

57  
А-31

С

**АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
Дальневосточный филиал им. В. Л. Комарова**

**На правах рукописи**

**В. А. Тильба**

**АЗОТФИКСИРУЮЩИЕ БАКТЕРИИ  
РИЗОСФЕРЫ СОИ В ПОЧВАХ ПРИМОРЬЯ**

**Автореферат  
диссертации на соискание  
ученой степени кандидата  
биологических наук**

**Научный руководитель —  
член-корреспондент АН БССР,  
профессор С. А. Самцевич**

**Владивосток  
1968**

С.П.  
А-31

Работа выполнена в Отделе почвоведения и агрохимии Биолого-почвенного института Дальневосточного филиала СО АН СССР.

Диссертация изложена на 217 страницах машинописного текста. Список использованной литературы включает 268 наименований из них 67 зарубежных авторов.

22

Защита диссертации состоится в марте 1968 г. на заседании Объединенного Совета при Институте экологии растений и животных Уральского филиала АН СССР.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Отзыв на автореферат (в двух экземплярах) направлять по адресу: г. Свердловск-8, улица 8-го Марта, 202, ученому секретарю Г. С. Хреновой. Реферат разослан « 5 » февраля 1968 г.

315162

Центральная научная библиотека  
Академии наук Каргизской ССР

Большое значение для подъема экономики страны имеют достижения биологических наук, в том числе и микробиологии. В Программе КПСС, где сформулированы задачи микробиологии, говорится: «Важное значение приобретает изучение и широкое использование микроорганизмов в народном хозяйстве и здравоохранении, в том числе для выработки пищевых и кормовых средств, витаминов, антибиотиков, ферментов, для изыскания новых приемов агротехники.»

В решении важнейшей проблемы земледелия — биологической фиксации атмосферного азота особая роль принадлежит микроорганизмам. В абсолютном большинстве почв урожай сельскохозяйственных культур лимитируется недостатком минеральных форм азота. Поэтому издавна проводится интенсивное изучение азотфиксирующих микроорганизмов, чтобы с их помощью улучшить режим азотного питания растений.

Для Приморья наибольший интерес представляет деятельность азотфиксирующих бактерий в почве под соей, поскольку, благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями, эти растения участвуют в связывании атмосферного азота. Соя является основной сельскохозяйственной культурой Приморья и занимает здесь около 40 проц. посевных площадей. Биология сои на Дальнем Востоке изучена довольно полно; неоднократно указывалось на возможность накопления азота в почве после этой культуры (Товарищский, Панкова, 1935; Якушкин, 1947; Малыш, 1951; Новак, 1953; Енкин, 1959; Ка-



От деятельности азотфиксирующих бактерий зависит способность почв связывать азот атмосферы. В лугово-бурой и пойменной почвах потенциальная азотфиксирующая способность выше, чем в буро-подзолистой (5,0 мг против 3,8 мг N на 1 г сахаров), что соответствует содержанию в почвах азотфиксаторов.

Между процессами накопления и использования азота в почве существует, по-видимому, устойчивое равновесие, сдвинуть которое можно лишь на некоторое время путем добавления в почву энергетического материала. Этим объясняется накопление заметного количества азота в почве с глюкозой после 30 дней термостатирования и последующее исчезновение его после 60 дней термостатирования. Наиболее быстро эти процессы проходят в ризосферной почве, где сосредоточено большое количество корневых выделений и активных микроорганизмов. При компостировании образцов без добавления глюкозы некоторая прибыль азота наблюдалась лишь в ризосферной почве. Полученные результаты подтверждают литературные данные (Федоров, 1940, 1952, Jensen, 1940).

Таким образом, особенности почвы и растительного покрова оказывают большое влияние на азотфиксирующие бактерии. Чем больше запасов органического вещества в почвах Приморья, тем интенсивней может протекать процесс азотфиксации.

## 2. Влияние минеральных удобрений на азотфиксирующие бактерии в почве и ризосфере сои

Влияние удобрений на азотфиксирующие бактерии в корнеобитаемом слое под посевом сои изучали в лугово-бурых почвах на протяжении 1963 и 1964 годов. Как указывалось, по климатическим условиям 1963 и 1964 годы существенно различались между собой, что, естественно, сказалось на эффективности минеральных удобрений.

