8	0	14,90

Продолжение таблицы

1	2	3	5	6	7	8	9	10
Третья группа почв								
Чернозем обыкновенный карбонатный среднемощный тяжелосуглинистый экранированный (парк им. К.И. Чуковского, строительный котлован, разрез 26)								
A _{погр.}	20-50	3,9	Не опр.	Не опр.	2,1	21,1	0	Не опр.
B	50-80	3,2			2,0	9,2	0	
BC	80-105	2,0			6,1	7,1	0	
Урбанозем среднемощный экранированный с 25% антропогенных включений на черноземе обыкновенном карбонатном погребенном (Комсомольская площадь, строительный котлован, разрез 27)								
U _{1ha1}	35-45	3,5	Не опр.	Не опр.	4,1	6,3	0	Не опр.
A _{погр.}	45-55	3,2			1,5	6,9	4,1	
B ₁	70-90	2,2			3,2	3,9	1,6	
B ₂	90-100	1,4			5,2	3,9	0,1	
BC	100-120	1,1			5,7	3,7	0,3	
CCa	140-160	0,6			5,9	4,1	0	
Четвертая группа почв								
Урбанозем мощный с 25-50 % антропогенных включений глубокоглееватый (центр города, пер. Университетский, разрез 23)								
U _{1ha3}	100-110	2,5	Не опр.	Не опр.	4,0	7,6	0	Не опр.
U _{2hCaFea2}	150-160	1,9			4,0	5,7	0	
U _{3hFe a1}	170-180	2,2			4,6	3,0	0	
U _{4ga1}	250-260	3,4			5,5	0,5	0	

В городских почвах содержание фермента каталаза составляет в среднем около 75 % от величины этого показателя в целинном черноземе. Отчасти снижению активности этого фермента способствовала вспашка [9], предшествующая освоению любых городских земель. Очевидно, что для естественных почв города (почвы парков, лесопарков, залежей и пустырей) эта закономерность сохраняется, но степень снижения активности фермента несколько выше, что обусловлено налагающимся эффектом, связанным с изменением плотности почв [6, 7, 16].

Для большинства изученных разрезов, как естественных, так и антропогенно-преобразованных почв, наиболее высокая каталазная активность по профилю отмечена в горизонтах А и В, что сопряжено с повышенным содержанием в них гумуса, поступлением свежего органического вещества (там, где это возможно) и более высокой

напряженностью процессов трансформации органических соединений. При этом уменьшение содержания органического вещества с глубиной, как правило, сопровождается ослаблением ферментативной активности (см. таблицу), хотя подобное распределение каталазы по почвенному профилю отмечено далеко не для всех исследуемых разностей городских почв.

В некоторых случаях с глубиной отмечено увеличение активности каталазы в карбонатных горизонтах, причем ее максимум приходился именно на горизонт S_{ca} . На наш взгляд это увеличение, связано с целым комплексом почвенных процессов и явлений.

Во-первых, карбонаты могут непосредственно влиять на ферментативную активность почвы, подщелачивая почвенный раствор, что сказывается на жизнедеятельности биоты.

Во-вторых, увеличение активности каталазы в нижней части профиля может зависеть от изменения состава органического вещества, поскольку вниз по профилю зафиксировано увеличение содержания подвижных форм гумуса, которые могут способствовать увеличению активности каталазы [3, 4, 24].

В-третьих, увеличение каталитической активности почвы в карбонатных горизонтах может зависеть от природы углесолей и их содержания. В работе Т.А. Зубковой и Л.О. Карпачевского [12] при исследовании каталитической активности карбонатных почв газометрическим методом установлено, что общее количество газа, образующегося в результате реакции, определяется не только объемом выделившегося O_2 за счет разложения H_2O_2 , но и объемом CO_2 при разложении карбонатов.

В доказательство последнего необходимо обратить внимание на урбанозем второй группы (разрез 22), в котором наибольшее значение активности каталазы приходится именно на горизонт S_{ca} , (см. таблицу). В почвенных горизонтах экранозема третьей группы (разрез № 26) отмечена аномально высокая каталитическая активность, что может быть непосред-

ственно связано с влиянием перестилающих почву слоев известняка и асфальта. Наряду с высокой карбонатностью привнесенных известковых материалов, несомненным остается и факт частичной проницаемости асфальтобетона, коэффициент фильтрации, в котором составляет 2×10^{-3} см/с [17]. В итоге все это могло привести к проникновению карбонатов в нижележащий горизонт А и, как следствие, завышению значения каталитической активности.

