

## О РАСПРОСТРАНЕНИИ СВОБОДНОЖИВУЩИХ АЗОТФИКСИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ В КОРНЕОБИТАЕМОМ СЛОЕ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМОВИДНЫХ ПОЧВ

В. А. ТИЛЬБА, Э. П. КРИВОРУЧЕНКО

Всероссийский научно-исследовательский институт сои

В почвах Дальнего Востока имеется значительное количество азотфиксирующих микроорганизмов (Тильба, Голодяев, 1967). Наряду с клубеньковыми бактериями сои, в них обнаружены азотобактер, олигонитрофильные микроорганизмы и анаэробные азотфиксаторы — клостридиум. В количественном отношении азотфиксаторы представляют одну из многочисленных групп почвенного микробного ценоза, поэтому их роль в формировании плодородия почвы и обеспечении благоприятных условий для роста растений может быть весьма важной.

В лаборатории микробиологии ВНИИ сои в течение трех лет (1969—1971) изучалось распространение в лугово-черноземовидных почвах азотобактера и олигонитрофильных бактерий. Количество этих микроорганизмов определялось на различных агрофонах под посевами сои в почве, вне ризосферы и в прикорневой зоне.

Численность азотфиксаторов в зависимости от различных факторов изменяется в значительных масштабах. В почве типичного соевого севооборота (производственный севооборот опытно-производственного хозяйства ВНИИ сои) в 1969 г. численность олигонитрофильных бактерий колебалась от 55,2 до 235 млн/г, в 1970 г. — от 25,2 до 357 млн/г. Количество азотобактера в этих же почвах составляло в 1969 г. 0,63—17,5 млн/г, в 1970 г. — 0,08—13,9 млн/г.

Резкие изменения содержания азотфиксаторов отмечаются по горизонтам почвенного профиля. Весной 1969 и 1970 гг. на глубине 20—40 см олигонитрофилов было в 2—3 раза больше, чем в слое 0—20 см, хотя прогревание верхнего горизонта в сравнении с нижним шло гораздо интенсивнее. В 1971 г. в условиях поздней весны, при длительном оттаивании почвы, содержание олигонитрофильных бактерий в подпахотном горизонте достигало максимальной (за все годы исследований в указанный срок) величины. В 1969 г. в середине вегетационного периода под посевом пшеницы численность олигонитрофильных бактерий значительно возросла в сравнении с первоначальной; в нижнем горизонте, как и весной, бактерий было вдвое больше, чем в верхнем. В 1970 г. под посевом сои в этот же период содержание олигонитрофилов в пахотном слое увеличилось в 4 раза, а в слое 20—40 см уменьшилось втрое. В августе во все годы исследований количество микроорганизмов снижается. Следовательно, численность олигонитрофильных бактерий в почве под соевыми севооборотами с глубиной уменьшается. Однако в некоторых случаях, особенно в весенний период, в подпахотном горизонте их может быть больше, чем в пахотном (табл. 1).

Таблица 1

Распределение азотфиксирующих бактерий в пахотном и подпахотном горизонтах лугово-черноземовидных почв (млн. на 1 г)

Глубина (см)	Олигонитрофильные бактерии			Азотобактер		
	май	июль	август	май	июль	август
1969 г. (пшеница)						
0—20	55,2	129,1	122,2	1,69	13,3	17,5
20—40	187,7	235,3	81,5	0,63	—	5,5
1970 г. (соя)						
0—20	87,2	357,1	76,6	0,76	13,9	2,8
20—40	186,4	53	25,2	0,08	12,1	0,2
1971 г. (пшеница)						
0—20	—	—	—	—	3,5	0,7
20—40	355	—	—	—	2,7	—

Азотобактер сосредоточен преимущественно в поверхностном горизонте почвы. В 1969 и 1970 гг. в слое 0—20 см его содержалось в 3—8 раз больше, чем на глубине 20—40 см. В середине вегетационного периода численность азотобактера в отдельные годы может возрастать. В 1970 г., например, летом различия между горизонтами почвы по содержанию азотфиксаторов ослабевали. Дифференциация почвенного профиля по указанному показателю вновь усиливается в конце вегетационного периода. Проникновение азотобактера в почвенную толщу связано в первую очередь с деятельностью корневой системы высших растений. Осенью, с отмиранием или при частичном разложении корней, в подпахотном горизонте азотобактера становится гораздо меньше, чем в пахотном: в 1969 г., например, в 3 раза, а в 1970 г. — в 14 раз.

