

УДК 631.412:577.151(476)

М.А. Шорец¹, О.М. Балаева-Тихомирова²

¹магистрант биологического факультета

Витебского государственного университета имени П.М. Машерова

²канд. биол. наук, доц., зав. каф. химии

Витебского государственного университета имени П.М. Машерова

e-mail: margarita-shorec@mail.ru¹

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ ОБЛАСТНЫХ ЦЕНТРОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Почвенные биосистемы в городах подвергаются существенным структурным преобразованиям, и это выражается прежде всего в перераспределении биологической активности в пределах почвенного профиля. В этой связи особое внимание следует обратить на один из показателей биохимических свойств почвы – ферментативную активность. В статье проанализирована активность ферментов почвы: каталазы, уреазы, инвертазы и протеазы – в почвенном покрове областных городов Республики Беларусь (Витебске, Могилеве и Минске). В каждом из городов исследованы три типа зон: прибрежная зона водоемов, центральная часть города и парковая зона. В ходе исследования использовали спектрофотометрический и титриметрический методы определения активности ферментов. Полученные данные сопоставлены со сравнительной шкалой активности ферментов почвы.

Введение

Биохимический гомеостаз почвы поддерживается ферментами [1]. Почвы характеризуются неоднородностью состава, но основные компоненты остаются стабильными: содержание органического вещества (гумуса, полисахаридов, аминокислот, витаминов), подвижных форм элементов и кислотность. Внесение органических и минеральных удобрений, пестицидов, промышленных и сельскохозяйственных отходов изменяет биохимическое равновесие почв. Почва с большим числом микроорганизмов, обладающая высокой ферментативной активностью и буферностью, способна восстанавливать равновесие [2]. Ферменты в почве характеризуются высокой устойчивостью к неблагоприятным условиям (повышенная влажность, антибиотические препараты, пестициды, тяжелые металлы). Функция ферментов при этом заключается в стабилизации метаболизма в почве, когда жизнедеятельность микроорганизмов подавляется [3].

Наиболее информативными и достоверными отработанными методами, характеризующими состояние почв, являются методы определения протеазы, уреазы и каталазы [4].

Активность почвенных ферментов используется как диагностический критерий почвенного плодородия, а изменение ферментативной активности сигнализирует об антропогенном воздействии [5]. Ферменты демонстрируют высокую устойчивость при длительном хранении; этот факт, а также низкая ошибка опытов способствуют применению параметров ферментативной активности как диагностического показателя состояния почвы [6].

Цель работы – исследовать активность почвенных ферментов в почвах с различной антропогенной нагрузкой в городах Республики Беларусь (Витебск, Могилев, Минск).

Материал и методы исследований

Почвы отбирали в городах Витебске, Могилеве и Минске; в каждом из мест было взято по три пробы в трех зонах: прибрежной зоне водоема, центре населенного пункта и парковой зоне (таблица 1).

Пробы почв отбирали в сентябре–октябре. Верхний растительный слой почвы снимали и на глубине 20 см отбирали опытную пробу, помещали в стеклянный сосуд с притертой крышкой. Пробы почвы в каждой из зон отбирали на расстоянии 10 м друг от друга. Анализ почвы проводили в течение трех недель с момента сбора проб, чтобы избежать нарушения почвенного состава.

Таблица 1. – Модель эксперимента

Город	Место отбора проб почвы		
	Прибрежная зона водоема	Центр населенного пункта	Парковая зона
Витебск	р. Западная Двина	Пл. Свободы	Парк им. Фрунзе
Могилев	р. Днепр	ул. Ленинская	Парк культуры и отдыха им. М. Горького
Минск	р. Свислочь	Пр-т Независимости	Лошицкий парк

Почвы исследовали по типу (таблица 2).

