

А. К. ПАНОСЯН

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ
АЗОТОБАКТЕРИНА

Одной из важнейших задач современной микробиологии является углубленное изучение характера взаимоотношений микроорганизмов почв с высшими растениями. Выяснение природы взаимодействия растений с почвенной микрофлорой должно служить основой для разработки эффективных мероприятий для повышения плодородия почв и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур.

Наиболее важным разделом данной проблемы является вопрос о биологической фиксации азота.

Как известно, после открытия азотобактера, его биологические особенности и характер фиксации атмосферного азота были изучены такими выдающимися учеными, как Бейринк [36], Стокласа [37], Ф. Ленис и Т. Вертерман [39], В. Л. Омелянский [20], С. П. Костычев и др. [12, 13], М. В. Федоров [35] и др.

В настоящей статье мы не ставим целью обобщить все те работы, которые касаются биологических особенностей азотобактера и фиксации атмосферного азота, а также их теоретическое и практическое значения, поскольку все эти вопросы в достаточной мере освещены в недавно изданной монографии Л. И. Рубенчика [29]. Здесь мы остановимся на тех работах, которые непосредственно касаются вопроса применения азотобактерина и его эффективности.

В этом отношении важное значение имела работа И. А. Макринова [15]. Впервые в России он проверил эффективность азотобактера и, пришел к выводу, что не во всех случаях азотобактер дает положительный эффект.

В применении азотобактера в широких производственных условиях большую роль сыграли результаты исследований С. П. Костычева, А. М. Шелоумовой и О. Г. Шульгиной [13]. Исследовав запасы азотистых веществ в почвах южных районов Советского Союза, в частности Крыма, они пришли к выводу, что биологической фиксацией атмосферного азота почва обеспечивается азотистыми веществами и внесение в нее азотистых удобрений излишне. В фиксации же атмосферного азота, как они указывают, азотобактер играет большую роль.

Е. В. Дианова и А. А. Ворошилова [8], изучив распространенность азотобактера в почвах различного физико-химического состава и их способность к фиксации азота, нашли, что в некоторых почвах азотобактер отсутствует или же не обладает способностью фиксировать азот атмосферы; причиной этого они считают кислотность почвы. Для развития

в условиях повышенной кислотности азотобактер требует наличия легко усвояемых соединений [16], при кислотности почвы с $pH=4,5$ азотобактер в ней не развивается [17]. М. В. Федоров и Е. З. Теппер [33] указывают, что на жизнедеятельность азотобактера особенно сильно влияет активная кислотность почвы: наличие не активной кислотности в почве не отражается на развитие азотобактера. Ф. В. Турчин [31] и др. исследователи в России, А. В. Киракосян [9], А. В. Киракосян, П. А. Зубиетян, Р. С. Каримян [10] и др. в Армении на основании результатов опытов, поставленных с целью выяснения эффективности применения азотобактера в производственных условиях, показывают, что бактериальное удобрение — азотобактерин не во всех почвах дает положительный результат.

Вопрос о наилучших почвенных и климатических условиях, необходимых для эффективного применения азотобактерина, еще недостаточно освещен. В связи с этим, Институтом микробиологии АН АрмССР за последние годы были поставлены широкие производственные опыты по выяснению эффективности азотобактерина в различных почвенно-климатических условиях Армении. С этой целью мы в первую очередь исследовали экологические формы азотобактера в почвах Армении. Несмотря на то, что по экологии азотобактеров имеется много исследований [5, 6, 18, 30 и др.], нам кажется, что ряд биологических свойств, связанный с их экологическими особенностями, еще не освещены в достаточной мере. На основании многолетних исследований по выявлению биологических особенностей и распространения азотобактеров в различных типах почв Армянской ССР мы выявили ряд характерных особенностей этой группы микроорганизмов.

Армения имеет разнообразный почвенный покров и, как указывают А. К. Паносян, Р. Ш. Арутюнян, Н. А. Аветисян [21], это не могло не влиять на микрофлору, в том числе на азотобактеров, их распространение, состав и биологические особенности. Эти исследования показали, что азотобактеры, в основном распространены в сероземах, светло-бурых и каштановых почвах Армении, а в выщелоченных черноземах, высокогорных, луговых черноземоподобных и коричневых почвах азотобактерии отсутствуют (табл. 1). Более того, если в эти почвы искусственным путем вводить азотобактеры разных видов, то даже через очень короткое время их невозможно обнаружить.

Весьма вероятно, что в названных типах почв азотобактеры не только не находят необходимых условий для своей жизнедеятельности, а быстро исчезают благодаря наличию многообразных микробов — антагонистов.

Как показывают приведенные в табл. 1 данные, в тех типах почв, которые содержат азотобактер, состав последних не одинаков.

