© Р. А. НУРАТИНОВ, Н. Х. МЕСРОБЯН, 2013

УДК 579.61

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СУЩЕСТВОВАНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ МИКОБАКТЕРИЙ

[1]Р. А. НУРАТИНОВ, [2]Н. Х. МЕСРОБЯН

THE EXISTENCE OF MYCOBACTERIAL POPULATIONS: ECOLOGICAL ASPECTS

[1]R. A. NURATINOV, [2]N. KH. MESROBYAN

[1]Дагестанский государственный университет,
[2]Дагестанский государственный технический университет, г. Махачкала

Проанализированы данные литературы и результаты исследований авторов по некоторым вопросам изучения экологии микобактерий. Прослежены неоднородность количественного и видового распространения во внешней среде, циркуляция в животном и человеческом организме и трофическая цепь перехода патогенных видов микобактерий из организма животного к человеку и наоборот. Степень их распространения в естественных природных ландшафтах зависит от почвенно-климатических условий и вертикальной поясности.

Ключевые слова: экология микобактерий, ареал, вид, среда обитания, абиотические и биотические факторы.

The data available in the literature and the results of the authors' studies on some issues regarding the ecology of mycobacteria were analyzed. The heterogeneity of their qualitative and species spread in the environment, circulation in the animal and human body and the trophic chain of transmission of pathogenic Mycobacterium species from animals to humans, and conversely, were traced. The degree of their spread in the natural landscapes depends on soil-climatic conditions and vertical zones.

Key words: mycobacterial environment, area, species, habitat, abiotic and biotic factors.

Многие патогенные и потенциально патогенные бактерии способны существовать и активно размножаться не только в организме хозяина, но и в объектах внешней среды – в почве, в воде, на растительных субстратах [24, 38, 44]. Этим микроорганизмам необходимо адаптироваться к новым условиям существования, качественно различающимся не только питательными субстратами, но и всем комплексом биотических и абиотических факторов.

Микобактерии проявляют адаптационную изменчивость в виде поли- и плеоморфизма, L-трансформации, что выражается изменением синтеза межклеточного матрикса и образованием массивного покрова липидной природы, обладающего высокой устойчивостью к воздействию абиотических и биотических факторов окружающей среды. При этом при пониженных температурах синтез миколовых кислот и корд-фактора клетками уменьшается. Высокие температуры, напротив, вызывают увеличение синтеза миколовых кислот и корд-фактора.

Одними из основных факторов внешней среды, обусловливающих изменчивость кислотоустойчивых микобактерий, следует считать ультрафиолетовые лучи и космические излучения, высокую температуру и влияние воды. В проявлениях изменчивости микобактерий особый интерес представляет переход в микро-, L- и некислотоустойчивые формы [4, 40, 41]. Многочисленными исследованиями доказано, что антибактериальные препараты, краски, кислоты и другие химические вещества являются мутагенными факторами для туберкулезных микобактерий, вызывая при этом у культур появление пигмента, образование коротких палочек, интенсивное возникновение зернистых форм, потерю кислотоустойчивости и приобретение других свойств. L-формы микобактерий возникают вследствие изменения структуры клеточной стенки, в результате чего микобактерии приобретают сферическую форму, покрытую цитоплазматической мембраной [6].

Способность различных микроорганизмов образовывать *in vivo* L-формы и близкие к ним варианты под влиянием антибиотиков и других факторов, длительное их персистирование в условиях макроорганизма и, главное, способность реверсировать в исходные бактериальные виды требуют ревизии наших взглядов на роль разных форм существования возбудителей инфекционной патологии. По-видимому, в процессе симбиотических отношений между макро- и микроорганизмами возникают разнообразные физиологические предпосылки адаптационной изменчивости как возбудителя, так и ответных тканевых реакций организма.

Эволюцию микобактерий от предковых форм рассматривают как процесс усложнения состава и структуры химических соединений (липидов), локализующихся в клеточной стенке, что позволяет возбудителю туберкулеза развиваться во многих экосистемах, зачастую при неблагоприятных условиях обитания. Полагают, что предками микобактерий были прокариоты, сходные с родококками. В процессе эволюции они приобрели более

сложный каркас клеточных стенок и ряд дополнительных липидов (сульфолипиды и длинноцепочечные жирные кислоты), обусловливающих патогенность многих видов [57, 61].

Адаптационные механизмы, которыми обладают патогенные микобактерии, позволяют им длительно выживать и циркулировать в окружающей среде, что обусловливает особое санитарное и эпидемиологическое значение возбудителей туберкулеза. Нетуберкулезные микобактерии имеют более широкое распространение в окружающей среде – воде, почве, воздухе, на растениях, в местах обитания животных, продуктах растительного и животного происхождения, и их часто выделяют из образцов клинического материала.

Микобактерии туберкулеза обладают большой устойчивостью к действию холода, тепла, физических и химических факторов, влаги и света. Они переносят высокие и низкие температуры, сохраняя при этом более года патогенные свойства, а в темноте и без доступа солнечного света – еще дольше. Следует отметить, что устойчивость патогенных видов микобактерий во внешней среде относительно ниже, чем у сапрофитов, способных быстро адаптироваться в условиях внешней среды [3].