Таблица 2. – Типы почв в местах отбора проб

Город	Место отбора проб почвы		
	Прибрежная зона водоема	Центр населенного пункта	Парковая зона
Витебск	несвязный песок	дерновоподзолистая, среднесуглинистая, слабогумусная	дерновоподзолистая, супесчаная, слабогумусная, среднесуглинистая
Могилев	дерновоглеевая, среднегумусная	дерновоподзолистая, супесчаная, среднегумусная	дерновоподзолистая, супесчаная, среднегумусная
Минск	дерновоподзолистая, супесчаная, легкосуглинистая	дерновоподзолистая, легкосуглинистая, слабогумусная	дерновоподзолистая, легкосуглинистая,

Каталазную активность почвы определяли титриметрическим методом на основании измерения количества неразложившейся перекиси с образованием окрашенных комплексов [7]. Определение активности уреазы почвы проводилось спектрофотометрическим методом, основанным на учете количества аммиака, образующегося при гидролизе карбамида [8]. Спектрофотометрическое определение активности протеазы основано на учете количества аминокислот, образующихся при протеолизе внесенных в почву белков, путем связывания их в окрашенные комплексы. Активность инвертазы определяли спектрофотометрическим методом, который основан на изменении оптических свойств раствора сахарозы при воздействии фермента [9].

По завершении опыта были сопоставлены полученные результаты у групп между собой и с данными литературы по средней активности фермента.

Средняя активность каталазы $3\text{--}10\text{ см}^3\text{ O}_2$ на г за 1 мин, уреазы $10\text{--}30\text{ мг NH}_3$ на 10 г за 24 ч, протеазы $1\text{--}2\text{ мг альбумина}$ на 10 г за 24 ч, инвертазы $15\text{--}50\text{ мг глюкоза}$ г/сут [10].

Математическую обработку полученных результатов проводили методами параметрической и непараметрической статистики с использованием пакета статистических программ Microsoft Excel 2010, STATISTICA 6.0.

Результаты исследований

При исследовании почв с различной антропогенной нагрузкой была определена активность почвенных ферментов, оказывающих воздействие на показатели эколого-функционального состояния почвы.

Изучение каталазной активности почв выявило следующие закономерности (таблица 3).

Таблица 3. – Активность каталазы, $\text{см}^3\text{O}_2/\text{г}$ за 1 мин ($M \pm m$)

Город	Прибрежная зона водоема	Центр города	Парк
Витебск	$2,62 \pm 0,08$ ²⁻¹⁰	$7,23 \pm 0,14$ ^{1,3-10}	$5,43 \pm 0,08$ ^{1,2,4-10}
Могилев	$2,72 \pm 0,01$ ^{1-3,5-10}	$4,23 \pm 0,01$ ^{1-4,6-10}	$5,19 \pm 0,01$ ^{1-5,7-10}
Минск	$1,81 \pm 0,02$ ^{1-6,8-10}	$5,28 \pm 0,05$ ^{1-7,9,10}	$2,09 \pm 0,02$ ^{1-8,10}

Примечание. – ¹P < 0,05 по сравнению с почвой, взятой возле водоема в г. Витебске; ²P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Витебска; ³P < 0,05 по сравнению с почвой из парка в г. Витебске; ⁴P < 0,05 по сравнению с почвой, взятой возле водоема в г. Могилеве; ⁵P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Могилева; ⁶P < 0,05 по сравнению с почвой из парка г. Могилева; ⁷P < 0,05 по сравнению с почвой взятой возле водоема в г. Минске; ⁸P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Минска; ⁹P < 0,05 по сравнению с почвой из парка г. Минска; ¹⁰P < 0,05 по сравнению с ПДК.

В г. Витебске наибольшая активность каталазы установлена в центральной части города, а наименьшая – в прибрежной зоне водоема; значения отличаются между собой в 2,7 раза. Значения в центральной зоне города отличаются от парковой зоны в 1,3 раза.

В г. Могилеве наибольшая и наименьшая активность каталазы установлена в парковой зоне и прибрежной зоне водоема соответственно; значения отличаются между собой в 1,9 раза. Отличия между парковой и центральной зоной незначительны.

В г. Минске наибольшая каталазная активность установлена в центре города, а наименьшая – в прибрежной зоне; значения отличаются между собой в 2,9 раза. Значения в центре города и парке отличаются в 2,5 раза.

