

РАСПРОСТРАНЕНИЕ АЗОТОБАКТЕРА В ДЕРНОВО-КАРБОНАТНЫХ ТИПИЧНЫХ И ПЕРЕГНОЙНО-КАРБОНАТНЫХ ПОЧВАХ ЭСТОНСКОЙ ССР *

О. РЫИС

При практическом применении бактериальных удобрений часто значительно повышаются урожаи многих сельскохозяйственных культур. Но нередко случаются и случаи полного отсутствия эффекта от их применения.

Одной из причин малой эффективности бактериальных удобрений, в частности азотобактерина (азотогена), является недостаточный учет почвенных условий, необходимых для получения полного эффекта при применении этого удобрения.

Результаты 117 массовых полевых опытов П. Рахно [17] на различных почвах Эстонской ССР убедительно показали, что азотоген может оказаться эффективным только на таких почвах, где имеется свой, природный азотобактер.

Как распространение, так и многие проблемы экологии азотобактера в дерново-карбонатных типичных и перегнойно-карбонатных почвах мало изучены [17, 18, 25, 29].

В монографии Н. Сушкиной «Эколого-географическое распространение азотобактера в почвах СССР» [22] также нет указаний на распространение азотобактера в почвах Эстонской ССР.

Цель настоящей работы — проследить распространение азотобактера в дерново-карбонатных типичных и перегнойно-карбонатных почвах Эстонской ССР и по возможности установить причины, тормозящие или стимулирующие его развитие.

Так как микроорганизмы в почве действуют, как известно, не изолированно друг от друга, а в тесной взаимосвязи и взаимозависимости между собой, мы сочли целесообразным определить численность также некоторых других групп и видов микробов, встречающихся, по литературным данным и нашим наблюдениям, в почвах вместе с азотобактером.

Из них мы выбрали аэробные целлюлозоразлагающие микроорганизмы и *Clostridium Pasteurianum*, имеющие с азотобактером близкие к симбиотическим взаимоотношения [5, 6, 7]. Кроме того, был подвергнут исследованию недавно выделенный термофильный азотфиксатор *Thermobacillus azotofigens* Rahno et Tohver [19, 23], так как его рас-

* Приношу глубокую благодарность канд. биол. наук Рахно П. Х. за всестороннюю помощь, оказанную мне в проведении данной работы.

пространение пока не изучено. Однако можно было предположить, что он как термофильный микроорганизм предпочитает (как и азотобактер) окультуренные почвы.

Экспериментальная часть настоящей работы проведена летом 1961 и 1962 гг. Почвенные образцы (всего 119) брались с различных видов дерново-карбонатных типичных и перегнойно-карбонатных почв в районе (по А. Лиллема) дерново-карбонатных типичных (рихковых) и заболоченных почв (северо-западная, северная Эстония и острова) [27].

Микробиологические анализы проведены в лаборатории микробиологии Института экспериментальной биологии АН Эстонской ССР.

Объекты исследования и методика

Исследуемые почвы охарактеризованы в работах А. Лиллема [13, 27], К. Таранда [30], Х. Михельсона [14], В. Валлера [4] и др.

Основные агрохимические показатели дерново-карбонатных типичных почв следующие: pH_{KCl} 6,3—7,8 содержание гумуса (по Тюрину) и азота соответственно 3—6% и 0,2—0,3% [27].

Реакция перегнойно-карбонатных почв (pH_{KCl}) колеблется в пределах от 5,2 до 7,8; содержание гумуса является высоким (5—15%), также высоко содержание азота (0,3—1,25%) [13].

Почвенные образцы брались, как правило, по два — первый средний образец в неокультуренной, а второй в окультуренной части одного и того же территориального участка. Расстояние между шурфами при этом было от двух до десяти метров. Соответствующие места отбора парных образцов были выбраны с таким расчетом, чтобы они оба состояли из одного и того же почвенного нива. При взятии образцов составлялось описание растительного покрова и почвенного профиля по методике, применяемой почвоведом республики [28].

В основном анализы велись на средах и по методике, утвержденной конференцией почвенных микробиологов в 1953 году.

На первых этапах работы выделение азотобактера из почвы производилось по четырем следующим методам:

- 1) методом посева почвенной суспензии на агаровую среду Энби;
- 2) методом почвенных комочков;
- 3) методом почвенных пластинок Виноградского в модификации Е. Мишустина [15];
- 4) методом обогащения селективной среды убитыми клетками азотобактера, рекомендуемым О. Колешко [9].

В дальнейшем анализы проводились по 1-му и 2-му методам, так как два последние метода при анализах вышеупомянутых почв оказались одинаковой чувствительности с двумя первыми. При этом необходимо еще отметить, что чувствительность метода комочков оказалась значительно выше при продолжительности инкубации до трех недель и более.