Характер действия минеральных удобрений на размножение азотфиксирующих бактерий в почве вне ризосферы, в ризосфере, прикорневой и корневой зонах может быть совершенно различным.

**Клубеньковые бактерии.** В 1963 году, после предшественника пшеницы (табл. 1), фосфорно-калийное удобрение наиболее заметно действовало на численность клубеньковых бактерий в почве вне ризосферы, в ризосфере и прикорневой

Таблица 1

Влияние удобрений на численность клубеньковых бактерий в почве под соей в 1963 г., и предшественник — пшеница (в тыс. на 1 г)

Варианты	Зона взятых образцов	Первый тройчатый лист		Цветение		Созревание	
		количество бактерий	процент к контролю	количество бактерий	процент к контролю	количество бактерий	процент к контролю
Контроль (без удобрений)	Почва вне ризосферы	12,3	100	20,8	100	13,8	100
	Ризосфера	52,0	100	195,0	100	54,0	100
	Прикорневая зона	325,0	100	2600,0	100	180,0	100
	Корни	9,7	100	149,5	100	4,8	100
PK	Почва вне ризосферы	58,5	474	97,5	465	13,8	100
	Ризосфера	123,5	237	260,0	133	78,0	126
	Прикорневая зона	520,0	160	5850,0	225	192,0	107
	Корни	12,3	127	149,5	100	3,0	62
NPK	Почва вне ризосферы	14,9	121	20,8	100	11,4	82
	Ризосфера	58,5	112	149,5	77	48,0	89
	Прикорневая зона	195,5	60	2080,0	80	138,0	71
	Корни	3,2	63	97,5	65	3,0	62



зоне. На поверхности корней положительное действие фосфора и калия проявляется слабо.

Азотно-фосфорно-калийное удобрение вызвало некоторое увеличение численности клубеньковых бактерий в почве вне ризосферы и в ризосфере лишь в фазу первого тройчатого листа; во всех остальных случаях на делянке с NPK количество бактерий уменьшается, особенно на корнях.

После клевера полное минеральное удобрение на размножение клубеньковых бактерий действует почти также, как и после пшеницы, с той лишь разницей, что в фазу созревания сои численность бактерий в почве вне ризосферы возросла на 17 проц.

В 1964 г, как и в 1963 г., фосфорно-калийное удобрение способствует увеличению численности клубеньковых бактерий в почве. Полное минеральное удобрение в 1964 году в половине случаев также вызывает некоторое повышение количества клубеньковых бактерий, тогда как в условиях 1963 года оно действовало отрицательно.

Наиболее благоприятное влияние на процесс образования клубеньков у сои, так же как и на количество клубеньковых бактерий, оказывает фосфорно-калийное удобрение.

Прямой зависимости между количеством клубеньковых бактерий и образовавшихся клубеньков не установлено. Если принять положение Нэтмана (Nuttall, 1952), что клубеньки могут возникать в генетически определенных точках корней, соответствующих местам отхождения боковых корней, то количество клубеньковых бактерий можно коррелировать с количеством образовавшихся клубеньков лишь в том случае, если этих бактерий меньше, чем точек корня способных к образованию клубеньков, чего в наших опытах не наблюдается.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что под влиянием минеральных удобрений (особенно фосфорно-калийных) количество клубеньковых бактерий в почве, удаленной от корней, возрастает, тогда как на поверхности корней нередко уменьшается. В действии азотного удобрения на численность описываемых бактерий, как правило, проявляется отрицательная тенденция.

**Азотобактер.** Численность азотобактера в почве при внесении минеральных удобрений подвержена резким изменениям (табл. 2). В 1963 году, после пшеницы в фазу первого тройчатого листа сои все применявшиеся удобрения почти

Таблица 2

Влияние минеральных удобрений на численность азотобактера в почве под соей в 1963 году, предшественник — пшеница (в млн. на 1 г.)