Наибольшая каталазная активность в прибрежной зоне водоема установлена в г. Могилеве, а наименьшая – в г. Минске; значения отличаются между собой в 1,5 раза. Отличия между г. Могилевом и г. Витебском незначительны.

В центральной зоне городов наибольшая и наименьшая активность каталазы выявлена в г. Витебске и г. Могилеве соответственно; значения отличаются между собой в 1,7 раза. Значение в г. Витебске превышает значение в г. Минске в 1,3 раза.

Наибольшая каталазная активность в парковой зоне установлена в г. Витебске, а наименьшая – в г. Минске; значения отличаются между собой в 2,5 раза. Отличия между г. Витебском и г. Могилевом незначительны.

Сравнивая полученные данные со средней активностью фермента, мы установили слабую активность каталазы в прибрежной зоне всех исследуемых нами городов и парковой зоне г. Минска; во всех остальных местах активность каталазы средняя.

Наименьшая каталазная активность отмечена в почвах г. Минска, это связано с тем, что столица Республики Беларусь – самый крупный город страны, в котором антропогенная нагрузка на почву выше, чем в остальных городах. Фермент каталаза проявляет достаточно высокую чувствительность к воздействиям антропогенного характера, и явление ингибирования данного фермента из-за антропогенного влияния позволяет применять каталазную активность при диагностике такого рода воздействий.

Исследование протеазной активности почв установило следующие закономерности (таблица 4).

Таблица 4. – Активность протеазы, мг альбумина / 10 г за 24 ч ($M \pm m$)

Город	Прибрежная зона водоема	Центр города	Парк
Витебск	$1,53 \pm 0,01^{2-10}$	$1,26 \pm 0,02^{1,3-10}$	$0,80 \pm 0,01^{1,2,4-10}$
Могилев	$1,23 \pm 0,01^{1-3,5-10}$	$1,02 \pm 0,01^{1-4,6-10}$	$0,79 \pm 0,01^{1-5,7-10}$
Минск	$1,06 \pm 0,01^{1-6,8-10}$	$1,05 \pm 0,01^{1-7,9,10}$	$0,65 \pm 0,02^{1-8,10}$

Примечание. – $^1P < 0,05$ по сравнению с почвой, взятой возле водоема в г. Витебске; $^2P < 0,05$ по сравнению с почвой из центра г. Витебска; $^3P < 0,05$ по сравнению с почвой из парка в г. Витебске; $^4P < 0,05$ по сравнению с почвой, взятой возле водоема в г. Могилеве; $^5P < 0,05$ по сравнению с почвой из центра г. Могилева; $^6P < 0,05$ по сравнению с почвой из парка г. Могилева; $^7P < 0,05$ по сравнению с почвой, взятой возле водоема в г. Минске; $^8P < 0,05$ по сравнению с почвой из центра г. Минска; $^9P < 0,05$ по сравнению с почвой из парка г. Минска; $^{10}P < 0,05$ по сравнению с ПДК.

В г. Витебске наибольшая и наименьшая протеазная активность установлена в прибрежной зоне и парке соответственно; значения отличаются между собой в 1,9 раза. Отличия между прибрежной зоной водоема и центральной зоной незначительны.

В г. Могилеве наибольшая активность фермента установлена в прибрежной зоне водоема, а наименьшая – в парке; значения отличаются в 1,5 раза. Отличия между прибрежной зоной и центральной частью города незначительны.

В г. Минске наибольшая протеазная активность наблюдается в прибрежной зоне водоема, а наименьшая – в парковой зоне города; значения отличаются между собой в 1,6 раза. Отличия между прибрежной зоной водоема и центральной частью города незначительны. Наибольшая протеазная активность в прибрежной зоне водоема установлена в г. Витебске, а наименьшая в г. Минске; значения отличаются между собой в 1,4 раза. Отличия между г. Витебском и г. Могилевом незначительны.