Количество колоний *Thermobacillus azotofigens* учитывалось на агаровой среде В. Тохвера [23] после 1—2-суточного выдерживания в термостате при температуре 60°C. В большинстве случаев присутствие этой бактерии проверялось микроскопически.

Кроме того, был проведен и агрохимический анализ почвы. Определялся pH_{KCl} в солевой суспензии электрометрически с хингидронным электродом, содержание подвижного P_2O_5 и K_2O — лактат-буферной смесью по методу Эгнер-Рима и содержание гумуса — по Тюрину. Анализы проведены в агрохимической лаборатории Эстонского научно-исследовательского института земледелия и мелиорации в Куузикау.

Распространение азотобактера в дерново-карбонатных типичных и перегнойно-карбонатных почвах Эстонии

Результаты исследований показывают, что азотобактер присутствует во всех огородных и полевых дерново-карбонатных типичных и перегнойно-карбонатных почвах (табл. 1). Обрастание почвенных комочков азотобактером в обоих случаях колеблется лишь в пределах 91—100% (табл. 2).

Таблица 1

Встречаемость азотобактера в дерново-карбонатных типичных и перегнойно-карбонатных почвах под разными угодьями

Угодье	Число образцов	Методом высева почвенной суспензии				Методом почвенных комочков			
		Азотобактер присутствует		Азотобактер не обнаружен		Азотобактер присутствует		Азотобактер не обнаружен	
		Число образцов	%	Число образцов	%	Число образцов	%	Число образцов	%
Огород	3	3	100	—	—	3	100	—	—
Поле	50	49	98	1	2	50	100	—	—
Залежь	18	13	72	5	28	15	83	3	17
Естественное пастбище	21	5	24	16	76	12	57	9	43
Естественный сенокос	8	1	13	7	87	3	38	5	62
Лес	19	0	0	19	100	7	37	12	63
Всего	119	71	60	46	39	91	76	28	24

На старопахотных землях (залежах) азотобактер найден в 83% образцов почвы (табл. 1). Из них только половина образцов дала рост комочками в интервале 91—100% (табл. 2).

Таблица 2

Обрастание почвенных комочков азотобактером в образцах почв различных угодий

% обрастания почвенных комочков азотобактером	Количество образцов в интервале					
	Огород	Поле	Залежь	Естественное пастбище	Естественный сенокос	Лес
*	—	—	3	9	5	12
1—10	—	1	—	2	—	4
11—20	—	—	2	—	1	—
21—30	—	—	—	—	—	1
31—40	—	—	—	—	1	1
41—50	—	1	1	—	—	1
51—60	—	—	3	1	—	—
61—70	—	—	—	2	—	—
71—80	—	—	1	—	—	—
81—90	—	—	—	—	—	—
91—100	3	48	8	7	1	—

* Применяемым методом присутствие азотобактера не установлено.

В почвах под естественными пастбищами удалось найти азотобактер методом комочков в половине почвенных проб, а методом высева почвенной суспензии — только в $\frac{1}{4}$ тех же проб (табл. 1).

В тех случаях, когда азотобактер не был найден в верхней части (5 см) гумусового горизонта почв естественных пастбищ, он не обнаруживался и в более глубоких слоях того же горизонта.

Характер распространения азотобактера в разных слоях гумусового горизонта почв культурных пастбищ, по литературным данным, является иным. Так, Д. Гурфель [25] отмечает, что в дерново-карбонатных почвах культурных пастбищ Тоомаской опытной базы содержание азотобактера на глубине 15 и 25 см превышает его количество в слое 5 см в 10—20 раз.

В почвах под естественными сенокосами и лесами присутствие азотобактера удалось зафиксировать

ровать значительно реже, т. е. найти его методом высева почвенной суспензии практически не удалось. Хотя и методом комочков он выделен почти из 40% образцов (табл. 1), число обросших комочков все-же осталось сравнительно низким (табл. 2).

Литературные данные также подтверждают незначительное присутствие или даже полное отсутствие азотобактера в почвах сенокосов и лесов [10, 21].

Чтобы получить более ясное представление о том, насколько большими и резкими являются качественные и количественные различия микрофлоры окультуренных и неокультуренных почв, приведем результаты некоторых отдельных микробиологических анализов почв (в табл. 3).

Так как в табл. 3 представленный цифровой материал носит лишь ориентировочный характер (в них могут быть изменения и колебания, связанные с динамикой развития и др.), то следует сравнивать только отдельные пары образцов, взятые одновременно с одного и того же участка, но из почв с различной степенью окультуренности.