Особое внимание следует уделить урбанозему четвертой группы разрез № 23 (см. таблицу). Здесь активность каталазы снижается плавно на протяжении всего профиля и только в нижней части наблюдается довольно резкий ее спад. Это объясняется тем, что данный разрез представлен насыпными слоями различного генезиса с убывающей величиной содержания гумуса, что и определяет плавное снижение активности каталазы. В самой нижней части профиля имеет место процесс оглеения, что объясняет довольно резкое снижение активности фермента в этом слое.

Определение каталазной активности можно использовать как диагностический показатель биологической активности почвы. Используя придержки по степени деградации, разработанные для фитотоксичности почв [18], мы получили, что в условиях города на изученных почвах констатируется снижение каталазной активности, но оно незначительное, и в целом, деградацию биологической активности по этому параметру можно оценить как нулевую и, лишь в отдельных случаях, как первую степень.

Для характеристики почв по активности различных ферментов был применен перерасчет полученных данных по методу Дж.Ацци [2], который позволяет несравнимые, в силу различных единиц измерения, данные переводить в проценты. Результаты свидетельствуют, что кратность снижения активности каталазы в горизонте $A_{\text{погр.}}$ урбаноземов составляет 2,1–2,5, кратность снижения активности этого же фермента при запечатывании

почв по сравнению с незапечатанным городским аналогом составляет – 1,4.

Если оценивать изученные нами городские почвы по степени обеспеченности каталазой по шкале Звягинцева, то все они характеризуются средней обогащенностью, а некоторые даже богаты исследуемым ферментом [10, 11].

Процесс урбанизации в значительно большей степени повлиял на инвертазную активность почв. В целом по шкале Звягинцева обеспеченность городских почв инвертазой можно охарактеризовать как очень бедную.

Наиболее высокая степень инвертазной активности отмечена лишь в верхних горизонтах ($A_{\text{пах}}$ и A_d) черноземов пашни и отчасти лесопарковой зоны (разрез 28, 29), где зафиксировано и наиболее высокое содержание гумуса – 7,5 и 3,14 % соответственно. При этом активность инвертазы снижается вниз по профилю вплоть до горизонта B_2 , где отмечается резкий ее спад и далее, в горизонтах BC и C , активность этого фермента равна нулю.

По мнению ряда авторов, активность инвертазы тесно связана с содержанием органического вещества [14], и деятельностью почвенной микрофлоры [15], причем эта зависимость носит характер прямой пропорциональности. Установлено ослабление ферментативной активности с уменьшением содержания органического вещества вниз по профилю и при анализе биохимических свойств чернозема обыкновенного [9]. Поэтому вполне понятно, что в горизонтах A_1 и B_1 наблюдается довольно резкое снижение величины инвертазной активности, так как одновременно с этим снижается и содержание гумуса до 3,7%.

При этом четкая обратная зависимость между содержанием в почвах карбонатов с их инвертазной активностью прослеживается не только в нижних горизонтах черноземов, но и в поверхностных горизонтах «ур-

бик», а также в, расположенной под ними, вторично-окарбонированной погребенной гумусовой толще.

Примером может служить урбанозем среднемощный экранированный (25 % антропогенных включений) на черноземе обыкновенном карбонатном погребенном мощном тяжелосуглинистом (разрез № 27). Здесь погребенный чернозем сравнительно недавно перекрыт слоем асфальта, под которым находился 15-см слой тырсы. Это объясняет тот факт, что, в самой верхней части данного разреза (горизонт U_{1ha1}), инвертаза не обнаружена, т.к. из слоя известняка в почву поступали карбонаты, которые и подавляли активность фермента (см. таблицу). Самое высокое значение инвертазной активности отмечено в горизонте A_1 и одновременно в нем наблюдается наименьшее содержание $CaCO_3$ и наибольшее содержание гумуса. Однако это значение существенно ниже активности инвертазы в этом же горизонте в разрезе, расположенном в непосредственной близости от исследуемой почвы, но не под асфальтом, что доказывает негативное влияние на активность инвертазы даже не очень длительного «запечатывания» почвы. Далее вниз по профилю содержание инвертазы резко падает и в горизонте S_{ca} снижается до нуля. Вероятно, это явление связано с двумя факторами: одновременным уменьшением органического вещества (как естественным, так и под влиянием запечатывания) и резким увеличением количества $CaCO_3$ вниз по профилю. В целом, по обеспеченности этой почвы инвертазой ее можно охарактеризовать как очень бедную.

В урбаноземах второй и третьей групп в случаях, когда содержание карбонатов в почвенном горизонте превышает некую критическую величину, уровень инвертазной активности может опуститься до нуля.

