УДК 579.22:579.23

О.С. Радченко[1], Л.Г. Степура[1], Ю.М. Юмина[1], М.О. Борецька[2], П.П. Зелена[1]

[1]Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
вул. Володимирська, 64/13, Київ, 01601, Україна, тел.:+38(044) 521 32 31,
e-mail:olga.s.radchenko@gmail.com
[2]Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К.Заболотного НАН України,
вул. Академіка Заболотного, 154, Д03680, Київ, МСП Україна, тел.:+38(044) 526 11 79,
e-mail: mashapro@ukr.net

ЗМІНА ДЕЯКИХ БІОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ *STENOTROPHOMONAS MALTOPHILIA* ПІД ВПЛИВОМ ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТУ НАТРІЮ

Мета: *вивчення зміни біологічних властивостей Stenotrophomonas maltophilia під впливом додецилсульфату натрію (ДСН).* ***Методи.*** *Фізіолого-біохімічні властивості та чутливість до антибіотиків S. maltophilia вивчали за допомогою мікробіологічного аналізатора Vitek 2 Compact (Biomerieus, Франція), морфологію клітин – світлової (Zeiss Primo Star, Німеччина) та електронної мікроскопії (Jeol 1400, Японія).* ***Результати.*** *Показано, що короткотривале (впродовж 1–10 пасажів) культивування бактерій S. maltophilia на МПА з синтетичною аніонною поверхнево-активною речовиною (ПАР) ДСН в концентрації 50 мг/л, що наближається до мінімальної інгібувальної (МІК), призводило до зміни низки біологічних показників і властивостей. Бактеріальні клітини вкорочувалися і деформувалися, у цитоплазмі формувалися зони з різною оптичною щільністю, темні та прозорі включення. Деякі фізіолого-біохімічні тести (глутаміл-аріламідаза, кумарат, стійкість до 0/129, виділення меркаптанів, уреаза, асиміляція цитрату натрію і L-малату) давали протилежні результати. МІК дев'яти антибіотиків зростали у 2 рази і більше, а до чотирьох формувалася резистентність. Адгезивні властивості S. maltophilia коливалися залежно від кількості пересівів на середовище з ДСН. Змінені властивості у деяких випадках відновлювалися після десятого пересіву, що свідчить про певну адаптацію культури до ксенобіотика. Оскільки ДСН – це найрозповсюдженіша аніонна ПАР, яка входить до складу практично усіх засобів косметики і побутової хімії, зміни біологічних властивостей бактерій під її впливом, можуть створювати проблеми для ідентифікації клінічно важливих мікроорганізмів.*

Ключові слова: ПАР, додецилсульфат натрію, Stenotrophomonas maltophilia, біологічні властивості, резистентність до антибіотиків.

Поверхнево-активні речовини (ПАР) – це велика група синтетичних хімічних сполук, які завдяки дифільній молекулярній структурі здатні концентруватися на міжфазних поверхнях, змінюючи їх властивості. Вони широко використовуються в промисловості як стабілізатори, гідрофобізатори, модифікатори поверхні, емульгатори, диспергатори, піноутворювачі, миючі засоби,

© О.С. Радченко, Л.Г. Степура, Ю.М. Юмина, М.О. Борецька, П.П. Зелена, 2014

інгібітори корозії, антистатики, дезінфектанти [4]. В силу свого призначення, практично весь об'єм ПАР, що виробляються, надходять у довкілля [8].

ПАР руйнують клітини або змінюють деякі їхні біологічні властивості: змінюють структуру біологічних мембран, зв'язуються з гідрофобними ділянками на поверхні мембран, лізують клітини та вивільнюють білкові молекули у вигляді комплексів з детергентом [12, 13].