Насколько резка разница в содержании азотобактера можно видеть на образцах, взятых на расстоянии лишь 2—10 метров друг от друга. Так, например, в почве естественного пастбища колхоза им. И. Лауритина Хаапсалуского района найти азотобактер методом высева почвенной суспензии не удалось, но рядом, в полевой почве он содержался в количестве 7,3 тыс. клеток на 1 г почвы.

Как в дерново-карбонатных типичных, так и в перегнойно-карбонатных почвах вышеотмеченный характер распространения азотобактера (под различными угодьями) проявлялся независимо от срока взятия образца в течение вегетационного периода (повторные анализы ранней весной также не дали качественно различных результатов).

Исключением являлось только то, что в полевой почве Нехатуского альвара азотобактер содержался лишь в ничтожном количестве (табл. 3). Это явление несомненно обусловлено кислой реакцией почвы ($pH_{КС}$ 5,3), несмотря на сплошной известняк на глубине 18 см.

То, что некоторые почвы альваров на ограниченных территориальных участках имеют кислую реакцию, обусловлено, как известно, генезисом этих почв (местами в качестве почвообразующей породы является малокарбонатный материал — морские отложения или же почти чистая фенноскандинавская морена) [27].

Что касается аэробных целлюлозоразлагающих микроорганизмов и термофильного азотфиксатора *Thermobacillus azotofigens*, то, как показывают наши исследования, их содержание в окультуренных дерново-карбонатных типичных и перегнойно-карбонатных почвах, аналогично азотобактеру, является относительно высоким, а в неокультуренных вариантах тех же почв их титр остается низким.

То, что целлюлозные бактерии являются показателями окультуренности почвы, известно также по литературным данным [8], но тот факт, что такими же свойствами обладает и *Thermobacillus azotofigens*, впервые выявлен нами.

Анаэробный азотфиксатор *Clostridium Pasteurianum*, присутствующий во всех образцах тех же почв, не реагировал закономерно на изменения в состоянии окультуренности почвы.

Коротко следует остановиться и на проблеме интенсивности роста и пигментации азотобактера при его выращивании на среде Эшби.

Колонии азотобактера отличались сравнительно большими размерами и ускоренным ростом, а также высокой интенсивностью окрашивания

Распространение азотобактера в дерново-карбонатных

Место взятия образцов почвы	Почва	Угодье	Культура	Время взятия образца
Кингисепский р-н, колхоз «Октобри Выйт»	Дерново-карбонатная типичная очень маломощная супесчаная	Лес (сосняк)		Август
Харьуский р-н, совхоз «Рийзипере»	Дерново-карбонатная типичная маломощная суглинистая	Естественное пастбище		Июль Май
"	" "	Поле	Кукуруза	Июль
Харьуский р-н, совхоз «Карьякюла»	" "	Естественный сенокос		"
"	" "	Поле	Горох	"
Хаапсалуский р-н, колхоз им. Ю. Лаурстина	Дерново-карбонатная типичная среднемощная суглинистая	Естественное пастбище		Сентябрь Май
"	" "	Поле	Картофель	Сентябрь
Раквереский р-н, колхоз им. Э. Вильде	Дерново-карбонатная типичная мощная супесчаная	Поле	Ячмень	Июнь
Харьуский р-н, колхоз «Эха»	Перегнойно-карбонатная очень маломощная суглинистая	Залежь		Август
Раплаский р-н, совхоз «Мярьямаа»	Перегнойно-карбонатная маломощная суглинистая	Лес (сосняк)		Июль Май
"	" "	Поле	Белый донник	"
Харьуский р-н, Нехату	" "	Естественный сенокос		Июнь
"	" "	Поле	Ячмень	"
Харьуский р-н, совхоз «Карьякюла»	" "	Естественное пастбище		Июль
"	" "	"	Ячмень	"

* Глубина взятия образцов — 5 см.

