

УДК 579.873.11.083.12:574.4 (574.2)

Л.П. Треножникова*, С.А. Айткельдиева, И.Э. Смирнова, А.Х. Хасенова,
С.Ш. Шакиев, Г.Д. Ултанбекова
Институт микробиологии и вирусологии КН МОН РК, Казахстан, г. Алматы
*E-mail: Barahtian@yandex.ru

Состав актиномицетов и их свойства в экстремальных экосистемах Северного Казахстана

Актиномицеты являются значимым компонентом микробиоценозов экстремальных экосистем Северного Казахстана. Наиболее высокая численность нейтрофильных и галотолерантных актиномицетов и их процентная составляющая в общей биомассе бактерий отмечена в прикорневой зоне растений сорных и луговых солончаков. Отмечен также более богатый качественный состав нейтрофильных актиномицетов в прикорневой зоне солеустойчивых растений, появление фиолетовых, красных, синих и зеленых пигментных серий актиномицетов.

Ключевые слова: микробиоценоз, экстремальные экосистемы, нейтрофильные, галотолерантные и алкалотолерантные актиномицеты, прикорневая зона растений, сорные и луговые солончаки, солонища, солонцы степные.

L.P. Trenzhenikova, S.A. Aitkeldiyeva, I.E. Smirnova, A.Kh. Khassenova,
S.Sh. Shakiev, G.D. Ultanbekova

Composition of actinomycetes and their properties in the extreme ecosystems of the Northern Kazakhstan

Actinomycetes are the significant component of microbiocenosis in the extreme ecosystems of the Northern Kazakhstan. The highest numbers of neutrophilic and halotolerant actinomycetes and their percentage component in the total biomass of bacteria are recorded in plant rhizosphere of sor and meadow saline soils. The richer qualitative composition of neutrophilic actinomycetes in rhizosphere of salt-tolerant plants, appearance of violet, red, blue and green pigmentary series of actinomycetes are also observed.

Keywords: microbiocenosis, extreme ecosystems, neutrophilic, halotolerant and alkalotolerant actinomycetes, plant rhizosphere, sor and meadow saline soils, solodi, salt steppe.

Л.П. Треножникова, С.А. Айткельдиева, И.Э. Смирнова, А.Х. Хасенова,
С.Ш. Шакиев, Г.Д. Ултанбекова

Солтүстік Қазақстанның қысаң экосистемаларындағы актиномицеттерінің құрамы және олардың қасиеттері

Актиномицеттер солтүстік Қазақстанның қысаң экосистемаларының микробиоценоздарының мағыналы компоненттері болып табылады. Сорлардың және шалғындық сорлардың өсімдіктерінің тамыр қасындағы аймағында нейтрофилды және галотолерантты актиномицеттерінің саны, олардың жалпы бактерияларының биомассасын құрайтын проценті өте жоғары. Сонымен бірге тұзға тұрақты өсімдіктерінің тамыр қасындағы аймағында нейтрофилды актиномицеттерінің сапалы құрамы өте көп және актиномицеттердің күлгін, қызыл, көк және жасыл пигменттік топтамаларының пайда болуы атап өтілген.

Түйін сөздер: микробиоценоз, қысаң экосистемалар, нейтрофилды, галотолерантты және алкалотолерантты актиномицеттер, өсімдіктердің тамыр қасындағы аймағы, сорлар және шалғындық сорлар, шақаттар, далалық сортаң топырақтар.

Актиномицеты – одна из наиболее распространенных в природе групп аэробных грамположительных микроорганизмов, заселивших как наземную, так и водную среду обитания [1, 2]. Это многофункциональная группа мицелиальных бактерий, обладающая как функциями деструкции различных органических природных соединений, так и антагонизма в отношении других представителей микромира, конкурирующих с ними в потреблении питательных веществ – бактерий и грибов. Порядок *Actinomycetales* включает гетеротрофные, автотрофные, метилотрофные, термофильные, галофильные и алкалофильные виды, которые благодаря своим адаптационным способностям присутствуют в различных экологических нишах. Подобные способности открывают для актиномицетов поистине потрясающие возможности выживания в любых условиях природной среды. Уже давно деструктивные и антагонистические свойства актиномицетов, привлекают внимание, как источник получения полезных для человека природных соединений, таких, как антибиотики, ферменты, витамины [3,4].