В незапечатанных урбаноземах распределение инвертазы вниз по профилю аналогично таковому в экраноземах. Так, рыхлые антропогенные горизонты урбанозема второй группы (разрез № 22) представляют собой некогда привнесенные сюда пласты почвы или породы, различные по

окраске, структуре, влажности и плотности. Активность инвертазы в них уменьшается скачкообразно: в горизонтах U_{1ha2} и U_{3iha1} она выше, чем в горизонтах U_{2hFea1} и U_{4iha1} (см. таблицу). Величины ферментативной активности коррелируют с содержанием гумуса и карбонатов в соответствующих горизонтах. Исключение составляет только горизонт U_{2hFea1} , инвертазная активность в котором низкая, тогда как содержание гумуса высокое. Но этот, необычный на первый взгляд, факт объясняется тем, что в этом слое имеет место явно выраженный процесс оглеения, в результате которого и наблюдаются такие низкие значения активности инвертазы.

В погребенной почве динамика инвертазной активности повторяет таковую в природной. Максимум наблюдается в горизонтах $A_{погр.}$, В и ВС, в которых одновременно наиболее низкие показатели по содержанию карбонатов и достаточно высокое содержание гумуса. В горизонте C_{ca} и далее вниз по профилю инвертазная активность падает до нуля.

Если сравнивать полученные нами значения активности инвертазы с литературными данными, приведенными для целинных и пахотных почв [9], то, используя рекомендации по оценке степени деградации [18], можно констатировать факт, что исследованные нами антропогенно-преобразованные почвы – урбаноземы и экраноземы – характеризуются четвертой степенью биологической деградации. Последнее указывает на то, что именно инвертазная активность является собой наиболее динамичный и отзывчивый показатель антропогенной преобразованности почв. Учитывая перерасчет полученных данных по методу Дж.Ацци [2], кратность снижения по инвертазе в горизонте $A_{погр.}$ урбаноземов составляет 3,3–3,4, кратность снижения инвертазной активности при запечатывании составляет 1,6.

Во всех изученных разрезах обращает на себя внимание неравномерное распределение по почвенному профилю активности полифенолоксидазы (см. таблицу). Как в запечатанных городских, так и в естественных

почвах, максимум полифенолоксидазной активности зафиксирован в верхней части профиля, что обусловлено либо поступлением с поверхности свежего органического вещества (естественные почвы города), либо поступлением извне или из привозных антропогенных слоев различного рода специфических высокомолекулярных соединений, в том числе и фенольной природы (урбаноземы и экраноземы). В средней части профиля отмечен довольно резкий спад активности данного фермента, а в нижней его части активность полифенолоксидазы вновь увеличивается.

Полифенолоксидаза катализирует процессы окисления фенолов в присутствии кислорода воздуха, тем самым, участвуя в превращении органических соединений ароматического ряда в компоненты гумуса почвы [8, 21, 23]. Поэтому, вероятнее всего, это увеличение связано с изменением в нижней части почвенного профиля окислительно-восстановительных условий и преобладанием анаэробного режима разложения органических остатков, что препятствует окислению фенольных соединений и является благоприятным условием для накопления их в свободном состоянии.

Возможно и другое объяснение этого явления. Исследованиями Б.Р.Стригановой [19] установлено, что в урбаноземах города Москвы обнаружен повышенный пул микроорганизмов в нижней части профиля, что обусловлено более благоприятной экологической обстановкой в период формирования этих слоев.

Сравнивая активность фермента полифенолоксидаза в естественных почвах и урбаноземах можно отметить ее повышенное содержание в последних, что, возможно, связано с загрязнением почвы веществами ароматической природы. Поэтому оценить степень деградации (а в таких случаях возрастание активности фермента связано именно с деградацией почв), по существующим методикам не представляется возможным, так как они предполагают снижение показателя.

В экраноземах активность полифенолоксидазы в погребенных гумусовых горизонтах снижается. Оценивая степень снижения можно констатировать, что она соответствует третьей или четвертой степени деградации. Кратность снижения по полифенолоксидазе горизонта $A_{\text{погр}}$ экраноземов составляет 1,9.

Выводы

1. Каталазная, инвертазная и полифенолоксидазная активности чернозема обыкновенного карбонатного в условиях города значительно ниже активности этих ферментов во внегородских аналогах.

2. Существенное влияние на ферментативную активность оказывает длительность запечатывания, причем, чем дольше этот период, тем выше негативное влияние, оказываемое на активность исследуемых ферментов. Кратность снижения ферментативной активности при запечатывании почв по сравнению с незапечатанным городским аналогом составляет: по каталазе – 1,4; по инвертазе – 1,6; по полифенолоксидазе – 1,9.