** Применяемым методом присутствие не установлено.

Таблица 3

типичных и перегнойно-карбонатных почвах Эстонии *

рН	На 100 г воздушно- сухой почвы, мг		Содержание гумуса (по Тюрину), %	В тысячах клетках на 1 г абсолютно-сухой почвы				Обрастание комочков почвы, %
	P ₂ O ₅	K ₂ O		<i>Clostridium Pasteurianum</i>	Аэробные целлюлозоразла- гающие	<i>Thermobacillus azotofigens</i>	Азотобактер	
7,3	2,5	5	5,37	1	0,1	**	**	**
7,1	2,0	16	5,71	100	30	0,20	**	62
7,3	1,5	11	4,58	—	—	0,073	**	92
7,3	4,0	13	3,65	80	30	1,6	0,27	100
7,3	0,5	8	5,15	7	0,02	**	**	**
7,3	2,5	13	4,05	80	6	2,3	2,8	100
7,3	1,5	7	4,35	1	0,06	**	**	88
7,2	2,0	6	—	—	—	**	**	92
7,3	7,0	31	3,15	10	60	0,37	7,3	100
7,2	—	—	3,89	20	6	3,1	2,1	100
6,5	1,5	3	11,50	100	0,004	**	**	12
7,0	1,5	6	4,66	30	1	0,13	**	**
6,8	1,5	7	—	—	—	0,08	**	**
6,8	12,0	38	6,08	90	100	0,71	3,1	100
5,7	8,0	6	13,0	10	2	0,14	**	**
5,3	7,0	5	9,75	7	20	0,79	**	4
6,2	0,5	9	5,05	3	0,008	0,013	**	**
7,0	1,5	9	8,90	20	80	3,8	2,3	100

вследствие обильного образования характерного для *Azotobacter chroococcum* темно-коричневого пигмента у штаммов, выделенных из огородных и полевых почв.

Наоборот, у штаммов из почв лесов и сенокосов рост азотобактера замедленный. Только через 5—8 дней вокруг комочков можно было заметить появление светлых колоний слизистой консистенции, которые через некоторое время (4—8 дней) становились беловатыми, и лишь некоторые из них после 18—21 дневной инкубации приобретали светлую окраску.

Имеются экспериментальные данные, свидетельствующие о взаимосвязи между способностью различных штаммов азотобактера к образованию пигмента и их активностью [11]. Поэтому можно предложить, что и описанные выше штаммы обладают лишь слабой азотфиксирующей способностью.

Все местные штаммы азотобактера, выделенные из дерново-карбонатных типичных и перегнойно-карбонатных почв Эстонской ССР, принадлежат к виду *Azotobacter chroococcum* Beij.

О факторах, тормозящих развитие азотобактера в некультуренных дерново-карбонатных типичных и перегнойно-карбонатных почвах Эстонии

Вышеприведенный материал анализов показывает, что присутствие азотобактера в окультуренных дерново-карбонатных типичных и перегнойно-карбонатных почвах стабильно и в относительно больших количествах. В некультуренных почвах, наоборот, азотобактер не выявляется или же обнаруживаются лишь единичные клетки его.

Нами была поставлена задача изучения причин торможения развития азотобактера в этих почвах и найти пути их устранения.

Отмечается, что азотобактер крайне чувствителен к кислой реакции почвы [22, 24] и весьма требователен к наличию в почве фосфора [15, 22] и калия [1, 15].

При наших анализах реакция почвы не могла тормозить развитие азотобактера, так как она была почти всегда от нейтральной до слабощелочной, т. е. оптимальной для азотобактера. Существенную роль не могло оказать также содержание подвижного P_2O_5 и K_2O , так как нередко были случаи, когда при одинаковом их содержании азотобактер в полевых почвах обнаруживался в большом количестве, а в естественных почвах — в ничтожно малом.

Убедительным доказательством данного тезиса является еще то, что в «зоне почв, богатых фосфором» (расположенной по краю глинта) [4, 30], были получены аналогичные результаты в почвах, где содержание подвижного P_2O_5 было часто более 100 мг на 100 г воздушно-сухой почвы.

В. Сабельникова [21] указывает, что развитие азотобактера в лесных почвах находится в тесной зависимости от наличия карбонатов в них. Однако исследуемые нами лесные почвы богаты карбонатами (вскипающие с HCl обычно с поверхности), а содержание клеток азотобактера оставалось ничтожно малым и то лишь в некоторых образцах почвы.

В литературе также показано, что развитие азотобактера в почвах иногда лимитируется отсутствием необходимых количеств микроэлементов [2, 12]. Так, например, Е. В. Беляков [2] отмечает, что в целинных почвах, бедных молибденом, азотобактер отсутствует, но в пустынных сероземах, содержащих значительные количества молибдена, азотобактер обнаруживается.

Вряд ли и это обстоятельство в наших условиях может являться самым существенным, так как, по данным Х. Михельсона [14], содержание основных микроэлементов в исследуемых почвах относительно высокое (в том числе и в некультуренных вариантах тех же почв).

Особо существенную роль в жизнедеятельности азотобактера в почвах приписывается наличию доступной углеродистой пищи [3, 15]. Однако трудно поверить, чтобы в перегнойно-карбонатных почвах, содержащих 5—15% гумуса, азотобактер голодает из-за недостатка углеродистой пищи. В известной мере подтверждает это положение и то, что при выявлении азотобактера из естественных почв методом почвенных пластинок явного преимущества никогда не давало ни прибавление к почве одной глюкозы в чистом виде, ни ее прибавление вместе с K_2HPO_4 .