Широкое распространение резистентных возбудителей инфекций, «открытие» уже известных антибиотических веществ, заставляет расширять границы скрининга, меняя его методы и источники получения новых перспективных фармацевтических соединений. Новые скрининговые программы по выделению природных соединений предполагают использование иных подходов, и, прежде всего, избирательных условий культивирования микроорганизмов при высоких значениях солей и рН в средах [5-9].

Целью данного исследования было изучение состава микробиоценозов (бактерий и актиномицетов) в образцах экстремальных природных субстратов экосистем Северного Казахстана при разных условиях культивирования.

Материалы и методы

Изучение количественного и качественного состава актиномицетов полученных образцов природных субстратов проводили по следующей методике. Навеску почвы, используемую для приготовления первого разведения, доводили путем добавления небольшого количества стерильной водопроводной воды до пастообразного состояния, растирали в течение 5 минут. Затем

готовили первое разведение (1:10), т.е. 10^{-1} почвы на стерильной водопроводной воде, проводили предварительную обработку почвы встряхиванием в течение 20 мин на роторном шейкере при 200 об/мин, затем проводили раститровку суспензии обычным способом после осаждения грубых механических частиц. Из каждого разведения делали посев не менее двух объемов по 0,1 или 0,05 куб. см на поверхность вариантов модифицированного агара Беннета, разлитого в стерильные чашки Петри, и равномерно шпателем растирали по всей поверхности чашки. Термостатирование засеянных чашек вели при 28°C в течение 14 суток. Учет результатов проводили следующим образом: количество колоний на обеих чашках суммировали, делили на два и умножали на степень разведения. Результат выражали числом колониеобразующих единиц (КОЕ в 1 г почвы). посев каждого образца на три варианта агаровой модифицированной среды Беннета. Серии и секции стрептомицетов определяли согласно определителю Гаузе с соавторами [10].

Результаты и их обсуждение

Проведен забор образцов экстремальных природных субстратов в Ауеликольском, Мендыкаринском и Федоровском районах Кустанайской области из солодей (4 образца), солонцов степных (2 образца) и лугово-степных (6 образцов), луговых (9 образцов) и соровых (15 образцов) солончаков. Из экстремальных экосистем Северного Казахстана получены 8 образцов илов, 12 образцов почв и 16 образцов прикорневой зоны галофитных растений.

Наибольшее распространение из солончаковых почв в Кустанайской области получили соровые и луговые солончаки. Нами был исследован количественный и качественный состав нейтрофильных актиномицетов в образцах соровых солончаков, отбор которых был проведен в Ауеликольском (экосистема – степной бор Аман-Карагай) и Мендыкаринском (экосистема – степь) районах. Были получены как образцы илов соровых солончаков, так и образцы галофитных растений, растущих на солончаках этого типа. В образцах соровых солончаков выявлено низкое содержание нейтрофильных актиномицетов – $0,9-2,8 \times 10^3$ КОЕ/г почвы (таблица 1). В процентном выражении к общей массе бактерий содержание актиномицетов варьирует в пределах

от 1,3 до 7,4%. В прикорневой зоне галофитных растений (солерос, сарсазан, осока, тростник и др.) присутствие нейтрофильных актиномицетов значительно выше как в количественном выражении – 39,6-60,0x10³КОЕ/г почвы, так и в процентном выражении к общей массе бактерий – 53,6-65,7%. Это свидетельствует о том, что в засоленных почвах Северного Казахстана, как и Южного Казахстана, жизнедеятельность акти-

номицетов тесно связана с прикорневой зоной растений. Качественный состав нейтрофильных актиномицетов в сорowych солончаках Северного Казахстана однообразен, представлена только одна секция – *Albus*, серия – *Albus*. В прикорневой зоне солеустойчивых растений сорowych солончаков отмечено появление пигментных серий: *Flavus*, *Ruber*, *Lavendulae-roseus*, *Coerulescens*, *Chrysomallus*.