Оптимальная температура роста патогенных микобактерий 37-38°С, а *M. avium* – 40-42°С, т. е. температура теплокровных (в том числе человека) и птиц. При температуре ниже 27°С и выше 42°С эти микобактерии не растут на питательных средах. Температурный диапазон атипичных и сапрофитных микобактерий весьма широк. Так, например, отдельные штаммы *M. phlei* и *M. fortuitum* выделены из почв при 47,5°С, а *M. smegmatis* – при 52°С, что связывают с существованием термоустойчивых форм данных видов, широко распространенных в природе, поэтому особую опасность для распространения туберкулезной инфекции представляют условия высоких температур [28, 54].

Высушенные культуры микобактерий туберкулеза значительно более устойчивы к высоким температурам. Считают, что степень устойчивости туберкулезных микобактерий к высоким температурам не является постоянным признаком и носит штаммовый характер, поскольку оказывается зависимой от возраста культуры и наследственных качеств. Даже после 2-часового пребывания в термокамере при 80°С и 60%-ной влажности одеяла и белье больных туберкулезом людей сохраняли инфекционность в отношении морских свинок [12].

Не меньшую устойчивость микобактерии проявляют к низким температурам. Их суспензия в физиологическом растворе при близкой к нулю температуре сохраняла жизнеспособность в течение 310-330 сут. Температура жидкого воздуха (-180°С) не убивает их в течение нескольких недель. Микобактерии сохраняют жизнеспособность даже при температуре жидкого гелия (-269...-262°С). Многие штаммы (патогенные и непатогенные) микобактерий, высушенные в вакууме, оставались жизнеспособными в течение 18 лет [55].

В молоке и сливках, замороженных до -8°С, микобактерии гибнут через 120 дней. В гниющих легких трупа крупного рогатого скота, зарытого в землю, они гибнут через 167 дней, а в пораженных органах сохраняют жизнеспособность до 502 дней, в мокроте – 5-6 мес., а в высушенном состоянии и в комнатных условиях – 4 мес. При воздействии на инфицированную мокроту рассеянного света они гибнут через 1-1,5 мес. В легочной слизи крупного рогатого скота на пастбище летом они сохраняются до 2, зимой – до 5 мес. В сухих фекальных массах, находящихся в затемненном месте, погибают через 126 дней, тогда как на солнце срок жизнеспособности сокращается до 5 ч. Вместе с тем известны данные о том, что в фекалиях животных, находящихся под действием солнца, дождя, замораживания и оттаивания в течение года, культура туберкулезных микобактерий не отличалась от исходной, за исключением снижения патогенности, через 587 дней [25].

Установлено, что при низких температурах (+4°С) клеточные стенки и продуцируемые ими экзопродукты содержат больше ненасыщенных кислот с короткой углеродной цепью (С10-С12), что объясняется адаптацией клеток к изменениям температуры окружающей среды [60]. Считают, что синтез ненасыщенных кислот способствует сохранению проницаемости и текучести мембран и контролируется на уровне плазмид. Такая температурная адаптация имеет исключительное значение для выживания клеток [34].

M. bovis под прямыми солнечными лучами погибают через 38 ч. Летние солнечные лучи обезвреживают микобактерии через 30 мин, весенние – через 1 ч, зимние – через 2 ч, а ультрафиолетовые – через 2-3 мин [39].

Большие расхождения в данных исследователей, вероятно, связаны с неодинаковой силой солнечного света на различных географических широтах, где выполняли подобные исследования, определяемые степенью облачности, временем года и многими другими обстоятельствами.

Почва представляет собой биокосную систему, в которой благодаря деятельности микроорганизмов разлагается органическое вещество, высвобождается энергия, изменяется состав почвенного раствора, разрушаются минералы, происходит сложная миграция химических элементов из нижних горизонтов в верхние и в обратном направлении [35]. Естественно, в зависимости от создавшихся условий до момента ее исследования на выделение микобактерий определяют расходящуюся в широких пределах частоту индикации отдельных видов в различных почвах. Выживаемость микобактерий туберкулеза и сохранение вирулентных свойств в различных почвах зависят

от почвенно-географических, климатических и сезонных особенностей.

Из проб почвы выделены практически все известные виды микобактерий. Особенно часто выделяются быстрорастущие *M. phortuitum* из проб глинистых почв [62]. Более чем из половины образцов почв лесостепи и степи Украины (серые оподзоленные, черноземы, черноземы малогумусные и южные) изолировали *M. smegmatis*, реже *M. phlei* и *M. fortuitum*. Из нефтеносных почв западных областей Украины и почв, вблизи газовых скважин, изолировали *M. sphagni*. [9, 27].

В стерильной почве и в вытяжках из нее при температуре 37,5-38,5°С микобактерии не только сохраняют свою жизнеспособность, но и могут размножаться [16].