Высказывая это положение, мы отнюдь не собираемся отрицать первостепенной роли доступной углеродистой пищи в экологии азотобактера, в частности, в некультуренных почвах. Однако мы склонны думать, что одним лишь обеспечением нужного уровня углеродистой пищи нормальное развитие азотобактера в некультуренных почвах не обеспечивается, по крайней мере, далеко не во всех случаях.

Отмечается еще, что недостаток влаги может сильно ограничивать распространение азотобактера в почвах [15]. Все-же, при наших анализах почти во всех образцах некультуренных почв их влажность была выше критической точки для азотобактера (вегетационные периоды 1961 и 1962 гг. были относительно богаты осадками).

Е. Беляков [1] пишет, что наиболее определенным, руководящим фактором в наличии или отсутствии азотобактера в почвах нужно считать растительность. Приняв видовой состав естественной растительности за ведущий фактор, он с этой точки зрения объясняет отсутствие и наличие азотобактера в почвах. Так, например, луговые почвы имели более богатый и разнообразный видовой состав, и ему чаще удавалось выделять из них азотобактер.

Как известно, наши природные лугопастбища на дерново-карбонатных типичных и перегнойно-карбонатных почвах характеризуются гораздо более богатым и разнообразным видовым составом [31], но, тем не менее, развитие азотобактера там почти полностью подавлено.

Отсутствие азотобактера в некоторых каштановых почвах Е. Беляков [1] объясняет характером растительности, а аэрация почвы, по его мнению, не может быть резко ограничивающим фактором в распространении азотобактера.

В целях изучения этой проблемы в наших условиях, был проведен нижеописанный специальный опыт, который показал, что улучшением аэрационных условий при выдерживании образцов некультуренных дерново-карбонатных типичных и перегнойно-карбонатных почв вызывается активизация спонтанного азотобактера.

Мы взяли из некоторых некультуренных и слабо окультуренных почв 14 образцов объемом по 10—12 литров каждый и подвергали их регулярному перемешиванию через каждую неделю в течение двухмесячного выдерживания в помещении лаборатории. В начале опыта в 9 образцах не удалось обнаружить азотобактера, а в остальных 5 образцах азотобактер был выделен методом комочков (лишь в одном из них — методом высева почвенной суспензии, табл. 4). При этом процент обросших почвенных комочков колебался в основном в пределах 4—20%. После двухмесячного выдерживания и регулярного перемешивания образцов (при этом была абсолютно исключена возможность заноса азотобактера извне) удалось установить активное развитие азотобактера во всех образцах почвы.

Таблица 4

Влияние аэрирования на содержание азотобактера в почве*

Почва	Угодье, из-под которого взят образец	рН _{KCl}	Содержание азотобактера			
			На 1 г абс. сух. почвы, ед.	Обрастание комочков почвы, %	На 1 г абс. сух. почвы, ед.	Обрастание комочков почвы, %
Дерново-карбонатная типичная очень маломощная	Естественное пастбище	7,2	**	4	**	36
Дерново-карбонатная типичная маломощная	Лес (сосняк)	7,2	**	**	450	100
"	Естественное пастбище	7,1	**	**	20	100
Дерново-карбонатная типичная среднемощная	Залежь	6,4	**	**	**	100
"	Естественное пастбище	6,5	59	52	70	60
"	"	7,3	**	**	**	84
"	Естественный сенокос	6,2	**	**	**	12
"	"	6,2	**	**	**	100
"	Лес (ельник)	6,0	**	**	**	24
Перегнойно-карбонатная маломощная	Залежь	7,0	**	4	22	60
"	Кустарник	7,0	**	**	4	100
"	Лес (ельник)	6,6	**	4	**	12
Дерново-глеевая карбонатная	"	7,1	**	**	270	100
Дерново-глеевая карбонатная	Естественный сенокос	7,3	**	20	8	100

* Схема опыта приведена в тексте на стр. 197.

** Применяемым методом присутствие азотобактера не установлено.

При этом в половине образцов обрастание комочков дошло до 100%, и в этом же количестве образцов удалось его найти также методом высева почвенной суспензии. Вместе с тем, повысились как интенсивность роста, так и пигментация клеток азотобактера.

Таким образом, нам удалось доказать экспериментально, что «появившийся» азотобактер при улучшении аэрационных условий неокультуренных дерново-карбонатных типичных и перегнойно-карбонатных почв должен был уже содержаться в этой же почве, а не был перенесен извне. Из этого вывода следует логично и другой вывод о том, что в некоторых почвах действительно существует так называемый «неактивный» азотобактер, потерявший свойство фиксировать азот воздуха, на что указали заранее Е. Мишустин [16], Л. Рубенчик [20], Х. Иенсен [26] и др. Кроме того, экспериментально доказано и то, что в более благоприятных условиях аэрации мало- или неактивные клетки азотобактера становятся активными, приобретая более быстрый темп роста и более интенсивную степень пигментации.