Эти особенности распространения азотофиксаторов отражаются также в азотассимиляционной способности почв. Как показывают данные табл. 2, азотобактеры в сероземах и бурых почвах производят ассимиляцию азота более интенсивно, чем азотобактеры каштановых почв. Например, если азотобактеры в сероземах и бурых почвах благодаря

Таблица 1

Распространение азотфиксаторов в различных типах почв (обрастание комочков азотфиксаторами в процентах от 0,1 г почв)

Штаммы азотфиксаторов	Типы почв						
	серозем	бурые	светло-каштановые	каштановые	выщелоченный чернозем	горно-луговые	высокогорные коричневые
<i>Az. chroococcum</i>	100	75	15	15	нет	нет	нет
<i>Az. nigricans</i>	75	100	25	15	нет	нет	нет
<i>Az. agile</i>	нет	нет	75	100	нет	нет	нет
<i>Az. fluorescens</i>	нет	нет	25	25	нет	нет	нет
<i>Bact. radiobacter</i>	50	75	75	50	100	100	100
<i>Bact. pseudomonas</i>	25	50	75	75	75	100	100
<i>Bact. pseudomonas</i> (раств. соединения кальция)	15	25	25	50	50	75	75

Таблица 2

Азотассимиляционная способность в различных типах почв (количество связанного азота при окислении одного грамма глицерина или маннита в мг)

Типы почв	Количество азота*
Серозем	18—20
Бурые	22—25
Светло-каштановые	12—15
Каштановые	8—10
Выщел. чернозем	3—5
Горно-луговые	1—3
Высокогорные	2—4
Коричневые	3—5

окислению одного грамма глицерина или маннита усваивают 18—25 мг азота, то азотобактеры каштановых почв, окисляя то же количество глицерина или маннита, едва связывают 8—15 мг азота.

Выщелоченные черноземы, высокогорные черноземоподобные луговые, коричневые почвы хотя и не содержат азотобактеров, однако обладают способностью к биологической фиксации азота. В этих почвах, не содержащих азотобактеров, фиксация азота имеет место благодаря жизнедеятельности широко распространенных в данных почвах бактерий, относящихся к группам *Bact. radiobacter* и *Bact. pseudomonas*. Способность каждой разновидности этих групп бактерий ассимилировать азот очень слаба (при использовании одного грамма глицерина или маннита они едва связывают 2—5 мг азота).

Подобный пример распространенности азотобактера в различных типах почв имеет огромное значение для правильного понимания общих биологических особенностей разных типов почв и для оценки степени плодородия почв.

* Азот определяется по Кельдалю.

Нам кажется, что из этих данных явствует, что каждый тип почвы имеет весьма характерный для себя состав азотобактеров, а в тех почвах, которые не содержат азотобактеров, биологическая фиксация азота осуществляется другими группами почвенных микроорганизмов. В этом отношении важное значение приобретают бактерии, принадлежащие к группам *Bact. radiobacter* и *Bact. pseudomonas* и актиномицеты.

Для испытания эффективности азотобактерина были поставлены производственные опыты на участках трех типов почв, занятых посевом яровой и озимой пшеницы [24]. На каждый вариант опыта был взят участок в 1000 кв. м в 2—3 повторностях.

Результаты четырехлетних опытов приведены в табл. 3. Как видно из данных таблицы, местные разновидности азотобактера Мартуни № 6.

Таблица 3

Урожай зерна в процентах

Характер почвы			Ярсовая пшеница			Озимая пшеница		
тип	процент гумуса	рН	зараженные местными штаммами азотобактера			зараженные местными штаммами азотобактера		
			Мартуни № 6	Мартуни № 10	Зангезур № 24	Мартуни № 6	Мартуни № 10	Зангезур № 24
Бурая	2,0	7,1	124	127	117	121	124	127
	1,7	7,0	—	—	—	116	123	120
	1,5	7,2	124	127	117	117	125	135
Каштановая	4,2	6,4	105	113	108	106	110	108
	4,1	6,6	114	110	117	111	108	114
	4,5	6,2	112	114	120	116	121	123
Черноземная	5,8	6,2	—	—	—	102	98	107
	6,3	5,8	103	100	104	101	92	104
	7,5	5,5	98	97	101	98	103	95

Мартуни № 10, и Зангезур № 24 при различных почвенно-климатических условиях оказывают различное влияние на повышение урожайности злаков. Они заметно повышают урожай в низменных районах на бурых почвах, бедных гумусом, имеющих нейтральную или слабо щелочную реакцию. При посеве семян пшеницы, зараженных указанными разновидностями азотобактера в бурые почвы, урожай зерна по сравнению с контрольным незараженным вариантом на 16—35% выше.

Указанные местные разновидности азотобактера в каштановых почвах по сравнению с бурыми почвами, во-первых, дают меньше эффекта и, во-вторых, оказывают неодинаковое влияние в почвах, находящихся в различных климатических условиях. В каштановых почвах они повышают урожайность зерна на 5—23%.

Представляет интерес то обстоятельство, что азотобактер Зангезур № 24, выделенный из бурой почвы Кафанского района АрмССР и представляющий вид *Azot. nigricans*, и два других штамма азотобактера из вида *Azot. chroococcum*, выделенных из каштановых почв Мартуни-

ского района АрмССР, наибольшее повышение урожая дали в бурых почвах.

По-видимому, на повышение урожайности больше отражаются почвенно-климатические условия, где культивируются растения. Как видно из таблицы, испытанные разновидности азотобактера не оказывают никакого влияния на урожай злаков на черноземных почвах. Это отчасти объясняется тем, что возможное наличие некоторых веществ в почве (в частности, ее активная кислотность) оказывает отрицательное влияние на жизнедеятельность азотобактеров и поэтому они не могут развиваться в черноземах.

Таким образом азотобактеры встречаются в различных почвенно-климатических районах Армении, но их количество преобладает в бурых почвах.

При заражении семян разными разновидностями азотобактера урожайность озимой и яровой пшеницы повышается в среднем в бурых почвах на 20—25%, в каштановых на 10—14%. В черноземах они не только не повышают урожайность, но через некоторое время после их внесения в почву, даже не обнаруживаются в ней.

Успешное применение азотобактерина может быть обеспечено, если почва, в которую вносится азотобактер, будет располагать всеми необходимыми условиями для его жизнедеятельности. Понятно, что изучение всех условий, необходимых для жизнедеятельности азотобактера в почве, лежит в основе рационального использования азотобактерина.