Варианты	Зоны взятия образцов	Первый тройчатый лист		Цветение		Созревание	
		количество бактерий	процент к контролю	количество бактерий	процент к контролю	количество бактерий	процент к контролю
Контроль (без удобрений)	Почва вне ризосферы	0,19	100	0,19	100	0,24	100
	Ризосфера	0,29	100	0,40	100	0,28	100
	Прикорневая зона	2,83	100	4,14	100	6,10	100
	Корни	0,08	100	0,16	100	0,26	100
PK	Почва вне ризосферы	0,34	179	0,20	105	0,21	87
	Ризосфера	0,54	186	0,46	115	0,37	132
	Прикорневая зона	4,19	147	4,29	104	9,18	150
	Корни	0,10	121	0,11	69	0,23	88
NPK	Почва вне ризосферы	0,10	53	0,18	95	0,13	54
	Ризосфера	0,42	145	0,34	85	0,27	96
	Прикорневая зона	6,92	214	3,82	92	6,58	108
	Корни	0,17	207	0,07	44	0,15	58



езде способствовали размножению азотобактера. В последующие фазы развития сои фосфорно-калийное удобрение приводит к некоторому возрастанию численности бактерий в почве, ризосфере и прикорневой зоне, но к уменьшению на поверхности корней. Полное минеральное удобрение в периоды цветения и созревания сои не способствует размножению этих микробов, а на корнях заметно угнетает их.

В отличие от этого, после клевера, азотно-фосфорно-калийное удобрение вызвало увеличение численности азотобактера в фазу цветения сои в ризосфере на 20 проц., и в фазу созревания в прикорневой зоне на 12 проц.

В 1964 году количество азотобактера под действием удобрений изменялось несколько иначе, чем в 1963 году, что объясняется особенностями режима увлажнения. Весной 1964 года количество азотобактера в прикорневой зоне на делянках с удобрениями уменьшилось на 24-58 проц. В фазу цветения сои фосфорно-калийное удобрение вызвало увеличение численности бактерий во всех зонах и наиболее существенно в корневой. Полное минеральное удобрение в этот период также привело к возрастанию численности азотобактера в прикорневой зоне и на корнях (на 121 и 31 проц.). Обращает на себя внимание факт угнетения деятельности азотобактера в корневой зоне удобренных растений.

Следовательно, в середине и в конце вегетационного периода фосфорно-калийное удобрение стимулирует, а азотно-фосфорно-калийное, за редким исключением, несколько тормозит размножение азотобактера в почве, в ризосфере и прикорневой зоне. В корневой зоне, удобрения как правило, угнетают развитие азотобактера. Исключение наблюдается лишь в фазу первого тройчатого листа сои 1963 года и в фазу цветения 1964 года.

**Олигонитрофильные бактерии.** Олигонитрофильные бактерии являются наиболее многочисленной группой азотфиксаторов в исследованных почвах. Действие удобрений на численность олигонитрофилов почти всегда проявляется положительно. После предшественника пшеницы (1963 год) в основные фазы развития сои количество бактерий на удобренных делянках возрастает до 178 проц. по отношению к контролю. Только на поверхности корней размножение этих бактерий было подавлено и их численность составляла 64-90 проц. от контроля. Аналогичные явления наблюдались и после предшественника клевера.

В 1964 году в действии удобрений на динамику числен-

ности олигонитрофильных бактерий обнаружены, за некоторым исключением, такие же закономерности, как и в 1963 году. Более заметно на удобренных делянках снизилось количество бактерий в фазу первого тройчатого листа сои в корневой зоне (на 32-66 проц.). В фазу цветения по фону Р и РК в прикорневой и корневой зонах содержание бактерий возросло на 5-38 проц., а по фону NPK — уменьшилось на 3-38 проц.

Характерно, что полное минеральное удобрение, так же как и фосфорно-калийное, в ряде случаев заметно стимулирует размножение олигонитрофильных бактерий. Неблагоприятное влияние удобрений на деятельность описываемых бактерий наиболее заметно сказывается в корневой зоне сои.

**Cl. pasteurianum.** Численность *Cl. pasteurianum* на удобренных участках подвержена существенным изменениям. Фосфорно-калийное удобрение положительно действует на *Cl. pasteurianum* главным образом в ризосфере и прикорневой зоне, вызывая увеличение содержания его в почве (на 19—125%), а азотно-фосфорно-калийное — в почве и ризосфере (численность возрастает в фазу цветения сои на 25—35%). В корневой зоне (а по фону NPK и на корнях) количество анаэробных азотфиксаторов под влиянием всех изучавшихся минеральных удобрений уменьшается, причем, наиболее заметно по фону NPK.

