

УДК 579.695; 546.85; 502.55; 661.63

**ДЕТОКСИКАЦИЯ СОЕДИНЕНИЙ ФОСФОРА, И ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИЙ ЕЁ
МИКРООРГАНИЗМ****А.З. Миндубаев¹, Э.В. Бабынин³, Е.К. Бадеева², Й.А. Акосах³**¹Институт энергетики и перспективных технологий ФИЦ Казанского научного центра РАН, Казань, Россия²Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН, Казань, Россия³Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

Нами выделена и изучена культура *Aspergillus niger*, превращающая ряд токсичных соединений фосфора в фосфат, безвредный для окружающей среды. Предлагаемый нами метод позволит производить очистку сточных вод предприятий и загрязненных территорий. Нам удалось подвергнуть биологической деструкции токсичные неорганические вещества – белый и красный фосфор, ряд солей кислот восстановленного фосфора. Биodeградацию элементного фосфора мы наблюдали впервые в мире.

При воздействии белого фосфора наблюдается изменение толщины клеточной стенки. Также значительно увеличивается число митохондрий в клетках гиф [1]. Кроме, того, на поверхности клеточной стенки появляется дополнительный волокнистый слой, состоящий из протеогликанов – поверхность гифов становится ворсистой, чего не наблюдается в контроле. Данные признаки наверняка связаны с защитой от внешних воздействий – клеточная стенка служит барьером, а митохондрии осуществляют энергетический обмен, поддерживают метаболическую активность.

Исследования протеома, описанные в работе [2], продемонстрировали четкие различия белкового профиля при росте аспергилла в отсутствие и в присутствии белого фосфора (рис. 4). Белковый профиль в свою очередь определяется экспрессией генов, следовательно, есть основания говорить об ответе на загрязнение белым фосфором на этом уровне.

Эволюционная история выделенного из технического белого фосфора штамма *Aspergillus niger* воспроизведена с построением филогенетического дерева [3]. Результаты филогенетического анализа *A. niger* AM1 показали, что в наибольшем родстве с ним состоят штаммы из Китая, которые способны к растворению фосфатных минералов [4]. Они имеют 64 % сходства по гену ITS. Таким образом, можно предполагать, что штамм AM1 относится к кластеру, эволюционно возникшему на территории Китая и специализировавшемуся на биодеструкции фосфорных соединений. Возможно, белый фосфор, из которого он выделен, был доставлен в нашу страну из Китая, и штамм завезен вместе с ним.

Литература

1. Миндубаев А.З., Федосимова С.В., Григорьева Т.В., Романова В.А., Бабаев В.М., Бузюрова Д.Н., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Акосах Й.А., Караева Ю.В. Влияние белого фосфора на клеточную морфологию и белковый профиль штаммов гриба *Aspergillus niger* // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2021. Т.11. № 1. С. 69–79.
4. Mindubaev A.Z., Kuznetsova S.V., Evtugin V.G., Daminova A.G., Grigoryeva T.V., Romanova Y.D., Romanova V.A., Babaev V.M., Buzyurova D.N., Babynin E.V., Badeeva E.K., Minzanova S.T., Mironova L.G. Effect of White Phosphorus on the Survival, Cellular Morphology, and Proteome of *Aspergillus niger* // *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2020. Vol.56. No.2. P.194–201.
2. Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Даминова А.Г., Бадеева Е.К., Горбачук Е.В., Низамов И.С., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Акосах Й.А. Влияние белого фосфора на жизнеспособность *Aspergillus niger* AM1 и AM2. Происхождение данных штаммов // Бултеровские сообщения. 2021. Т. 65. № 3. С. 25–48.
3. Li Zh., Bai T., Dai L., Wang F., Tao J., Meng Sh., Hu Y., Wang Sh., Hu Sh. A study of organic acid production in contrasts between two phosphate solubilizing fungi: *Penicillium oxalicum* and *Aspergillus niger* // *Sci. Rep.* 2016. Vol.6. No.25313. P.1–8.