Мы уже показали, что азотобактерин в различных почвах дает неодинаковый эффект, и в ряде случаев его применение оказывается безуспешным.

Особенно благотворное влияние на жизнедеятельность азотобактера оказывают безазотистые углеродистые органические соединения (моно и дисахариды), а также водорастворимые минеральные соединения фосфора и калия.

Наблюдения ряда авторов показали, что азотобактер особенно хорошо развивается в ризосфере некоторых растений; в то же время было доказано, что азотобактерин лучше действует, когда в почву вносятся минеральные удобрения фосфора и калия. Так, например, И. В. Климов и В. И. Троицкий [11] отметили повышение урожая злаковых на 18% в условиях болотистых почв при использовании азотобактерина; при тех же условиях азотобактерин совместно с калийными и фосфорными удобрениями повысил урожайность на 27%.

М. В. Федоров [34] утверждает, что для поддержания азотфиксирующей способности азотобактера недостаточны органические соединения, выделяемые в среду корневой системой растений. Для этого необходимо вводить в почву добавочное количество органических веществ в виде полуразложившихся растительных остатков, полуперепревшего навоза или компоста. При их внесении в почву, в особенности богатые безазо-

гистые углеродистые вещества, жизнедеятельность азотобактера в почве усиливается, а урожайность растения значительно повышается.

Ф. Айваржи [1], применяя азотобактерин в условиях кубанских черноземов, отметил, что в случае удобрения почвы P₅₅ и K₅₅ повышение урожая достигает 20%. В свою очередь А. А. Образцова [19] указывает, что если почва не содержит достаточного количества фосфорных соединений, то применение азотобактерина может даже снизить урожай. Достаточно в эту почву внести фосфорные и калийные удобрения, чтобы применение азотобактерина дало значительное повышение урожая.

Т. Г. Демиденко и Р. А. Баринова [7], изучая эффективность азотобактерина на масличных культурах, наблюдали повышение урожая подсолнечника на 26,7%.

В условиях почв Армении оценка эффективности бактериальных удобрений на фоне использования отдельных минеральных и органических удобрений дана в работе А. К. Паносяна [23, 27] и А. В. Киракосян [9].

Изучая эффективность азотобактерина на фоне использования минеральных удобрений А. К. Паносян, Р. М. Ахинян, А. Д. Налбандян [24] выяснили, что в бурых почвах применение одного только азотобактерина повышает урожай зерна озимой и яровой пшеницы на 17—20%, в каштановых почвах на 12—14%, а в черноземных повышения урожайности пшеницы не отмечается (табл. 4).

Таблица 4

Урожай зерна пшеницы (в процентах)

Схема опыта	Бурая почва		Каштановая почва		Чернозем	
	яровая пшеница	озимая пшеница	яровая пшеница	озимая пшеница	яровая пшеница	озимая пшеница
Без азотобактерина и минеральных удобрений	100	100	100	100	100	100
Азотобактерин	117	120	112	114	98	101
Азотобактер + Р	123	130	117	120	109	107
+ К	113	118	111	114	92	103
+ N	120	125	115	117	110	112
+ РК	124	130	116	122	118	121
+ NP	125	130	118	120	115	117
+ NK	120	121	115	117	109	112
+ NP	130	135	120	125	119	120
Только Р	110	112	109	110	107	109
К	102	105	99	98	100	102
N	120	124	115	120	110	115
Р+К	115	117	110	112	109	111
Н+Р	130	135	120	125	115	120
Н+К	118	120	115	117	108	112
Н+Р+К	135	140	122	125	118	121

При совместном использовании азотобактерина и фосфорных удобрений эффективность первого значительно повышается. Так, комбинация суперфосфата с азотобактерином повышает урожайность пшеницы на

23—30, вместо 17—20% от применения одного азотобактерина.

Благотворное влияние фосфорных удобрений на эффективность азотобактерина выражено, хотя в незначительной степени, также и в каштановых почвах. Фосфорные удобрения в черноземных почвах никакого влияния на эффективность азотобактерина не оказывают. Без азотобактерина суперфосфат в условиях чернозема дает прибавку урожая пшеницы на 7—9%. Калийные удобрения в условиях как бурых, так и каштановых почв на эффективность азотобактерина никакого влияния не оказывают.

Что касается азотных удобрений, то они оказывают некоторое положительное действие на эффективность азотобактерина, однако применение одних только азотных удобрений значительно (на 10—25%) повышает урожай пшеницы почти во всех типах почв. Интересно отметить, что применение только азотных удобрений в условиях чернозема прибавило урожай пшеницы на 10—12%.

Совместное использование калийных и фосфорных соединений оказывает такое же благотворное действие на эффективность азотобактерина, какое отмечается от применения одних фосфорных удобрений.

Совместное применение фосфорных, калийных и азотных удобрений как с азотобактерином, так и без него — повышает урожай пшеницы в бурых почвах на 30—40%, а в каштановых — на 20—25%. Заслуживает внимания факт, что одновременное сочетание NPK повышает урожай пшеницы в условиях чернозема на 18—20%.