Таким образом, в каждой зоне корнеобитаемого слоя почвы под посевом сои действие удобрений на размножение одних и тех же групп азотфиксирующих бактерий проявляется по-разному и зависит в первую очередь от расстояния между почвой и корнями и от фазы развития растений. Совместное действие корневых выделений и удобрений на развитии азотфиксаторов сказывается иначе, чем действие только одних удобрений. Общим для всех азотфиксаторов является угнетение их развития на поверхности корней сои, что, по-видимому, объясняется защитной реакцией растений против чрезмерного размножения бактерий на корнях (Березова, 1952; Самцевич, 1961; Возняковская, 1962).

Изменение численности азотфиксирующих микроорганизмов в почве под влиянием удобрений сказывается на урожае зерна сои. Имеет значение, по-видимому, как непосредственное действие удобрений, так и влияние микроорганизмов, деятельность которых также изменяется в присутствии удобрений. Характерно, что в 1963 году урожай зерна сои на удобренных и неудобренных делянках был почти одинако-



вым; в 1964 году минеральные удобрения вызвали увеличение урожая зерна, причем наиболее заметное по фону NPK (табл. 3). Между количеством азотфиксирующих бактерий и урожаем сои можно установить определенную связь. В 1963 году на делянках с азотным удобрением и без него урожай зерна сои был почти одинаковым, однако во втором случае азотфиксирующих бактерий в корнеобитаемом слое развилось наибольшее количество. Это дает основание утверждать, что в последнем варианте потребность растений в азоте удовлетворялась за счет деятельности азотфиксирующих бактерий. В 1964 году самый высокий урожай зерна получен по фону NPK. Здесь же в наиболее важную для сои фазу цветения наблюдается повышенное содержание азотфиксаторов в определенной для каждой группы бактерий зоне. В 1963 году такое явление выражено значительно слабее, что объясняется, по-видимому, недостатком влаги.

Из микроудобрений в условиях Приморья важнейшим для сои и азотфиксирующих бактерий является молибден. Под влиянием этого микроэлемента в ризосфере и прикорневой зоне количество клубеньковых бактерий возрастает соответственно на 12-82 проц. и 57-537 проц., азотобактера на 9-70 проц. и 33-135 проц., олигонитрофильных бактерий на 24-82 проц. и 19-57 проц. В почве вне ризосферы действие молибдена на размножение микроорганизмов проявляется слабо. Урожай зерна сои под влиянием микроудобрения возрос на 18 проц.

Можно полагать, что урожай сои увеличился под влиянием азотфиксирующих микроорганизмов, деятельность которых стимулировалась молибденом.

### 3. Влияние азотфиксирующих бактерий на рост и продуктивность сои

Из почв Приморья был выделен ряд культур азотобактера и олигонитрофильных бактерий.

Наиболее часто встречаются виды азотобактера *Az. agile* var. *jacutia* (№ 2), *Az. chroococcum* (№ 1), встречаются также формы, близкие к *Az. indicum* (№ 3). Большинство местных культур азотобактера не образуют бурый пигмент, что согласуется с данными Бликова (1962), полученными для почв Сибири. Азотфиксирующая способность азотобактера, выде-

Таблица 3

Влияние удобрений на урожай сои

Предшественник	Варианты	1963 год				1964 год			
		зерно		солома		зерно		солома	
		в ц/га	проц.	в ц/га	проц.	в ц/га	проц.	в ц/га	проц.
Пшеница	Контроль	9,1	100,0	14,8	12,5	100,0	20,5	100,0	20,5
	P	—	—	—	15,7	125,6	26,3	—	—
	PK	9,4	103,3	17,8	16,0	128,0	26,0	—	—
	NPK	9,5	104,4	—	17,2	137,6	25,8	—	—
Клевер	Контроль	11,1	100,0	12,3	—	—	—	—	—
	NPK	13,0	117,3	16,0	—	—	—	—	—



ленного из почв Приморья, колеблется в пределах от 3 до 6 мг азота на 1 г сахаров.

Олигонитрофильные бактерии исследованных почв относятся к родам *Bacteriaceae*, *Bacillaceae*, *Coccaceae* и *Mycobacteriaceae*. Наибольший интерес представляют виды *Mycrococcus oligonitrophilus* (№ 1), *Bacillus oligonitrophilus* (№ 2), *Bacillus truffauti* и др. Азотфиксирующая способность олигонитрофильных бактерий достигает 2,7—3,1 мг азота на 1 г сахаров.