Аніонна ПАР додецилсульфат натрію (ДСН) в концентрації 0,05% за кілька хвилин контакту з клітинами *Escherichia coli* викликала руйнування плазматичної мембрани, стискання та переміщення ядерного матеріалу до периферії клітини [14]. Нагрівання клітин *Bacillus subtilis* у 10% ДСН змінювало структуру цитоплазми і призводило до появи ділянок з різною оптичною щільністю [11]. Раніше нами було показано, що за короткотривалого (10 пасажів) культивування на середовищі, яке містило ДСН в концентрації 50 мг/л, бактерії роду *Corynebacterium* змінювали морфологію клітин, забарвлення за Грамом, чутливість до антибіотиків, інтенсивність секреції лізину, антигенні властивості і склад поверхневих білків, деякі фізіолого-біохімічні властивості [2, 9, 7]. Клітини *Staphylococcus aureus*, які впродовж 4 пасажів культивували на МПА з ДСН, змінювали здатності позитивно забарвлюватися за Грамом, з'являлася уреазна активність, не виявлялася β-галактозидаза, вдвічі зменшувалася чутливість до левофлоксацину і лінезоліду [5].

Оскільки ДСН – це найрозповсюдженіша аніонна ПАР, яка входить до складу практично усіх засобів косметики і побутової хімії, зміни біологічних властивостей бактерій під її впливом, можуть створювати проблеми для ідентифікації клінічно важливих мікроорганізмів.

Метою даної роботи було вивчення зміни біологічних властивостей *Stenotrophomonas maltophilia* під впливом додецилсульфату натрію.

Матеріали і методи

Об'єктом дослідження була культура *Stenotrophomonas maltophilia* УКМ 5642 з колекції відділу загальної та ґрунтової мікробіології Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України [1]. Її культивували за t 28 °С впродовж 1, 4 та 10 пасажів на МПА з ДСН в концентрації 50 мг/л, яка близька до МІК.

МІК визначали макротитраційним методом на МПБ [3], а накопичення біомаси за зміною оптичної густини на КФК-2-УХЛ42, λ=540 нм, кювета 5 [6]. Для визначення характеру дії ксенобіотика на культуру (бактеріоцидна чи бактеріостатична) по одному мл вмісту пробірок, в яких ріст не був зафіксований, глибинно висівали на МПА.

Фізіолого-біохімічні властивості та чутливість до антибіотиків вивчали за допомогою мікробіологічного аналізатора Vitek 2 Compact (Biomerieus, Франція) [10].

Морфологію клітин визначали на фіксованих препаратах, забарвлених за Грамом у модифікації Бьорка [6] за допомогою світлового мікроскопа Zeiss

Primo Star (Німеччина). Для електронної мікроскопії застосовували мікроскоп Jeol 1400 (Японія). На мідні сіточки з формваром наносили краплю суспензії бактерій та мікроскопіювали без додаткового контрастування.

Адгезивність *S. maltophilia* УКМ 5642 вивчали на предметних скельцях, які занурювали у суспензію клітин добової культури у фізіологічному розчині. Скельця витримували у суспензії 10, 20, 30 та 60 хв за 20 °С. Після відмивання планктонних клітин препарати висушували на повітрі, фіксували жаром та забарвлювали фуксином. Кількість клітин підраховували у 30 квадратах окуляр-мікрометра.

Достовірність відмінностей між середніми значеннями визначали за критерієм Стьюдента на рівні значимості не менше 95%. Обробку результатів проводили за допомогою комп'ютерної програми MS Exel.

Результати та їх обговорення

Визначення МІК показало (рис.1), що накопичення біомаси *S. maltophilia* УКМ 5642 суттєво, майже втричі, сповільнювалося за концентрації ДСН понад 60 мг/л та обумовлено бактеріостатичною дією. Наступні дослідження проводили з концентрацією близькою до МІК – 50 мг/л.