Характер взаимоотношений между азотобактерами и многими видами микроорганизмов, на наш взгляд, пока еще нельзя считать полностью выявленным. Нам кажется, что характер существующего взаимоотношения между микроорганизмами, развивающимися в одной и той же питательной среде, не так ясен, как утверждают многие исследователи, и одним или несколькими наблюдениями вряд ли возможно это правильно определить, так как ход каждого типа взаимоотношений обусловлен очень сложными биологическими и биохимическими процессами. Возможно, что тот же метабиоз или симбиоз являются следствием взаимовлияющих или даже взаимопротиворечащих, но взаимообусловленных сложных процессов. Возможно также, что в условиях того же взаимоотношения существуют также другого характера взаимоотношения, которые зачастую мы не в состоянии заметить. К этому убеждению мы пришли в процессе проводимых нами в ряде последних лет исследований по выявлению биологических особенностей азотобактеров, выделенных из различных типов почв Армении.

Для разъяснения этих вопросов, в течение последних лет мы проводили подробное изучение состава постоянно обитающих в отдельных почвенных типах микроорганизмов и характер взаимоотношений каждого из них с азотобактерами. Ряд выделенных из этих почвенных типов микроорганизмов действительно обладает сильно выраженными антагонистическими свойствами в отношении азотобактеров (Э. К. Африкян, Р. Ш. Арутюнян [3], Э. К. Африкян [2, 4]).

Однако имеется также большое число таких видов микроорганизмов, которые, развиваясь совместно с азотобактерами, не только воздействуют на них метабиотически и симбиотически, но некоторые из них своими метаболитами стимулируют жизнедеятельность азотобактеров. Эти микроорганизмы мы находим целесообразным назвать активаторами азотобактеров. Такого типа активаторы микроорганизмов, стимулирующие действующие на азотобактеры, нами выделены из многочисленных почвенных типов.

Из споровых бактерий активаторами азотобактеров в основном являются бактерии из группы *Bac. subtilis-megaterium*, из неспоровых бактерий некоторые виды *Bact. pseudomonas* и *Bact. radiobacter*, из лучистых грибов — многие виды *Act. griseus*, *Act. violaceus*, *Act. globisporus* и др. Н. А. Красильников [14] подтверждает, что не только ряд почвенных микроорганизмов, но также азотобактер способен своими метаболитами усиливать рост растений.

Опыты А. К. Паносяна, Р. Ш. Арутюнян, Н. А. Аветисян, С. В. Закарян для выяснения роли микроорганизмов-активаторов в жизнедеятельности азотобактеров показывают (табл. 5), что влияние многих ви-

Таблица 5

Влияние ряда микроорганизмов на рост азотобактеров

Группа почвенных микроорганизмов		Диаметр зоны роста колоний азотобактера в мм	Группы почвенных микроорганизмов		Диаметр зоны роста колоний азотобактера в мм
<i>Bac. megaterium</i>	шт. 5—17	25	<i>Act. griseus</i>	шт. 5—83	20
"	шт. 1—18	20	"	шт. 5—82	20
"	шт. 3—66	30	"	шт. 8—96	20
"	шт. 5—22	20	<i>Act. violaceus</i>	шт. 1—104	15
"	шт. 1—17	20	"	шт. 4—49	20
"	шт. 6—17	20	"	шт. 2—44	20
"	шт. 4—20	20	<i>Act. globisporus</i>	шт. 7—37	20
<i>Bac. subtilis</i>	шт. 2—1	20	"	шт. 2—79	20
"	шт. 2—75	15	"	шт. 11—106	10
"	шт. 2—2	20	<i>Bact. pseudomonas</i>	шт. 8—4	6
"	шт. 19—76	15	"	шт. 14—25	10
"	шт. 8—8	20	<i>Bact. radiobacter</i>	шт. 0—25	7
"	шт. 3—3	10	"	шт. 1—9	6

дов почвенных микроорганизмов на азотобактеры не является ни метабиотическим, ни симбиотическим, а это результат наличия способствующих росту веществ, которые, являясь метаболитами отдельных микроорганизмов, выделяются в среду в очень небольшом количестве. Несмотря на это, они с большей энергией способствуют процессу роста.

Для того чтобы убедиться, какие изменения могут произойти в количестве клеток азотобактера и в интенсивности ассимиляции азота, если стимулирующие рост вещества будут внесены непосредственно в почву или в ту среду, где развиваются азотобактеры, авторами была взята культурно-поливная бурая карбонатная почва с содержанием 1—1,5% гумуса и рН=7,5. Из этой почвы 100—200 г насыпалось в колбы Эрлен-

мейера, влажность почвы доводилась до 50—60% от влагоемкости и подвергалась стерилизации. После этого почва в колбах заражалась штаммом 53—*Azotobacter chroococcum*.

Одновременно в почву вносилась культуральная жидкость из 4—5 дневной культуры микроорганизмов-активаторов.

Как показывают данные табл. 6, в этих почвенных условиях азотобактерии слабо размножаются. Причиной слабого размножения, очевидно, является недостаток органических веществ в почве. Несмотря на это,

Таблица 6

Влияние метаболитов микроорганизмов-активаторов на рост азотобактеров в почвенных условиях

Варианты опыта	Штаммы	Количество клеток азотобактера в 1 г почвы после заражения					
		через 24 ч.	на 7 день	на 10 день	на 20 день	на 40 день	на 60 день
<i>Az. chroococcum</i>	53	560	660	700	800	940	240
+ <i>B. megaterium</i>	5—17	530	1030	1340	1410	1200	290
+	1—18	490	930	1110	1020	1550	228
+	3—66	510	700	1330	1300	900	240
+ <i>B. subtilis</i>	2—1	520	680	1010	650	900	190
+	2—2	540	860	880	800	600	1500
+ <i>Act. griseus</i>	5—83	480	1050	1400	1150	1070	600
+ <i>Act. violaceus</i>	1—104	500	950	980	1500	950	530
+ <i>Act. globisporus</i>	7 37	495	1050	1270	2050	900	860
+ <i>Bact. pseudomonas</i>	89—4	515	530	2000	860	530	400
+ <i>Bact. radiobacter</i>	0—25	530	620	1060	720	640	540

когда вместе с азотобактериями в почвы вносятся метаболиты микроорганизмов активаторов, то процесс размножения азотобактеров по сравнению с контролем постоянно ускоряется. Как видно из данных той же таблицы, метаболиты разных видов микроорганизмов-активаторов на размножение азотобактеров оказывают неодинаковое воздействие.

