
FOREST SOIL SCIENCE



Ye. I. Maltsev ✉

UDK 631.427:
630*22.872(477.7)

*B. Khmelniyskiy Melitopol State Pedagogical University,
Lenin str., 20, Melitopol, Zaporizhzhya region,
Ukraine, 72312*

BIOLOGICAL ACTIVITY IN THE FOREST FLOOR OF ARTIFICIAL FORESTS IN THE STEPPE ZONE

Abstract. A special role in the biological cycle in forest biogeocoenoses plays forest floor, which connects the abiotic and biotic components in an integral system, affects the genesis of forest soils and productivity of forest plantations. The most informative indicators of biological activity of the soil and the forest floor are the activity of enzymes, the intensity of carbon dioxide emissions, the number and qualitative composition of the main groups of microorganisms. Particular specificity of these indicators acquire in artificial forest plantations in the steppe zone, due to the geographical, ecological and often a mismatch in habitat conditions for forest.

The aim of this work was to study the biological activity of the forest floor in artificial forest plantations in the steppe zone of Ukraine (on the example of Staro-Berdyansk forest).

Staro-Berdyansk forest (Zaporizhia region, Ukraine), founded in 1846 on the left bank of the Molochnaya river. Studies of the biological activity of the forest floor carried out on stationary plots in stands of *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L. and *Pinus pallasiana* D. Don during 2013 year seasonally.

Analysis of the data series using correlation method showed that the increase in the forest floor the magnitude of algae, micromycete and oligotrophic microorganisms is accompanied by an increase in catalase activity (correlation coefficients: 0,80; 0,91; 0,95), at the same time micromycete and oligotrophs positively associated with thermolabile component of catalase activity (correlation coefficients: 0,75; 0,95). In periods of reduction of catalase activity increases the number of actinomycetes ($r = -0,67$). Polyphenol oxidase activity is positively correlated with the magnitude of micromycete in the forest floor ($r = +0,68$) and negatively with the population of actinomycetes ($r = -0,86$) and bacteria, that use mineral nitrogen compounds ($r = -0,69$). In periods of activation of phosphatase the magnitude of algae and micromycete decreases ($r = -0,92$ and $r = -0,80$; respectively) and cellulolytic microorganisms increases ($r = +0,75$).

Integral indicator of biological activity of the forest floor is the amount of carbon dioxide emitted, indicating the intensity of the processes of transformation of organic matter. The greatest intensity of carbon dioxide emissions recorded in autumn samples of locust bean and pine plantations. The oak stands a high level of carbon dioxide emissions occur in summer and autumn.

The magnitude of microorganisms and algae, enzyme activity and the intensity of carbon dioxide emissions in the forest floor changed by seasonal, which corresponds to the dynamics of the overall progress of biological processes occurring in the forest floor. On the biological activity of the forest floor is significantly affected by the composition of plant residues, which generally corresponds to the views of various researchers who have noted a correlation of enzyme activity in the soil with

✉ Tel.: +38067-696-00-62, e-mail: mz_5@ukr.net

DOI: 10.15421/041515

ISSN 1684-9094. Gruntoznavstvo. 2015. Vol. 16, no. 3-4

31

the magnitude of microorganisms, as well as biochemical and chemical composition of forest floor and the stages of its destruction.

Key words: forest floor, algae, microorganisms, enzymatic activity, carbon dioxide emissions, the steppe zone.

