

УДК 631.46

## ХАРАКТЕРИСТИКА АКТИНОМИЦЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЗАПОВЕДНИКА ПУ ХОАТ

© 2022 г. Ю. А. Дорченкова<sup>а</sup>, \*, Т. А. Грачева<sup>а</sup>, Л. В. Лысак<sup>а</sup><sup>а</sup>МГУ им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, 1, Москва, 119991 Россия

\*e-mail: juliadorchenkova@gmail.com

Поступила в редакцию 29.06.2021 г.

После доработки 29.11.2021 г.

Принята к публикации 30.11.2021 г.

С помощью метода посева оценена численность и таксономическое разнообразие актиномицетов почв и растительного опада заповедника Пу Хоат Центрального Вьетнама. Установлено, что плотность мицелиальных актинобактерий в исследованных субстратах варьировала от  $2.0 \times 10^4$  до  $9.2 \times 10^6$  КОЕ/г. Наибольшая численность отмечена в опаде широколиственного леса долины р. Зут Суой. Длина актиномицетного мицелия, определенная с помощью прямой люминесцентной микроскопии, варьировала от 178 до 800 м/г. Показатели длины мицелия для аллювиальной почвы под широколиственным лесом (Fluvisols) и горной красно-желтой ферраллитной почвы под хвойным лесом (Ferralsols) не различались. Показано, что доминантами в актиномицетном комплексе исследованных субстратов являются стрептомицеты секций *Cinereus*, *Albus* серий *Achromogenes*, *Chromogenes*, *Albus*. Высокое таксономическое разнообразие отмечено в “подвешенной почве” из корзинок эпифитов сем. *Dryopteridaceae*. Анализ роста на среде с различными значениями pH выявил доминирование ацидофильных форм актиномицетов в исследованных тропических почвах. Изучение температурного диапазона роста выделенных культур позволяет отнести их к термотолерантным и факультативно термофильным бактериям. Способность к разложению целлюлозы и высокая антибиотическая активность свидетельствует о биотехнологическом потенциале чистых культур актиномицетов.

**Ключевые слова:** почвы Вьетнама, численность актинобактерий, таксономический состав, антибиотическая активность

**DOI:** 10.31857/S0032180X22040074

### ВВЕДЕНИЕ

Мицелиальные актинобактерии получили широкое распространение в природе. Они встречаются в воздухе, пресных водоемах и морях, пище, кишечнике и экскрементах беспозвоночных, но наибольшее их разнообразие обнаруживается в почве и растительных субстратах. Такое множество местообитаний актиномицетов связано с их высокой способностью переносить неблагоприятные условия, такие как временное отсутствие влаги, питательных элементов или колебание температур. Сохранение жизнеспособности достигается путем образования спор, которые впоследствии, при благоприятном для прорастания условиях среды, дают начало росту вегетативного мицелия [6].

В настоящее время накоплено большое количество данных о распространении актиномицетов в почве и связанных с нею растительных субстратах. Известно, что в тропических лесах горной провинции Китая Юньнань на высоте 450–950 м над ур. м. численность актиномицетов составляет  $6.7 \times 10^5$  КОЕ/г субстрата, а доминантами являют-

ся стрептомицеты [12]. В ненарушенных ферраллитных тропических почвах Бразилии содержание актиномицетов составляет  $10^5$ – $10^6$  КОЕ/г [15]. Высокое таксономическое разнообразие (более 50 родов) обнаружено в почвах Вьетнама [18]. Тем не менее, вопрос о распространении этих организмов в экосистемах тропических регионов остается малоизученным.

Нахождение места актиномицетов в прокариотном комплексе таких биотопов дополняет знания о биоразнообразии микробного мира, а также представляет несомненный интерес для биотехнологии. Поиск продуцентов новых антибиотиков и ферментов, применение популяции актиномицетов для биоконтроля и биоремедиации, борьбы с фитопатогенными грибами – важные практические задачи, для решения которых необходимы знания экологии актиномицетов.

