

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ В ЗЕЛЁНЫХ ГОРОДСКИХ НАСАЖДЕНИЯХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

S.M. Khamitova, Yu.M. Avdeev

MICROBIOLOGICAL RESEARCHES OF SOILS IN CITY GREEN PLANTATIONS OF VOLOGDA REGION

Хамитова С.М. – канд. с.-х. наук, доц. каф. гео-экологии и инженерной экологии Вологодского государственного университета, г. Вологда. E-mail: fe@mh.vstu.edu.ru

Авдеев Ю.М. – канд. с.-х. наук, доц. каф. городского кадастра и геодезии Вологодского государственного университета, г. Вологда. E-mail: avdeevyur@yandex.ru

Khamitova S.M. – Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Geoecology and Engineering Ecology, Vologda State University, Vologda. E-mail: fe@mh.vstu.edu.ru

Avdeev Yu.M. – Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of City Cadastre and Geodesy, Vologda State University, Vologda. E-mail: avdeevyur@yandex.ru

Почва – это самостоятельный природный объект, подлежащий охране, диктует приоритет обеспечения сохранения почв при осуществлении хозяйственной или иной деятельности. На современном этапе развития общества увеличиваются масштабы урбосистемы. Окружающая среда на городских территориях подвергаются различным изменениям вследствие интенсивной антропогенной нагрузки. Состояние почвенного покрова городских территорий требует пристального внимания, так как воздействие транспортной системы, промышленного производства, строительной сферы оказывает постоянное давление на почвенную среду, изменяя практически все ее компоненты, начиная с агрохимических и физических свойств и заканчивая микробиологическими и биохимическими параметрами, лишая почвенный покров в городах способности выполнять важные экологические функции. Микробиота, биохимические параметры почвы, ее биологическая активность под влиянием антропогенного воздействия изменяются в первую очередь, поэтому считаются многими исследователями наиболее чувствительными к загрязнению показателями состояния почвенного покрова. В городских ландшафтах интересное и важное для города и населения место занимают территории, занятые зелеными насаждениями. Часто эти зоны городов выпадают из поля зрения исследователей,

так как традиционно считается, что почвы этих территорий не подвергаются интенсивному антропогенному воздействию и преобразованию, а следовательно, уровень загрязнения таких экосистем невысок, то есть их состояние не должно вызывать опасений. Между тем небольшие по площади рекреационные территории в пределах города часто испытывают сильное техногенное влияние, в результате ухудшается состояние растительности и почвы этих территорий. В то время как рекреационные территории города играют важную роль в оздоровлении окружающей среды, выполняя важнейшие рекреационные и санитарно-гигиенические функции. Учитывали почвенные грибы, актиномицеты и бактерии методом предельных разведений и глубинного посева почвенной суспензии на плотные питательные среды.

Ключевые слова: почва, микроорганизмы почвы, городские зелёные насаждения.

Soil is independent natural object which is subject to protection, dictates a priority of ensuring preservation of soils at implementation in economic or other activity. At the present stage of development of society urban system scales increase. Urban areas environment is exposed to various changes owing to intensive anthropogenous loading. The condition of a soil cover of urban areas demands close attention as influence of transport

system, industrial production, the construction sphere puts constant pressure upon the soil environment, changing practically all its components, since agrochemical and physical properties and finishing with microbiological and biochemical parameters, depriving a soil cover in the cities of the ability to carry out important ecological functions. Microbiota, biochemical parameters of the soil, its biological activity under the influence of anthropogenous influence change first of all therefore are considered by many explorers as the indicators of a soil cover condition, most sensitive to pollution. In city landscapes interesting and important for the city and the population the place is taken by the territories occupied with green plantings. Often these zones of the cities drop out of the field of vision of researchers as traditionally it is considered that soils of these territories are not exposed to intensive anthropogenous influence and transformation, and, therefore, the level of pollution of such ecosystems is low, that is their state should not cause fears. Meanwhile recreational territories, small in the area, in city boundaries often come under strong technogenic influence, the condition of vegetation and the soil of these territories worsen as a result. While recreational territories of the city play an important role in the improvement of environment, carrying out the major recreational and sanitary and hygienic functions. We measured soil fungi and bacteria by reproduction and insemination method by placing the soil suspension into dense nutrient mediums.

