

*Е.Л. Бабенко<sup>1</sup>, Т.Ф. Бочко<sup>1</sup>, К.В. Иващенко<sup>2</sup>*  
*E.L. Babenko<sup>1</sup>, T.F. Bochko<sup>1</sup>, K.V. Ivashchenko<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Кубанский государственный университет  
<sup>2</sup>Институт физико-химических и биологических

проблем почвоведения

<sup>1</sup>Kuban State University

<sup>2</sup>Institute of Physico-Chemical and Biological  
Problems of Soil Science

**АНАЛИЗ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ  
МИКРОБИОТЫ ТЕМНО-СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ПРИ  
РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ  
ANALYSIS OF THE STRUCTURAL AND FUNCTIONAL STATE  
OF THE MICROBIOTA OF DARK GREY FOREST SOILS UNDER  
DIFFERENT TYPES OF ANTHROPOGENIC IMPACT**

*Аннотация.* Проанализирован физиологический профиль микробного сообщества темно-серых лесных почв города Белгород, подверженных различной антропогенной нагрузке. Выявлена тенденция к уменьшению дыхательной активности микроорганизмов вниз по почвенному профилю. Определена высокая реакция микроорганизмов на легкоразлагаемые субстраты.

*Ключевые слова:* физиологически профиль, активность микроорганизмов, биологическая активность, антропогенная нагрузка, городские почвы.

*Abstract.* The physiological profile of the microbial community of the dark gray forest soils of the city of Belgorod, subjected to various anthropogenic pressures, was analyzed. A tendency to a decrease in the respiratory activity of microorganisms down the soil profile has been established. A high reaction of microorganisms to easily degradable substrates was revealed.

*Key words:* physiological profile, activity of microorganisms, biological activity, anthropogenic load, urban soils.

Выполнение почвой важных экологических функций в большой степени обеспечивается микробным сообществом. Благодаря их деятельности разрушаются загрязнители, создаются благоприятные условия для роста растений, замыкаются биогеохимические круговороты, формируется почвенное плодородие. Деградация почв

под действием антропогенных факторов приводит к изменению структуры микробиологического сообщества, сокращению биоразнообразия микроорганизмов, происходит снижение биологической активности. [Оценка..., 2005]. Так как эти изменения проявляются довольно быстро, то можно сказать, что почвенные микроорганизмы могут служить своеобразными индикаторами состояния почвы.

Цель работы: провести анализ структурного и функционального состояния микробиоты в темно-серых лесных почвах при антропогенном воздействии.

Проведены исследования темно-серых лесных почв и объектов, отличающихся степенью антропогенного воздействия. В качестве фоновой территории выбран Мурманский лес, в котором практически отсутствует антропогенная нагрузка, на территории распространены темно-серые лесные почвы [Природные... , 2007]. Еще один объект, в котором сохранены естественные почвы – лесопарк Урочище «Массив», здесь оказывается незначительная антропогенная нагрузка. «Южный парк» представляет собой участок, где почвы подвержены рекреационной нагрузке, из-за чего также трансформированы в урбоноземы. В качестве объекта селитебной зоны выбрана жилая застройка 1970-х гг. (Табл. 1).

Табл. 1

Характеристика объектов исследования

Объект	Почва	Координаты (с.ш. / в.д.)
Муромский лес	Тёмно-серая лесная	50.479737 / 36.639806
Урочище «Массив»	Тёмно-серая лесная	50.57432 / 36.57352
Южный парк	Преобразованная почва, урбанозём	50.57356/ 36.57424
Двор Мокроусова	Преобразованная почва, урбанозём	50.57432 / 36.57352

Основные древесные породы, распространенные на территории леса и лесопарка – дуб черешчатый, липа сердцевидная, вяз гладкий. В селитебной зоне встречаются отдельно посаженные ясень обыкновенные, акация желтая.

В каждом объекте исследования выбраны три пространственно-удаленных участка 25×25 см. Образцы почвы в этих локализациях были отобраны буром в первой декаде мая 2021 г. из слоев 0–10, 10–30, 30–50 см.

Физиологический профиль микробного сообщества почвы оценивали методом мультисубстратного тестирования [Campbell С.Д., 2003]. Исследования проводились на базе лаборатории почвенных циклов азота и углерода института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН.

Высокая активность микроорганизмов отмечается в слое 0-10 см, где величина базального дыхания составляет 14,94  $C_{\text{МКГ/ГС}}$ . В целом, по профилю активность микроорганизмов снижается, удельное дыхание уменьшается от 14,94  $C_{\text{МКГ/ГС}}$  до 10,48  $C_{\text{МКГ/ГС}}$ . Реакция микробиоты на внесенные субстраты также снижается вниз по профилю. Это объясняется тем, что в верхнем слое высокая доступность питательных элементов и благоприятные условия для развития различных групп микроорганизмов. Их низкая активность обусловлена угнетением глубиной, где наблюдается обратная картина из-за чего остается активной меньшее количество микроорганизмов.