Однако в почве с другим растительным покровом, при иных климатических условиях закономерности распределения азотобактера по горизонтам почвенного профиля могут приобретать другие черты.

Численность азотобактера существенно колеблется по годам. Не совпадает также период максимального развития этих микроорганизмов в один и тот же год на разных участках. В лугово-черноземовидных почвах изменения динамики развития азотфиксирующих бактерий определяются особенностями покровных культур, а также уровнем окультуренности экспериментального участка.

Большое влияние на деятельность азотобактера и олигонитрофильных бактерий в корнеобитаемом слое почвы оказывает состояние корневой системы сои. Мы изучали распространение азотфиксаторов в прикорневой почве и в почве вне ризосферы на удобренных ( $N_{30}P_{60}$ , с навозом под предшественник) и неудобренных участках. Исследования проводились в экспериментальном севообороте отдела агрохимии ВНИИ сои. В отличие от почвы производственного севооборота использованный участок имеет более высокую степень окультуренности. Этим объясняются различия по численности микроорганизмов.

В прикорневой зоне сои олигонитрофильных бактерий и азотобактера обнаружено значительно больше, чем в почве вне ризосферы (табл. 2). В неудобренной почве в 1969 г. численность олигонитрофилов

Таблица 2

Распределение азотфиксирующих бактерий в почве вне ризосферы  
и в прикорневой зоне сои

Азотфиксирующие бактерии	1969 г.		1970 г.		1971 г.	
	без удобр.	удобр.	без удобр.	удобр.	без удобр.	удобр.
Олигонитрофильные бактерии, млн/г:						
вне ризосферы						
июнь	225	155	92	70	—	—
июль	9	41	100	27	—	—
август	105	151	504	—	—	—
прикорн. зона						
июнь	1724	2001	543	2774	—	—
июль	383	432	843	1205	—	—
август	2215	1432	451	710	—	—
Азотобактер, млн/г:						
вне ризосферы						
июнь	0,28	1,38	0,6	1,1	0,99	3,85
июль	3,23	2,48	5	4,9	3,39	2,5
август	0,25	0,14	18,9	6,6	2,7	—
прикорн. зона						
июнь	52	25	86	5,7	9,1	52,3
июль	11,3	27,3	—	—	8,7	4,7
август	15	14	—	33,3	10,5	63

изменялась за вегетацию в большей степени (от 9 до 225 млн/г), чем в удобренной (от 41 до 155 млн/г). Четко выраженной положительной зависимости развития этих микроорганизмов от действия удобрений в почве, удаленной от корней, выявить не удалось. Весной (в среднем за два года) в удобренной почве их оказалось меньше, чем в неудобренной. В 1969 г. во второй половине вегетационного периода наблюдалась противоположная закономерность, а в 1970 г. первоначальные закономерности в этот срок сохранились.

В прикорневой зоне удобренные растения способствуют развитию олигонитрофильных бактерий в большей степени, чем неудобренные. Наиболее заметно это вывилось в 1970 г., когда в прикорневой зоне олигонитрофилов по удобренному фону насчитывалось в 1,5—5 раз больше, чем по неудобренному. В 1969 г. эти различия оказались незначительными, а в сентябре в контроле бактерий оказалось максимальное количество. Такие изменения можно объяснить температурными условиями: в 1970 г. растения получили тепла больше и были развиты лучше, чем в 1969 г.

Численность азотобактера в присутствии удобрений во внекорневой почве увеличивается преимущественно весной. В остальные сроки в удобренной почве этих микробов насчитывалось столько же, сколько и в неудобренной. Корневая система сои способствует аккумуляции азотобактера в прикорневой почве. Здесь его количество колебалось в 1969 г. от 11,3 до 52 млн/г, а в 1970 г. достигало еще большей величины. Максимальная численность этих бактерий в почве вне ризосферы обнаружена в первый год исследований в июле, во второй — в сентябре. В прикорневой зоне наибольшее количество азотфиксаторов отмечено соответственно по годам — в июне, в июле и в сентябре.

Следовательно, периоды максимального развития азотфиксаторов по зонам ризосферы могут не совпадать, что свидетельствует о существенной регулирующей роли растений в деятельности и распространении азотобактера.