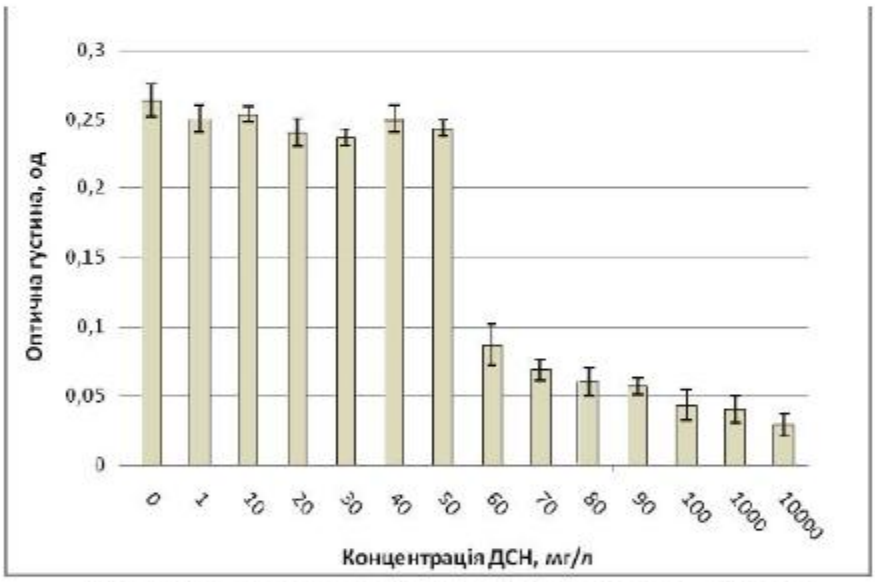

Рис. 1. Вплив додецилсульфату натрію на накопичення біомаси *Stenotrophomonas maltophilia* УКМ 5642

Fig. 1. Effect of sodium dodecyl sulfate (SDS) on the biomass increasing of *Stenotrophomonas maltophilia* UKM 5642

Світлова мікроскопія клітин *S. maltophilia* УКМ 5642 показала, що уже після першого пересіву на МПА з ДСН клітини різко змінювали свою морфологію – однорідні, продовгуваті палички вкорочувалися, ставали округлими, і погано забарвлювалися сафраніном. Після четвертого пасажу клітини були

кокоподібні, різної довжини, у них порушувалося розходження при поділі, про що свідчить поява бактерій поєднаних у ланцюжки. Після десятого пасажу на середовище з ДСН довжина клітин залишалася неоднорідною, але спостерігалася тенденція до відновлення морфології.

За допомогою електронної мікроскопії (рис. 2) виявлено вкорочення клітин після першого пасажу з 2,0 до 1,2 мкм, після чотирьох пасажів довжина становила 1,3±0,1 мкм, а після десяти нерівномірно зростала (у деяких клітин до 1,6±0,1 мкм). Товщина клітин практично не змінювалася і коливалася в межах 0,5–0,7 мкм.