Цель работы – характеристика численности, изучение таксономического состава и антибиотических свойств культивируемых актиномицетных комплексов почв и опада заповедника Пу Хоат.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования служили образцы растительного опада, почв, отобранные на глубине 0–5 и 5–20 см, и “подвешенной почвы” из корзинок эпифитов природного заповедника Пу Хоат, расположенного в провинции Нге Ань, Вьетнам. Образцы отобрали на двух участках: в долине реки и на склоне хребта.

Первый участок – тропический долинный широколиственный полидоминантный высокоствольный лес с преобладанием деревьев *Terminalia* sp., *Aglaia gigantean* со среднесложной вертикальной структурой на переувлажненных аллювиальных почвах (Fluvisols) на отложениях, подстилаемых гранитами, в долине р. Зут Суой (19.762038° N, 104.802386° E, 845 м над ур. м.). Листовой опад мощностью 3–5 см частично фрагментирован, состоит из растительного материала разных стадий разложения. Для территории тропического леса характерно формирование “подвешенных почв” в корзинках эпифитов сем. Dryopteridaceae [2].

Второй участок расположен в тропическом горном высокоствольном лесу с преобладанием деревьев *Cunninghamia lanceolate* на элювии гранитов на крутом склоне хребта (19.775998° N, 104.803729° E, 1370 м над ур. м.). Почва – горная красно-желтая гумусово-ферраллитная (Ferralsols). Хвойный опад мощностью 10–15 см состоит из веточек и хвои *Cunninghamia* sp. на разных стадиях разложения растительного материала.

Длину актиномицетного мицелия определяли прямым методом с использованием люминесцентной микроскопии. Предварительно почвенные суспензии обрабатывали ультразвуком на диспергаторе УЗДН-1 в течение 2 мин в режиме 0.44 А, 15 Гц. Приготовленные по стандартной методике препараты, окрашенные красителем акридином оранжевым [4] просматривали на люминесцентном микроскопе Axioscope 2+ (объектив  $\times 100$ , масляная иммерсия). Расчет длины актиномицетного мицелия на 1 г почвы проводили по формуле:  $N = S_1an/VS_2C$ , где  $N$  – длина актиномицетного мицелия в 1 г почвы;  $S_1$  – площадь препарата,  $\mu\text{м}^2$ ;  $a$  – количество клеток в одном поле зрения, среднее по всем препаратам;  $n$  – показатель разведения почвенной суспензии, мл;  $V$  – объем капли, наносимой на стекло, мл;  $S_2$  – площадь поля зрения микроскопа,  $\mu\text{м}^2$ ;  $C$  – аликвота, 1 мл.

Численность актиномицетов определяли методом посева на плотные питательные среды. Предварительно с целью десорбции микроорганизмов и наиболее полного учета их количества образцы обрабатывали на установке УЗДН-1 (22 кГц, 0.44 А) в течение 2 мин [5]. Посев производили на среду Гаузе I (минеральный агар 1) (г/л) [1]:  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  –

0.5,  $\text{MgSO}_4$  – 0.5,  $\text{KNO}_3$  – 1,  $\text{NaCl}$  – 0.5,  $\text{FeSO}_4$  – следы, крахмал – 20, агар – 20, pH 7.2–7.4. Для ингибирования грибов добавляли 50 мг нистатина на 0.5 л среды. Посев проводили в 3-кратной повторности из 10-кратных разведений. Инкубировали в течение недели при температуре 28°C. Производили учет общей численности бактерий и актиномицетов, которую выражали в КОЕ/г образца. Дифференцированный учет колоний актиномицетов разных таксономических групп проводили согласно определителю актиномицетов [1]. Основных представителей выделяли в чистые культуры.