В центральной части городов наибольшая и наименьшая активность протеазы установлена в г. Витебске и г. Могилеве соответственно; отличия между данными незначительны. Значения между г. Витебском и г. Минском не имеют существенных отличий. Наибольшая активность протеазы в парковой зоне городов установлена в г. Витебске, а наименьшая – в г. Минске; отличия между данными незначительны. Значения между г. Витебском и г. Могилевом не имеют существенных отличий. Сравнивая полученные данные со средней активностью протеазы, мы установили, что в парковой зоне городов активность фермента слабая, во всех остальных зонах активность протеазы средняя. Слабая активность фермента связана с малой численностью и низкой активностью почвенных микроорганизмов в результате загрязнения почв сточными водами, выхлопами автотранспорта, атмосферными выбросами промышленных предприятий и др.

Изучение активности уреазы выявило следующие закономерности (таблица 5).

Таблица 5. – Активность уреазы, мг NH_3 / 10 г за 24 ч ($M \pm m$)

Город	Прибрежная зона водоема	Центр города	Парк
Витебск	$105,01 \pm 0,34^{2-10}$	$80,90 \pm 0,05^{1,3-10}$	$90,93 \pm 0,08^{1,2,4-10}$
Могилев	$83,51 \pm 0,01^{1-3,5-10}$	$79,29 \pm 0,01^{1-4,6-10}$	$58,19 \pm 0,01^{1-5,7-10}$
Минск	$106,03 \pm 0,36^{1-6,8-10}$	$113,50 \pm 0,82^{1-7,9,10}$	$90,52 \pm 0,17^{1-8,10}$

Примечание. – $^1P < 0,05$ по сравнению с почвой, взятой возле водоема в г. Витебске; $^2P < 0,05$ по сравнению с почвой из центра г. Витебска; $^3P < 0,05$ по сравнению с почвой из парка в г. Витебске; $^4P < 0,05$ по сравнению с почвой, взятой возле водоема в г. Могилеве; $^5P < 0,05$ по сравнению с почвой из центра г. Могилева; $^6P < 0,05$ по сравнению с почвой из парка г. Могилева; $^7P < 0,05$ по сравнению с почвой, взятой возле водоема в г. Минске; $^8P < 0,05$ по сравнению с почвой из центра г. Минска; $^9P < 0,05$ по сравнению с почвой из парка г. Минска; $^{10}P < 0,05$ по сравнению с ПДК.

В г. Витебске наибольшая уреазная активность установлена в прибрежной зоне водоема, а наименьшая – в центре города; значения отличаются между собой в 1,3 раза. Отличия между прибрежной зоной водоема и парковой частью города незначительны.

В г. Могилеве наибольшая и наименьшая активность фермента установлена в почве прибрежной зоны водоема и парковой зоне соответственно; значения отличаются между собой в 1,4 раза. Отличия между прибрежной зоной водоема и центральной зоной города незначительны.

В г. Минске наибольшая активность уреазы установлена в центре города, а наименьшая – в парке; отличия между зонами незначительны. Данные между центральной частью города и прибрежной зоной водоема не имеют существенных отличий.

В прибрежной зоне водоема наибольшая активность уреазы установлена в г. Минске, а наименьшая в г. Могилеве; отличия между данными незначительны. Значения между г. Витебском и г. Минском не имеют существенных отличий.

В центральной зоне городов наибольшая и наименьшая активность фермента установлена в г. Минске и г. Могилеве соответственно; значения отличаются между собой в 1,4 раза. Значение в г. Минске отличается от значения в г. Витебске в 1,4 раза.

В парковой зоне городов наибольшая уреазная активность установлена в г. Витебске, а наименьшая в г. Могилеве; значения отличаются между собой в 1,5 раза. Значения между г. Витебском и г. Минском не имеют существенных отличий.

Сравнив полученные данные со средней активностью фермента, мы установили, что в парковой зоне г. Витебска и г. Минска и центральной зоне г. Минска уреазная активность очень высокая; во всех остальных зонах активность уреазы высокая.