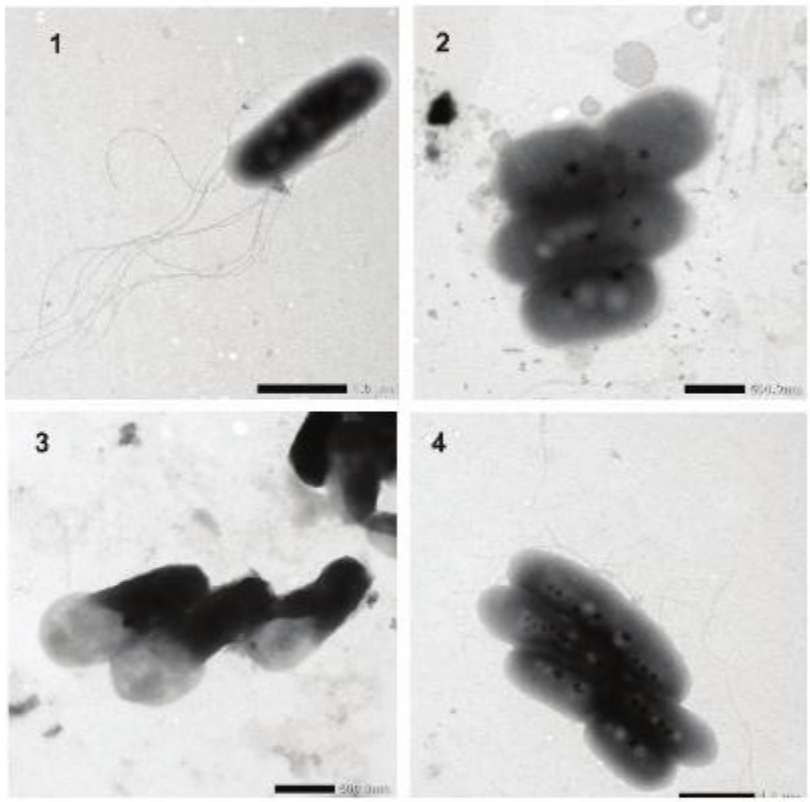

Рис. 2. Морфологія клітин *Stenotrophomonas maltophilia* УКМ 5642, електронна мікроскопія

Позначення: 1– вихідний штам – клітини однорідні, циліндричної форми зі джгутиками; 2 – після 1 пасажу на МПА з ДСН – клітини вкорочені; 3 – після 4-х пасажів на МПА з ДСН – клітини деформовані, вкорочені; 4 – після 10-и пасажів на МПА з ДСН – клітини різної довжини, але їх морфологія відновлюється; чітко видно темні і прозорі включення .

Fig. 2. Electron microscopic images of *Stenotrophomonas maltophilia* UKM 5642 cell morphology

Notation: 1– the initial strain – cells are similar, cylindricity with flagellums; 2 – after 1 passage on Nutrient agar with SDS – cells are shorter; 3 – after 4 passages on Nutrient agar with SDS – cells are deformed and shorter; 4 – after 10 passages on Nutrient agar with SDS – cells of different length, but theirs morphology is restored, clear visible dark and transparent inclusions.

Після четвертого пасажу клітини *S. maltophilia* УКМ 5642 виглядали деформованими, роздутими з одного кільця, що можливо пов'язано з ушкодженням клітинної стінки ПАР. Виявлено появу у цитоплазмі значних зон з різною оптичною щільністю. Після 10 пересівів на МПА з ДСН виявлено збільшення кількості темних і прозорих округлих включень різного розміру, які розміщувалися вздовж клітин.

Зміна морфології вказує на суттєвий негативний вплив ДСН на клітини *S. maltophilia* УКМ 5642 і на тенденцію до їх поступової адаптації.

В Таблиці наведено 10 з 67 вивчених нами фізіолого-біохімічних властивостей *S. maltophilia* УКМ 5642, які змінилися після контакту з ДСН.

Таблиця

Фізіолого-біохімічні властивості *Stenotrophomonas maltophilia* УКМ 5642, які зазнали змін за контакту з додецилсульфатом натрію

Table

The physiological and biochemical properties of *Stenotrophomonas maltophilia* UKM 5642 changed after the contact with sodium dodecyl sulfate

Тест	До контакту з ДСН	Після 1 пасажу на МПА з ДСН	Після 4 пасажу на МПА з ДСН	Після 10 пасажу на МПА з ДСН
Глутаміл-аріламідаза	(–)	+	+	(–)
Тирозин-аріламідаза	(–)	–	–	–
Уреаза	+	–	–	–
Цитрат (натрію)	–	+	+	+
Бета-N-ацетил-галактозамінідаза	–	(–)	–	–
L-гістидин	–	(–)	–	–
Кумарат	–	+	–	–
Стійкість до 0/129	–	+	(–)	(–)
L-Малат асиміляція	(+)	+	+	–
Виділення меркаптанів	(–)	+	+	–

Позначення: «+» – реакція позитивна; «(+)» – реакція слабко позитивна; «-» – реакція негативна; «(-)» – реакція слабко негативна

Результати трьох тестів на *L*-гістидин, бета-*N*-ацетил-галактозамінідазу і тирозин-аріламідазу принципово не змінювалися, тільки дещо коливався ступінь прояву реакції.