M. avium выживают в почвах Сибири, не изменяя своей вирулентности, до 12 мес. и более [36]. В почвах Омской области на глубине 15 см в осенне-зимний период *M. bovis* сохраняли вирулентность до 4 мес., а жизнеспособность – до 15 мес. На глубине 5 см в летний период эти же микобактерии сохраняли вирулентные свойства до 3 мес., а *M. avium* – до 4 мес. [15]. В мерзлотных почвах Якутии *M. bovis* и *M. avium* сохраняли жизнеспособность и вирулентность на поверхности почвы в течение 12 мес., на глубине 5 см – 27 мес. и на глубине 10-20 см – 3 года. *M. bovis*, внесенные в почву поверхностно и на глубину 10 см, сохраняли вирулентность в течение 26 мес. при климатических условиях Таджикистана. В нижележащих слоях почвы микобактерии сохраняют жизнеспособность длительнее, чем в поверхностных слоях. При таких условиях *M. avium* сохраняли жизнеспособность до 4 лет [49].

В зависимости от предельных сроков выживания в дерново-подзолистой супесчаной почве (*M. tuberculosis* – 3 мес., *M. bovis* – 5 мес., *M. avium* – до 18 мес.) повторно изолированные культуры микобактерий заметно отличаются от исходных как морфологическими, так и вирулентными свойствами [13].

Большое количество микобактерий изолировали из всех образцов почвы хвойных лесов, в связи с чем их рассматривают как частую среду обитания данных микроорганизмов во внешней среде [56].

При изучении изменений, происходящих с *M. tuberculosis* в образцах почвы, содержащей различные количества тяжелых металлов (20-30 г/т меди; 30-40 г/т хрома; 40-50 г/т никеля; 50-70 г/т цинка; 40-50 г/т свинца; 300-1 000 г/т марганца), обнаружили их переход в L-формы, способные реверсировать в нормальные клетки, которые могут вызывать развитие специфических изменений у морских свинок [45].

Частота индикации микобактерий из проб почвы зависит от ее заселенности микроорганизмами-антагонистами и микроорганизмами-симбионтами. Так, в почвах, обсемененных *Bacillus mycoides, Pseudomonas aeruqinosa, Escherichia coli* и грибами рода *Asperqillus*, обнаружили наименьшее количество микобактерий [2, 47], тогда как в ассоциации с дрожжами *Rhodotorulla qlutini* даже *M. tuberculosis* могут длительно храниться в почвенном покрове (7 мес.), не теряя биологические свойства и вирулентность [46]. Показано, что в ассоциациях с дрожжами *M. tuberculosis* не только ускоряет свой рост на питательных средах, но даже способны развиваться непосредственно в дрожжевых клетках, демонстрируя тем самым патогенные свойства [22]. На этой основе разработана новая питательная среда для выделения и выращивания микобактерий, одним из составляющих ингредиентов которой является аутолизат дрожжей *S. cerevisiae* [30].

M. bovis длительно сохраняют жизнеспособность в глинистых засоленных почвах (до 23 мес.) и могут быть вынесены на поверхность произрастающими растениями [10, 11].

Количественный и видовой состав микобактерий в почвах различных ландшафтов неравномерен. Так, из 64% образцов глинистых почв, отобранных из разных штатов США, выделили *M. fortuitum*, тогда как в образцах почв Японии в 60,5% случаев изолировали *M. aqri* и только в 1,5% случаев – *M. fortuitum* [62].

Прослежена зависимость распространенности микобактерий в почве от вертикальной поясности. Из проб почвы равнинной зоны в 25% случаев выделили микобактерии, среди которых более 80% составляли виды, отнесенные ко II и IV группам по классификации Раниона (*M. fortuitum, M. smeqmatis, M. aqri*). Они также были выделены из 22,5% образцов почв предгорной зоны (в основном быстрорастущие, нефотохромогенные), из проб почвы горной и высокогорной – в 2-3 раза меньше. Вместе с тем количество и разнообразие микобактерий в почвах пастбищ оказались зависимыми от степени интенсивности их использования для выпаса. Чем больше занавожена почва, тем чаще в ней обнаруживали микобактерии. Унавоженные почвы пахотных земель, огородов и садов больше заселены микобактериями IV группы по классификации Раниона, в основном *M. smeqmatis* и *M. fortuitum* [32]. Имеются сообщения о том, что туберкулезные микобактерии в почве могут оставаться жизнеспособными более 2 лет, на глубине 5-12 см – до 4 лет [19, 20], а *M. avium* в унавоженной почве – до 9 лет [50].

Наиболее устойчивыми к почвенным условиям оказались *M. intracellulare* и *M. qordonae*. В нестерильной почве на глубине 15 см быстрорастущие микобактерии выживают 11-15 мес., скотохромогенные – 19 мес. Учитывая повсеместность распространения атипичных микобактерий, считают, что их следует рассматривать как нормальную (аутохтонную) почвенную микрофлору [14].

Микобактерии, способные усваивать высшие газообразные гомологи метана, выделены из почв нефтеносных районов и вблизи газовых скважин, а *M. cuneatum* изолировали даже из образцов нефти и керна [59].

Вода также является одним из лимитирующих факторов окружающей среды, действующим на микроорганизмы. Туберкулезные микобактерии находили живыми через 150 дней после внесения в воду, а *M. avium* – через 18 мес. В сточных водах они сохраняются в течение 11-15 мес., в речной воде – 70 дней, в водопроводной воде – 5 мес., в проточной воде – свыше года [13, 39].