Опыт с дополнительным аэрированием образцов неокультуренных почв дает основание предположить, что именно низкий уровень аэрируе-

мости неокультуренных дерново-карбонатных типичных и перегнойно-карбонатных почв со всеми последствиями, вытекающими из этого положения (неблагоприятный характер биоценоза для жизнедеятельности азотобактера и др.), является одним из главных факторов, тормозящих развитие азотобактера в этих почвах.

Выводы

1. В огородных и полевых дерново-карбонатных типичных и перегнойно-карбонатных почвах при всех анализах азотобактер обнаруживается в больших количествах. Колонии его на среде Эшби отличаются сравнительно большими размерами и ускоренным ростом, а также интенсивной темно-коричневой пигментацией.

2. В неокультуренных дерново-карбонатных типичных и перегнойно-карбонатных почвах (естественные пастбища, естественные сенокосы и леса) азотобактер не обнаруживается или же обнаруживается лишь в ничтожных количествах. Рост отдельных колоний его оказывается замедленным, пигментация — слабой.

3. В окультуренных дерново-карбонатных типичных и перегнойно-карбонатных почвах рядом с азотобактером присутствуют в значительных количествах также аэробные целлюлозоразлагающие микроорганизмы и *Thermobacillus azotofigens* Rahno et Tohver. В неокультуренных вариантах тех же почв эти микроорганизмы обнаруживаются лишь в малых количествах. *Clostridium Pasteurianum*, присутствующий во всех образцах почв, реагировал незакономерно на изменения в состоянии окультуренности почвы.

4. Торможение развития азотобактера в неокультуренных дерново-карбонатных типичных и перегнойно-карбонатных почвах не обусловлено ни реакцией почвы, ни низким содержанием подвижных фосфорных и калийных соединений, а также карбонатов и микроэлементов.

5. При повышении уровня аэрируемости неокультуренных дерново-карбонатных типичных и перегнойно-карбонатных почв увеличивается как численность, так и активность спонтанного азотобактера в этих почвах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляков Е. В., 1949. Распространение азотобактера в целинных и культурных почвах пустынной и степной зонах Центрального Казахстана. Изв. АН КазССР, серия освоения пустынь, № 75, вып. I.
2. Беляков Е. В., 1950. Распространение, активность азотобактера и молибден в почвах. Реф. докл. на конф. по микроэлементам. Изд. АН СССР, М.—Л.
3. Бернард В. В., 1961. Условия приживаемости азотобактера в дерново-подзолистой почве. Тр. Ин-та микробиол. АН СССР, вып. XI.
4. Валлер В. М., 1962. Содержание фосфора и потребность в фосфорных удобрениях в зоне богатых фосфором почв Северной Эстонии. Сб. научн. тр. ЭСХА, Тр. по почвоведению и агрохимии, 24, Тарту.
5. Возняковская Ю. М., 1954. Взаимоотношения между целлюлозоразлагающими бактериями и азотобактером. Агробиология, № 4.
6. Головачева Р. С., 1958. Распространение *Clostridium Pasteurianum* в почвах и его влияние на рост и урожайность сельскохозяйственных растений. Тр. Ин-та микробиол. АН ЛатвССР, вып. VII.
7. Головачева Р. С., 1959. О взаимоотношениях азотобактера с *Clostridium Pasteurianum* в почвенных условиях. Изв. АН ЭССР, сер. биол., № 3.
8. Захаров И. С., Атаманюк Д. И., 1960. Влияние окультуривания некоторых лесных почв Молдавии на развитие целлюлозоразрушающих микроорганизмов. Тр. Почвенного ин-та им. Н. А. Димо, МФ АН СССР, вып. V.
9. Колешко О. И., 1959. К методике выделения азотобактера. Микробиология, 28, вып. 4.