**Кислотность** в исследуемых образцах измеряли в вытяжках из водных суспензий, приготовленных в соотношении почва : вода = 1 : 2.5 и опад : вода = 1 : 25. Для установления химического равновесия в растворе почвенные суспензии взбалтывали на ротаторе в течение 10 мин, затем давали 5 мин отстояться, а суспензии с листовым опадом оставляли на сутки при комнатной температуре. Фильтровали полученные надосадочные жидкости и проводили измерения с помощью pH-метра (Hanna Instrument pH 210 Microprocessor pH Meter).

**Способность к разложению целлюлозы** отмечали по наличию роста чистых культур на среде Гетчинсона с фильтровальной бумагой (г/л):  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  – 1,  $\text{CaCl}_2$  – 0.1,  $\text{MgSO}_4$  – 0.3,  $\text{NaCl}$  – 0.1,  $\text{FeCl}_3$  – следы,  $\text{NaNO}_3$  – 2.5, агар – 20.

**Антибиотическую активность** выделенных штаммов определяли методом агаровых блочков. Из предварительно выращенного газона чистой культуры вырезали стерильным пробочным сверлом ( $D \sim 8$  мм) агаровые блочки, которые помещали на поверхность среды, засеянной тест-организмом. Инкубировали 20–24 ч при температуре, благоприятной для развития тест-организма. Наличие антибиотической активности испытуемого организма отмечали по отсутствию видимого роста вокруг блока. Чем больше зона подавления роста, тем активнее образуемое антибиотическое вещество [8].

**Температурный диапазон и оптимальную температуру** роста определяли, высевая чистые культуры актиномицетов в флаконы с жидкой средой РС (г/л):  $\text{NaCl}$  – 0.5; триптон – 5; дрожжевой экстракт – 2.5; глюкоза – 1. Засеянные флаконы помещали в термостаты с соответствующей температурой (4, 10, 15, 22, 30, 37, 41, 45, 49.5, 54°C) и инкубировали в течение 5 сут. Оптическую плотность культуры определяли при длине волны  $\lambda = 660$  нм. Результатом спектрофотометрических измерений является график зависимости роста культуры от температуры культивирования.

**Для установления диапазона значений pH, благоприятных для роста**, чистые культуры высевали на среды с реакциями среды pH 5.0, 4.0. Для приготовления сред использовали фосфатно-цитрат-

**Таблица 1.** Численность и структура актиномицетных комплексов тропических лесов природного заповедника Пу Хоат, численности в тыс. КОЕ/г ± погрешность

Показатель	Долинный широколиственный лес				Горный хвойный лес		
	опад	почва, 0–5 см	почва, 5–20 см	“подвешенная почва”	опад	почва, 0–5 см	почва, 5–20 см
Общая численность прокариот, тыс. КОЕ/г	10500 ± 525	1070 ± 107	5810 ± 523	1380 ± 83	140 ± 7	200 ± 6	93 ± 7
Численность актиномицетов, тыс. КОЕ/г	9200 ± 460	933 ± 84	310 ± 28	603 ± 36	110 ± 6	200 ± 9	20 ± 2
Длина актиномицетного мицелия, м	800	178	406	580	800	200	406
Количество секция и серий рода <i>Streptomyces</i>	5	2	1	5	2	1	1

ную буферную смесь, состоящую из двух растворов: 0.2 М Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> и 0.1 М лимонной кислоты [3].