Тести на глутаміл-аріламідазу, кумарат, стійкість до 0/129 і виділення меркаптанів (реакція з реактивом Еллмана) після першого ж посіву вихідного

штаму *S. maltophilia* УКМ 5642 на середовище з ДСН давали протилежний результат, однак відновлювалися після десятого, а у випадку стійкості до 0/129 – після четвертого пасажу.

Після першого ж пасажу на середовище з ПАР у *S. maltophilia* УКМ 5642 незворотно не виявлявся фермент уреаза і з'являлася здатність рости на цитраті натрію. Здатність утилізувати *L*-малат втрачалася після десятого пересіву.

Культивування у присутності ДСН в концентрації 50 мг/л змінювало чутливість *S. maltophilia* УКМ 5642 до низки антибіотиків. Перевірено дію 21 антибіотика і до чотирьох з них резистентність зростала. Так, до цефалотину бактерії після 4 пасажів на ДСН з чутливих стали помірно резистентними; до цепродоксиму і офлоксацину з помірно резистентних перетворилася на резистентні після першого і четвертого пасажу відповідно; у випадку нітрофурантоїну спостерігали зміну чутливості з помірно резистентної на чутливу після першого пасажу і на резистентну після четвертого. Варто відмітити, що антибіотикочутливість *S. maltophilia* УКМ 5642, яка змінювалася під впливом ДСН, жодного разу не поверталася до попереднього стану.

За росту на ДСН у *S. maltophilia* УКМ 5642 спостерігалася зміна МІК 10 антибіотиків з 21 дослідженого. Це не завжди давало підстави говорити про зміну антибіотикочутливості культури, але чітко вказує на тенденцію формування резистентності. З рис. 3 видно, що уже після першого посіву на МПА з ДСН МІК ампіциліну і цефподоксиму для *S. maltophilia* УКМ 5642 зростала вдвічі з 4 до 8 мг/мл. Подвоювалася після четвертого пасажу також МІК амоксициліну з клавуланатом і офлоксацину (з 4 до 8 мг/мл), цефалотину (з 8 до 16 мг/мл), ципрофлоксацину (з 1 до 2 мг/мл), цефотаксиму (з 16 до 32 мг/мл). МІК амікацину збільшувалася з 2 до 4 мг/мл після 10 пасажу. У випадку нітрофурантоїну МІК антибіотика після першого пасажу *S. maltophilia* УКМ 5642 на МПА з ДСН зменшилася з 64 до 32 мг/мл, але уже після четвертого зростала до 128 мг/мл. Отримані результати вказують на можливість формування антибіотикорезистентності у відповідь на присутність у довкіллі ксенобіотика. Аналогічні результати з *Corynebacterium glutamicum* наведені в роботах [8, 9].

Контакт клітин *S. maltophilia* УКМ 5642 з ДСН змінював їхні адгезивні властивості. Суттєва різниця в кількості клітин, що адгезувалися на склі, до і після культивування на ДСН, спостерігалася за 60 хвилин експозиції. Показано, що чотириразовий пересів штаму на середовище з ДСН збільшував кількість адгезованих клітин з $(3,5\pm0,3)\times10^6$ кл/см^2 до $(4,5\pm0,4)\times10^6$ кл/см^2, але після десяти пасажів вона зменшувалася до $(2,5\pm0,1)\times10^6$ кл/см^2.

Таким чином, показано, що короткотривале (впродовж 1–10 пасажів) культивування бактерій *Stenotrophomonas maltophilia* УКМ 5642 на МПА з синтетичною аніонної поверхнево-активною речовиною додецилсульфатом натрію в концентрації 50 мг/л, що наближається до мінімальної інгібувальної, призводило до зміни низки біологічних показників і властивостей. Бактеріальні клітини вкорочувалися, у цитоплазмі з'являлися зони з різною оптичною щільністю, формувалися темні та прозорі включення вздовж клітин. Деякі фізіолого-біохімічні тести (глутаміл-аріламідаза, кумарат, стійкість до 0/129,

виділення меркаптанів, уреаза, асиміляція цитрату натрію і *L*-малату) давали протилежний результат. МІК до дев'яти антибіотиків зростала у 2 рази і більше, а до чотирьох з них формувалася резистентність. Адгезивні властивості коливалися залежно від кількості пересівів на середовище з ДСН.