УДК 631.427: 630*22.872(477.7) **Є. І. Мальцев**

Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького, вул. Леніна, 20, м. Мелітополь, Запорізька обл., Україна, 72312, тел.: +38067-696-00-62, e-mail: mz_5@ukr.net

БИОЛОГИЧНА АКТИВНІСТЬ ЛІСОВОЇ ПІДСТИЛКИ ШТУЧНИХ ЛІСІВ СТЕПОВОЇ ЗОНИ

Анотація. Стаття присвячена вивченню біологічної активності підстилки штучних лісових насаджень в степовій зоні України. Досліджено позасезонні зміни чисельності водоростей і різних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, ферментативної активності та інтенсивності виділення вуглекислого газу в лісовій підстилці. Показано, що збільшення в підстилці чисельності водоростей, мікроміцетів і оліготрофних мікроорганізмів супроводжується збільшенням каталазної активності. У періоди зменшення каталазної активності збільшується чисельність актиноміцетів. Активність поліфенолоксидаз позитивно корелює з чисельністю в підстилці мікроміцетів і негативно з заселеністю підстилки актиноміцетами і бактеріями, що здатні засвоювати мінеральні сполуки азоту. У періоди активізації фосфатази чисельність водоростей і мікроміцетів зменшується, а целлюлозоруйнівних - мікроорганізмів збільшується.

Ключові слова: лісова підстилка, водорості, мікроорганізми, ферментативна активність, виділення вуглекислого газу, степова зона.

УДК 631.427: 630*22.872(477.7) **Е. И. Мальцев**

Мелітопольский государственный педагогический университет им. Б. Хмельницкого, ул. Ленина, 20, г. Мелітополь, Запорожская обл., Украина, 72312, тел.: +38067-696-00-62, e-mail: mz_5@ukr.net

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ ИСКУССТВЕННЫХ ЛЕСОВ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ

Аннотация. Статья посвящена изучению биологической активности подстилки искусственных лесных насаждений в степной зоне Украины. Исследованы сезонные изменения численности водорослей и различных эколого-трофических групп микроорганизмов, ферментативной активности и интенсивности выделения углекислого газа в лесной подстилке. Показано, что увеличение в подстилке численности водорослей, микромицетов и олиготрофных микроорганизмов сопровождается увеличением каталазной активности. В периоды уменьшения каталазной активности увеличивается численность актиномицетов. Активность полифенолоксидаз положительно коррелирует с численностью в подстилке микромицетов и отрицательно с заселенностью подстилки актиномицетами и бактериями, усваивающими минеральные соединения азота. В периоды активизации фосфатазы численность водорослей и микромицетов уменьшается, а целлюлозоразрушающих микроорганизмов увеличивается.

Ключевые слова: лесная подстилка, водоросли, микроорганизмы, ферментативная активность, выделение углекислого газа, степная зона.

ВСТУП

Особую роль в процессах биологического круговорота в лесных биогеоценозах играет лесная подстилка, связывая абиотические и биотические компоненты в

целостную систему и во многом определяя не только генезис лесных почв, но и продуктивность лесных насаждений (Zonn, 1954; Dobrovolskiy, 1998). В связи с этим становится очевидным интерес к изучению биологической активности подстилки, которую с позиции системного подхода следует рассматривать как результирующую взаимодействия комплекса абиотических, биотических и антропогенных факторов, применяемым в целом для оценки биологической активности почвы (Volkogon et al., 2010). К наиболее информативным показателям биологической активности почвы и, соответственно, подстилки, можно отнести активность ферментов, интенсивность выделения углекислого газа, численность и качественный состав основных групп микроорганизмов и некоторые др. Подстилка характеризуется высокой численностью и разнообразием различных групп организмов: бактерий, грибов, актиномицетов, водорослей, беспозвоночных, а также активностью ферментов (Zvyagintsev et al., 2005; Kovalenko, 2004; Shebalova, 2009; Scherbakov, 2011 и др.). Ферменты лесной подстилки, как подчеркивает Н. М. Шебалова (Shebalova, 2009), имеют двойственную природу и представлены остатками ферментов растений и эпифитной микрофлоры в свежем опаде, а также ферментами микроорганизмов, которые развиваются в подстилке в процессе ее разложения. В результате иммобилизации с помощью различных механизмов связывания с минеральными и органическими компонентами обеспечивается высокая активность ферментов в почве и подстилке на протяжении длительного времени (Galstyan, 1982; Vorobeva, Gviniashvili, 1992).