Микровеgetационные опыты, проведенные с соей, показали, что выделенные нами культуры азотфиксирующих бактерий оказывают существенное влияние на рост и развитие сои.

Как видно из таблицы 4, под действием азотфиксирующих бактерий заметно изменяется всхожесть семян. На рост проростков сои большинство бактерий не оказывают стимулирующего влияния. При выращивании сои в агаризованной среде до фазы 2-х тройчатых листьев вес корней инокулированных растений на 6-27 проц. ниже, чем в контроле.

Положительное действие инокуляции на продуктивности растений начинает проявляться с фазы 2—3 тройчатых листьев. При выращивании сои в песчаной культуре бактеризованные растения весят на 5—45 проц. больше, чем контрольные. В почве эти закономерности проявляются еще заметнее.

Под влиянием бактеризации существенно изменяется содержание в растениях общего азота: у бактеризованных проростков азота содержится на 5,6—15,5 проц. меньше, чем в контроле. Создается впечатление, что микробы могут отчуждать часть азота у растений, находящихся в фазе всходов. В противоположность этому, у бактеризованной сои в фазе трех тройчатых листьев содержание азота в надземной массе возрастает на 4—35 проц.

Таким образом, можно сказать, что в начальный период вегетации бактерии действуют на рост сои исключительно при помощи метаболитов, поскольку признаков улучшения азотного питания растений нет, а всхожесть бактеризованных семян и развитие проростков сои, по сравнению с контролем,

Таблица 4

Влияние азотфиксирующих бактерий на всхожесть семян и развитие растений сои

Варианты опыта	Растения в стадии проростков			Растения в фазе 3 тройчатых листьев			
	всхожесть семян в проц.	вес растений		вес наземной массы	вес корней		
		г	%		г	%	
Контроль	72	10,17	100,0	1,11	100,0	0,34	100,0
Клубеньковые бактерии	82	9,70	95,1	1,53	135,0	0,44	129,0
Азотобактер 1	81	9,91	97,4	1,45	130,0	0,42	124,0
Азотобактер 2	80	10,31	101,4	1,10	98,0	0,40	118,0
Азотобактер 53	—	—	—	1,45	130,0	0,42	124,0
Олигонитрофильные бактерии 2	66	9,94	97,7	—	—	—	—
Олигонитрофильные бактерии 3	82	9,21	90,9	1,39	125,0	0,39	115,0
Олигонитрофильные бактерии 6	82	6,78	66,7	—	—	—	—
Олигонитрофильные бактерии 8	80	9,39	92,3	1,47	132,0	0,55	162,0
Олигонитрофильные бактерии 10	72	9,23	90,8	1,50	144,0	0,51	159,0



изменяются. Начиная с фазы 2—3 тройчатых листьев, появляются признаки улучшения азотного питания бактеризованных растений.

Приведенные данные свидетельствуют об изменениях во взаимоотношении бактерий и растений в различные сроки их вегетации. Это же подтверждается данными о распределении азотфиксирующих бактерий в смывах с корней сои и данными о влиянии загущенного посева сои на численность азотфиксаторов в почве. В последовательных смывах с корней сои клубеньковых бактерий в июле в 100 раз больше, чем в сентябре. Количество азотобактера с 1 по 7 смыв снижается в июле с 42,4 тыс. до 0, а в сентябре с 318 тыс. до 133 тыс. (на 1 г корней). Численность олигонитрофильных бактерий также в июле уменьшается в последовательных смывах с корней с 0,15 млн. до 0,002 млн., а в сентябре с 21,3 млн. до 3 млн. (на 1 г корней). Соответственно этому под посевом сои количество азотобактера в почве (на 1 г) составило в июле на делянке со 100-кратной нормой высева семян 64 тыс. и на делянке с однократной нормой — 156 тыс., а в сентябре соответственно — 336,0 тыс. и 116,4 тыс.

Отсюда следует, что растения сои в июле способствуют размножению клубеньковых бактерий, но угнетают азотобактер, в сентябре наблюдается обратная зависимость. Действие растений на численность бактерий проявляется, по-видимому, при помощи корневых выделений, количество и состав которых определяется фазой вегетации растений.

Непостоянный эффект от бактеризации в различные периоды развития сои можно объяснить особенностями взаимодействия растений и бактерий.