Если же в процессе своего размножения азотобактерии в данной среде находят достаточное количество углеводных питательных веществ, то при наличии метаболитов микроорганизмов-активаторов размножение клеток протекает несравненно быстрее (табл. 7).

Несмотря на то, что одни азотобактерии также быстро размножаются в присутствии метаболитов микроорганизмов-активаторов, их размножение через некоторое время усиливается в 3—4 раза. Правда, и в этом случае метаболиты не всех видов микроорганизмов-активаторов оказывают одинаковое воздействие на размножение азотобактеров.

Некоторые из них резко усиливают размножение азотобактеров, другие же по сравнению с контролем, существенного воздействия не оказывают. Но тем не менее процесс ассимиляции азота при наличии этих метаболитов в некоторой степени усиливается.

В деле активизации жизнедеятельности азотобактеров важное значение имеет наличие в питательной среде стимулирующих веществ.

Таблица 7

Влияние метаболитов микроорганизмов-активаторов на развитие азотобактеров и на интенсивность ассимиляции азота в жидкой питательной среде Эшби

Варианты опыта	Штаммы	Количество клеток азотобактера в 1 мл питательных сред в мил. после заражения				Связанный азот при разложении 1 г сахара в мг.	Использованный сахар в %
		через 24 ч.	4 день	12 день	16 день		
Az. chroococcum	53	1,5	4,0	8,4	17,0	8,96	75
• Bac. megaterium	5—17	2,4	8,5	19,0	20,0	12,88	100
• +	5--18	1,3	12,6	14,0	30,0	12,04	100
• + Bac. subtilis	2--1	1,6	10,1	18,0	10,0	12,18	100
• +	2—2	1,8	3,7	5,0	7,5	10,78	80
• + Act. griseus	5—83	2,1	9,0	30,0	32,6	10,08	80
• + Act. violaceus	1—104	0,9	4,0	29,0	28,4	11,76	90
• + Act. globisporus	7—37	1,1	11,0	42,0	33,0	10,22	80
• +	4—49	1,3	4,2	7,0	6,0	8,12	75
• + Bact. pseudomonas	8—4	1,4	4,1	4,8	12,0	9,15	90
• + Bact. radiobacter	0—25	2,0	5,2	6,7	15,0	10,06	80

Эти стимулирующие вещества выделяются в процессе жизнедеятельности многочисленных почвенных микроорганизмов, которые всегда имеются в различных типах почв вместе с азотобактерами.

Благодаря этим опытам авторы убедились в благотворном воздействии метаболитов ряда почвенных микроорганизмов на азотобактеры. Если в процессе роста растений вместе с азотобактерами в почву внести микроорганизмы-активаторы, способствующие росту азотобактеров, смогут ли они усилить также рост растений и этим поднять их урожайность?

Быть может эти микроорганизмы-активаторы и без азотобактеров в состоянии своими метаболитами способствовать росту растений и поднятию их урожайности.

Для выяснения влияния метаболитов почвенных микроорганизмов на рост растений, авторами были поставлены вегетационные и полевые производственные опыты.

Как показывают данные этих опытов (табл. 8), при внесении в почву только одного азотобактера вес сухой массы растений пшеницы по сравнению с контролем дает прибавку на 18%, тогда как при применении ряда микроорганизмов-активаторов совместно с азотобактерами, процент прибавки урожая возрастает до 100. Имеются, однако, такие активаторы, которые без азотобактеров увеличивают вес сухой массы растений на 80—90%, например, штаммы 5—17 *Bac. megaterium* и др., но имеются и такие активаторы, которые без азотобактеров никакого влияния на рост растений не оказывают.

Проведенные опыты еще раз доказывают, что микроорганизмы-активаторы воздействуют на азотобактеры и на рост растений метаболитами, выделяемыми в процессе их жизнедеятельности в среду.

Таблица 8

Совместное влияние азотобактеров и микроорганизмов-активаторов на рост яровой пшеницы в условиях вегетационного опыта

Варианты опыта		Вес воз- душно су- хой массы 6 растений в г	В % к кон- тролю
Контроль без заражения бактерий		8,6	100
Az. Chroococcum	шт. 53	10,2	118
Az. Chroococcum 53+Bac. megaterium	шт. 5—17	16,6	193
Bac. megaterium	шт. 5—17	16,4	190
Az. Chroococum 53+Bac. megaterium	шт. 1—18	15,9	184
Bact. megaterium	шт. 1—18	11,8	137
Az. Chroococcum 53+Bac. subtilis	шт. 2—1	18,6	216
Bac. subtilis	шт. 2—1	15,8	183
Az. Chroococcum 53+Bac. subtilis	шт. 2—2	15,5	180
Bact. subtilis	шт. 2—2	16,0	186
Az. chroococcum 53+Act. griseus	шт. 5—83	15,5	180
Act. griseus	шт. 5—83	15,3	177
Az. Chroococcum 53+Act. violaceus	шт. 1—104	12,0	139
Act. violaceus	шт. 1—104	9,3	108
Az. Chroococcum 53+Act. globisporus	шт. 7—37	10,8	124
Act. globisporus	шт. 7—37	10,7	124
Az. Choococcum 63+Pseudomonas	шт. 8—4	11,8	137
Pseudomonas	шт. 8—4	12,3	143
Az. Chroococcum 53+Bact. radiobacter	шт. 0—25	11,2	130
Bact. radiobacter	шт. 0—25	9,9	115

Примечание. Данные таблицы — это среднее арифметическое из 4 повторностей.