Структурно-динамические параметры ферментативных комплексов, а также состав и численность различных групп микроорганизмов подстилки различных лесных биогеоценозов имеет свои особенности и отражают напряженность и направленность биохимических процессов, происходящих в них. Особую специфику они приобретают в искусственных лесных насаждениях в степной зоне, что обусловлено географическим, а часто и экологическим несоответствием леса условиям обитания (Belgard, 1971).

Целью настоящей работы было изучение биологической активности подстилки искусственных лесных насаждений в степной зоне Украины (на примере Старо-Бердянского леса).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В пределах распространения темно-каштановых почв явления аридизации проявляются достаточно резко и усложняют создание лесных насаждений. Частично лесопригодные и лесопригодные почвы располагаются в долинах рек (Belgard, 1971). Старо-Бердянский лесной массив (Запорожская обл., Украина) заложен в 1846 году на левом берегу р. Молочная. Исследования биологической активности лесной подстилки проводили на стационарных пробных площадях в насаждениях *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Pinus pallasiana* D. Don на протяжении 2013 г. сезонно.

Насаждение дуба обыкновенного находится в пойме реки. Средний возраст деревьев – 70 лет. Во втором ярусе встречалась *Tilia cordata* Mill. Основными доминантами живого напочвенного покрытия были *Galium aparine* L. и *Torilis japonica* (Houtt.) DC. В насаждении сосны крымской на второй песчаной террасе в подлеске встречался *Celtis occidentalis* L. Живой напочвенный покров формировали *Galium aparine*, *Torilis japonica*, *Stellaria media* (L.) Vill., *Taraxacum officinale* Webb. Ex Wigg. Насаждение белой акации располагалось в месте перехода к третьей суглинистой террасе. Среди исследованных насаждений, белоакациевое было самым молодым. Средний возраст деревьев – 45 лет. В травянистом покрове наиболее часто встречались *Cardaria draba* (L.) Desv. и *Elytrigia repens* (L.) Nevski.

Отбирали подстилку сезонно с использованием прямоугольного шаблона 20 × 20 см на пробных площадях в каждом насаждении в пятикратной повторности.

Микробиологические анализы и определение ферментативной активности выполнены в свежих образцах подстилки на следующий день после отбора на базе отдела микробиологии Института сельского хозяйства Крыма. Каталазную активность определяли газометрическим методом, пероксидазную – колориметрированием тетрагваякохинона с зеленым светофильтром, полифенолоксидазную – титрованием остатка аскорбиновой кислоты йодометрическим методом, фосфатазную – через учет фосфора (P_2O_5 на 100 г подстилки) колориметрическим методом, инвертазную – по количеству глюкозы, которая образуется при ферментативном гидролизе сахарозы (Gritsaenko, 2003; Naziev, 2005). Интенсивность выделения углекислого газа – определяли адсорбционным методом. Численность микроорганизмов различных эколого-трофических групп определяли методом посева на плотные селективные питательные среды (МПА – мясо-пептонный агар, ГА – голодный агар, КАА – крахмало-аммиачный агар, среда Гетчинсона, Муромцева, Виноградского, Чапека) (Voznyakovskaya, 1982; Popova et al., 1987; Borovikova, 2003; Volkogon et al., 2010) и представляли в колониеобразующих единицах (КОЕ) на 1 г абсолютно сухой подстилки; численность клеток водорослей определяли методом прямого счета (Gollerbakh, Shtina, 1969) в свежееотобранных образцах подстилки.

При экспериментальных исследованиях использовалась 3–6 кратная повторность, обеспечивающая p не более 0,05. Достоверность различия полученных величин оценивали по критерию Стьюдента (t). В работе применялся метод корреляционного анализа. Статистическая обработка результатов проведена с использованием Statistica – 6.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В лиственной и хвойной подстилке изученных искусственных насаждений численность микроорганизмов различных эколого-трофических групп и микроскопических фотосинтезирующих водорослей, а также интенсивность выделения углекислого газа и активность ферментов изменяются по сезонам и имеют особые черты в зависимости от состава лесообразующей породы.