**Идентификацию чистых культур актинобактерий** выполняли методом анализа последовательностей гена 16S рРНК. ДНК из биомассы чистых культур выделяли с использованием набора реактивов D1AtomTMDNAPrep100 (“Биоком”, Россия), согласно рекомендациям производителя. Очищенный препарат ДНК использовали в качестве матрицы для проведения полимеразной цепной реакции (ПЦР). Выделенную ДНК чистых культур использовали для ПЦР с праймерами, универсальными для представителей доменов Bacteria 8-27f [5'-AGAGTTTGGATCCTGGCTCAG-3'] и 1492r [5'-GGTTACSTTGGTTACGACTT-3'] [9, 19]. ПЦР проводили в реакционной смеси (25 мкл) содержащей 10–50 нг матрицы ДНК на амплификаторе iCycler фирмы “BioRad” (США) в следующем режиме: 1 цикл 3 мин при 94°C и затем 30 циклов (0.5 мин при 94°C, 0.5 мин при 50°C, 0.5 мин при 72°C) и 7 мин при 72°C. Длину полученных фрагментов оценивали в 1.0%-ном агарозном геле с бромистым этидием. Секвенирование ДНК проводили с помощью набора реактивов ABI PRISM® BigDye™ Terminator v. 3.1 с последующим анализом продуктов реакции на автоматическом секвенаторе Applied Biosystems 3730 DNA Analyzer в соответствии с рекомендациями производителя.

Предварительный анализ полученных нуклеотидных последовательностей проводили с использованием онлайн ресурса BLAST в базе данных NCBI GenBank. Полученные последовательности сравнивали с последовательностями референтных типовых организмов. Редактирование последовательностей проводили с помощью программы BioEdit (<http://jwbrown.mbio.ncsu.edu/BioEdit/bioedit.html>).

Идентификацию выполняли в ЦКП “Геном” Института молекулярной биологии им. Энгельгарда.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что исследуемые образцы почвы и растительного опада имеют реакцию среды в водной вытяжке от слабокислой до кислой. Считается, что актиномицеты в наибольшей степени распространены в субстратах с нейтральными значениями рН [6]. Однако в исследуемых локусах отмечаются высокие показатели численности и длины актиномицетного мицелия. Максимальное значение плотности мицелиальных бактерий ( $9.2 \times 10^6$  КОЕ/г) установлено в опаде широколиственного леса в долине р. Зут Суой. Численность актиномицетов в локусах горного хвойного леса значительно меньше, чем в локусах долинного, при этом содержание актиномицетного мицелия не различается (табл. 1). Можно предположить, что в опаде широколиственного леса больше легкодоступного органического вещества, поэтому роль актиномицетов в сапротрофно-гидролитическом комплексе уходит на второй план, и они преимущественно находятся в споровом состоянии. Полученные результаты по численности актиномицетов в растительных субстратах заповедника Пу Хоат схожи с имеющимися данными для тропических лесов Таиланда (провинция Ранонг), где в опаде содержание актиномицетов варьирует  $10^3$ – $10^6$  КОЕ/г [16], а также с данными по исследованию микробных сообществ почв и растительного опада муссонных тропических лесов Национальных парков Вьетнама [7].

Распределение актиномицетного мицелия в исследуемых субстратах имеет схожий характер: наибольшее содержание наблюдается в опаде, в верхнем слое почвы уменьшается в несколько раз и затем снова возрастает в нижележащем почвенном слое. Доминирование стрептомицетов в бактериальном комплексе свидетельствует о их важной роли в деструкции труднодоступного органического вещества [10].

**Таблица 2.** Результаты теста на антагонистическую активность актиномицетов, выделенных из субстратов природного заповедника Пу Хоат