Такая высокая активность фермента обусловлена тем, что уреазную активность стимулирует концентрация тяжелых металлов в почве выше фоновых значений.

Таблица 6. – Активность инвертазы, мг $C_6H_{12}O_6$ / г/за 24 ч ($M \pm m$)

Город	Прибрежная зона водоема	Центр города	Парк
Витебск	$19,71 \pm 0,84$ ^{2,4,8-10}	$15,86 \pm 0,98$ ^{3,6-10}	$26,13 \pm 0,47$ ^{1,2,4,5,10}
Могилев	$12,76 \pm 0,38$ ^{1,3,6-10}	$14,31 \pm 0,77$ ^{1,3,6-10}	$22,49 \pm 0,88$ ^{2,4,5,8-10}
Минск	$24,23 \pm 0,75$ ^{1,2,4,5,8-10}	$30,47 \pm 0,49$ ^{1-7,10}	$36,72 \pm 1,02$ ^{1-7,10}

Примечание. – ¹P < 0,05 по сравнению с почвой, взятой возле водоема в г. Витебске; ²P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Витебска; ³P < 0,05 по сравнению с почвой из парка в г. Витебске; ⁴P < 0,05 по сравнению с почвой, взятой возле водоема в г. Могилеве; ⁵P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Могилева; ⁶P < 0,05 по сравнению с почвой из парка г. Могилева; ⁷P < 0,05 по сравнению с почвой, взятой возле водоема в г. Минске; ⁸P < 0,05 по сравнению с почвой из центра г. Минска; ⁹P < 0,05 по сравнению с почвой из парка г. Минска; ¹⁰P < 0,05 по сравнению с ПДК.

В г. Витебска наибольшая активность инвертазы в парковой зоне, наименьшая – в центре города; значения в почвах между зонами отличаются в 1,6 раза; значения в почвах парковой зоны и прибрежной зоны водоема отличаются между собой в 1,3 раза.

В г. Могилеве наибольшая активность инвертазы в парковой зоне, наименьшая – в прибрежной зоне водоема; значения в почвах между зонами отличаются в 1,8 раза. Значения в почвах парковой зоны и центральной зоны города отличаются между собой в 1,6 раза.

В г. Минске наибольшая активность инвертазы в парковой зоне, наименьшая – в прибрежной зоне водоема; значения в почвах между зонами отличаются в 1,5 раза. Значения в почвах парковой зоны и центральной зоны города отличаются между собой в 1,2 раза.

В прибрежной зоне водоема наибольшая активность протеазы в г. Минске, а наименьшая – в г. Могилеве; данные отличаются между собой в 1,9 раза. Отличие в значениях между г. Минском и г. Витебском составляют 1,2 раза.

В центральной зоне города наибольшая и наименьшая активность инвертазы установлена в г. Минске и г. Могилеве соответственно; отличие между данными составляет 2,1 раза. Данные между г. Минском и г. Витебском отличаются в 1,9 раза.

В парковой зоне городов наибольшая активность инвертазы в г. Минске, а наименьшая – в г. Могилеве; отличие между данными составляет 1,6 раза. Данные между г. Минском и г. Витебском отличаются в 1,4 раза.

Сравнив полученные данные со средней активностью фермента, мы установили слабую активность фермента в прибрежной зоне водоема и центральной части г. Могилева; во всех остальных зонах значения в пределах средней активности фермента.

Таблица 7. – Сравнительная экологическая характеристика активности ферментов в почве ($M \pm m$)