В данной зоне преобладают микроорганизмы, потребляющие глюкозу – 31,37  $C_{\text{МКГ/ГС}}$ , фруктозу – 34,41  $C_{\text{МКГ/ГС}}$ , лимонную кислоту – 36,39  $C_{\text{МКГ/ГС}}$ .

В зоне лесопарка такая же ситуация, как в лесу. Высокая активность наблюдается в органно-минеральном слое (15,42  $C_{\text{МКГ/ГС}}$ ). Реакция снижается с глубиной. В среднем слое (10-30 см) происходит даже угнетение микроорганизмов, под воздействием фенольных кислот, а именно – величина БД, которая показывает активность микроорганизмов без внесения дополнительных питательных субстратов, равна 13,01  $C_{\text{МКГ/ГС}}$ , а дыхательный отклик на ванильную кислоту – 11,78  $C_{\text{МКГ/ГС}}$ .

В этой зоне доминируют микроорганизмы, которые потребляют глюкозу – 30,64  $C_{\text{МКГ/ГС}}$ , фруктозу – 35,87  $C_{\text{МКГ/ГС}}$ , галактозу – 39,68  $C_{\text{МКГ/ГС}}$ , аскорбиновую кислоту – 39,17  $C_{\text{МКГ/ГС}}$ , лимонную кислоту – 40,74  $C_{\text{МКГ/ГС}}$ .

В сквере, который является урбанизированной территорией, также высока активность в верхнем слое, величина БД составляет 12,92  $C_{\text{МКГ/ГС}}$ . Наблюдается высокий отклик на углеводы – 30,21  $C_{\text{МКГ/ГС}}$  в среднем и на аскорбиновую кислоту – 36,46  $C_{\text{МКГ/ГС}}$ . На некоторые субстраты снижается реакция в среднем слое (10–30 см), но снова увеличивается в нижнем (30–50 см). Так на аргинин и аминomásляную кислоту дыхательных отклик 7,5  $C_{\text{МКГ/ГС}}$  (слой 10–30 см) и 10,37  $C_{\text{МКГ/ГС}}$  (30–50 см), 8,88  $C_{\text{МКГ/ГС}}$  и 11,41  $C_{\text{МКГ/ГС}}$  соответственно.

На данной территории преобладают микроорганизмы, потребляющие глюкозу – 31,21  $C_{\text{мкг/Гс}}$ , фруктозу – 33,04  $C_{\text{мкг/Гс}}$ , аскорбиновую кислоту – 36,46  $C_{\text{мкг/Гс}}$ .

Селитебная зона характеризуется наибольшей антропогенной нагрузкой на почву. Здесь самая низкая активность микроорганизмов. И при этом, в данной зоне нет определенной тенденции к снижению отклика на субстраты с глубиной. В среднем слое (10–30 см) почти на каждый субстрат отклик выше, чем в слое 0–10 см. Так, дыхательный отклик на глюкозу составляет в слое 0–10 см – 19,24  $C_{\text{мкг/Гс}}$ , в слое 10–30 см – 27,27  $C_{\text{мкг/Гс}}$ , а в слое 30–50 см – 13,76  $C_{\text{мкг/Гс}}$ .

В этой зоне доминируют микроорганизмы, которые потребляют аскорбиновую кислоту – 29,47  $C_{\text{мкг/Гс}}$  и лимонную кислоту – 21,99  $C_{\text{мкг/Гс}}$ .

Таким образом, проведен анализ структурно-функционального состояния микробиоты почв, подверженных различному антропогенному влиянию. Установлено, что в верхнем, органоминеральном слое, во всех зонах активность почти одинаковая с отклонением от среднего значения  $\pm 2,09$ . В этом слое протекают основные биохимические процессы превращения органических веществ, обусловленные жизнедеятельностью микроорганизмов. Для среднего и нижнего слоев выявлена обратная ситуация – активность низкая, отклик невысок даже на легкоразлагаемые субстраты (углеводы), что может объясняться глубиной.

### **Список использованных источников**

1. Оценка функционального микробного комплекса городских почв / А.Л. Степанов [и др.] // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2005. № 1.
2. Умаров А.В, Кураков А.Л Микробиологическая трансформация азота в почве. М., 2007.
3. Природные ресурсы и окружающая среда Белгородской области / П.М. Авраменко [и др.]. Белгород, 2007.
4. Campbell C.D. et al. A Rapid Microtiter Plate Method To Measure Carbon Dioxide Evolved from Carbon Substrate Amendments to Determine the Physiological Profiles of Soil Microbial Communities by Using Whole Soil // Appl. Environ. Microbiol. 2003. Т. 69. № 6.

5. Doran J.W., Parkin T.B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set // In: Methods for Assessing Soil Quality. Doran J.W., Jones A.J. (Eds.). SSSA. Madison. Wisconsin. USA. 1996.

6. Moscatelli M.C. Assessment of soil microbial functional diversity: land use and soil properties affect CLPP-MicroResp and enzymes responses // *Pedobiologia - Journal of Soil Ecology*. 2018. T. 66. № 32.