Штамм	Зона подавления роста тест культур, мм					
	<i>R. erythropolis</i>	<i>Cellulomonas</i> sp.	<i>Mucosoccus</i> sp.	<i>Brevibacterium</i> sp.	<i>Arthrobacter globisporum</i>	<i>Promicromonospora</i> sp.
<i>S. violaceoruber</i> (ПХТ1)	18	0	28	25	0	11
<i>S. aburaviensis</i> (ПХТ 2)	18	25	30	30	36	18
<i>S. griseolus</i> (ПХТ 3)	30	36	24	40	30	22
<i>S. albus</i> (ПХТ 4)	25	19	18	30	30	22
<i>S. hygrosopicus</i> (ПХТ 5)	35	20	30	35	35	19
<i>S. cellulosa</i> strain MF11 (ПХТ 6)	36	28	25	28	18	22
<i>S. wedmorensis</i> (ПХТ 8)	17	0	0	28	10	14
<i>S. pratensis</i> strain WZS051 (ПХТ 9)	0	15	14	16	12	28
<i>S. graminofaciens</i> (ПХТ 10)	10	0	0	25	0	0
<i>S. griseolus</i> (ПХТ 11)	0	15	0	0	28	35
<i>S. violaceoruber</i> (ПХТ 12)	0	0	15	0	0	0
<i>S. cinereoruber</i> (ПХТ 13)	0	13	26	12	20	10
<i>S. candidus</i> (ПХТ 14)	18	24	30	24	18	17
<i>S. oligocarophilus</i> (ПХТ 15)	24	0	18	0	17	0
<i>S. hygrosopicus</i> (ПХТ 16)	0	15	0	0	0	18
<i>S. cinereoruber</i> (ПХТ 17)	0	0	0	0	0	12
<i>S. globisporus</i> (ПХТ 18)	0	0	15	18	0	0
<i>S. lincolnensis</i> (ПХТ 19)	0	25	12	0	0	0
<i>S. griseolosuffuscus</i> (ПХТ 20)	0	24	24	22	25	0
<i>S. violaceorubidus</i> (ПХТ 21)	26	0	16	0	12	12

Таксономическая структура актиномицетного комплекса, изученная с помощью классического метода посева, природного заповедника Пу Хоат включает в себя стрептомицеты секций и серий *Albus Albus*, *Cinereus Chromogenes*, *Cinereus Achromogenes*, *Helvolo-Flavus Helvolus*, *Helvolo-Flavus Flavus*, *Roseus Lavandulae-roseus*. Доминантами среди них являются актиномицеты секций с серым и белым воздушным мицелием. Высокое таксономическое разнообразие отмечается в “подвешенной почве” из корзинок эпифитов. Метод сукцессии позволил установить увеличение численности и разнообразия актиномицетов на 21 сут увлажнения. С помощью классического метода учета в ходе сукцессии выявлены актиномицеты рода *Micromonospora* и стрептомицеты секции *Imperfectus* в образцах опада и “подвешенной почвы”.

Род *Streptomyces* известен как самый активный продуцент целлюлаз. Обширные исследования

показывают, что целлюлазы *Streptomyces* sp. являются термостойкими с оптимальными условиями для их работы в слабощелочной области pH среды [13, 14]. Установлено, что практически все протестированные 20 штаммов показали обильный рост в слабокислой среде с pH 5, у некоторых наблюдалось изменение окраски воздушного и субстратного мицелия. На среде с pH 4 у большинства штаммов отмечался слабый рост. Полученные результаты говорят о том, что исследуемые культивируемые актиномицеты относятся к ацидофильным организмам. При этом для всех протестированных штаммов отмечался рост на среде Гетчинсона, что говорит о их способности к разложению целлюлозы.

Изучая температурный диапазон роста выделенных штаммов, установили, что оптимальные условия для большинства чистых культур 25–32°C, при этой температуре оптическая плотность в жид-

кой среде была наибольшей. Для некоторых штаммов эти значения составляли 43–45°C. В целом, актиномицеты, выделенные из тропических почв заповедника Пу Хоат, показали наличие роста при широком диапазоне температур от 5 до 49°C. Известно, что актиномицеты, выделенные из мангровых экосистем Вьетнама, проявляют наибольшую антимикробную активность при температуре 37°C [17].

Антибиотическую активность выделенных штаммов проверяли по отношению к тест-организмам бактерий *Rhodococcus erythropolis*, *Cellulomonas* sp., *Muxococcus* sp., *Brevibacterium* sp., *Arthro-bacter globisporum*, *Promicromonospora* sp. Протестировали 20 штаммов актиномицетов. Наиболее активными оказались чистые культуры, выделенные из образцов аллювиальной и красно-желтой гумусно-ферраллитной почвы на глубине 20 см (табл. 2).