Keywords: soil, soil microorganisms, the city green.

Введение. Городской почвенный покров является уникальным местообитанием микроорганизмов, что находит свое отражение в биогеохимических циклах биофильных элементов крупных городов [1, 2]. Микроорганизмы чутко реагируют на изменения различной природы, происходящие в окружающей среде, что определяет большую подвижность и динамичность микробиологических показателей [3, 4]. Микроорганизмы почвы в процессе своего существования испытывают влияние целого комплекса природных абиотических, биотических, а также антропогенных и техногенных факторов [5–15]. На первых этапах разложения растительных остатков на них начинают развиваться неспоро-

образующие бактерии и грибы. Затем возрастает численность бацилл и актиномицетов [16–21].

Интерес к ризосфере обусловлен важностью этой зоны как граничной в системе почва – растение [22]. Многие, содержащиеся в почве микроорганизмы, являются фитопатогенами [23, 24]. Растение оказывает непосредственное воздействие на микроорганизмы прикорневой зоны. Многие агрофизические, агрохимические методы повышения продуктивности растений сводятся к воздействию на ризосферную микрофлору [25–27].

Почвенная микрофлора древесных ценозов формируется под воздействием листового опада [28, 29]. К числу опасных для деревьев фитопатогенных грибов относятся грибы рода *Verticillium*, *Fusarium* и *Rhizoctonia*.

К сожалению, значительная часть знаний о ризосфере ограничивается исследованием сельскохозяйственных культур и почв, принципиально отличающихся от городских, что обуславливает актуальность представленных исследований.

Цель работы. Изучить относительную заселенность почвы микроорганизмами почвенного покрова зелёных хвойных насаждений 80–100-летнего возраста.

Объекты и методы исследований. В качестве объектов исследования взяты хвойные зелёные насаждения сосны обыкновенной, сосны кедровой сибирской, сосны скрученной и ели европейской – распространённых хвойных пород в условиях городских зелёных насаждений Вологодской области.

Для проведения микробиологических исследований взяты образцы в летний период 2015 года. Анализ образцов выполнен общепринятым методом микробиологического анализа почвы. Образцы отбирали в приствольном круге деревьев, удалив верхний слой (3 см) с глубины 3–7 см с каждой территории парка. Распространенность (частоту встречаемости) почвенных грибов учитывали методом посева почвенных частиц (1–1,5 мм) в чашки Петри на агар Чапека. Повторность высеваемых частиц – 75 (15 чашек Петри по 5 комочков почвы каждого варианта). Вырастающие грибы идентифицировали методом микроскопирования по морфологическим признакам [30].

Результаты и их обсуждение. Наши исследования микрофлоры ризосферы хвойных пород проведены в динамике и представлены в таблицах 1–3.

Таблица 1

Изменчивость в составе почвенного комплекса грибов под разными хвойными породами (2013 год)

Вид грибных сообществ	Встречаемость видов фитопатогенных грибов и их антагонистов*, %			
	Сосна обыкновенная	Сосна кедровая сибирская	Ель европейская	Сосна скрученная североамериканская
<i>Trichoderma viride</i> Pers.	14	26	23	30
<i>Trichoderma koningii</i> Oudem	28	11	2	-
<i>Fusarium oxysporum</i> Schltldl	19	25	13	7
<i>Fusarium sporotrichioides</i> Sherb	7	-	1	-
<i>Fusarium terrestris</i> Manns	8	20	24	2
<i>Verticillium albo-atrum</i> Reinke & Berthold	12	26	2	2
<i>Verticillium albo-atrum</i> Reinke & Berthold	14	15	8	-

* Здесь и далее частота встречаемости (%) от числа (50) посевов комочков почвы.