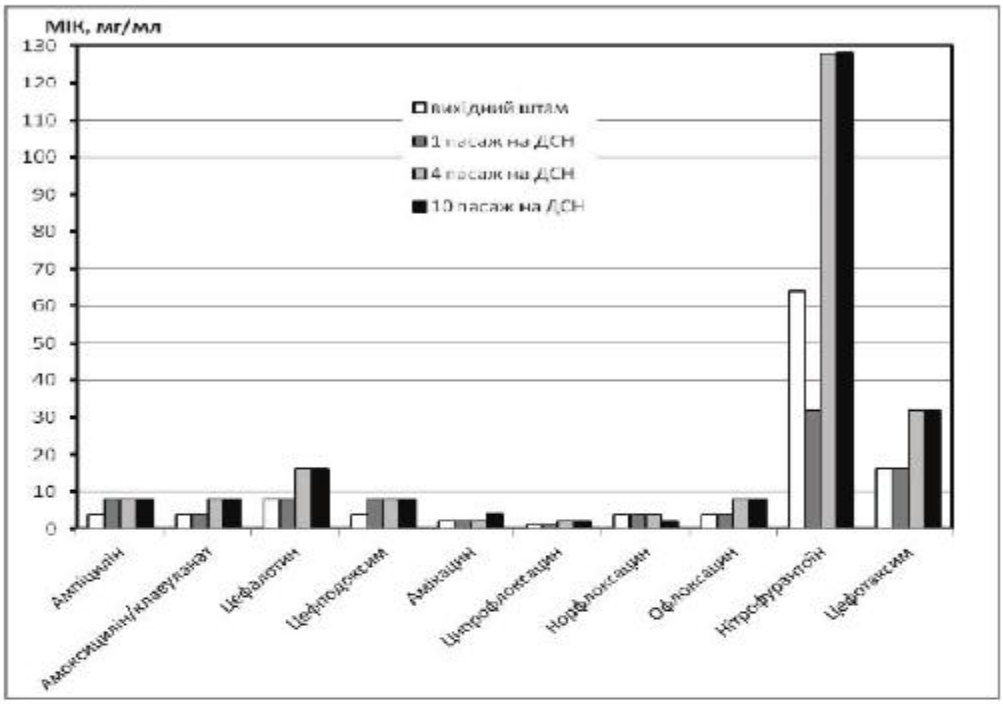

Рис. 3. Мінімальна інгібувальна концентрація антибіотиків для *Stenotrophomonas maltophilia* УКМ 5642 після культивування у присутності додецилсульфату натрію (50 мг/л)

Fig. 3. Antibiotics minimal inhibitory concentrations (MIC's) against *Stenotrophomonas maltophilia* UKM 5642 after the cultivation in the presence of sodium dodecyl sulfate (50 mg/L)

Змінені властивості у деяких випадках частково відновлювалися після 10-го пересіву, що свідчить про певну адаптацію бактерій *Stenotrophomonas maltophilia* УКМ 5642 до досліджуваного ксенобіотика.

'УДК 579.22:579.23

O. Radchenko[1], L. Stepura[1], Iu. Iumyna[1], M. Boretska[2], P. Zelena[1]

[1]Taras Shevchenko National University of Kyiv, 64/13, Volodymyrska Str., Kyiv, Ukraine, 01601, tel.:+38(044) 521 32 31, e-mail: olga.s.radchenko@gmail.com
[2]D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of NASU, 154, Zabolotniy Str., D03680, Kyiv, Ukraine, tel.:+38(044) 526 11 79, e-mail: mashapro@ukr.net