Таблица 1 – Количественный и качественный состав актиномицетов в образцах сорowych солончаков Северного Казахстана

Номер образца	Σ x10 ³ КОЕ/г	Бактерии x10 ³ КОЕ/г	Актиномицеты x10 ³ КОЕ/г	%	Серии актиномицетов
КС01	21,6	20,0	1,6	7,4	<i>Albus</i>
КС02	97,0	45,0	52,0	53,6	<i>Albus, Albocoloratus, Helvolus, Aureus, Flavus</i>
КС03	110,0	50,0	60,0	54,5	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Aureus, Flavus, Ruber, Coerulescens</i>
КС04	28,0	27,0	1,0	3,6	<i>Albus</i>
КС05	91,0	37,0	54,0	59,3	<i>Albus, Albocoloratus, Aureus, Flavus, Ruber</i>
КС08	47,8	46,5	1,3	2,7	<i>Albus, Albocoloratus</i>
КС11	35,9	35,0	0,9	2,5	<i>Albus, Albocoloratus</i>
КС12	71,0	31,4	39,6	55,8	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Aureus, Flavus</i>
КС16	45,0	42,2	2,8	6,2	<i>Albus</i>
КС17	57,1	55,0	2,1	3,7	<i>Albus</i>
КС18	85,1	36,6	48,5	57,0	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Lavendulae-roseus, Achromogenes, Ruber, Coerulescens, Chrysomallus, Flavus, Aureus</i>
КС 19	60,7	20,8	39,9	65,7	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Flavus, Ruber, Helvolus, Aureus, Coerulescens</i>
КС29	58,0	55,8	2,5	4,3	<i>Albus</i>
КС30	76,3	75,3	1,0	1,3	<i>Albus</i>
КС31	65,6	25,6	40,0	61,0	<i>Albus, Albocoloratus, Flavus, Helvolus, Aureus</i>

Примечание: образцы прикорневой зоны растений – КС02,31- солероса обыкновенного (*Salicornia herbacea*); КС03,18,19 - сарсазана шишковатого (*Halocnemum strobilaceum*); КС05 - осоки сученной (*Carex coarcta*); КС12 - тростника обыкновенного (*Phragmites communis*).

Луговые солончаки Кустанайской области формируются на низких речных и озерных террасах, их верхний горизонт более гумусирован и они характеризуются более богатым растительным покровом. Был изучен количественный и качественный состав нейтрофильных актиномицетов в прикорневой зоне растений (тростник,

осока, подорожник и т.д.) луговых солончаков Мендыкаринского района Кустанайской области. В образцах прикорневой зоны растений луговых солончаков численность нейтрофильных актиномицетов высокая и составляет 89,7- 149,6 x10³КОЕ/г почвы (таблица 2). В процентном выражении к общей массе бактерий содержание

актиномицетов в прикорневой зоне растений луговых солончаков варьирует в пределах от 52,6 до 59,4%. Качественный состав актиномицетов в образцах луговых солончаков очень разнообразен и представлен 6-9 сериями ней-

трофилов. Характерно присутствие в образцах красных, фиолетовых, синих и зеленых пигментных серий актиномицетов: *Ruber*, *Lavendulae-roseus*, *Violaceus*, *Coerulescens* и *Chrysomallus*.

Таблица 2 – Количественный и качественный состав актиномицетов в образцах луговых солончаков Северного Казахстана

Номер образца	Σ x10 ³ КОЕ/г	<i>Бактерии</i> x10 ³ КОЕ/г	<i>Актиномицеты</i> x10 ³ КОЕ/г	% $\frac{A}{B}$	Серии актиномицетов
КС20	266,3	125,8	140,5	52,8	<i>Albus</i> , <i>Albocoloratus</i> , <i>Chromogenes</i> , <i>Flavus</i> , <i>Ruber</i> , <i>Helvolus</i> , <i>Aureus</i>
КС21	262,6	119,6	143,0	54,5	<i>Albus</i> , <i>Albocoloratus</i> , <i>Chromogenes</i> , <i>Flavus</i> , <i>Ruber</i> , <i>Helvolus</i> , <i>Aureus</i> , <i>Chrysomallus</i>
КС22	156,8	67,1	89,7	57,2	<i>Albus</i> , <i>Albocoloratus</i> , <i>Chromogenes</i> , <i>Flavus</i> , <i>Violaceus</i> , <i>Helvolus</i> , <i>Aureus</i> , <i>Chrysomallus</i>
КС23	204,3	95,9	108,4	53,1	<i>Albus</i> , <i>Albocoloratus</i> , <i>Chromogenes</i> , <i>Flavus</i> , <i>Ruber</i> , <i>Helvolus</i> , <i>Aureus</i>
КС24	226,0	100,0	126,0	55,7	<i>Albus</i> , <i>Albocoloratus</i> , <i>Flavus</i> , <i>Helvolus</i> , <i>Aureus</i> , <i>Coerulescens</i>
КС25	251,7	102,1	149,6	59,4	<i>Albus</i> , <i>Albocoloratus</i> , <i>Chromogenes</i> , <i>Flavus</i> , <i>Lavendulae-roseus</i> , <i>Ruber</i> , <i>Helvolus</i> , <i>Aureus</i> , <i>Chrysomallus</i>
КС26	237,5	105,0	132,5	55,8	<i>Albus</i> , <i>Albocoloratus</i> , <i>Chromogenes</i> , <i>Flavus</i> , <i>Ruber</i> , <i>Helvolus</i> , <i>Aureus</i>
КС27	246,4	116,8	129,6	52,6	<i>Albus</i> , <i>Chromogenes</i> , <i>Flavus</i> , <i>Ruber</i> , <i>Helvolus</i> , <i>Aureus</i> , <i>Coerulescens</i>
КС28	259,8	112,0	147,8	56,9	<i>Albus</i> , <i>Albocoloratus</i> , <i>Chromogenes</i> , <i>Flavus</i> , <i>Ruber</i> , <i>Helvolus</i> , <i>Aureus</i>