На выживаемость микобактерий в воде большое влияние оказывают солнечный свет и температура. Установлено, что при хранении воды в летнее время под воздействием солнечных лучей (на открытом воздухе) микобактерии туберкулеза птичьего вида выживают не более 12 дней, а в темноте при комнатной температуре – 23,5 мес. [23].

Частота нахождения микобактерий и видовой состав в пробах воды зависят от источников происхождения. По разным данным литературы, микобактерии обнаружили: в питьевой водопроводной воде (*M. kansasii, M. qordonae, M. scrofulaceum, M. cyitae, M. fortuitum, M. austroafricanum*); в воде плавательных бассейнов (*M. kansasii, M. marinum, M. qordonae, M. flavescens, M. scrofulaceum, M. terre, M. fortuitum, M. aurum, M. parafortuitum*); в морской воде (*M. kansasii, M. marinum, M. scrofulaceum*); в пресной воде (*M. kansasii, M. marinum, M. scrofulaceum*); в аквариумной воде (те же, что и в питьевой воде); в горячих источниках (*M. kansasii, M. marinum*); в речной воде (*M. qordonae, M. intracellulare*); в дождевой воде (*M. intracellulare*); в загрязненной нефтью воде (*M. intracellulare, M. fortuitum*) [7, 43, 51, 53, 58, 62].

Из 59 проб воды, отобранных из различных источников (речная, артезианская, геотермальная, водопроводная, стоячих водоемов), в среднем в 13,6% случаев выделили *M. fortuitum, M. marinum, M. intracellulare*. С наибольшей частотой (22,2%) их изолировали из проб воды стоячих водоемов. *M. marinum* была обнаружена в геотермальной воде с температурой на выходе 54°С. Следует отметить, что геотермальная вода, содержащая 5,2 г/л минеральных солей, оказывала стимулирующее влияние на рост и размножение микобактерий. Разработанная на основе геотермальной воды питательная среда оказалась наиболее эффективной в сравнении с традиционно используемыми в бактериологии туберкулеза [33].

Растительность занимает промежуточное положение в цепи передачи микобактерий из почвы человеку и животным. Среди эпифитной микрофлоры микобактерии являются редкими поселенцами, поскольку они не находят на растительных покровах необходимых условий обитания. Выделения некоторых растений оказывают даже подавляющее рост и развитие микобактерий влияние (например, *Pinus silvestra*). Именно поэтому противотуберкулезные санатории стараются размещать в сосновых борах.

В литературе сравнительно редко встречаются работы, посвященные определению количественного и видового состава микобактерий в филлосфере. Имеющиеся данные подтверждают, что микобактерии могут быть вынесены из почвы растущими растениями и чаще всего их обнаруживают на покровах низкорослых или стелющихся по почве трав, на корнях, корнеплодах и овощах.

Только в 4 из 102 проб овощей и зелени (томаты, огурцы, картофель, укроп, петрушка) удалось изолировать в основном *M. terre*. Очень редко обнаруживали в глубине тканей корнеплодов и овощей, что указывает на возможность их проникновения через корневую систему растения и движения по направлению тока жидкости вверх по кроне [32].

В растительных кормах обнаруживают больше микобактерий. Вероятно, обсеменение в этом случае происходит в процессе кормопроизводства (уборка урожая, сенокошение, силосование и т. д.), поскольку в это время, с одной стороны, многократно увеличивается прямой контакт филлосферы с почвой, а с другой – многие атипичные микобактерии способны расти и даже размножаться на мертвой растительной ткани.

Наибольшее число атипичных микобактерий обнаружили в кукурузном силосе (25,9%), сене разнотравном (17,6%), в соломе (13,3%) и в комбикорме (10,5%). Частота выделения и видовой состав микобактерий зависимы от вертикальной поясности ландшафта, где они заготовлены [31].

В 25% случаев выделили микобактерии из объектов внешней среды и в 17,6% – из кормов в свиноводческих хозяйствах Хорватии [53].

Навоз является защитной средой для микобактерий туберкулеза от воздействия неблагоприятных факторов. Мнения авторов в отношении сроков выживаемости микобактерий в навозе сильно расходятся. Вероятно, такое положение связано с тем, что исследования проводили в отличающихся природно-климатических зонах и при различных условиях хранения и его происхождения. Так, например, в подстилочном навозе в условиях Центральной зоны страны микобактерии сохраняются более 7 мес., а в жидком навозе – 475 дней. В Таджикистане в навозной жиже на открытом воздухе под воздействием рассеянного света *M. bovis* сохраняет вирулентность до 280 дней [49]. В глубокой несменяемой подстилке из древесных опилок и стружки, находящейся непосредственно на земле в неотапливаемом помещении, *M. avium* сохраняют вирулентность 9,5 года [48]. *M. bovis* в опилках сохраняли вирулентность при температуре 5 и 20°С – 4-11 мес., а *M. avium* – 3 мес.; продолжительность выживания у *M. bovis* – 16 мес., у *M. avium* – 18 мес. В глубокой подстилке из измельченных стержней

кукурузы *M. avium* сохраняют жизнеспособность 12 мес. [23].