10. Креслинь Д. Я., 1959. Влияние сельскохозяйственных растений на развитие и активность азотобактера. Тр. Ин-та микробиол. АН ЛатвССР, вып. VIII.
11. Креслинь Д. Я., 1961. Изменение реакции (рН) питательной среды в зависимости от интенсивности роста местных штаммов азотобактера. Тр. Ин-та микробиол. АН ЛатвССР, вып. XIV.
12. Крылова Н. Б., 1962. Роль микроэлементов в азотофиксации. Изв. АН СССР, сер. биол., № 5.
13. Лиллема А. И., 1962. Перегноино-карбонатные почвы Эстонской ССР. Сб. научн. тр. ЭСХА, Тр. по почвоведению и агрохимии, 24, Тарту.
14. Михельсон Х. К., 1956. О содержании микроэлементов и эффективности микроудобрений на дерново-карбонатных почвах Эстонской ССР. Сб.: Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Рига.
15. Мишустин Е. Н., 1954. Эколого-географическое распространение азотобактера в почвах СССР. Тр. Ин-та микробиол. АН СССР, вып. III.
16. Мишустин Е. Н., Семенович М. И., 1939. Почвенная кислотность как фактор, определяющий появление в почве неактивного азотобактера. Микробиология, 8, вып. 1.
17. Рахно П. Х., 1953. Об эффективности азотобактера. Земледелие, № 1.
18. Рахно П. Х., 1953. Роль азотобактера в повышении урожайности полевых культур в почвенно-климатических условиях Эстонской ССР. Кандидатская диссертация.
19. Рахно П. Х., Тохвер В. И., 1957. О возможности усвоения молекулярного азота при температуре 50° отдельными почвенными бактериями. Докл. АН СССР, 112, № 1.
20. Рубенчик Л. И., Ройзин М. Б., 1939. Влияние связанного азота на *Azotobacter*. Зб.: Минливисть микробів і бактеріофагія. Вид-во АН УРСР.
21. Сабельникова В. И., 1960. Зависимость развития азотобактера от наличия СаСО₃ в почвах Молдавии. Изв. Молд. фил. АН СССР, № 6(72).
22. Сушкина Н. Н., 1949. Эколого-географическое распространение азотобактера в почвах СССР. Изд. АН СССР.
23. Тохвер В. И., 1956. Предварительные данные о термофильном возбудителе фиксации атмосферного азота (*Thermobacillus azotofigens* Rahno et Tohver sp. n.). Изв. АН ЭССР, сер. биол., № 3.
24. Вонпazzi А., 1921. Studies on *Azotobacter chroococcum* Beijerinck. J. Bacteriol., 6.
25. Gurfel D., 1961. Anorgaaniliste väetiste mõju kultuurkarjamaamuldade bioloogilisele tegevusele. ENSV TA Toimet. Biol. Seeria, nr. 2.
26. Jensen H., 1940. Contribution to the nitrogen economy on Australian wheat soils with particular reference to New South Wales. Proc. Linnean Soc. N.S.W., 65, No. 1—2.
27. Lillemä A., 1958. Eesti NSV mullastik. Tallinn.
28. Piho A., Rooma I., Rõõs O., 1960. Maafondi mullastiku uurimise välistöõde juhend. Tartu.
29. Rahno P., 1953. Azotobakteri efektiivsusest. Sots. Põllumajandus, nr. 11.
30. Tarandi K., 1956. Kergestilahustuvate fosfori- ja kaaliumühendite sisaldusest Eesti NSV põllumuldade künnikihis. Kandidaadidissertatsioon. Tartu.
31. Тоомре R. jt., 1957. Eesti NSV looduslike rohumaade tüübid. Tallinn.

Институт экспериментальной биологии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
25. II 1963

AZOTOBACTER'I LEVIK EESTI TÕUPILISTES KAMAR-KARBONAAT- JA HUUMUS-KARBONAATMULDADES

O. Rõõs

Resümees

1961. ja 1962. a. suvel koguti 119 mullaproovi kõigist tüüpiliste kamar-karbonaat- ja humus-karbonaatmuldade erimeist ning määrati neis *Azotobacter*'i-sisaldus. Uhe ja sama mullaerimi piirides võeti proovid kahekaupa ühe ja sama maa-ala kultuuristatud ning kultuuristamata osast.

Mullaproovide analüüsid näitasid, et kultuuristatud muldades (aias, põllul) esines *Azotobacter* kõikjal suurtes kogustes. Nendest muldadest valmistatud suspensioonide väljakülv Ashby agarsöötmele andis *Azotobacter*'i kolooniate silmapaistvalt kiire ja tugeva kasvu. Kolooniad omandasid lühikese ajaga tumepruuni pigmentatsiooni.

Kultuuristamata muldadest *Azotobacter*'it kas üldse ei leitud või oli selle sisaldus väga madal. Kolooniate kasv selektiivsöötmel oli väga aeglane, kusjuures valkja pigmentatsiooni omandasid nad alles pärast pikaajalist inkubatsiooni. Kirjanduse põhjal võib

oletada, et sellised *Azotobacter*'i tüved on suures osas kaotanud õhulämmastiku sidumise võime.