Примечание: образцы прикорневой зоны растений – КС20-21 – сарсазана шишковатого (*Halocnemum strobilaceum*); КС22-23 – тростника обыкновенного (*Phragmites communis*); КС24-25 – осоки сучкованной (*Carex coarcta*); КС26-27 – подорожника большого (*Plantago maior*); КС28 – мяты перечной (*Mentha piperita*).

Солонцы широко распространены в Кустанайской области и занимают примерно 43% от общей площади земель области. В нашем исследовании были использованы образцы автоморфных солонцов (степных) и полугидроморфных (лугово-степных). В образцах степных солонцов численность нейтрофильных актиномицетов невысокая и составляет 13,4-20,6 x10³КОЕ/г почвы, тогда как в образцах лугово-степных солонцов их численность значительно выше: 33,4-50,0 x10³КОЕ/г почвы (таблица 3). В процентном выражении к общей массе бактерий содержание актиномицетов в лугово-степных

солонцах также выше по сравнению со степными: 26,5-35,7% для лугово-степных солонцов и 22,1-22,9% для степных солонцов. Качественный состав нейтрофильных актиномицетов в солонцах разнообразен и характеризуется присутствием желтых, красных и синих пигментных серий. Состав актиномицетов в степных солонцах представлен сериями – *Albus*, *Albocoloratus*, *Chromogenes*, *Flavus*, *Ruber*, *Helvolus*, *Aureus*. В лугово-степных солонцах качественный состав нейтрофильных актиномицетов значительно богаче, присутствуют также серии *Lavendulae-roseus* и *Coerulescens*.

Таблица 3 – Количественный и качественный состав актиномицетов в образцах солонцов Северного Казахстана

Номер образца	Σ x10 ³ КОЕ/г	<i>Бактерии</i> x10 ³ КОЕ/г	<i>Актиномицеты</i> x10 ³ КОЕ/г	% $\frac{A}{B}$	Серии актиномицетов
Солонцы степные					
КС06	58,4	45,0	13,4	22,9	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Flavus, Ruber, Helvolus, Aureus</i>
КС36	93,2	72,6	20,6	22,1	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Flavus, Helvolus, Aureus</i>
Солонцы лугово-степные					
КС07	131,3	87,5	43,8	33,3	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Flavus, Lavendulae-roseus, Ruber, Helvolus, Aureus</i>
КС09	142,9	105,0	37,9	26,5	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Flavus, Lavendulae-roseus, Ruber, Helvolus, Aureus, Coerulescens</i>
КС10	140,0	90,0	50,0	35,7	<i>Albus, Chromogenes, Flavus, Ruber, Helvolus, Aureus, Coerulescens</i>
КС13	119,6	84,0	35,6	29,8	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Flavus, Ruber, Helvolus, Aureus</i>
КС14	105,6	72,2	33,4	31,6	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Flavus, Helvolus, Aureus</i>
КС15	132,9	92,8	40,1	30,2	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Flavus, Helvolus, Aureus</i>

Преобладающая часть солодей в Кустанайской области формируется под осиново-березовыми колками, повсеместно распространенными в подзоне обыкновенных черноземов. При формировании солодей происходит накопление аморфного кремнезема и соединений железа в условиях интенсивного выщелачивания. В образцах солодей численность нейтрофильных ак-

тиномицетов невысокая и составляет 10,9-24,1 x10³КОЕ/г почвы (таблица 4). В процентном выражении к общей массе бактерий содержание актиномицетов в образцах солодей варьирует в пределах от 17,8 до 28,7%. Качественный состав актиномицетов солодей представлен сериями – *Albus, Albocoloratus, Achromogenes, Helvolus, Chromogenes, Aureus*.