В навозе на глубине 0,5-1,0 см *M. avium* выживали в течение 15 сут в навозе из торфа и конских фекалий – 8 мес. Они оставались жизнеспособными в навозе с соломенной подстилкой и гниющих материалах около года, а в условиях Сибири – до 7 лет, в сточных водах – 15 мес. [21].

Разнообразен видовой состав микобактерий, выделенных из проб навоза. При исследовании 126 проб навоза, взятых из различных хозяйств (в условиях Дагестана), были выделены: один штамм *M. tuberculosis*, 4 штамма – *M. bovis*, 5 штаммов микобактерий I, один штамм – III и 11 штаммов – IV группы по классификации Раниона [32].

В продуктах животного происхождения микобактерии удерживаются различное время. По одним данным, в молоке они гибнут в течение 305 дней, а по другим (в скисшем молоке), инактивируются через 2 нед. [39]. В молоке, хранящемся в холодильнике, *M. bovis* сохраняли жизнеспособность до 240-280 дней [50]. При обеззараживании молока инфракрасным электронагревом *M. bovis* теряли вирулентность и жизнеспособность при 75°С за 1 мин, а *M. tuberculosis* и *M. avium* при 77-80°С – через 30 с. При нагревании молока до 85°С *M. bovis* погибают в течение 30 мин, при 90°С – через 4 мин, а при кипячении – через 3 мин [21]. При исследовании 150 проб молока выделили один штамм *M. bovis*, один штамм – I, 2 штамма – II, 2 штамма – III и 7 штаммов – IV групп по классификации Раниона [32]. В свежем масле при 4°С микобактерии сохраняются до 10 мес., а в соленом – при обычной температуре погибают через 10 дней. В твердых сырах живых микобактерий обычно не обнаруживают, а в других видах сыров могут сохраняться до 260 дней. В замороженном мясе микобактерии остаются жизнеспособными до одного года, а в соленом мясе – 1,5 мес. [8]. Сравнительно более широко изучены микобактерии, выделенные из биоматериалов, полученных от сельскохозяйственных животных, больных туберкулезом или сенсибилизированных к туберкулину, аналогичного материала от диких животных и клинических образцов. Такое положение не представляется удивительным, поскольку диагностика и дифференциальная диагностика туберкулеза в конечном итоге связаны с выделением и идентификацией изолированных культур. Есть основания полагать, что количественный и видовой состав выделенных из биоматериалов культур сопоставим с аналогичными результатами, полученными при идентификации штаммов, изолированных из проб почвы, растительности, воды, кормов и других объектов внешней среды, снятых в пределах определенных ландшафтов.

От реагировавшего на туберкулин крупного рогатого скота в Эстонии выделены микобактерии комплекса *avium-intracellulare* в 64% случаев, *M. scrofulaceum* – 10,4%, *M. qastri* – в 6,6%, *M. phlei* – в 5,2%, *M. qordonae* – в 3,9% и *M. fortuitum* – в 63,9% случаев. От свиней в большинстве случаев (92,5-95%) выделяли микобактерии комплекса *avium-intracellularae* [26].

Около 90% культур, выделенных из биоматериалов от свиней и больных микобактериозом людей в Латвии, составлял комплекс *avium-intracellularae*. Аналогичные результаты получены в условиях Литвы. Однако исследования, проведенные в Белоруссии, показали иную картину. Из материала, отобранного от свиней с туберкулезоподобными изменениями во внутренних органах, чаще всего (90%) изолировали нефотохромогенные и лишь в 8,1% случаев – быстрорастущие микобактерии [8, 42].

В Западном полесье Украины из биоматериалов от животных чаще всего (в 60,7% случаев) выделяли нефотохромогенные, затем скотохромогенные (31,2%) и реже – быстрорастущие микобактерии (8,1%). В зоне степи и лесостепи в таком же материале в большинстве случаев обнаруживали быстрорастущие (*M. fortuitum, M. phlei, M. vacce*), затем нефотохромогенные и реже всего скотохромогенные микобактерии. В Харьковской и Ровенской областях Украины в основном выделяли скотохромогенные (*M. scrofulaceum, M. qordonae*), реже быстрорастущие и меньше всего нефотохромогенные (*avium-intracellularae, M. qastri* и *M. triviale*) виды [8, 17].

Из проб биоматериалов сенсибилизированного крупного рогатого скота чаще всего выделяли культуры микобактерий, относящиеся к группе нефотохромогенных, затем быстрорастущих и реже всего скотохромогенных микобактерий [1].

В 64,2% случаев от крупного рогатого скота в Пензенской области выделили быстрорастущие микобактерии (*M. fortuitum*, *M. phlei*). Затем, по частоте, следовали микобактерии комплекса *avium-intracellulare* (28,6%) и редко встречались скотохромогенные (*M. scrofulaceum, M. qordonae*) виды [18].