Стрептомицеты, выделенные из субстратов заповедника Пу Хоат, идентифицировали согласно определителю актиномицетов [1]. С помощью молекулярно-биологических методов на основании 16SPHK, два штамма актиномицетов, выделенных из “подвешенной почвы” корзинок эпифитов, определены как *Streptomyces cellulosa* strain MF11 (ПХТ-6), *Streptomyces pratensis* strain WZS051 (ПХТ-9).

Штамм *Streptomyces cellulosa* VJDS-1, выделенный из мангровых экосистем на юго-восточном побережье Индии, известен как продуцент биологически активных веществ, проявляющий высокую антибиотическую активность против тест-культур разных филогенетических групп, способный к разложению целлюлозы и других органических соединений. Имеющиеся данные показывают, что *S. cellulosa* растет при диапазоне температур от 25 до 55°C с оптимальными значениями 30°C [11]. Штамм, выделенный нами, показал способность к росту при температурах от 11 до 49°C с оптимумом в 32°C.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что актиномицеты являются неотъемлемым компонентом микробных комплексов почв и растительного опада заповедника Пу Хоат. Высокие показатели численности и длины актиномицетного мицелия свидетельствуют о важной роли данных микроорганизмов в деструкции органического вещества в исследуемых субстратах. Наибольшая плотность актиномицетов отмечается в опаде широколиственного леса долины р. Зут Суой.

Исследование актиномицетных комплексов выявило присутствие в этих субстратах мицелиальных бактерий, адаптированных к низким значениям pH, при этом сохраняющих свою целлюлозолити-

ческую активность. Установлено, что большинство выделенных штаммов являются термотолерантными организмами, некоторые из них — факультативными термофилами. Высокая антибиотическая активность говорит о перспективности выделения чистых культур актиномицетов из исследованных местообитаний для поиска продуцентов антибиотиков и других биотехнологических продуктов.

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаузе Г.Ф., Преображенская Т.П., Свешникова М.А., Терехова Л.П., Максимова Т.С. Определитель актиномицетов. М.: Наука, 1983. 245 с.
2. Еськов А.К., Абакумов Е.В., Тиунов А.В., Кузнецова О.В., Дубовиков Д.А., Прилепский Н.Г., Кузнецов А.Н. Агеотропные воздушные корни-“улавливатели” гнездовых эпифитов и их роль в формировании подвешенных почв // Журн. общ. биол. 2017. Т. 78. № 3. С. 54–68.
3. Закалюкина Ю.В., Зенова Г.М., Звягинцев Д.Г. Особенности роста и морфологической дифференцировки ацидофильных и нейтрофильных почвенных стрептомицетов // Микробиология. 2004. Т. 73. № 1. С. 89–93.
4. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. 304 с.
5. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. 256 с.
6. Звягинцев Д.Г., Зенова Г.М. Экология актиномицетов. М.: ГЕОС, 2001. 254 с.
7. Лысак Л.В., Лапыгина Е.В., Столетов Г.А. и др. Характеристика микробных сообществ почв и растительного опада муссонных тропических лесов национальных парков Вьетнама // J. Tropical Sci. Techn. 2017. Т. 14. С. 132–142.
8. Лысак Л.В., Лухачева А.А., Алферова И.В. Методы выделения и изучения почвенных актиномицетов, продуцентов антибиотиков. М.: Макс Пресс, 2005. 78 с.
9. Brunk C.F., Avaniss-Aghajani E., Brunk C.A. A computer analysis of primer and probe hybridization potential with bacterial small-subunit rRNA sequences // Appl. Environ. Microbiol. 1996. V. 61. P. 872–879.
10. Goodfellow M., Williams S.T. Ecology of actinomycetes // Annual Rev. Microbiol. 1983. V. 37. № 1. P. 189–216.
11. Indupalli M.D., Muvva V., Munaganti R.K. Streptomyces cellulosa VJDS-1, a promising source for potential bioactive compounds // Int. J. Pharm Sci. 2015. V. 7. P. 57–61.
12. Jiang Y., Chen X., Cao Y., Ren Z. Diversity of cultivable actinomycetes in tropical rainy forest of Xishuangbanna, China // Open J. Soil Sci. 2013. V. 3. P. 9–14.
13. Jones B., Kleij Wilhelmus A., Van Solingen P., Weyler W. Cellulase producing actinomycetes, cellulase produced