Таблица 4 – Количественный и качественный состав актиномицетов в образцах солодей Северного Казахстана

Номер образца	Σ x10 ³ КОЕ/г	<i>Бактерии</i> x10 ³ КОЕ/г	<i>Актиномицеты</i> x10 ³ КОЕ/г	% $\frac{A}{B}$	Серии актиномицетов
КС32	90,0	70,0	20,0	28,6	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Achromogenes</i>
КС33	69,0	53,2	15,8	22,9	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Helvolus, Aureus</i>
КС34	61,4	50,5	10,9	17,8	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Helvolus, Aureus</i>
КС35	84,1	60,0	24,1	28,7	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes</i>

Проведены исследования по выявлению присутствия галотолерантных и алкалолентных форм актиномицетов в экстремальных природных субстратах Северного Казахстана: солодах, солонцах и различных типах солончаков. Общая численность галотолерантных актиномицетов в образцах сорных солончаков - $0,9-5,0 \times 10^3$ КОЕ/г почвы, солонцов степных - $10,0-15,3 \times 10^3$ КОЕ/г почвы, солонцов лугово-степных - $25,8-41,2 \times 10^3$ КОЕ/г почвы, солодей - $15,0-30,0 \times 10^3$ КОЕ/г почвы (таблица 5). В образцах прикорневой зоны растений сорных солончаков содержание галотолерантных актиномицетов составляет $35,0-76,0 \times 10^3$ КОЕ/г почвы, в образцах прикорневой зоны растений луговых солончаков - $99,0-135,0 \times 10^3$ КОЕ/г почвы. Присутствие галотолерантных актиномицетов в процентном выражении в общей массе бактерий составляет: для сорных солончаков - 2,5-16,6%, солонцов степных - 25,0-26,2%, солонцов лугово-степных - 25,0-35,7%, солодей - 16,1-24,9%. Уровень присутствия галотолерантных акти-

номицетов в образцах прикорневой зоны растений сорных солончаков - 52,4-61,0%, луговых солончаков - 45,4-52,9%. Отмечено возрастание доли галотолерантных актиномицетов в сорных солончаках и лугово-степных солонцах Северного Казахстана, тогда как их доля в образцах степных солонцов, солодей и прикорневой зоны солеустойчивых растений остается без видимых изменений. Качественное разнообразие галотолерантных актиномицетов во всех типах почв значительно беднее по сравнению с нейтрофильными формами, наиболее распространены актиномицеты секции *Albus* - серий *Albus* и *Albocoloratus*. Причем наиболее беден качественный состав галотолерантных актиномицетов в образцах сорных солончаков (серия *Albus*) и солодей (серии *Albus* и *Albocoloratus*) и наиболее разнообразен в образцах прикорневой зоны солеустойчивых растений и лугово-степных солонцов. Наиболее часто встречаемая серия галотолерантных актиномицетов в этих образцах - желтая пигментная серия.

Таблица 5 – Количественный и качественный состав галотолерантных актиномицетов в образцах природных субстратов из экстремальных экосистем Северного Казахстана

Номер образца	Σ x10 ³ КОЕ/г	<i>Бактерии</i> x10 ³ КОЕ/г	<i>Актиномицеты</i> x10 ³ КОЕ/г	% $\frac{A}{B}$	Серии актиномицетов
Солончаки сорные					
КС01	18,0	15,0	3,0	16,6	<i>Albus</i>
КС02	105,0	50,0	55,0	52,4	<i>Albus, Albocoloratus, Aureus, Flavus, Coerulescens</i>
КС03	115,0	53,0	62,0	53,9	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Aureus, Flavus, Ruber, Coerulescens</i>
КС04	33,3	30,0	3,3	9,9	<i>Albus</i>
КС05	101,0	45,0	56,0	55,4	<i>Albus, Aureus, Flavus</i>
КС08	71,8	70,0	1,8	2,5	<i>Albus</i>
КС11	57,6	55,0	2,6	4,5	<i>Albus</i>
КС12	65,0	30,0	35,0	53,8	<i>Albus, Albocoloratus, Aureus, Flavus</i>
КС16	45,0	40,0	5,0	11,1	<i>Albus</i>
КС17	72,8	69,0	3,8	5,2	<i>Albus</i>
КС18	114,2	44,5	69,7	61,0	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Achromogenes, Flavus, Aureus</i>
КС19	141,0	65,0	76,0	53,9	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Flavus, Helvolus, Aureus</i>
КС29	25,3	24,1	1,2	4,7	<i>Albus</i>
КС30	77,0	75,0	2,0	2,6	<i>Albus</i>