В Сибирии и на Дальнем Востоке крупный рогатый скот чаще сенсибилизируется *M. fortuitum* и *M. smeqmatis* (15,4% случаев) и значительно реже (2,6%) микобактериями комплекса *avium-intracellulare* [5].

Из биоматериалов реагировавшего на туберкулин крупного рогатого скота в Республике Дагестан выделили 44 штамма (17,6%) микобактерий, в числе которых идентифицировали: одну культуру *M. tuberculosis*, 12 – *M. bovis*, 13 – II, одну – III и 12 – IV групп по классификации Раниона [29].

Широта ареала микобактерий не заканчивается только на сельскохозяйственных животных. Они выделены из органов и тканей многих теплo- и холоднокровных животных, насекомых. Кроме возбудителей туберкулеза, которым свойственно преимущественное поражение определенного вида животных и человека, атипичные виды микобактерий были изолированы из биологиче-

ского материала: оленей (*M. intracellulare, M. kansasii, M. terre*); рыб (*M. marinum*); обезьян (*M. scrofulaceum, M. simie*); морской свинки (*M. flavescens*); крупного рогатого скота (*M. scrofulaceum, M. avium, M. intracellulare, M. vacce, M. fortuitum, M. smegmatis, M. paratuberculosis, M. xenopei*); свиней (*M. scrofulaceum, M. paratuberculosis, M. porcinum, M. triviale*, быстрорастущие IV группы по классификации Раниона); птиц (*M. scrofulaceum, M. intracellulare*); овец (*M. scrofulaceum, M. paratuberculosis*); насекомых (*M. intracellulare*); кабанов (*M. terrae*); муфлонов (*M. terrae*); ламантин (*M. chelonei, M. abscessus*); аквариумных рыб (*M. chelonei, M. abscessus*); цыплят (*M. chitae*); дождевых червей (*M. bovis*); полевых мышей (*M. terrae*); диких голубей (*M. intracellulare*) и т. д. Следует также отметить, что из клинических образцов выделены представители практически всех групп по классификации Раниона и все облигатно патогенные микобактерии [7, 8, 32, 49, 51, 53, 58, 62].

Заключение

Таким образом, условия среды определяют интенсивность обитания того или иного вида микобактерий в определенных ландшафтах и их циркуляцию в макроорганизме. На воздействие различных элементов среды как у макро-, так и у микроорганизмов проявляется ответная реакция, что послужило основой разработки учения о «лимитирующих факторах». Это понятие применимо не только к необходимым для жизнедеятельности микобактерий химическим элементам, но и ко всем другим экологическим факторам (температура, влажность, условия аэрации и т. д.). Минимум и максимум интенсивности фактора определяют пределы выносливости вида. За этими пределами в силу резко выраженных экстремальных условий, не переносимых микроорганизмом, существование вида невозможно. Наиболее благоприятен для вида оптимум интенсивности экологического фактора, обычно срединное положение. Это положение значительно уже, чем пределы выносливости вида. В то же время характер и механизмы взаимодействия микроорганизмов с макроорганизмом также многообразны и играют решающую роль в жизни и эволюции многих видов бактерий, являющихся важным экологическим фактором, определяющим многие стороны эволюционных изменений человека и животных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Байтерякова Т. И., Рубцова И. Н., Макаров Ю. А. Персистирование микобактерий в организме крупного рогатого скота // Пробл. туб. – 1982. – № 11. – С. 59-62.

2. Ваксман З. А. Антагонизм микробов и антибиотические вещества. – М.: Иностранная литература, 1947. – 392 с.

3. Василев В.Н. Микобактериозы и микозы легких. – София: Медицина и физкультура, 1971. – 382 с.

4. Вейсфейлер Ю. Биология и изменчивость микобактерий туберкулеза и атипичных микобактерий. – Будапешт,1975. – 327 с.

5. Донченко А. С., Донченко В. С. Туберкулез крупного рогатого скота, верблюдов, яков, овец и пантовых оленей. – Новосибирск, 1994. – 353 с.

6. Земскова З. С., Дорожкова И. Р. Скрыто протекающая туберкулезная инфекция. –М., 1984. – 220 с.

7. Ильина Т. Б., Данко Ю. Ю., Урбан В. П. Распространение потенциально патогенных и сапрофитных микобактерий в природе и среди домашних животных / Сб. науч. труд. Ленингр. вет. инст. – 1982. – № 72. – С. 46-52.

8. Кассич Ю. Я. Туберкулез животных и меры борьбы с ним. – Киев: Урожай, 1990. – 303 с.

9. Квасников Е. И., Нестеренко О. А., Панченко Л. П. Быстрорастущие бактерии рода *Mycobacterium Lehman* и *Neumann*, выделенные из почв Украины // Биол. науки. – 1974. –№ 11. – С. 96-101.

10. Кисленко В. Н. Выживаемость микобактерий туберкулеза бычьего типа в почве пастбищ // Ветеринария. – 1972. – № 6. – С. 48-50.

11. Кисленко В. Н. Экология *M. bovis* и *M. avium* в почве / Матер. науч.-практ. конф. факулт. ветер. медицин. НГАУ «Актуальные вопросы ветеринарии». – Новосибирск, 2001. –С. 41-46.