Взаимоотношения растений и микробов, а также эффективность процесса связывания атмосферного азота в значительной мере зависят от наличия энергетического материала для бактерий. Наиболее заметно это проявляется при культивировании растений сои и некоторых азотфиксирующих бактерий в жидкой среде с глюкозой и без глюкозы. В жидкой культуре корневые выделения сои на размножение азо-

тобактера действуют меньше, чем на размножение клубеньковых бактерий. При наличии в растворе азотфиксирующих бактерий увеличивается содержание общего азота.

В присутствии энергетического материала микробы заметно угнетают рост надземной части растений, но стимулируют развитие корневой системы. Следует отметить, что непосредственное действие глюкозы так же угнетает рост сои. В среде без глюкозы бактерии, вероятно, выступают конкурентами растений в использовании питательных веществ, что несколько задерживает рост сои.

Таким образом, взаимоотношения сои и азотфиксирующих бактерий изменяются в зависимости от физиологического состояния растений и наличия энергетического материала для бактерий. Этим в значительной мере обуславливается эффективность инокуляции.

В полевом опыте инокулированные растения сои в фазу I тройчатого листа развились несколько хуже, чем на контроле. Однако, уже в начале цветения корневая система бактеризованных растений весила на 3-5 проц. больше, чем не бактеризованных.

Урожай зерна сои под влиянием бактерий, использованных для инокуляции семян, в конечном счете возрос в вегетационном опыте на 4,6-19,8 проц. (здесь же содержание азота в зерне увеличилось на 0,15-0,20 проц.), и в полевом опыте (табл. 5) на 3-18 проц.

Наиболее эффективными оказались азотобактер шт. № 53, № 1 и клубеньковые бактерии.

Наличие большого количества азотфиксирующих бактерий в ризосфере свидетельствует о важной роли их в жизни сои. Как показали проведенные исследования, эффективность минеральных удобрений, вносимых под сою, в значительной мере определяется деятельностью азотфиксирующих бактерий. Взаимоотношения бактерий и растений могут принимать как благоприятную, так и неблагоприятную для сои направленность, что



Таблица 5

## Влияние азотфиксаторов на урожай сои

Варианты опыта	Вегетационный опыт			Полевой опыт		
	вес зерна на 1 сосуд		достоверность при- бавки	урожай зерна в ц/га	в проц. к контролю	достовер- ность при- бавки
	в г	проц.				
Контроль	8,6	100,0	—	12,0	100,0	—
Азотобактер 1	10,3	119,8	2,6	13,4	111,7	2,6
Азотобактер 3	10,2	117,4	2,5	12,6	105,0	1,6
Азотобактер 53	10,7	124,4	2,3	14,2	118,0	3,0
Олигонитрофильные бактерии 2	10,5	122,1	2,8	12,4	103,3	1,2
Клубеньковые бактерии	10,0	116,2	2,1	13,5	112,5	11,5
Клубеньковые бактерии + азотобактер	9,9	104,6	0,6	—	—	—

торов и в первую очередь от климатических условий, физиологического состояния растений и наличия энергетического вещества. Азотфиксирующие бактерии исследованных почв могут заметно увеличивать урожай сои. Дальнейшее изучение закономерностей взаимодействия растений и бактерий и путей управления ими позволит полнее использовать деятельность микроорганизмов для улучшения процессов питания сои.

## ВЫВОДЫ

1. В почвах Приморья обнаружена многочисленная микрофлора. За исследуемый период общее количество бактерий, растущих на МПА, в 1 г почвы колеблется в пределах от 1,8 до 9 млн., микроскопических грибов —

от 1,5 до 20 тыс. и актиномицетов — от 1,7 до 8,3 млн. Высока численность азотфиксирующих бактерий. В условиях 1964 года количество клубеньковых бактерий сои в 1 г почвы колеблется от 13,8 до 42,0 тыс., азотобактера — от 140 до 480 тыс., олигонитрофильных бактерий — от 9,2 до 17,5 млн. и *C. pasteurianum* — от 3,0 до 123 тыс.

2. Потенциальная азотфиксирующая способность у пойменных и лугово-бурых почв выше, чем у буро-подзолистых, что соответствует содержанию в них азотфиксирующих бактерий. Процессы накопления и потери азота в исследованных почвах находятся в определенном равновесии, которое на некоторое время может быть нарушено при внесении энергетического материала.