Характерных различий в действии удобренных и неудобренных растений на численность азотобактера за исследуемый период выявить не удалось. Однако следует отметить, что в условиях, близких к оптимальным (1970 г.), весной удобренные растения в ризосфере не способствуют увеличению численности азотфиксирующих бактерий. В среднем за три года в прикорневой зоне неудобренных растений азотобактера в большинстве случаев содержалось больше, чем по удобренному фону.

Таким образом, распространение и численность азотобактера и олигонитрофильных бактерий в лугово-черноземовидных почвах Амурской области непосредственно зависят от характера растительного покрова, степени окультуренности почв и сезонных изменений. Количество олигонитрофильных бактерий в исследуемых почвах может превышать 500 млн/г, а в прикорневой зоне в отдельных случаях — 2 млрд/г. Высокое содержание факультативных азотфиксаторов, особенно в ризосфере сои, — по-видимому, свойственно многим почвам Дальнего Востока. Так, в луговых бурых почвах Приморья олигонитрофилов насчитывается от 11,6 до 529,2 млн/г (Тильба, Голодяев, Волуева, 1970).

Относительно высокой численностью в изучаемых почвах характеризуется азотобактер. В ряде случаев эти бактерии обозначаются как азотобактероподобные. Некоторое время возможность наличия азотобактера в почвах Дальнего Востока вызывала сомнения (Никитина, Матвеева, Тен Хак Мун, 1962). Впервые азотобактер в пределах Амурской области обнаружен Н. Н. Сушкиной (1949). Она отметила, что местные формы его не образуют бурого пигмента. И. С. Андросов (1955) в пахотных почвах насчитывал до 29,4 млн/г этих азотфиксирующих бактерий. В огородных почвах при этом были выделены и пигментообразующие формы азотобактера. В наших опытах преобладал азотобактер, не образующий бурый пигмент. Аналогичное явление наблюдается и в других зонах. Так, в почвах Сибири Г. Н. Ближков (1962) обнаружил широкое распространение бесцветных форм азотобактера, которые, по мнению автора, хорошо приспособлены к почвам с кислой реакцией среды.

Азотобактер и олигонитрофильные бактерии в большом количестве сосредоточены вблизи корневой системы сои. Эта культура больше, чем пшеница или растительность залежи, способствует распространению свободноживущих азотфиксаторов в корнеобитаемом слое почвы. Значительные колебания численности микроорганизмов в почве вне ризосферы, по-видимому, зависят от насыщенности горизонтов корнями. При максимальном развитии корневой системы сои бывает сложно разделить почву ризосферы и вне ризосферы, поскольку ризосферный эффект с различной интенсивностью проявляется во всех основных зонах корнеобитаемого слоя. Обращает на себя внимание высокая (до нескольких десятков миллионов в 1 г почвы) численность азотобактера в прикорневой почве. Аналогичное явление отмечено в почвах Приморья (Тильба, Голодяев, Волуева, 1970). Н. А. Красильников (1952) также обнаружил в ризосфере высших растений до 200 млн/г азотобактера.

Широкое распространение олигонитрофильных бактерий и азотобактера в корнеобитаемом слое почвы и в прикорневой зоне сои свидетельствует о важной роли их в процессах обмена между корневой системой и почвой. Регулирование деятельности этих микроорганизмов может способствовать увеличению продуктивности растений сои.

## ВЫВОДЫ

1. Основная масса олигонитрофильных бактерий и азотобактера сосредоточена в пахотном горизонте лугово-черноземовидных почв. Однако весной в почве на глубине 20—40 см олигонитрофильных бактерий может накапливаться больше, чем на глубине 0—20 см.

2. Численность свободноживущих азотфиксирующих бактерий резко изменяется по годам в зависимости от климатических условий, сезонных особенностей и степени окультуренности почвы. В удобренной почве в среднем за все сроки наблюдений азотфиксаторы не имели для своего развития значительных преимущественных условий по сравнению с неудобренной почвой.

3. В прикорневой зоне удобренные растения в большей степени, чем неудобренные, способствовали размножению олигонитрофильных бактерий. Численность азотобактера в прикорневой почве под влиянием удобрений увеличивалась только в первый период (в июне). В дальнейшем его количество по удобренному фону в прикорневой зоне не превышало контроля.

4. Распространение азотобактера и олигонитрофильных бактерий непосредственно зависит от деятельности корневой системы сои. Благодаря большому скоплению в прикорневой зоне сои азотфиксирующие бактерии играют существенную роль в жизнедеятельности растений и их продуктивности.