Продолжение таблицы

KC31	90,0	40,0	50,0	55,6	<i>Albus, Helvolus, Aureus</i>
Солончаки луговые					
KC20	244,0	120,0	124,0	50,8	<i>Albus, Albocoloratus, Helvolus, Aureus</i>
KC21	245,9	123,0	122,9	50,0	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Flavus, Helvolus, Aureus</i>
KC22	220,4	110,4	100,0	45,4	<i>Albus, Albocoloratus, Flavus, Helvolus, Aureus</i>
KC23	216,0	117,0	99,0	45,8	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Flavus, Aureus</i>
KC24	255,0	120,0	135,0	52,9	<i>Albus, Albocoloratus, Flavus, Helvolus, Aureus, Coerulescens</i>
KC25	230,0	110,0	120,0	52,2	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Flavus, Helvolus, Aureus</i>
KC26	210,0	100,0	110,0	52,3	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Helvolus, Aureus</i>
KC27	237,3	117,5	119,8	50,5	<i>Albus, Flavus, Helvolus, Aureus</i>
KC28	245,0	120,0	125,0	51,0	<i>Albus, Albocoloratus, Flavus, Helvolus, Aureus</i>
Солонцы степные					
KC06	40,0	30,0	10,0	25,0	<i>Albus, Albocoloratus, Flavus, Helvolus</i>
KC36	58,3	43,0	15,3	26,2	<i>Albus, Albocoloratus, Flavus</i>
Солонцы лугово-степные					
KC07	115,4	80,0	35,4	30,6	<i>Albus, Albocoloratus, Flavus, Helvolus</i>
KC09	120,0	90,0	30,0	25,0	<i>Albus, Albocoloratus, Flavus, Helvolus, Aureus</i>
KC10	135,2	94,0	41,2	35,7	<i>Albus, Chromogenes, Helvolus, Aureus</i>
KC13	120,0	80,0	30,0	30,4	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Flavus</i>
KC14	85,8	60,0	25,8	30,0	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Flavus, Helvolus, Aureus</i>
KC15	109,4	78,9	30,5	27,9	<i>Albus, Albocoloratus, Chromogenes, Flavus, Helvolus, Aureus</i>
Солоды					
KC32	130,0	100,0	30,0	23,0	<i>Albus, Albocoloratus</i>
KC33	95,0	75,0	20,0	21,0	<i>Albus, Albocoloratus</i>
KC34	93,0	78,0	15,0	16,1	<i>Albus, Albocoloratus</i>
KC35	119,9	90,0	29,9	24,9	<i>Albus, Albocoloratus</i>

В образцах экстремальных природных субстратов из экосистем Северного Казахстана отмечен низкий уровень присутствия актиномицетов с алкалотолерантными свойствами. Возможно, это объясняется тем, что большинство исследуемых образцов природных субстратов имели нейтральный уровень pH или незначительно превышающий его. Общая численность алкалотолерантных актиномицетов

в почвенных образцах сорочных солончаков – $1,0-6,0 \times 10^3$ КОЕ/г почвы, в образцах степных солонцов – $4,0-5,0 \times 10^3$ КОЕ/г почвы, лугово-степных солонцов – $1,0-4,0 \times 10^3$ КОЕ/г почвы, солодей – $0,3-0,6 \times 10^3$ КОЕ/г почвы (таблица 6). В образцах прикорневой зоны растений сорочных и луговых солончаков общая численность актиномицетов также низкая и соответствует уровню их присутствия в контрольных почвах:

3,0-6,0x10³КОЕ/г почвы для сорowych солончаков и 3,0-8,0x10³КОЕ/г почвы для луговых солончаков. Содержание алкалотолерантных актиномицетов в процентном выражении к общей массе бактерий для сорowych солончаков – 3,4-11,1%, степных солонцов – 10,3-11,1%, лугово-степных солонцов – 5,9-9,7%, солодей – 4,8-7,0%. В прикорневой зоне растений сорowych и луговых солончаков также не отмечено увеличения процентного присутствия актиномицетов с алкалотолерантными свойствами. Для образцов прикорневой зоны галофитных растений сорowych солончаков присутствие алкалотоле-