Таблица 2

Изменчивость в составе почвенного комплекса грибов под разными хвойными породами (2014 год)

Вид грибных сообществ	Встречаемость видов фитопатогенных грибов и их антагонистов*, %			
	Сосна обыкновенная	Сосна кедровая сибирская	Ель европейская	Сосна скрученная североамериканская
<i>Trichoderma viride</i> Pers.	16	30	22	33
<i>Trichoderma koningii</i> Oudem	24	16	2	1
<i>Fusarium oxysporum</i> Schltldl	16	21	15	8
<i>Fusarium sporotrichioides</i> Sherb	9	1	-	-
<i>Fusarium terrestris</i> Manns	9	18	20	3
<i>Verticillium albo-atrum</i> Reinke & Berthold	11	28	5	2
<i>Verticillium albo-atrum</i> Reinke & Berthold	10	13	6	3

Изменчивость в составе почвенного комплекса грибов под разными хвойными породами (2015 год)

Вид грибных сообществ	Встречаемость видов фитопатогенных грибов и их антагонистов,* %			
	Сосна обыкновенная	Сосна кедровая сибирская	Ель европейская	Сосна скрученная североамериканская
<i>Trichoderma viride</i> Pers.	15	28	21	32
<i>Trichoderma koningii</i> Oudem	29	15	4	3
<i>Fusarium oxysporum</i> Schltdl	18	22	12	9
<i>Fusarium sporotrichioides</i> Sherb	7	3	2	1
<i>Fusarium terrestre</i> Manns	7	21	26	5
<i>Verticillium albo-atrum</i> Reinke & Berthold	13	29	4	3
<i>Verticillium terresre</i> (Pers.) Sacc.	15	14	7	2

В исследованных нами образцах почв установлено наличие фитопатогенных грибов и их природных антагонистов, среди которых: *Trichoderma viride* Pers., *Trichoderma koningii* Oudem, *Fusarium oxysporum* Schltdl, *Fusarium sporotrichioides* Sherb, *Fusarium terrestre* Manns, *Verticillium albo-atrum* Reinke & Berthold, *Verticillium terresre* (Pers.) Sacc.

Выявленные микроорганизмы оказывают воздействие на рост и развитие древесных растений, способствуют развитию болезней, угнетению растительных организмов. К примеру, выявленные грибы *Fusarium oxysporum* Schltdl, *Fusarium sporotrichioides* Sherb, *Fusarium terrestre* Manns способствуют развитию фузариоза (сухой гнили), а грибы *Verticillium albo-atrum* Reinke & Berthold и *Verticillium terresre* (Pers.) Sacc. – вертициллёзному увяданию.

В динамике в период с 2013 по 2015 год численность видов микрофлоры меняется незначительно, что говорит о стабильности колоний микроорганизмов для данной древесной породы.

Каждая порода деревьев отличается индивидуальными химическими и биологическими свойствами листового опада. Это обуславливает различие пути их первичной микробиологической деструкции и влияет на формирование видового состава комплексов грибов деструкторов попадающей в почву растительной клетчатки.

Грибы рода *Trichoderma* являются обычными

участниками первичной деструкции клетчатки. В этом процессе участвуют также *Verticillium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*.

Биохимические особенности листового опада влияют на видовые особенности в активности грибов и, соответственно, на их накопление в почве.

В почве под сосной скрученной североамериканской выявлен самый низкий инфекционный фон по содержанию вертициллов и фузариев. Различие по частоте встречаемости вертициллов варьирует от 5 до 10 крат. Однако вид древесной растительности не повлиял на распространенность грибов рода *Rhizoctonia*. В почве под всеми деревьями их встречаемость не имела существенных различий.

Грибы рода *Trichoderma* доминировали во всех образцах почв. Однако в почве под сосной обыкновенной частота встречаемости комплекса видов *T. viride*+*T. koningii* была выше, чем под другими породами деревьев.

Выводы. Вид породы дерева оказывает влияние на фитосанитарное здоровье почвенного покрова. В почвенной ризосфере сосны формируется комплекс антагонистов патогенов – известный показатель устойчивого развития биоценозов. Схожая тенденция наблюдается и в прикорневой ризосфере сосны скрученной.

Результаты исследования можно использовать при биомониторинге и биодиагностике состояния почвенных условий урбанизированных территорий, при оценке воздействия на окру-

жающую среду, планировании землепользования, в различных природоохранных и производственных мероприятиях, учебном процессе.

Состав микробных ценозов ризосферы важно учитывать при подборе пород в зелёных насаждениях и создании устойчивых защитных городских насаждений.