CHANGING OF SOME *STENOTROPHOMONAS MALTOPHILIA* BIOLOGYCAL PROPERTIES UNDER EFFECT OF SODIUM DODECYL SULFATE

Summary

Aim: *To study biological abilities changing of Stenotrophomonas maltophilia before and after cultivation on the medium with sodium dodecyl sulfate (SDS).* **Methods.** *The physiological and biochemical properties, antibiotics sensitivity of S maltophilia were studied due to microbiological analyzer Vitek 2 Compact (Biomerieus, France), cells morphology – light microscopy method (Zeiss Primo Star, Germany) and electron microscopy (Jeol 1400, Japan).* **Results.** *The short-time cultivation of S maltophilia (during 1–10 running) in presence of synthetic anionic surfactant SDS in concentration of 50 mg/L that is near minimal inhibition concentration (MIC) results in changing of some biological parameters and properties, e.g. cells became shorter and changed their shape, the different optical density zone were noted in cytoplasm, the dark and transparent inclusion appeared in cells. Some biochemical test results (glutamyl aryl-amidase, tyrosine arylamidase, urease, citrate (sodium), beta-N-acetyl-galactosidase, L-histidine assimilation, coumarate, 0/129 resistance, L-malate assimilation, Ellman) were changed to opposite index. The MIC of 9 antibiotics increased in 2 times and more, to 4 antibiotics there were formed resistance. Adhesion properties of S. maltophilia varied depending upon run times in presence of SDS. The properties which were changed during the experiment sometimes were restored after the 10th run. This fact could speculate about certain culture adaptation toward to antibiotic. Whereas SDS is the most popular surfactant, which is included in almost all cosmetic and household chemicals, the changes of biological activities of bacteria under its influence could provoke the problems with clinical important strains identification.*

K e y w o r d s : surfactant, sodium dodecyl sulfate (SDS), Stenotrophomonas maltophilia, biological characteristics, antibiotic resistance.

УДК 579.22:579.23

О.С. Радченко[1], Л.Г. Степура[1], Ю.М. Юмына[1], М.А. Борецкая[2], П.П. Зеленая[1]

[1]Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,
ул. Владимирская, 64/13, Киев, 01601, Украина,
тел.:+38(044) 521 32 31, e-mail: olga.s.radchenko@gmail.com
[2]Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАН Украины, ул. Академика Заболотного, 154, Д03680, Киев, МСП Украина, тел.:+38(044) 526 11 79, e-mail: mashapro@ukr.net

ИЗМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ *STENOTROPHOMONAS MALTOPHILIA* ПОД ДЕЙСТВИЕМ ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТА НАТРИЯ

Реферат

Цель: *изучение изменений биологических свойств Stenotrophomonas maltophilia под действием додецилсульфата натрия (ДСН).* **Методы.** *Физиолого-биохимические свойства и чувствительность к антибиотикам S. maltophilia изучали при помощи микробиологического анализатора Vitek 2 Compact (Biomerieus, Франция), световой (Zeiss Primo Star) и электронной микроскопии (Jeol 1400, Япония).* **Результаты.** *Показано, что непродолжительное (в течение 1–10 пассажей) культивирование бактерий Stenotrophomonas maltophilia на МПА с синтетическим анионным поверхностно-активным веществом (ПАВ) додецилсульфатом натрия (ДСН) в концентрации 50 мг/л, приближающейся к минимальной ингибирующей (МИК), приводило к изменению ряда биологических показателей и свойств: клетки укорачивались и деформировались, в цитоплазме появлялись зоны с различной оптической плотностью, формировались темные и прозрачные включения; результаты некоторых физиолого-биохимических тестов (глутамил-ариламидаза, кумарат, устойчивость к 0/129, выделение меркаптанов, уреаза, ассимиляция цитрата натрия и L-малата) менялись на противоположные; МИК девяти антибиотиков увеличивалась в 2 раза и более, а к четырем из них формировалась резистентность; адгезивные свойства S. maltophilia колебались в зависимости от количества пересевов на среду з ДСН. Измененные свойства в некоторых случаях частично восстанавливались после 10-го пересева, что свидетельствовало о некоторой адаптации культуры к ксенобиотику. Поскольку ДСН – одно из наиболее распространенных анионных ПАВ и входит в состав практически всех косметических средств и товаров бытовой химии, изменение под его влиянием биологических свойств бактерий может создавать проблемы в идентификации клинически значимых микроорганизмов.*