Фермент	Город	Прибрежная зона водоема	Центр города	Парк
Каталаза	Витебск	$2,62 \pm 0,08$	$7,23 \pm 0,14$	$5,43 \pm 0,08$
	Могилев	$2,72 \pm 0,01$	$4,23 \pm 0,01$	$5,19 \pm 0,01$
	Минск	$1,81 \pm 0,02$	$5,28 \pm 0,05$	$2,09 \pm 0,02$
Протеаза	Витебск	$1,53 \pm 0,01$	$1,26 \pm 0,02$	$0,80 \pm 0,01$
	Могилев	$1,23 \pm 0,01$	$1,02 \pm 0,01$	$0,79 \pm 0,01$
	Минск	$1,06 \pm 0,01$	$1,05 \pm 0,01$	$0,65 \pm 0,02$
Уреаза	Витебск	$105,01 \pm 0,34$	$80,90 \pm 0,05$	$90,93 \pm 0,08$
	Могилев	$83,51 \pm 0,01$	$79,29 \pm 0,01$	$58,19 \pm 0,01$
	Минск	$106,03 \pm 0,36$	$113,50 \pm 0,82$	$90,52 \pm 0,17$
Инвертаза	Витебск	$19,71 \pm 0,84$	$15,86 \pm 0,98$	$26,13 \pm 0,47$
	Могилев	$12,76 \pm 0,38$	$14,31 \pm 0,77$	$22,49 \pm 0,88$
	Минск	$24,23 \pm 0,75$	$30,47 \pm 0,49$	$36,72 \pm 1,02$

В г. Витебске наибольшая протеазная и уреазная активность установлена в почве прибрежной зоны водоема; наибольшая каталазная активность выявлена в центральной части города; наибольшая инвертазная активность выявлена в парковой зоне города. Наименьшая активность каталазы получена в почве прибрежной зоны водоема, протеазы – в парковой зоне города, а уреазы и инвертазы – в центре города.

В г. Могилеве наибольшая протеазная и уреазная активность установлена в почве прибрежной зоны водоема, а наибольшая каталазная и инвертазная активность выявлена в парковой зоне города. Наименьшая активность ферментов каталазы и инвертазы выявлена в почве прибрежной зоны водоема, протеазы и уреазы – в парковой зоне города.

В г. Минске наибольшая протеазная и уреазная активность установлена в почве прибрежной зоны водоема; наибольшая каталазная активность выявлена в центральной части города; наибольшая активность инвертазы – в парковой зоне. Наименьшая активность каталазы и инвертазы получена в почве прибрежной зоны водоема, протеазы и уреазы – в парковой зоне города.

Таблица 8. – Соотношение активности ферментов в исследуемых образцах почв со средней активностью фермента в почвах

Фермент	Город	Прибрежная зона водоема	Центр города	Парк
Каталаза	Витебск	↓1,14*	→	→
	Могилев	↓1,10*	→	→
	Минск	↓1,65*	→	↓1,43*
Протеаза	Витебск	→	→	↓1,25*
	Могилев	→	→	↓1,26*
	Минск	→	→	↓1,50*
Уреаза	Витебск	↑3,50*	↑2,69*	↑3,03*
	Могилев	↑2,78*	↑2,64*	↑1,93*
	Минск	↑3,53*	↑3,78*	↑3,02*
Инвертаза	Витебск	→	→	→
	Могилев	↓1,17	↓1,04	→
	Минск	→	→	→

Примечание. – $P^* < 0,05$ по сравнению со средней активностью фермента (↓ во столько раз меньше, ↑ во столько раз больше); → – данные в пределах значения средней активности фермента.

В г. Витебске средняя активность каталазы установлена в центре города и парке, протеазы – в почве прибрежной зоны водоема и центре года. Слабая каталазная активность установлена в почве прибрежной зоны водоема, а слабая протеазная активность – в парке. Уреазная активность во всех трех зонах г. Витебска выше среднего значения. Активность инвертазы во всех исследуемых нами зонах г. Витебска средняя.

В г. Могилеве средняя активность каталазы установлена в центре города и парке, протеазы – в почве прибрежной зоны водоема и центре города. Слабая каталазная активность установлена в почве прибрежной зоны водоема, а слабая протеазная активность – в парке. Уреазная активность во всех трех зонах г. Могилева выше среднего значения. Активность инвертазы в парковой зоне средняя, в прибрежной зоне водоема и центральной части города – слабая.