3. В условиях города между гумусным состоянием естественных и антропогенно-преобразованных почв и их ферментативной активностью существует тесная связь: высокая ферментативная активность характерна для горизонтов, содержащих наибольшее количество органического вещества, независимо от характера его происхождения.

4. Каталаза и инвертаза по-разному реагируют на содержание в почве карбонатов: связь между каталитической активностью почвы и содержанием в почвенном профиле CaCO_3 носит характер прямой пропорциональности, тогда как активность инвертазы, наоборот, в присутствии CaCO_3 резко снижается.

Список литературы

1. Агаркова М.Г., Строганова М.Н., Скворцова И.Н. Биологическая активность почв урбанизированных территорий // Вестник Москов. Ун-та, серия 17, почвов. 1994. № 1. – С.45-49.
2. Ацци Дж. Сельскохозяйственная экология. – М. 1959. – 479 с.
3. Безуглова О.С., Горбов С.Н., Приваленко В.В. Формирование гумусового профиля и микроэлементного состава почв рекреационных территорий г. Ростов-на-Дону // Почвоведение, 2000. № 9. – С. 1142 – 1148.
4. Безуглова О.С., Горбов С.Н., Морозов И.В., Приваленко В.В. Почвенный покров Ростова-на-Дону// Эколого-географический вестник юга России. 2002, №2. – С.104—109.
5. Безуглова О.С., Горбов С.Н., Морозов И.В. Влияние города на почвообразование и свойства почв // в кн. «Экологические проблемы антропогенных ландшафтов Ростовской области». Том 1. Экология города Ростова-на-Дону. – Ростов-на-Дону: изд-во СКНЦВШ, 2003. – С. 182–240.
6. Безуглова О.С., Горбов С.Н., Морозов И.В., Невидомская Д.Г. Урбопочвоведение. Учебник. – Ростов-на-Дону: изд-во ЮФУ, 2012. –264 с.
7. Горбов С.Н. Почвы урболандшафтов г. Ростов-на-Дону, их экологическое состояние и оценка загрязнения // Дис. ...канд.биол. наук. – Ростов-на-Дону, 2002. – 162 с.
8. Галстян А.Ш. Об устойчивости ферментов почвы // Почвоведение, 1982. № 4. – С. 108—110.
9. Гончарова Л.Ю., Безуглова О.С., Вальков В.Ф. Сезонная динамика содержания гумуса и ферментативной активности чернозема обыкновенного карбонатного // Почвоведение, 1990, № 10. – С. 86—93
10. Звягинцев Д.Г., Воробьева Е.А. Гвинуашвили Э.Б. Стабилизация протеаз и инвертаз в почвах // Почвоведение, 1987, № 2. – С.59—63.
11. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение, 1978, № 6. – С.48—54.
12. Зубкова Т.А., Карпачевский Н.О. О роли карбонатов в каталитической активности почв // Почвоведение, 1981, № 7. – С.56—61.
13. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. – Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2003. – 216 с.
14. Купревич В.Ф. Биологическая активность и методы ее определения. – Минск, 1974. – 193с.
15. Пейве Я.В. Биохимия почв. – М., 1961. – 422 с.
16. Приваленко, В.В., Безуглова О.С. Экологические проблемы антропогенных ландшафтов Ростовской области. Том 1. Экология города. –Ростов-на-Дону: изд-во СКНЦВШ, 2003. – 290 с.
17. Прокофьева Т.В. Городские почвы, запечатанные дорожными покрытиями (на примере г. Москвы) // Автореферат дис....канд.био.наук. – М., 1998. – 24 с.
18. Система оценки деградации почв. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1992. – 20 с.
19. Стриганова Б.Р. Животное население городских почв // Почва, Город, Экология / Под общей ред. Акад. РАН Г.В. Добровольского. – М.: Фонд "За экономическую грамотность", 1997. – С. 111—124.
20. Строганова М.Н., Мягкова А.Д., Прокофьева Т.В. Роль почв в городе // Почвоведение, 1997. № 1. – С. 96—101.

21. Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв. – М., 1976. – 180 с.
22. Шерстнев А.К. Модификация методов определения пероксидаз и полифенолоксидаз //Экология и биология почв юга России. – Ростов-на-Дону, 2003. – С.95—97.
23. Щербакова Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества (в естественных и искусственных фитоценозах). – Минск, 1983. – 222 с.
24. Bezuglova O. S., Gorbov S. N., Evseeva N.V., Urkova E.G. Changing of the Urban Soil Biological Activity in the Case of Sealing-Up// Enzymes in the enviroment: activity, ecology, applications. Granada, Spain. July, 12 - 15, 1999. – P.122.