рантных актиномицетов – 6,0-13,0%, луговых солончаков – 6,1-11,8%. Видовое разнообразие алкалотолерантных актиномицетов во всех типах засоленных почв Северного Казахстана ограничено присутствием видов секции *Albus*. Причем наиболее беден качественный состав алкалотолерантных актиномицетов в образцах сорowych солончаков, солодей и солонцов. Наиболее разнообразен качественный состав алкалотолерантных актиномицетов в образцах прикорневой зоны растений луговых солончаков, отмечено присутствие двух серий – *Albus* и *Albocoloratus*.

Таблица 6 – Количественный и качественный состав алкалотолерантных актиномицетов в образцах природных субстратов из экстремальных экосистем Северного Казахстана

Номер образца	рН образца	\sum x10 ³ КОЕ/г	<i>Бактерии</i> x10 ³ КОЕ/г	<i>Актиномицеты</i> x10 ³ КОЕ/г	%		Серии актиномицетов
					<u>А</u>	<u>Б</u>	
Солончаки сорowych							
КС01	9,0	43,0	40,0	3,0	7,0		<i>Albus</i>
КС02	8,7	75,0	70,0	5,0	6,6		<i>Albus, Albocoloratus</i>
КС03	8,5	67,0	63,0	4,0	6,0		<i>Albus, Albocoloratus</i>
КС04	9,3	33,0	30,0	3,0	9,0		<i>Albus</i>
КС05	8,5	39,0	36,0	3,0	7,7		<i>Albus</i>
КС08	9,0	21,0	20,0	1,0	4,8		<i>Albus</i>
КС11	9,0	26,0	25,0	1,0	3,8		<i>Albus</i>
КС12	8,7	65,0	60,0	5,0	7,7		<i>Albus, Albocoloratus</i>
КС16	8,9	45,0	40,0	5,0	11,1		<i>Albus</i>
КС17	8,5	73,0	70,0	3,0	4,1		<i>Albus</i>
КС18	8,5	46,0	40,0	6,0	13,0		<i>Albus, Albocoloratus</i>
КС 19	8,6	60,0	55,0	5,0	8,3		<i>Albus, Albocoloratus</i>
КС29	8,8	47,0	45,0	2,0	4,3		<i>Albus</i>
КС30	9,0	67,3	65,0	2,3	3,4		<i>Albus</i>
КС31	8,5	44,0	40,0	4,0	9,1		<i>Albus</i>
Солончаки луговые							
КС20	8,5	49,0	45,0	4,0	8,2		<i>Albus, Albocoloratus</i>
КС21	8,5	43,0	40,0	3,0	6,5		<i>Albus, Albocoloratus</i>
КС22	8,4	68,0	60,0	8,0	11,8		<i>Albus, Albocoloratus</i>
КС23	8,0	68,0	64,0	4,0	6,2		<i>Albus, Albocoloratus</i>
КС24	8,3	75,0	70,0	5,0	6,7		<i>Albus, Albocoloratus</i>
КС25	8,2	86,0	80,0	6,0	7,0		<i>Albus, Albocoloratus</i>
КС26	8,0	80,0	73,0	7,0	8,8		<i>Albus, Albocoloratus</i>
КС27	8,3	103,0	95,0	8,0	7,8		<i>Albus</i>
КС28	8,1	82,0	77,0	5,0	6,1		<i>Albus, Albocoloratus</i>

Продолжение таблицы

Солонцы степные						
КС06	8,3	39,0	35,0	4,0	10,3	<i>Albus</i>
КС36	8,0	50,0	45,0	5,0	11,1	<i>Albus</i>
Солонцы лугово-степные						
КС07	7,6	17,0	16,0	1,0	5,9	<i>Albus</i>
КС09	7,8	22,0	20,0	2,0	9,0	<i>Albus</i>
КС10	7,9	15,5	14,0	1,5	9,7	<i>Albus</i>
КС13	7,5	38,0	35,0	3,0	7,9	<i>Albus</i>
КС14	7,5	54,0	50,0	4,0	7,4	<i>Albus</i>
КС15	7,8	30,5	28,0	2,5	8,2	<i>Albus</i>
Солоды						
КС32	7,0	6,3	6,0	0,3	4,8	<i>Albus</i>
КС33	7,2	7,2	6,7	0,5	6,9	<i>Albus</i>
КС34	7,2	7,4	7,0	0,4	5,4	<i>Albus</i>
КС35	7,1	8,6	8,0	0,6	7,0	<i>Albus</i>