Микроорганизмы, выделенные из почв Приморья, в сравнении со стандартными штаммами, обладают невысокой азотфиксирующей активностью (у азотобактера 3-6 мг и у олигонитрофильных бактерий 2,7-3,1 мг азота на 1 г сахаров).

3. Минеральные удобрения оказывают заметное влияние на деятельность азотфиксаторов. В почве вне ризосферы фосфор и калий способствуют размножению клубеньковых бактерий и азотобактера, тогда как минеральный азот действует отрицательно. Численность олигонитрофильных бактерий под влиянием испытанных удобрений, как правило, возрастает.

4. Установлено, что в ризосфере прикорневой и корневой зонах сои минеральные удобрения действуют на размножение азотфиксаторов иначе, чем в почве вне ризосферы. Разнокачественность влияния удобрений в зонах корнеобитаемого слоя обусловлена наличием корневых выделений. В корневой зоне удобренных растений азотфиксирующих бактерий обнаружено меньше, чем на корнях неуборенных растений.

5. Процесс формирования урожая сои в определенной степени связан с численностью азотфиксирующих бактерий. Повышенное содержание азотфиксаторов в зонах корнеобитаемого слоя (особенно клубеньковых бактерий и азотобактера в прикорневой зоне) в наиболее важную для развития сои фазу цветения, обнаружено в вариантах, где получен более высокий урожай зерна.

6. Изучение влияния бактериализации на развитие растений показало, что многие культуры азотобактера и олигонитрофильных бактерий, выделенные из почв Приморья и использованные для инокуляции семян, несколько задерживали рост



сой в стадии проростков. В этот период не наблюдалось признаков улучшения режима азотного питания растений.

Положительное действие бактеризации на продуктивность сои начинает проявляться в фазу 3-4 тройчатых листьев. Бактеризация повышает вес зеленой массы, корней, увеличивает содержание общего азота в надземной части.

7. Эффективность бактеризации в значительной мере определяется свойствами штаммов. Большое значение при этом имеет физиологическая предрасположенность сои к положительному взаимоотношению с бактериями, что в первую очередь зависит от фазы развития растений и условий их питания.

8. Чистые культуры клубеньковых бактерий, азотобактера и олигонитрофильных бактерий вызывают изменение всхожести семян. Некоторые штаммы повышают всхожесть на 9-10 проц.

9. Бактеризация семян сои вызвала увеличение урожая зерна в вегетационном опыте до 24 проц. В полевом опыте от инокуляции семян азотфиксирующими бактериями получена достоверная прибавка урожая зерна до 18 проц.

Материалы диссертации изложены в следующих работах:

1. Тильба В. А. О взаимоотношении олигонитрофильных бактерий и азотобактера с растениями сои. В кн. «Восьмая конференция молодых ученых Дальнего Востока». Владивосток, 1965.

2. Тильба В. А., Волуева Л. Н. Влияние молибдена на азотобактер и клубеньковые бактерии сои. В кн. «Восьмая конференция молодых ученых Дальнего Востока». Владивосток, 1965.

3. Тильба В. А. Влияние молибдена на количество олигонитрофильных бактерий в ризосфере сои. В кн. «Микроэлементы и естественная радиоактивность почв» Тезисы докладов на 4-м Всесоюзном Межвузовском совещании 17-20 ноября 1965 г. Петрозаводск, 1965.

4. Тильба В. А., Голодяев Г. П. Об азотфиксирующих бактериях пахотных почв Приморья. В кн. «Проблемы биологии на Дальнем Востоке», Владивосток, 1966.

5. Тильба В. А., Голодяев Г. П., Волуева Л. Н. О взаимоотношении азотфиксирующих бактерий и растений сои в условиях Приморья. В кн. «Проблемы агрохимии и почвоведения на Дальнем Востоке», тезисы докладов, Хабаровск, 1966.

6. Тильба В. А. Распространение в почвах Приморья клубеньковых бактерий сои и влияние на них удобрений. Агрохимия № 2, 1967.

7. Тильба В. А. Динамика микроорганизмов в некоторых почвах Приморья. В кн. «Особенности почвообразования в зоне бурых лесных почв. «Материалы к симпозиуму по генезису бурых лесных почв». Владивосток, 1967.

8. Тильба В. А. Содержание азотобактера в лугово-бурой почве под соей. Всесоюзное совещание по вопросам биологии и возделывания сои в Советском Союзе (рефераты докладов). Владивосток, 1967.