Литература

1. Герасимова М.И. Антропогенные почвы. – Смоленск: Ойкумена, 2003. – 268 с.
2. Стома Г.В. Особенности биологического круговорота веществ в экосистемах городских территорий // Функции почв в биосферно-геосферных системах: мат-лы междунар. симп. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. – С. 325–326.
3. Шлегель Г. Общая микробиология. – М.: Мир, 1987. – 567 с.
4. Яшутин Н.В. Биоземледелие. Научные основы, инновационные технологии и машины. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – 191 с.
5. Заварзин Г.А. Лекции по природоведческой микробиологии. – М.: Наука, 2004. – 348 с.
6. Мотузова Г.В. Экологический мониторинг почв. – М.: Акад. проект, 2007. – 237 с.
7. Хамитова С.М., Авдеев Ю.М. Дендропарк имени Николая Клюева – новое место городского пространства // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 9. – С. 51–55.
8. Хамитова С.М., Авдеев Ю.М. Моделирование фитотоксичности почв Дендропарка имени Николая Клюева // Современные научные исследования и инновации. – 2016. – № 2. – URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/02/64309>.
9. Хамитова С.М., Авдеев Ю.М., Евтушенко Ю.С. [и др.]. Изучение биологического разнообразия растительной флоры Вытегорского района Вологодской области // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 7-1 (51). – С. 40–43.
10. Гаранович И.М., Хамитова С.М., Авдеев Ю.М. [и др.]. Разработка биологических принципов формирования устойчивых биоценологических связей сообществ почвенных микроорганизмов прикорневой зоны и зелёных городских насаждений Вологодской области // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 10 (54). – С. 45–49.
11. Хамитова С.М., Авдеев Ю.М., Марченко М.Н. [и др.]. Декоративные формы крон деревьев в ландшафтном строительстве // Повышение эффективности лесного комплекса Республики Карелия: мат-лы IV республ. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов, докторантов. – Петрозаводск, 2013. – С. 41–43.
12. Костин А.Е., Авдеев Ю.М. Геоботанические исследования биоразнообразия в урбанизированной среде // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 3. – С. 19–23.
13. Авдеев Ю.М., Хамитова С.М. Внутривидовые вариации свойств древесины в лесных экосистемах // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 7-2 (51). – С. 72–74.
14. Авдеев Ю.М., Хамитова С.М. Дифференциация эколого-древесиноведческих показателей деревьев по фазам роста и развития лесных экосистем // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 7-2 (51). – С. 75–84.
15. Авдеев Ю.М., Хамитова С.М., Катаева А.С. [и др.]. Влияние внутривидовой изменчивости на свойства древесины в лесных экосистемах искусственного происхождения // Russian Agricultural Science Review. – 2014. – Т. 3. – № 3. – С. 13–23.
16. Авдеев Ю.М., Хамитова С.М. Внутривидовое биоразнообразие как фактор устойчивости, качества и фитосанитарного состояния древесных экосистем // Актуальные проблемы и перспективы развития лесопромышленного комплекса: сб. науч. тр. III Междунар. науч.-техн. конф. ФГБОУ ВПО «КГТУ». – Кострома, 2015. – С. 54–55.
17. Авдеев Ю.М., Хамитова С.М., Катаева А.С. [и др.]. Исследование формы древесного ствола в лесных экосистемах искусственного происхождения // Russian Agricultural Science Review. – 2014. – Т. 3. – № 3. – С. 24–36.
18. Авдеев Ю.М., Хамитова С.М., Гаранович И.М. [и др.]. Опытные культурфитоценозы ели в Вологодской области // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 12. – URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/12/61946>.