Таким образом, во всех исследованных типах природных субстратов экстремальных экосистем Северного Казахстана актиномицеты являются значимым компонентом микробиоценозов. Наиболее высокая численность нейтрофильных и галотолерантных актиномицетов и их процентная составляющая в общей биомассе бактерий отмечена в прикорневой зоне растений соровых и луговых солончаков. Наименьший уровень присутствия актиномицетов наблюдается в образцах соровых солончаков. Таким образом, в засоленных почвах Северного Казахстана количественное присутствие нейтрофильных и галотолерантных актиномицетов приурочено к прикорневой зоне растений и на порядок выше, чем в контрольных почвах. Отмечен также более богатый качественный состав актиномицетов в прикорневой зоне солеустойчивых растений, появление фиолетовых, красных, синих и зеленых пигментных серий актиномицетов.

В экстремальных экосистемах Северного Казахстана в большей степени представлены актиномицеты с нейтрофильными и галотолерантными свойствами и менее – алкалолентными

актиномицеты. В прикорневой зоне растений экстремальных экосистем Северного Казахстана также представлены в основном актиномицеты с нейтрофильными и галотолерантными свойствами. Уровень присутствия актиномицетов с галотолерантными свойствами в процентном отношении к общей биомассе бактерий в основном соответствует уровню присутствия нейтрофильных актиномицетов, что дает возможность предположить наличие у значительной части актиномицетного сообщества экстремальных экосистем Северного Казахстана способности обладать одновременно нейтрофильными и галотолерантными свойствами и в меньшей степени алкалолентными свойствами.

Широкое распространение актиномицетов с галотолерантными свойствами в экстремальных природных субстратах Северного Казахстана свидетельствует о перспективности скрининга в этих природных зонах продуцентов нового поколения биологически активных веществ, образуемых в гиперсоленых условиях жизнедеятельности микроорганизмов – антибиотиков, ферментов и деструкторов экологических загрязнителей.

Литература

- 1 Goodfellow M., Williams S. T. Ecology of Actinomycetes /Annual Review of Microbiology. -1983. -V. 37. -P. 189-216.
- 2 Khan M.R., Williams S.T. Studies on the ecology of actinomycetes in soil.VIII. Distribution and characteristics of acidophilic actinomycetes / Soil Biology and Biochemistry. -1975. -N 7. -P. 345–348.
- 3 Bull A., Goodfellow T.M., Slater J.H. Biodiversity as a source of innovation in biotechnology/Annual Review of Microbiology. -1992. – N 42. -P 219–257.
- 4 Watve M.G., Tickoo R., Jog M.M., Bhole, B.D. How many antibiotics are produced by the genus Streptomyces? /Archives of Microbiology. -2001. – V. 176, -P. 386–390.
- 5 Jiang C., Xu L. Actinomycete diversity in unusual habitats / Actinomycetes. -1993. – V. 4. – Part 2. -P. 47-57.
- 6 Oren A. Diversity of halophilic microorganisms: environments, phylogeny, physiology, and applications / J. Ind. Microbiol. Biotechnol. -2002. –V.28. –P. 56–63.
- 7 Basilio A., González I., Vicente M., Gorrochategui J., Cabello A., González A., Genilloud O. Patterns of antimicrobial activities from soil actinomycetes isolated under different conditions of pH and salinity / Journal of Applied Microbiology. -2003. – V. 95. – P. 814-823.
- 8 Horikoshi K. Alkaliphiles: Some Applications of Their Products for Biotechnology /Microbiol. Mol. Biol. Rev. -1999. – V.63(4). –P. 735–750.
- 9 Phoebe C.H., Cambie J., Albert F.G., Van Tran K., Cabrera J., Correia H.J., Guo Y., Lindermuth J., e.a. Extremophilic organisms as an unexplored source of antifungal compound / Journal of Antibiotics. -2001. –V. 54. –P. 56–65.
- 10 Гаузе Н.Ф., Преображенская Т.П., Свешникова М.А., Терехова Л.П., Максимова Т.С. Определитель актиномицетов. М.: «Наука», 1983.- 245 с.