Численность аминотрофов наибольших значений достигает в подстилке весной – до $945 \pm 75,4 \cdot 10^5$ КОЕ/г, при этом, лиственная подстилка в сравнении с хвойной характеризовалась более интенсивным развитием аминотрофов. Аммонификаторы особенно многочисленны в хвойной подстилке осенью, а в лиственных – летом. Количество олиготрофных микроорганизмов возрастает осенью и особенно высоких показателей (до $1008 \pm 52 \cdot 10^4$ КОЕ/г абсолютно сухой подстилки) достигает в дубовом насаждении. В летний период в подстилке соснового и дубового насаждений значительно (на один порядок) возрастает количество целлюлозоразрушающих организмов. Для белоакациевого насаждения летние и весенние показатели численности целлюлозоразрушающих бактерий достоверно не отличались и изменялись в диапазоне $1316–1460 \cdot 10^2$ КОЕ/г абсолютно сухой подстилки. Микромицеты во всех исследованных насаждениях наиболее многочисленными были в осенних образцах подстилки. Несколько выше их численность отмечена в лиственной подстилке ($43–49 \cdot 10^2$ КОЕ/г) в сравнении с хвойной ($26 \pm 0,8 \cdot 10^2$ КОЕ/г абсолютно сухой подстилки). Напротив, актиномицеты осенью были в минимальном количестве и высокой численностью характеризовались в весенне-летних образцах подстилки, достигая в различных насаждениях от $(22 \pm 3,2) \cdot 10^5$ до $51 \pm 5,7 \cdot 10^5$ КОЕ на г абсолютно сухой подстилки. Количество водорослей максимальных значений достигало в весенне-осенний период. При этом их численность весной изменялась в диапазоне $151,9–233,9 \cdot 10^3$ а осенью – $201,2–434,1 \cdot 10^3$ клеток на г абсолютно сухой подстилки.

Изученная подстилка также отличается активностью ферментов и характером изменения их активности по сезонам (*таблица*).

Интенсивность дыхания подстилки и ее ферментативная активность в различных насаждениях по сезонам

Сезон	Интенсивность выделения CO ₂ , мг/г за 24 час.	Катализная активность, мл O ₂ /мин.		Активная фосфатаза, мг P ₂ O ₅ на 100 г подстилки / 48 час.	Инвертазная активность, мл глюкозы/г подстилки / 24 час.	Активность пероксидаз, мкмоль гваякола/г подстилки / 30 мин.	Активность полифенол-оксидаз, мл KJO ₃ /100 г подстилки / 30 мин.
		общая	термолабильная				
Дубовое насаждение							
Весна	13,0±0,2	8,8±0,4	7,5±0,3	8,9±0,8	40,90±8,2	71,9±30,9	0,521±0,068
Лето	30,7±0,3	6,8±1,4	5,7±1,3	21,2±0,4	37,65±0,01	90,3±0,01	2,400±0,029
Осень	30,0±0,2	31,3±0,3	30±0,6	1,9±0,01	7,7±0,01	78,9±0,01	3,259±0,209
Сосновое насаждение							
Весна	6,1±0,8	4,3±0,1	2,9±0,3	12,3±0,2	22,45±2,0	28,9±12,4	0,441±0,064
Лето	9,1±3,3	4,9±0,1	3,6±0,2	23,7±0,01	31,6±1,0	51,8±3,8	1,940±0,56
Осень	43,2±1,4	12,0±0,4	10,7±0,3	2,9±0,01	6,8±0,01	63,4±0,01	5,368±0,060
Белокациевое насаждение							
Весна	11,5±0,06	9,9±0,1	8,3±0,3	8,6±1,4	32,65±0,01	58,5±26,5	0,594±0,091
Лето	2,3±1,2	7,7±0,1	6,3±0,1	24,2±0,01	30,7±1,9	62,9±9,6	1,211±0,280
Осень	25,8±2,2	21,8±0,8	11,5±0,5	1,4±0,01	5,40±0,2	67,3±2,0	3,850±0,272