19. Соколов М.С., Глинушкин А.П., Торопова Е.Ю. Средообразующие функции здоровой почвы – фитосанитарные и социальные аспекты // *Агрехимия*. – 2015. – № 8. – С. 81–94.
20. Белошапкина О.О., Глинушкин А.П., Джалилов Ф.С. *Фитопатология: учеб.* – М.: ИНФРА-М, 2015. – 287 с.
21. Глинушкин А.П., Душкин С.А., Хайрулинова А.А. Фитосанитарное состояние растений – индикатор экологического качества // *Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та*. – 2010. – Т. 3. – № 27-1. – С. 52–54.
22. Bazin M.J., Markham P., Scott E.M. [et al.]. Population dynamics and rhizosphere interactions // *John Wiley & Sons*. – 1990. – P. 99–128.
23. *Agrios G.N. Plant pathology*. – Elsevier Acad. Press, 2004. – 922 p.
24. Bloemberg G.V. Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria // *Curr. Opin. Plant Biol.* – 2001. – V. 4, № 4. – P. 343–350.
25. Lynch J.M. Biological control within microbial communities of the rhizosphere // *Ecology of microbial communities*. – London, 1987. – P. 55–82
26. Jagnow G. Inoculation of cereal crops and forage grasses with nitrogen-fixing rhizosphere bacteria: Possible causes of success and failure with regard to yield response a review // *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 150. – 1987. – P. 361–368.
27. Bashan Y. Current status of Azospirillum inoculation technology: Azospirillum as a challenge for agriculture // *Can. J. Microbiol.* – 1990. – V. 36, № 9. – P. 591–608.
28. Почвенная микрофлора как индикатор типа лесорастительных условий // *Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия*. – 2003. – № 2(28). – С.169–178.
29. Жуков А.М., Гниненко Ю.И., Жуков П.Д. Опасные малоизученные болезни хвойных пород в лесах России. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2013. – 128 с.
30. Теннер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. *Практикум по микробиологии*. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 216 с.

Literatura

1. *Gerasimova M.I. Antropogennye pochvy*. – Smolensk: Ojkumena, 2003. – 268 s.
2. Stoma G.V. Osobennosti biologicheskogo krugovorota vshhestv v jekosistemah gorodskih territorij // *Funkcii pochv v biosferno-geosfernyh sistemah: mat-ly me-zhdunar. simp.* – М.: Izd-vo Mosk. un-ta, 2001. – S. 325–326.
3. *Shlegel' G. Obshhaja mikrobiologija*. – М.: Mir, 1987. – 567 s.
4. *Jashutin N.V. Biozemledelie. Nauchnye osnovy, innovacionnye tehnologii i mashiny*. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2008. – 191 s.
5. *Zavarzin G.A. Lekcii po prirodovedcheskoj mikrobiologii*. – М.: Nauka, 2004. – 348 s.
6. *Motuzova G.V. Jekologicheskij monitoring pochv*. – М.: Akad. proekt, 2007. – 237 s.
7. *Hamitova S.M., Avdeev Ju.M. Dendropark imeni Nikolaja Kljueva – novoe mesto gorodskogo prostranstva* // *Vestnik KrasGAU*. – 2015. – № 9. – S. 51–55.
8. *Hamitova S.M., Avdeev Ju.M. Modelirovanie fitotoksichnosti pochv Dendroparka imeni Nikolaja Kljueva* // *Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii*. – 2016. – № 2. – URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/02/64309>.
9. *Hamitova S.M., Avdeev Ju.M., Evtushenko Ju.S. [i dr.]. Izuchenie biologicheskogo raznoob-razija rastitel'noj flory Vytegorskogo rajona Vologodskoj oblasti* // *Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii*. – 2015. – № 7-1 (51). – S. 40–43.
10. *Garanovich I.M., Hamitova S.M., Avdeev Ju.M. [i dr.]. Razrabotka biologicheskikh principov formirovanija ustojchivyh biocenoticheskikh svjazej soobshhestv pochvennyh mikroorganizmov prikornevoj zony i zeljonyh gorodskih nasazhdenij Vologodskoj oblasti* // *Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii*. – 2015. – № 10 (54). – S. 45–49.
11. *Hamitova S.M., Avdeev Ju.M., Marchenko M.N. [i dr.]. Dekorativnye formy kron derev'ev v landshaftnom stroitel'stve* // *Povyshenie jeffektivnosti lesnogo kompleksa Respubliki Karelija: mat-ly IV respubl. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenyh, aspirantov, doktorantov*. – Petrozavodsk, 2013. – S. 41–43.