В г. Минске средняя активность каталазы установлена в центре города, протеазы – в почве прибрежной зоны водоема и центре города. Слабая каталазная активность установлена в почве прибрежной зоны водоема и парке, а слабая протеазная активность – в парке. Уреазная активность во всех трех зонах г. Минска выше среднего значения. Активность инвертазы во всех исследуемых нами зонах г. Минска средняя.

Закключение

Наибольшая активность каталазы и протеазы в почвенном покрове установлена в г. Витебске, а наименьшая – в г. Минске.

Наибольшая активность уреазы выявлена в почвах г. Минска, а наименьшая – г. Могилева.

Наибольшая активность инвертазы выявлена в почвах г. Минска, а наименьшая – г. Могилева.

Низкая активность ферментов каталазы и протеазы обусловлена загрязнением почв областных городов (в результате выбросов промышленных предприятий, сброса сточных вод, выхлопов от автомобильного транспорта и др.). Высокая активность уреазы обусловлена тем, что загрязнение почвенного покрова стимулирует уреазную активность. Активность инвертазы тесно связана с содержанием органического вещества [11] и деятельностью почвенной микрофлоры [12], причем эта зависимость носит характер прямой пропорциональности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д. Г. Звягинцев [и др.]. – М. : Изд-во МГУ, 1980. – С. 224.
2. Organic matter components, aggregate stability and biological activity in a horticultural soil fertilized with different rates of two sewage sludges during ten years / R. Albiach [et al.] // *Bioresource Technology*. – 2001. – Vol. 77, № 2. – P. 109–114.
3. Гельцер, Ю. Г. Биологическая диагностика почв / Ю. Г. Гельцер. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – 80 с.
4. Прунтова, О. В. Курс лекций по общей микробиологии и основам вирусологии : в 2 ч. / О. В. Прунтова, О. Н. Сахно, М. А. Мазиров. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2006. – Ч. 1. – 192 с.
5. Приваленко, В. В. Экологические проблемы антропогенных ландшафтов Ростовской области : в 2 т. / В. В. Приваленко, О. С. Безуглова. – Ростов н/Д : Изд-во СКНЦ ВШ, 2003. – Т. 1 : Экология города Ростова-на-Дону. – С. 182–240.
6. Вальков, В. Ф. Почвоведение : учеб. для вузов / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. – М. : Март, 2004. – 496 с.
7. Фомина, Н. В. Микробиологическая характеристика почв рекреационных зон г. Красноярска / Н. В. Фомина // Проблемы современной аграрной науки : материалы Междунар. заоч. науч. конф. – Красноярск, 2012. – С. 9–11.
8. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М. : Изд-во МГУ, 1970. – 471 с.
9. Воробьева, Л. А. Химический анализ почв / Л. А. Воробьева. – М. : МГУ, 1998. – 273 с.
10. Федорец, Н. Г. Методика исследования почв урбанизированных территорий / Н. Г. Федорец, М. В. Медведева. – Петрозаводск : Карел. науч. центр РАН, 2009. – 84 с.
11. Купревич, В. Ф. Биологическая активность и методы ее определения / В. Ф. Купревич. – Минск : Наука и техника, 1974. – 193 с.
12. Пейве, Я. В. Биохимия почв / Я. В. Пейве. – М. : Сельхозгиз, 1961. – 422 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 20.01.2018

Shorets M.A., Balaeva-Tikhomirova O.M. Enzymatic Activity of Soils of Regional Centers of the Republic of Belarus

Soil biosystems in cities undergo significant structural changes, and this is expressed, first of all, in the redistribution of biological activity within the soil profile. In this regard, particular attention should be paid to one of the indicators of the biochemical properties of the soil – enzymatic activity. The activity of soil enzymes – catalase, urease, invertase and protease in the soil cover of the regional cities of the Republic of Belarus (Vitebsk, Mogilev and Minsk) is analyzed in the article. In each of the cities, three types of zones are investigated: the coastal zone of water bodies, the central part of the city and the park zone. In the course of the study, spectrophotometric and titrimetric methods for the determination of enzyme activity were used. The data obtained are compared with the comparative scale of activity of soil enzymes.