*Данные достоверны при p=0,05

Каталаза – фермент класса оксидоредуктаз, катализирует реакцию разложения перекиси водорода на воду и молекулярный кислород и в подстилке образуется в результате биохимического окисления органических веществ. По каталазной активности судят о скорости окислительных процессов. Более высокая каталазная активность отмечена в лесной подстилке лиственных насаждений, а среди них – в дубовом. Во всех вариантах преобладает ее термолабильная составляющая (*таблица*). Активность каталаз значительно (в 2,2–4,6 раз) возрастает в осенних образцах подстилки, когда в нее поступает в больших количествах свежий растительный опад, в том числе, в сосновом насаждении за счет опада лиственных пород подлеска и отмирающих частей травянистых растений.

Активность инвертаз, напротив, в осенний период резко уменьшается как в хвойной, так и лиственной подстилке. Максимальные значения активности энзима соответствуют весенне-летнему периоду, чему очевидно способствует обогащение подстилки легко гидролизуемыми углеводными соединениями вследствие абиотической трансформации растительного опада (оттаивание-промораживание (Vogatyirev, 1996), а также в результате его микробной трансформации. Высокая активность инвертаз сохраняется и в летний период.

Окислительно-восстановительные ферменты имеют огромную роль в процессах почвообразования и служат индикатором напряженности процессов окисления и гумификации органических веществ. Полифенолоксидаза катализирует окисление полифенолов в хиноны в присутствии свободного кислорода воздуха, участвуя в превращении органических соединений ароматического ряда в компоненты гумуса (Galstyan, 1982; Naziev, 2005). Пероксидаза же катализирует окисление полифенолов в присутствии перекиси водорода или органических перекисей. При этом ее роль состоит в активировании перекисей, поскольку они обладают слабым окисляющим действием на фенолы. Далее может происходить конденсация хинонов с аминокислотами и пептидами с образованием первичной молекулы гуминовой кислоты, которая в дальнейшем способна усложняться за счет повторных конденсаций (Копонова, 1963). Активность полифенолоксидаз постепенно увеличивается от весны к осени во всех исследованных насаждениях. Разница между минимальными и максимальными показателями составляет в лиственных насаждениях 84,0–84,6 %, в хвойном – 91,8 %.

Активность пероксидаз по сезонам варьирует незначительно. В целом в пределах лиственных насаждений она изменяется в пределах 13,1–20,4 %, а в хвойном – на 54,4 %. Минимальные значения во всех случаях отмечены весной. Для белоакациевого и соснового насаждений максимальная активность пероксидаз характерна для осеннего периода, а для дубового – летом.

Активность фосфатазы имеет иные закономерности: максимальные показатели фиксируются летом, весной они на 48,1–64,5 %, а осенью на 87,8–94,2 % меньше летних. Существенной разницы между лиственной и хвойной подстилками по активности фосфатазы не отмечено. Учитывая, что активность фосфатаз находится в обратной зависимости от обеспеченности растений подвижным фосфором, повышение фосфатазной активности в летний период имеет большое значение для мобилизации в ней фосфора.

Интегральным показателем биологической активности подстилки является количество выделяемого углекислого газа, свидетельствующее об интенсивности процессов трансформации органического вещества. Наибольшая интенсивность выделения углекислого газа отмечена в осенних образцах в белоакациевом и сосновом насаждении. В дубовом насаждении высокий уровень выделения углекислого газа происходит в летне-осенний период.

Активность ферментативного комплекса лиственных подстилок и хвойной отличается. В лиственных насаждениях на протяжении вегетационного периода в среднем выше активность каталаз и пероксидаз, в сосновом – полифенолоксидаз,

обеспечивающих разложение полифенольных соединений, которые в большом количестве содержатся в опаде хвойных растений (Kovalenko, 2004).