саткии, 1959; Грицуи, 1964 и др.). Много внимания в большинстве работ уделено исследованию клубеньков, хотя есть также указания, что в ризосфере бобовых растений других азотфиксирующих бактерий содержится больше, чем в ризосфере злаковых (Львов, 1963).

Микробиологических данных о деятельности азотфиксирующих бактерий в пахотных почвах Приморья до последнего времени почти не было. Задачей наших исследований явилось изучение распространения азотфиксирующих бактерий в корнеобитаемом слое почвы под посевами сои, влияние минеральных удобрений на количество этих бактерий, идентификация основных представителей азотобактера и олигонитрофильных бактерий, а также изучение некоторых особенностей взаимоотношения азотфиксирующих бактерий и растений сои.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Распространение азотфиксирующих бактерий изучалось в 3-х типах почв: буро-подзолистых, лугово-бурых и пойменных.

Изучение азотфиксирующих бактерий в корнеобитаемом слое почвы под посевом сои и влияния на их численность минеральных удобрений проводилось в основном в лугово-бурой почве на Приморской с.-х. опытной станции (опыты А. Т. Грицуи).

Исследования предпринимались в 1962—1965 гг. заметно различающихся по климатическим условиям: 1963 год был засушливым, особенно первая половина вегетационного периода; в 1964 году в конце весны выпало 131,1 мм осадков, в 2,6 раза больше средней многолетней, что привело к переувлажнению почвы. Вегетационный период сои был сильно растянут из-за недобора среднесуточных температур. 1965 год по основным климатическим показателям близок к норме.

Микробиологические исследования проводились по общепринятым в почвенной микробиологии методам. Общее количество бактерий учитывалось на МПА, грибы — на сусло-агаре, актиномицеты — на КАА. Количество клубеньковых бактерий определялось по методу Вильсона в модификации Красильникова и Кореняко; азотобактер учитывался на агаризованной среде Эшби, олигонитрофильные бактерии — на среде Мишустинной, *Cl. pasteurianum* на жидкой среде Виноградского. Воздействие растений сои на микрофлору

почвы изучалось путем сопоставления численности ее в почве вне ризосферы (из междурядий), в ризосфере (почва отряхиваемая с корней), прикорневой зоне (почва смываемая с корней) и на корнях (смыв с поверхности корней при встряхивании с песком).

Идентификация выделенных бактерий проводилась по определителю Красильникова (1949). Содержание общего азота в почве и растениях определялось макрометодом Кьельдаля в модификации Аринушкиной и Болтенко и микрометодом Кьельдаля, сахаров — по Бертрану, гумуса — по Тюрину.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### I. Микрофлора почв Приморья

Численность микроорганизмов в почвах Приморья подвержена заметным изменениям. Общее количество бактерий (на МПА) в них колебалась от 1,8 до 9,0 млн; грибов — от 1,5 до 20,5 тыс; актиномицетов — от 1,7 до 8,3 млн. на 1 г абсолютно сухой почвы. Большое количество бактерий и актиномицетов обнаружено в пойменных и лугово-бурых почвах, грибов — в буро-подзолистых. Таким же изменениям подвержена численность азотфиксирующих бактерий. За вегетационный период 1964 года количество клубеньковых бактерий в 1 г почвы колебалось от 13,8 до 42,0 тыс; азотобактера — от 140 до 480 тыс; олигонитрофильных бактерий — от 9,2 до 17,5 млн и *Cl. pasteurianum* — от 3,0 до 123,5 тыс. Осенью отмечена некоторая корреляция между количеством азотобактера, бактерий, растущих на МПА и КАА, актиномицетов и грибов.

Содержание азотфиксаторов изучалось в лугово-бурых почвах на участках под паром, лесополосой и посевом сои. В мае клубеньковых бактерий здесь насчитывается (1 г почвы) под лесополосой 9,0 тыс., под паром и под посевом сои 12,3 тыс. и в июле, соответственно — 24,0 тыс; 16,5 тыс. и 20,8 тыс. Количество азотобактера на участке под лесополосой в течение вегетационного периода возрастает с 80 тыс. до 130 тыс., а на участке под паром уменьшается со 180 тыс. до 130 тыс. в 1 г почвы. Олигонитрофильных бактерий под паром содержится несколько меньше, чем под лесополосой и посевом сои.