Koos *Azotobacter*'iga esinesid kultuuristatud muldades arvukalt ka aeroobsed tselluloosilagundajad mikroorganismid ja termofiilsed õhulämmastiku seondajad batsillid *Thermobacillus azotofigens* Rahno et Tohver, kuna kultuuristamata muldades oli nende sisaldus samuti väga madal. *Clostridium Pasteurianum*, esinedes kõigis mullaproovides, ei reageerinud seaduspäraselt muldade kultuuristatuse astmele.

Selgus, et *Azotobacter*'i areng kultuuristamata tüüpilistes kamar-karbonaat- ja huumus-karbonaatmuldades ei ole tingitud mullareaktsioonist ega liikuvate fosfori- ja kaaliumühendite, karbonaatide ning mikroelementide vähesest sisaldusest. Tuleb oletada, et *Azotobacter*'i arengu allasurumise üheks peamiseks põhjuseks eespool nimetatud muldade kultuuristamata variantides on nende madal aeratsiooni tase, sest nendest muldadest võetud suuremakoguselistes proovides hakkas peale korduvat õhustamist *Azotobacter*'i areng tunduvalt elavnema ning selle arvukus suurenema (ilma bakteri kunstliku sisseviimiseta). Seega õnnestus eksperimentaalselt tõestada, et muldade kultuuristamisel «ilmuv» *Azotobacter* võib esineda juba sellesamas mullas ega pea tingimata olema väljastpoolt sisse kantud.

Sellest tuleneb loogiliselt ka teine järeldus, et mõningates muldades tõepoolest eksisteerib nn. väheaktiivne (suures osas õhulämmastiku sidumise võime kaotanud) *Azotobacter*, mille olemasolule osutasid juba varemalt mitmed teadlased (E. Mišustin, L. Rubentšik, H. Jensen jt.).

Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Eksperimentaalbioloogia Instituut

Saabus toimetusse
25. II 1963

THE OCCURRENCE OF AZOTOBACTER IN TYPICAL SOD-CARBONATIC AND HUMOUS-CARBONATIC SOILS OF THE ESTONIAN S.S.R.

O. Rõõs

Summary

In the summer of 1961 and 1962 119 soil samples from all varieties of typical sod-carbonatic and humous-carbonatic soils of the Estonian S.S.R. were collected and in these samples the content of *Azotobacter* was determined. In all cases the two parallel samples from each variety of soil were gathered, one of them being taken from a cultured part, the second — from a virgin part of the same area.

It has been shown that in all analysed samples of cultured soils (garden, field) a large amount of *Azotobacter* was present. The seeding on the Ashby agar medium of suspensions made from these soils has led to an extremely rapid and vigorous growth of *Azotobacter* colonies, the latter being shortly coloured with a dark-brown pigmentation.

In virgin soils no or only a low quantity of *Azotobacter* has been detected. In these cases the growth of the bacterium colonies on elective media was found to be very slow, and a whitish pigmentation appeared only after a long-period incubation. On the grounds of available data it may be assumed that such strains of *Azotobacter* have mostly lost their ability of fixing atmospheric nitrogen.

In cultured soils together with *Azotobacter* the presence of large amounts of aerobic cellulose-destroying microorganisms and thermophilic bacilli of the fixation of atmospheric nitrogen (*Thermobacillus azotofigens* Rahno et Tohver) has also been stated, whereas in virgin soils the content of these microorganisms proved to be very low, as it has also been demonstrated in the case of *Azotobacter*. As to *Clostridium Pasteurianum*, a microorganism detected in all soil samples, no regular reaction to the changes in soil cultivation degree has been noticed.

It has been stated that the growth inhibition of *Azotobacter* in non-cultured typical sod-carbonatic and humous-carbonatic soils is not conditioned by soil reaction and a low content of microelements, carbonates, phosphorus and potassium compounds in soil. One may suppose that the suppression of *Azotobacter* development in those non-cultured soils is mainly caused by the low aeration level of the soils, which is confirmed by results of our experiments with repeatedly aerated soil samples taken from virgin soil areas. In these samples a considerable increase in the growth rate and amount of *Azotobacter* (without any artificial infection of soil with the bacterium) has been detected. Thus it has been experimentally proved that the "appearance" of *Azotobacter* as a result of soil cultivation is not obligatorily due to external infection, but the bacterium may already exist in just the same soil. Hence it must be concluded that in some soils the almost inactive forms (i. e. the forms which have almost lost their ability to fix atmospheric nitrogen) of *Azotobacter* are really existing, as it was formerly pointed out by some scientists (E. Mishustin, L. Rubentshik, H. Jensen, and others).

Academy of Sciences of the Estonian S.S.R.,
Institute of Experimental Biology

Received
Feb. 25th, 1963