12. Клебанова А. А. К вопросу о влиянии физических факторов на жизнеспособность БК // Вопр. туб. – 1931. – № 2. – С. 202-204.

13. Козлов В. С. Биологические свойства микобактерий разных видов, выделенных из почвы // Пробл. туб. – 1982. – № 3. – С. 65-68.

14. Колычев Н. М. Характеристика микобактерий, изолированных из объектов звероводческих и животноводческих ферм / Сб. науч. тр. Сиб. НИВИ. – 1976. – Вып. 2. – С. 47-55.

15. Колычев Н. М., Сухотина В. П. Дезинфекция почвы при туберкулезе // Ветеринария. – 1983. – № 4. – С. 22-23.

16. Колычев Н. М. О сохранении вирулентности микобактерий во внешней среде // Ветеринария. – 1987. – № 5. – С. 29-32.

17. Кочмарский А. Изменчивость разных типов микобактерий и их роль в эпизоотологии туберкулеза / Сб. Ветеринария. – Киев, 1974. – Вып. 38. – С. 12-18.

18. Кудяков В. Сенсибилизирующие и патогенные свойства атипичных быстрорастущих микобактерий в опытах на морских свинках // Бюллетень ВИЭВ. – 1983. – Вып. 51. – С. 10-11.

19. Кузин А. И. Оздоровление животноводческих хозяйств от туберкулеза. – М.: Россельхозиздат, 1982.

20. Кузин А. И. Оздоровление животноводческих хозяйств от туберкулеза. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 182 с.

21. Кузин А. И. Туберкулез сельскохозяйственных животных и его профилактика. –М.: Россельхозиздат, 1992. – 189 с.

22. Лазовская А. Л. Способ определения обсемененности патогенными микобактериями объектов окружающей среды // Патент 2115734. РФ. МПК 6С12.

23. Левченко И. Д. Изучение выживаемости микобактерий туберкулеза птичьего типа в почве, воде, помете и глубокой подстилке: Автореф. дис. ... канд. ветеринар. наук. – Харьков, 1965. – 21 с.

24. Литвин В. Ю., Гинсбург А. Л. Эпидемиологические аспекты экологии бактерий. –М.: НИИЭиМ, 1998.

25. Маковейская А. И. О стойкости туберкулезных палочек в фецесе и органах крупного рогатого скота // Сов. ветер. – 1939. – № 7.

26. Мартма О. В. Современное состояние проблемы атипичных микобактерий в ветеринарии // Ветеринария. – 1982. – № 5. – С. 22-24.

27. Нестеренко О. А. Систематика нокардиоподобных и коринеподобных бактерий: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Киев, 1982. – 49 с.

28. Нестеренко О. А., Квасников Е. И., Ногина Т. М. Нокардиоподобные и коринеподобные бактерии. – Киев: Наукова думка, 1982. – 333 с.

29. Нуратинов Р. А., Устаров Р. Д. Идентификация микобактерий, выделенных из биоматериалов / Тез. докл. Междунар. конф. к 35-летию ПЗНИВИ. – Махачкала, 1998. – С. 44.

30. Нуратинов Р. А., Вердиева Э. А., Гаргацов А. А. Влияние качественного состава питательной среды на выделение и культивирование микобактерий, нокардий и родококков / Тез. докл. «Разработка и производство диагностических сухих питательных сред и микротестсистем». – Махачкала, 1998. – С. 103-105.

31. Нуратинов Р. А., Вердиева Э. А. Микобактериальный пейзаж в животноводческих районах РД / Тез. докл. 3 п.п.к. «Актуальные проблемы туберкулеза». – ДГМА. – 2002. – С. 75-77.

32. Нуратинов Р. А., Халималов М. М. Микроорганизмы рода микобактериум в биогеоценозах РД // Вестник ДНЦ РАН. – 2004. – № 16. – С. 52-58.

33. Нуратинов Р. А., Казиахмедов З. А., Наймапов А. Х., Овдиенко Н. П. Питательная среда для выделения и выращивания микобактерий // Сиб. вестник сельскохозяйственной науки. – 2005. – № 2. – С. 77-84.

34. Павлова И. Б., Башкирова Д. А. Экологические аспекты существования и развития популяций микобактерий // Вет. патология. – 2004. – № 1-2. – С. 65-68.

35. Перельман А. И. Биокосные системы Земли. – М.: Наука, 1977. – 137 с.

36. Посохин Е. Г. Выживаемость туберкулезных бацилл птичьего типа в почве усадебных территорий / Сб. н.р. Сиб. НИВИ. – Вып. 4. – Новосибирск, 1952.

37. Прокофьева Н. И. Выживаемость микобактерий туберкулеза в почве и методы ее обеззараживания в условиях Якутии. Туб. крупного рогатого скота и меры борьбы с ним / Сб. н.т. Новосибирск, 1986. – С. 124-128.

38. Пушкарева В. И. Патогенные бактерии в почвенных и водных сообществах: Дис. ... д-ра биол. наук. – М., 1994.

39. Ротов В.И. Туберкулез сельскохозяйственных животных. – Киев, 1978. – 238 с.