Ключевые слова: ПАВ, додецилсульфат натрия, Stenotrophomonas maltophilia, биологические свойства, резистентность к антибиотикам.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. *Борецька М.О., Остапчук А.М., Козлова І.П.* Моносахаридний склад екзополімерного комплексу *Thiobacillus thioparus* і *Stenotrophomonas maltophilia*// Укр. Біохімічний Журнал . – 2007. – т. 79, № 5. – С. 140–144.

2. *Михальський Л.О., Фуртат І.М., Радченко О.С., Степура Л.Г.* Вплив синтетичних поверхнево-активних речовин на деякі біологічні властивості непатогенних видів роду *Corynebacterium* // Мікробіол. журн. – 2006. – Т. 68, № 3. – С. 52–61.

3. *Наказ* № 167 МОЗ України «Визначення чутливості мікроорганізмів до антибактеріальних препаратів» 05.04.2007.

4. *Поверхностно-активные* вещества: Справочник; под ред. А.А.Абрамзона, Г.М.Гаевого. – Л: Химия. – 1979. – 376 С.

5. *Радченко О.С., Степура Л.Г., Зелена П.П.* Вплив додецилсульфату натрію на деякі біологічні властивості *Staphylococcus aureus* //Вісник Київського університету (серія Біологія). – 2011. – 58. – С. 37–39

6. *Радченко О.С., Степура Л.Г., Домбровська І.В.* та ін. Практикум із загальної мікробіології. – Київ: Фітосоціоцентр, 2011. – 168 с.

7. *Радченко О.С., Степура Л.Г., Зелена П.П.* Вплив додецилсульфату натрію на фізіолого-біохімічні властивості бактерій роду *Corynebacterium* // Вісник Київського університету (серія Біологія). – 2012, вип 60. – С. 13–14.

8. *Ставская С.С., Удод В.М., Таранова Л.А., Кривец И. А.* Микробиологическая очистка воды от поверхностно-активных веществ. – К., 1988. – 184 с.

9. *Фуртат І.М., Ногіна Т.М., Михальський Л.О. та ін.* Вплив поверхнево-активних речовин на деякі біологічні властивості *Corynebacterium glutamicum* //Національний університет "Києво-Могилянська Академія" Наукові записки. – 2002. – 20, 2. – С. 435–438.

10. *David H. Pincus D.H.* Microbial Identification Using the bioMérieux VITEK® 2 System in M.J.Miller Encyclopedia of Rapid Microbiological Methods, 2006. – V. 2. – Co-Published PDA Book. – 32 p.

11. *Mendelson N.H., Haag S.M., Cole R.M.* Cellular organization of *Bacillus subtilis*: sodium dodecyl sulfate-induced cell partitioning into zebra structure // Journal of Bacteriology. – 1976. – V. 126, N 3. – P. 1285–1296.

12. *Solheim M., Aakra A., Vebo H., et al.* Transcriptional responses of *Enterococcus faecalis* V583 to bovine bile and sodium dodecyl sulfate //Appl.Environ. Microbiol. – 2007. – V. 73, N 18. – P. 5767–5774.

13. *le Maire M, Champeil P, Moller JV.* Interaction of membrane proteins and lipids with solubilizing detergents // Biochim. Biophys Acta. – 2000. – V. 1508, N1–2. – P. 86–111.

14. *Woldringh C.L., van Iterson W.* Effect of treatment with sodium dodecyl sulfate on the ultrastructure of *Escherichia coli* // Journal of Bacteriology. – 1972. – V. 111, N 3. – P. 801–813.

Стаття надійшла до редакції 27.11.2013 р.