- there from and method of producing same. EP 1408108 B1, 2004.
14. *Mohanta Y.K.* Isolation of cellulose-degrading actinomycetes and evaluation of their cellulolytic potential // *Bio-engineering and Bioscience*. 2014. V. 2. № 1. P. 1–5.
  15. *Semêdo L.T., Linhares A.A., Gomes R.C., Manfio G.P., Alviano C.S., Linhares L.F.* Isolation and characterization of actinomycetes from Brazilian tropical soils // *Microbiol. Res.* 2001. V. 155. № 4. P. 291–299.
  16. *Suksaard P., Pathom-aree W., Duangmal K.* Diversity and plant growth promoting activities of actinomycetes from mangroves // *Chiang Mai J. Sci.* 2017. V. 44. № 4. P. 1210–1223.
  17. *Trang N.B., Anh P.H.Q., Phommavong K., Huy N.Q.* Characterization of Actinomycetes Strains Isolated from Mangrove Forests in Vietnam // *VNU J. Sci.: Natural Sci. Technol.* 2016. V. 32. № 1C.
  18. *Van Hop D., Sakiyama Y., Binh C.T.T., Otoguro M., Hang D.T., Miyadoh S., Luong D.T., Ando K.* Taxonomic and ecological studies of actinomycetes from Vietnam: isolation and genus-level diversity // *J. Antibiotics*. 2011. V. 64. № 9. P. 599.
  19. *Weisburg W.G., Barns S.M., Pelletier D.A., Lane D.J.* 16S ribosomal DNA amplification for phylogenetic study // *J. Bacteriol.* 1991. V. 173. P. 697–703.

## Characteristic of Complexes of Actinomycetes of the Pu Hoat Nature Reserve

Yu. A. Dorchenkova<sup>1</sup> \*, T. A. Gracheva<sup>1</sup>, and L. V. Lysak<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991 Russia*

\**e-mail: juliadorchenkova@gmail.com*

The abundance and taxonomic diversity of actinomycetes of soils and plant litter of the Pu Hoat nature reserve of Central Vietnam was estimated. It was found that the density of mycelial actinobacteria in the studied substrates varied from  $2.0 \times 10^4$  to  $9.2 \times 10^6$  CFU/g. The largest number was noted in the litter of the broadleaf forest of the river valley Zut Suoi. The length of the actinomycete mycelium, determined using direct luminescence microscopy, varied from 178 to 800 m/g. Mycelium length in alluvial soil under broadleaf forest (Fluvisols) and mountain red-yellow ferralite soil under coniferous forest (Ferralsols) did not differ. It was shown that the dominant species in the actinomycete complex of the studied substrates are streptomycetes of the sections *Cinereus*, *Albus* of the *Achromogenes*, *Chromogenes*, *Albus* series. High taxonomic diversity is noted in the “suspended soil” from the baskets of epiphytes of the family *Dryopteridaceae*. Analysis of growth in media with different pH values identified in studied tropical soils dominance acidophilic forms actinomycetes. The study of the temperature range of growth of the isolated cultures makes it possible to classify them as thermotolerant and optionally thermophilic bacteria. The ability to degrade cellulose and a high antibiotic activity demonstrates the biotechnological potential of actinomycetes isolates.

*Keywords:* Vietnam soils, abundance, taxonomic composition, antibiotic activity