12. *Kostin A.E., Avdeev Ju.M.* Geobotanicheskie issledovanija bioraznoobrazija v urbanizirovannoj srede // Vestnik KrasGAU. – 2015. – № 3. – S. 19–23.
13. *Avdeev Ju.M., Hamitova S.M.* Vnutrividovye variacii svojstv drevesiny v lesnyh jekosistemah // Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii. – 2015. – № 7-2 (51). – S. 72–74.
14. *Avdeev Ju.M., Hamitova S.M.* Differen-ciacija jekologo-drevesinovedcheskih pokazatelej derev'ev po fazam rosta i razvitija lesnyh jekosistem // Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii. – 2015. – № 7-2 (51). – S. 75–84.
15. *Avdeev Ju.M., Hamitova S.M., Kataeva A.S.* [i dr.]. Vlijanie vnutrividovoj izmenchivosti na svojstva drevesiny v lesnyh jekosistemah iskusstvennogo proishozhdenija // Russian Agricultural Science Review. – 2014. – T. 3. – № 3. – S. 13–23.
16. *Avdeev Ju.M., Hamitova S.M.* Vnutrividovoe bioraznoobrazie kak faktor ustojchivosti, kachestva i fitosanitarnogo sostojanija drevesnyh jekosistem // Aktual'nye problemy i perspektivy razvitija lesopromyshlennogo kompleksa: sb. nauch. tr. III Mezhdunar. nauch.-tehn. konf. FGBOU VPO «KGTU». – Kostroma, 2015. – S. 54–55.
17. *Avdeev Ju.M., Hamitova S.M., Kataeva A.S.* [i dr.]. Issledovanie formy drevesnogo stvola v lesnyh jekosistemah iskusstvennogo proishozhdenija // Russian Agricultural Science Review. – 2014. – T. 3. – № 3. – S. 24–36.
18. *Avdeev Ju.M., Hamitova S.M., Garanovich I.M.* [i dr.]. Opytnye kul'turfitocenozy eli v Vologodskoj oblasti // Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii. – 2015. – № 12. – URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/12/61946>.
19. *Sokolov M.S., Glinushkin A.P., Toropova E.Ju.* Sredoobrazujushhie funkcii zdorovoj pochvy – fitosanitarnye i social'nye aspekty // Agrohimiya. – 2015. – № 8. – S. 81–94.
20. *Beloshapkina O.O., Glinushkin A.P., Dzhallilov F.S.* Fitopatologija: ucheb. – M.: IN-FRA-M, 2015. – 287 s.
21. *Glinushkin A.P., Dushkin S.A., Hajrulinova A.A.* Fitosanitarnoe sostojanie rastenij – indikator jekologicheskogo kachestva // Izv. Orenburg. gos. agrar. un-ta. – 2010. – T. 3. – № 27-1. – S. 52–54.
22. *Bazin M.J., Markham P., Scott E.M.* [et al.]. Population dynamics and rhizosphere interactions // John Wiley & Sons. – 1990. – P. 99–128.
23. *Agrios G.N.* Plant pathology. – Elsevier Acad. Press, 2004. – 922 p.
24. *Bloemberg G.V.* Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria // Curr. Opin. Plant Biol. – 2001. – V. 4, № 4. – P. 343–350.
25. *Lynch J.M.* Biological control within microbial communities of the rhizosphere // Ecology of microbial communities. – London, 1987. – P. 55–82.
26. *Jagnow G.* Inoculation of cereal crops and forage grasses with nitrogen-fixing rhizosphere bacteria: Possible causes of success and failure with regard to yield response a review // Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 150. – 1987. – P. 361–368.
27. *Bashan Y.* Current status of Azospirillum inoculation technology: Azospirillum as a challenge for agriculture // Can. J. Microbiol. – 1990. – V. 36, № 9. – P. 591–608.
28. Pochvennaja mikroflora kak indikator tipa lesorastitel'nyh uslovij // Vestnik Sam-GU. Estestvennonauchnaja serija. – 2003. – № 2(28). – S.169–178.
29. *Zhukov A.M., Gninenko Ju.I., Zhukov P.D.* Opasnye maloizuchennye bolezni hvojnyh porod v lesah Rossii. – Izd. 2-e, ispr. i dop. – Pushkino: VNIILM, 2013. – 128 s.
30. *Tepper E.Z., Shil'nikova V.K., Pereverzeva G.I.* Praktikum po mikrobiologii. – Izd. 2-e, pererab. i dop. – M.: Kolos, 1979. – 216 s.