Из поставленных полевых-производственных опытов в настоящей статье приводятся только те данные, которые относятся к воздействию азотобактеров и двух микроорганизмов-активаторов на урожайность кукурузы и сахарной свеклы.

Таблица 9

Совместное влияние азотобактеров и бактерий-активаторов на урожайность кукурузы

Варианты опыта	Урожай зерна в кг			
	средний урожай с одной де-лянки в кг	урожай с га в цент.	% к кон-тролю	вес 1000 зерен в г
Контроль без заражения бактерий	9,7	32,33	100	216,94
Az. Chroococcum 53	12,6	42,00	126,8	216,50
Az. Chroococcum 53+Bac. megaterium шт. 5—17	15,9	53,00	162,7	330,44
Bac. megaterium шт. 5—17	12,3	41,00	126,8	211,84
Az. Chroococcum 53+Bac. subtilis шт. 2—1	12,2	40,60	125,7	237,80
Bac. subtilis шт. 2—1	11,3	37,68	116,5	225,27

Как видно из данных табл. 9 и 10, в полевых условиях, так же как и в вегетационных опытах, при внесении в почву азотобактеров сов-

Совместное влияние азотобактеров и бактерий-активаторов на урожай сахарной свеклы

Варианты опыта	Штаммы	Вес корнеплодов с одной делянки в кг	Урожай с 1 га в цент.	В % к контролю	Прибавка урожая по сравнению с контролем в цент.	Сахар в %
Контроль без заражения	—	10710	267,8	100	—	—
<i>Az. chroococcum</i>	53	12040	301,0	112,3	33,2	—
<i>Az. chroococcum</i> + <i>Bac. megaterium</i> . .	5—17	12460	311,5	116,3	43,7	—
<i>Bac. megaterium</i>	5—17	11536	288,4	107,3	20,6	—
<i>Az. chroococcum</i> + <i>Bac. subtilis</i> . . .	2—1	12260	306,5	114,4	38,7	—
<i>Bac. subtilis</i>	2—1	11320	283,0	104,9	15,2	—
Контроль без заражения	—	5310	177,0	100	—	15,96
<i>Az. chroococcum</i>	53	6740	224,66	126,9	47,66	16,7
<i>Az. chr.</i> + <i>Bact. megaterium</i>	5—17	7370	245,93	138,9	68,93	19,29
<i>Az. chroococcum</i> + <i>Bac. subtilis</i> . . .	2—1	6180	202,93	114,1	25,66	15,26

местно с соответствующим микроорганизмом—активатором *Bac. megaterium* 5—17 урожай кукурузы повысился на 62%.

Раздельное же внесение азотобактера и культуры активатора повысило урожай кукурузы в каждом случае на 26,8%. Что касается штамма 2—1 *Bac. subtilis*, то несмотря на то, что при совместном внесении с азотобактером он не дал прибавки урожая кукурузы по сравнению с вариантами, зараженными только азотобактером, однако он увеличил урожай на 16,8% по сравнению с незараженными (контрольными) вариантами.

Интересным является то, что при совместном применении азотобактеров с бактериями-активаторами намного увеличивается вес 1000 зерен кукурузы. Отсюда ясно, что при применении означенных бактерий, не только количественно увеличивается урожай кукурузы, но также улучшается и качество зерна. Из данных табл. 10 нетрудно заключить, что если при возделывании сахарной свеклы совместно с азотобактерами в почву внесены соответствующие микроорганизмы-активаторы, то урожай сахарной свеклы и процент сахара значительно повышается. Если при применении только азотобактеров с 1 га получаем прибавку урожая в 33 ц, то при совместном внесении азотобактеров с микроорганизмами-активаторами получается прибавка урожая около 44 ц и процент сахара увеличивается на 3,33%.

Таким образом, мы окончательно убедились, что микроорганизмы-активаторы своими метаболитами способствуют росту не только азотобактеров, но и высших растений.

Обобщая результаты проведенных нами исследований по выявлению взаимоотношений азотобактеров и других почвенных микроорганизмов, можно сделать следующие основные выводы:

1. Почвы, содержащие азотобактеры, богаты также микроорганиз-

мами, которые постоянно сопутствуют азотобактерам, и в процессе своей жизнедеятельности выделяют метаболиты, стимулирующие рост азотобактеров.

2. Многие сопутствующие азотобактерам микроорганизмы входят с ними в такие взаимоотношения, которые нельзя отождествлять с метабиотическими, симбиотическими и антагонистическими взаимоотношениями.

3. Взаимоотношение азотобактеров с рядом почвенных микроорганизмов выражается в выделении сопутствующими микроорганизмами незначительного количества стимулирующих жизнедеятельность азотобактеров веществ, которые, однако, питательным веществом считать нельзя.

4. Состав почвенных микроорганизмов, выделяющих стимулирующие жизнедеятельность азотобактеров вещества, очень пестрый.