Независимо от происхождения растительного опада в осенний период наблюдается увеличение активности каталаз, полифенолоксидаз и интенсивности выделения углекислого газа; активность фосфатаз максимума достигала летом; инвертаз – в весенне-летний период. Сезонная динамика активности различных групп ферментов, несмотря на наличие общих закономерностей проявляет зональные особенности и связь с характером почвообразовательных процессов и фитоценозом (Volkogon et al., 2010). Например, в черноземе обыкновенном целинных участков под степной растительностью (Ростовская обл.), как следует из работы Л. Ю. Гончаровой и др. (Goncharova et al., 1990), максимум активности инвертаз соответствовал весенне-осеннему периоду, а летнему периоду соответствовал минимум активности фосфатаз.

Анализ рядов данных с применением корреляционного метода показал, что увеличение в подстилке численности водорослей, микромицетов и олиготрофных микроорганизмов сопровождается увеличением каталазной активности (коэффициенты корреляции соответственно: +0,80; +0,91; +0,95), при этом микромицеты и олиготрофы положительно связаны и с термолабильной составляющей каталазной активности (коэффициенты корреляции соответственно: +0,75; +0,95). В периоды уменьшения каталазной активности увеличивается численность актиномицетов ($r=-0,67$). Активность полифенолоксидаз положительно коррелирует с численностью в подстилке микромицетов ($r=+0,68$) и отрицательно с заселенностью подстилки актиномицетами ($r=-0,86$) и бактериями, усваивающими минеральные соединения азота ($r=-0,69$). В периоды активизации фосфатазы численность водорослей и микромицетов уменьшается ($r=-0,92$ и $r=-0,80$ соответственно), а целлюлозоразрушающих микроорганизмов увеличивается ($r=+0,75$).

На наличие тесных корреляционных связей между численностью различных групп микроорганизмов, а также между численностью микроорганизмов и ферментативной активностью почв указывали и ранее (Moskalevska, Patika, 2014).

ВЫВОДЫ

Численность микроорганизмов и водорослей, активность ферментов и интенсивность выделения углекислого газа в подстилке изменяется по сезонам, что соответствует динамике общего хода биологических процессов, происходящих в подстилке. На биологическую активность лесной подстилки существенное влияние оказывает состав растительного опада, что в целом соответствует взглядам различных исследователей, которые отмечали корреляционную связь активности ферментов в почве с количеством микроорганизмов, а также с биохимическим и химическим составом опада и подстилки и этапами его деструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Belgard, A. L., 1971.** Stepnoe lesovedenie [Steppe silvics], Forest industry, Moscow (in Russian).
- Bogatyirev, L. G., 1996.** Obrazovanie podstilok – odin iz vazhneyshih protsessov v lesnyih ekosistemah [Formation of forest floor – one of the most important processes in forest ecosystems], Eurasian Soil Science, 4, 501–511 (in Russian).
- Borovikova, T. P., 2003.** Metodicheskoe posobie po pochvennoy mikrobiologii [Methodical manual for the soil microbiology], Krivoy Rog (in Russian).
- Dobrovolskiy, V. V., 1998.** Osnovy biogeohimii [Fundamentals of biogeochemistry], Higher School, Moscow (in Russian).
- Galstyan, A. Sh., 1982.** Ob ustoychivosti fermentov pochvyi [On the stability of the soil enzymes], Eurasian Soil Science, 4, 108–110 (in Russian).
- Gollerbakh, M. M., Shtina, E. A., 1969.** Pochvennyie vodorosli [Soil algae], Nauka, Leningrad (in Russian).
- Goncharova, L. Yu., Bezuglova, O. S., Valkov, V. F., 1990.** Sezonnaya dinamika soderzhaniya gumusa i fermentativnoy aktivnosti chernozema obyiknovennogo karbonatnogo

[Seasonal dynamics of humus content and enzymatic activity of ordinary black humus earth carbonate], Eurasian Soil Science, 10, 86–93 (in Russian).