40. Рубцова И.Н. Изменение формы микобактерий в организме животных и их значение в бактериологической диагностике туберкулеза // Бюлл. ВИЭВ. – 1983. – Вып. 51. – С. 32-36.

41. Рудой Н. М. О мутагенном и бактерицидном действии ультрафиолетовых лучей на микобактерии туберкулеза // Пробл. туб. – 1970. – № 2.

42. Румачик И. И. Взаимосвязь выделения микобактерий из материала от реагирующего на туберкулин скота и объектов внешней среды / Межведомственный сборник. – Вып. 28. – 1990. – С. 47-51.

43. Рыбка Л. Н., Макаревич Н .М., Виноградова Р. Г. Нетуберкулезные микобактерии во внешней среде // Пробл. туб. – 1981. – № 7. – С. 57-60.

44. Сомов Г. А., Литвин В. Ю. Сапрофитизм и паразитизм патогенных бактерий. –Новосибирск: Наука, 1998. – С. 5.

45. Сорокина А. И., Катола В. М. Формы изменчивости микобактерий туберкулеза в почве пастбищ и загонов / Сб. н. тр., посв. 70-летию Дальз. НИВИ. – 2005. – С. 44-46.

46. Сорокина А. И., Кандыбина Т. В., Катола В. М. Влияние почв на морфофизиологические свойства *M. tuberculosis*, ассоциированных с дрожжами *Rhodotorulla glutinis* / Там же. – С. 47-49.

47. Шведова Н. И. Влияние микробов-антагонистов на микобактерии туберкулеза / Научные основы развития животноводства Зап. Сибири. Омск, 1997. – С. 65-66.

48. Щепилов Н. С., Кисленко В. Н., Львова Г. Ф. К вопросу выживаемости микобактерий туберкулеза в глубокой несменяемой подстилке у птиц, больных туберкулезом // Пробл. туб. – 1971. – № 8.

49. Ярбаев Н. Туберкулез крупного рогатого скота в Республике Таджикистан: Автореф. дис. ... д-ра ветеринар. наук. – Новосибирск, 1993. – 38 с.

50. Ярных В. С. Санитарные мероприятия в системе противоэпизоотической защиты // Ветеринария. – 1985. – № 11. – С. 26-30.

51. Bonike R. The occurence of atipical mycobacteria in the enviromnet of man and animal // Exc. Med. Int. Congr. – 1966. – Vol. 37. – ser. 119. – P. 361-368.

52. Cvetnic Z., Kovacic H., Ocepek M. Mycobacterien in der Umwelt und im Futter von Schweinen in Kroacian // Wien. Tierarzte. Monateschr. – 1998. – Vol. 85, № 1. – P. 18-21.

53. Dawson D. I. Potencial pathogens among strains of mycobacteria isolated from house-dust // Med. J. Austr. – 1971. – Vol. 1. – P. 679-681.

54. Frey C., Hagan W. A. The distribucion of acid-fast bacteria in soil // J. Infect. Dis. – 1931. – Vol. 49, № 6. – P. 497-506.

55. Frobischer M., Klein G. C., Cummings. Preservacion of mycobacteries by desiccation in vacuo // Amer. Rev. Tuberel. – 1949. – Vol. 60. – P. 621-627.

56. Janowieck M. Atypowe pratki w patologii gruz licy ludzi i swerzst-met // Weter. – 1972. – Vol. 28, № 7. – P. 593-600.

57. Kuhller G. K., Taneja R., Kaur S., Verma I. N. Lipid composition and virulence of Mycobacterium tuberculosis H37Rv // Amer. J. Exp. Biol. Med. Sci. – 1982. – Vol. 60, № 5. – P. 541-547.

58. Roberts G. D. Mycobacteria and Nocardia In: Laboratory Proceduresin Clinical // Microbiology New York etc. – 1981. – P. 365-406.

59. Seto N., Sakayanagi S., Jizuca H. C1-Compounds utilizers isolated from the oil and natural gas field in Japan // In. Microbial growth on C1-cjmpounds: Proc. I Intern. Simp. Tokio. – 1975. – P. 35-44.

60. Shleeva M. Formation and resuscitation of non-culturable cells of Rhodococcus rhodochrous and *Mycobacterium tuberculosis* in prolonged stationary phase // Microbiologi. – 2002. – Vol. 148, № 5. – P. 1581-1591.

61. Tsucamura M. Proposal of a new genus, Gordona, for slightly acid-fast orgfnisms occurring in sputa of patients with pulmonary disease and in soil // J. Gen. Microbiol. – 1971. – Vol. 68. – P. 15-26.

62. Wolinsky E., Rynearson T. Mycobacteria in soil and their relation to disease–associated strains // Amer. Rev. Respirat. Disease. – 1968. – Vol. 97. – P. 1032-1037.

ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

Нуратинов Рамазан Абдулвагабович
Дагестанский государственный университет,
доктор ветеринарных наук, профессор кафедры биологии и биоразнообразия, заслуженный деятель науки Республики Дагестан, заслуженный ветеринарный врач Республики Дагестан.
E-mail: vagabovich@mail.ru

Поступила 24.06.2013