Такие бактерии имеются в группах бактерий, лучистых грибов и других типов микроорганизмов, но больше всего стимулирующих веществ выделяют споровые бактерии и отчасти лучистые грибы.

5. Бактерии, стимулирующих жизнедеятельность азотобактеров, целесообразно назвать активаторами азотобактеров. В присутствии метаболитов микроорганизмов-активаторов размножение азотобактеров ускоряется, а также интенсифицируется ассимиляция азота.

6. Микроорганизмы-активаторы азотобактеров своими метаболитами оказывают благотворное влияние на рост и развитие высших растений. В их присутствии влияние азотобактеров на урожай растений бывает более эффективным. Сами же активаторы также повышают урожайность культурных растений.

7. Исходя из благотворного влияния микроорганизмов-активаторов и азотобактеров на рост и урожайность культурных растений, можно широко рекомендовать их совместное применение с азотобактерами в производственных условиях.

Институт микробиологии
АН АрмССР

Поступило 8.IV 1963 г.

Հ. Կ. ՓԱՆՈՍՅԱՆ

ԱԶՈՏԱԲԱԿՏԵՐՆԵՐԻ ԷՖԵԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ ԱԶՆՈՂ ՄԻ ՔԱՆԻ ԳՈՐԾՈՆՆԵՐ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

ժամանակակից միկրոբիոլոգիայի կարևորագույն խնդիրներից մեկն է բարձրակարգ բույսերի և հողային միկրոօրգանիզմների փոխազդեցության ու փոխհարաբերության ֆիզիոլոգիական բնույթի պարզաբանումը, որը հնարավորություն կտա հողի բերրիության բարձրացման համար էֆեկտիվ ագրոտեխնիկական միջոցառումներ մշակել: Այդ խնդիրներից առավել կարևոր նշանակություն է ստանում գազային ազոտի բիոլոգիական ֆիքսացիան: Բիոլոգիական ճանապարհով գազային ազոտի ասիմիլյացիայի էության դրսևորումը

մարդուն հնարավորություն կտա արհեստական ճանապարհով օդի ազոտից (որի քանակությունը օդի մեջ հսկայական չափերի է հասնում) սննդի համար սպիտակուց սինթեզել:

Բիոլոգիական ճանապարհով ազոտի ասիմիլյացիայի ընթացքում, ինչպես հայտնի է, հողային մի շարք միկրոօրգանիզմների հետ մեկտեղ մեծ դեր են խաղում նաև ազոտոբակտերները: Չնայած վերջիններիս բիոլոգիական առանձնահատկությունների պարզաբանման ուղղությամբ հրապարակի վրա ներկայումս կան շատ աշխատություններ, բայց թե ազոտոբակտերները գազային ազոտն ինչպե՞ս են ասիմիլյացնում, այդ պրոցեսի վրա ինչպիսի՞ գործոններ են ազդում և ազոտը ինչպիսի՞ բիոքիմիական ճանապարհով է սպիտակուցային ազոտի վերածվում, — այս հարցերը դեռ լրիվ պարզաբանված չեն:

Ազոտոբակտերների մի քանի բիոլոգիական, առանձնահատկությունները պարզաբանելու ուղղությամբ մեր հետազոտությունները ցույց տվեցին, որ՝

1. Ազոտոբակտերներ պարունակող հողերը հարուստ են նաև այլ խմբերի պատկանող միկրոօրգանիզմներով, որոնցից շատերի կենսագործունեության ընթացքում արտադրված որոշ նյութեր ազոտոբակտերների աճեցողության վրա խթանիչ ներգործություն են թողնում:

2. Ազոտոբակտերներին ուղեկցող շատ տեսակի միկրոօրգանիզմներ նրանց հետ այնպիսի փոխհարաբերության մեջ են մտնում, որը երբեք չի կարելի նույնացնել մետարիոտիկ, սիմբիոտիկ և կամ անտագոնիստական փոխհարաբերությունների հետ:

3. Ազոտոբակտերների և նրանց ուղեկցող մի շարք միկրոօրգանիզմների փոխհարաբերությունն արտահայտվում է վերջիններիս կողմից արտադրվող այն փոքրաքանակ խթանիչ նյութերով, որոնք թեպետ նսպաստում են ազոտոբակտերների կենսագործունեությանը, բայց երբեք նրանց համար սննդանյութ հանդիսանալ չեն կարող:

4. Ազոտոբակտերների կենսագործունեությունը խթանող նյութեր արտադրող հողային միկրոօրգանիզմների կազմը շատ խայտարակետ է: Այդպիսի օրգանիզմների մենք հանդիպում ենք բակտերիաների, ճառագայթասնկերի և նույնիսկ բորբոսասնկերի մոտ: Սակայն ազոտոբակտերների կենսական պրոցեսները խթանող նյութեր մեծ մասամբ արտադրում են սպորավոր բակտերիաները, մասամբ էլ՝ մի քանի տեսակի ճառագայթասնկեր:

5. Ազոտոբակտերների կենսագործունեությունը խթանող օրգանիզմներին նպատակահարմար է անվտանգ ազոտոբակտերների ակտիվատուրներ: Վերջիններիս մետարիոտների առկայության դեպքում ազոտոբակտերների և բազմացումն է արագանում, և՛ նրանց՝ գազային ազոտի ասիմիլյացիան է ինտենսիվ ընթանում:

6. Ազոտոբակտերների ակտիվատոր միկրոօրգանիզմներն իրենց մետարիոտներով բարերար ներգործություն են թողնում բույսերի զարգացման և աճեցողության վրա: Նման մետարիոտների ներկայությամբ ազոտոբակտերները բույսերի բերքատվության բարձրացման վրա ավելի էֆեկտիվ ներգործություն են թողնում: Ակտիվատորներն իրենք առանձին, նույնպես բույսերի բերքատվությունը բարձրացնում են:

7. Քանի, որ ազոտոբակտերները և նրանց ակտիվատոր միկրոօրգանիզմները թե՛ միասին և թե՛ առանձին-առանձին բույսերի բերքատվության բարձրացման վրա բարերար ազդեցություն են գործում, ուստի այդ երկու տեսակի

Ճիկրորգանիզմների միասին գյուղատնտեսության մեջ կարելի է լայնորեն կիրառել հողերի բերրությունը բարձրացնելու համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Айваржи Ф. Эффективность азотобактерина. Соц. Зерн. хоз-во, 1, 1941.
2. Африкян Э. К. Тр. Института микробиологии АН СССР, т. 3, 1954.
3. Африкян Э. К., Арутюнян Р. Ш. Вопросы сельхоз. и пром. микробиологии. Изд. АН АрмССР, в. 1, VII, 1953.
4. Африкян Э. К. Тр. Института микробиологии АН СССР, т. 3, 144, 1954.
5. Виноградский С. Н. Микробиология почвы. Изд-во АН СССР. М., 1952.
6. Вонткевич А. Ф. и Рунов Е. В. Вести. Бакт.-агрон. станции. НКЗ. 25, 1928.
7. Демиденко Т. Г. и Барнинова Р. А. ДАН СССР, т. IV, 6 1946.
8. Дианова Е. В. и Ворошилова А. А. Журн. Микробиология, т. II, в. 2, 1933.
9. Киракосян А. В. Итоги научн. исслед. работ Респ. научн. исслед. станции полеводства, ст. 79, 1940.
10. Киракосян А. В., Зубиетян П. А., Каримян Р. С. Вопросы с.-х. и пром. микробиологии АН АрмССР, в. 2 (8), 1955.
11. Климов М. В. и Троцкий В. И. Матер. опытно-исслед. работ опыт. сети Сов. научн. исслед. Ин-та гидр. и мелиорации, в. III, 1940.
12. Костычев С. П., Шелоумова А. М., Швецова И. О. Тр. Отд. с.-х. микробиологии Гос. ин-та опытн. агрон., т. I, 1926.
13. Костычев С. П., Шелоумова А. М. и Шульгина О. Г. Тр. Отд. с.-х. микробиол. Гос. Ин-та опытн. агрон., т. I, 1926.
14. Красильников Н. А. Микроорганизм почвы и высшие растения, 1958.
15. Макринов М. А. Результаты применения бактериальных удобрительных препаратов в опытах, 1915.
16. Мишустин Е. Н. и Бахарева З. И. Журн. Микробиология, т. VIII, в. 1, 1939.
17. Мишустин Е. Н. и Семенович М. И. Журн. Микробиология, т. VIII, в. 1, 1939.
18. Мишустин Е. Н. Тр. Ин-та микробиологии АН СССР, в. 3, 1954.
19. Образцова А. А. Журн. Микробиология, т. X, в. 7—8, 1941.
20. Омелянский В. Л. Связывание атмосферного азота почвенными микробами. 1923.
21. Паносян А. К., Арутюнян Р. Ш., Аветисян Н. А. ДАН АрмССР, т. XXXIII, 3, 1961.
22. Паносян А. К., Ахинян Р. М., Налбандян А. Д. Известия АН АрмССР (биолог. и сельхоз. науки), т. IX, 2, 1956.
23. Паносян А. К. Применение нитрагина в АрмССР. Журн. Микробиология, т. VIII, в. VIII, 1939.
24. Паносян А. К., Ахинян Р. М., Налбандян А. Д. Изв. АН АрмССР (биол. и сельхоз. науки), т. IX, 9, 1956.
25. Паносян А. К. Получение и применение бактериальных удобрений, ст. 47. Изд-во АН УССР, 1957.
26. Паносян А. К. Вопросы сельхоз. и пром. микробиологии в. IV (X), ст. 3, 1958.
27. Паносян А. К. Микроб. сборник АН АрмССР, в. 5, 1950.
28. Паносян А. К., Арутюнян Р. Ш., Аветисян Н. А., Закарян С. В. Изв. АН АрмССР (биолог. науки), т. XV, 2, 1962.
29. Рубенчик Л. И. Азотобактер и его применение в сельском хозяйстве, Киев, 1960.
30. Сушкина Н. Н. Эколого-географическое распространение азотобактера в почвах СССР. Изд. АН СССР, М.—Л., 1949.
31. Турчин Ф. В. Журн. Почвоведение 6, 1944.

32. Федоров М. В. Биологическая фиксация азота атмосферы. Сельхозгиз, М., 1952.
33. Федоров М. В. и Теппер Е. З. Журн. Микробиология, т. XVI, в. 6, 1947.
34. Федоров М. В. Журн. Микробиология, т. IX, в. 6, 1940.
35. Федоров М. В. Тр. Моск. с.-х. Акад. им. Тимирязева, 30, 1945.
36. Beijerinck M. W. Zentr. f. Bacter. Abt. 11, 7, 1901, 561.
37. Stoklasa J. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 24, 1906, 22.
38. Stoklasa J. Zentr. f. Bakt., Abt. 11, 21, 1908, 484.
39. Lohnis F. и Westermann T. Zentr. f. Bakt. Abt. 11, 22, 1909, 234.