Gritsaenko, Z. M., Gritsaenko, A. O., Karpenko, V. P., 2003. Metodi biologichnih ta agrohimichnih doslidzhen roslin i gruntiv [Methods of biological and agrochemical research of soils and plants], Nichlava, Kyiv (in Ukrainian).

Haziev, F. H., 2005. Metodyi pochvennoy enzimologii [Methods of soil enzymology], Sciences, Moscow (in Russian).

Kovalenko, L. A., 2004. Otsenka sostoyaniya pochvennyih ekosistem lesnyih biogeotsenozov na tehnogennyih territoriyah promyshlennyih rayonov [Assessment of the state soil ecosystems, forest ecosystems in the areas of man-made industrial areas], Forest Journal, 5, 43–46 (in Russian).

Kononova, M. M., 1963. Organicheskoe veshchestvo pochvy: ego priroda, svoystva i metody izucheniya [Soil organic matter: its nature, properties and methods of the study], Publishing house of the Moscow Academy of Sciences of the USSR, Moscow (in Russian).

Moskalevska, Yu. P., Patika, M. V., 2014. Bioogichna aktivnist ta mikrobna transformatsiya organichnoyi rehovini chornozemu tipovogo za riznih umov zemlerobstva [Biological activity and microbial transformation of organic matter typical black soil under different farmin], Ohorona navkolishnogo seredovischa, 2, 68–72 (in Ukrainian).

Popova, Zh. P., Gersh, N. B., Gamova, M. V. et al., 1987. Osnovnyie mikrobiologicheskie i biohimicheskie metodyi issledovaniya pochvyi (Metodicheskie rekomendatsii) [Basic microbiological and biochemical research

methods of soil (Guidelines)], Leningrad (in Russian).

Shebalova, N. M., 2009. Aktivnost fermentov kak pokazatel sostoyaniya lesorastitelnyih svoystv pochv, raspolozhennyih v zonah tehnogennoho zagryazneniya [The enzyme activity as an indicator of the state of silvicultural properties of soils located in the areas of technogenic pollution], Agrarniy vestnik Urala, 3(57), 92–94 (in Russian).

Scherbakov, I. V., 2011. Aktivnost katalazyi v podgorizontah lesnoy podstilki i verhnem gorizonte pochvyi [The activity of catalase in subhorizon forest litter and upper soil horizon], Agrarniy vestnik Urala, 6(85), 49–51 (in Russian).

Volkogon, V. V., Nadkernichna, O. V., Tokmakova, L. M. et al., 2010. Eksperimentalna gruntova mikrobiologiya [Experimental soil microbiology], Agricultural science, Kyiv (in Ukrainian).

Vorobeva, E. A., Gviniashvili, E. B., 1992. Uroven stabilizatsii proteaz i invertaz v pochve kak funktsiya varirovaniya temperatury i pH [The stabilization level of proteases and invertase in soil as a function of temperature and varying pH], Eurasian Soil Science, 2, 82–90 (in Russian).

Voznyakovskaya, Yu. M., 1982. Nekotoryie novyie metodyi kolichestvennogo ucheta pochvennyih mikroorganizmov i izucheniya ih svoystv (Metodicheskie rekomendatsii) [Some new methods of quantitative estimation of soil microorganisms and study their properties (Guidelines)], Leningrad (in Russian).

Zonn, S. V., 1954. Vliyanie lesa na pochvyi [Influence of forests on soil], Publishing House of the USSR Academy of Sciences, Moscow (in Russian).

Zvyagintsev, D. G., Babeva, I. P., Zenova, G. M., 2005. Biologiya pochv [Soil Biology], Moscow State University Press, Moscow (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 05.11.2015

Рекомендує до друку: д-р біол. наук, проф. І. Х. Узбек