

Член-корреспондент АН СССР Н. А. КРАСИЛЬНИКОВ

### УСВОЕНИЕ КОРНЯМИ РАСТЕНИЙ ПРОДУКТОВ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ МИКРОБОВ

Известно, что вокруг корней растений, иначе в ризосфере, обильно развиваются микроорганизмы почвы. Число их здесь в сотни и тысячи раз больше, чем в почве вне зоны корневого влияния.

Каждый вид растений при определенных условиях произрастания имеет в зоне корней более или менее специализированную микрофлору. Вследствие этого растения или растительный покров в целом является селекционирующим фактором в микробном населении почв и, как таковой, может играть большую роль в оздоровлении последних, в устранении микробов сорняков или фитопатогенных и патогенных форм (1, 6, 2).

Влияние микроорганизмов ризосферы на растения безусловно велико и разнообразно. Однако оно изучено еще далеко не полно.

Окружая корни сплошным слоем, микроорганизмы создают мощный биологически активный барьер. Все элементы питания в почве и все корневые выделения проходят через этот барьер и претерпевают большие или меньшие изменения и превращения. В корневую систему, а отсюда в надземные части растений питательные вещества поступают не в том виде, в каком они находятся в почве. Микрофлора ризосферы производит здесь большие превращения и этим самым резко меняет режим и физиологию питания растений. Многие виды микроорганизмов оказывают защитное действие, они предохраняют растения от поражения фитопатогенными грибами и бактериями (5, 7). Вопрос о некоторых других функциях микроорганизмов ризосферы в литературе уже освещался (2).

В настоящем сообщении мы приводим экспериментальные данные об усвоении растениями продуктов жизнедеятельности микробов. Следует отметить, что этот вопрос экспериментально не был разрешен. Методически трудно было доказать, что то или другое обнаруживаемое в тканях растений вещество является именно усвоенным извне продуктом обмена микроорганизмов, а не продуктом синтеза самого растения.

Для своих исследований мы избрали в качестве метаболитов микробов антибиотические вещества, которые, как известно, вследствие своей специфичности легко определяются и распознаются установленными методами. Мы имели в опытах три группы веществ: а) пенициллин — вещество, образуемое грибами, б) стрептомицин, ауреомицин, мицетин и неомицин — вещества, продуцируемые актиномицетами, и в) грамицидин, субтилиин и пиоцианин — продукты обмена бактерий.

Все эти вещества были получены из культур указанных организмов в виде химически очищенных порошковидных препаратов. Кроме того, мы подвергли испытанию ряд антибиотических веществ в нативном состоянии, в виде культуральной жидкости. При этом каждый из них предварительно определялся по антибактериальному спектру и устанавливалась специфика, а следовательно, и диагностика каждого из них.

Каждый антибиотик прибавлялся к среде, на которой выращивались растения — клевер, горох, кукуруза и пшеница. Определение антибиотиков в растениях велось обычным методом (4).

Контролем в наших опытах были растения, выращиваемые на чистом питательном растворе, без прибавления антибиотиков.

Результаты опытов сведены в табл. 1, из которой видно, что антибиотические вещества, образуемые микроорганизмами, всасываются корневой системой и устремляются выше по растению.

Таблица 1

Усвоение антибиотических веществ корневой системой и распределение их в растении

Название антибиотика	Пшеница		Горох		Клевер		Кукуруза	
	корни	стебли, листья	корни	стебли, листья	корни	стебли, листья	корни	стебли, листья
Пенициллин . . . . .	+	+	+	+	+	+	+	+
Стрептомицин . . . . .	+	+	+	+	+	+	+	+
Ауреомицин . . . . .	+	+	+	+	+	+	+	+
Грамицидин . . . . .	+	—	+	—	+	—	+	—
Мицетин . . . . .	+	—	+	+	+	—	+	—
Неомицин . . . . .	+	—	+	—	+	—	+	—
Пиоцианин . . . . .	+	—	+	—	+	—	+	—
Субтилин (?) . . . . .	+	—	—	—	—	—	+	—
Контроль . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—

Одни из них — пенициллин, стрептомицин, ауреомицин — из корней ступают в стебли и в листья; другие — грамицидин, мицетин и др. — концентрируются в корнях и не поступают в надземные части. Вещество, образуемое спороносной палочкой — *B. subtilis* (субтилин), обнаружено в корнях только двух растений — пшеницы и кукурузы. У гороха и клевера мы его не выявили ни в корнях, ни в стеблях, ни в листьях.

Все усвояемые вещества раньше всего и в большем количестве обнаруживаются в корнях. Антибиотические вещества пенициллина, стрептомицина и ауреомицина, поступая из корней в надземные части растений, распределяются у пшеницы и кукурузы более равномерно, чем у гороха и клевера. В последних обнаруживается хотя небольшая, но закономерная органотропность: в тканях листьев концентрация указанных антибиотиков всегда несколько повышена по сравнению с тканями стебля (табл. 2).

Таблица 2

Распределение антибиотиков в тканях растений

Название антибиотика	Число стафилококков в 1 см <sup>2</sup> среды	Число стафилококковых единиц в 1 г ткани					
		Пшеница			Горох		
		корни	стебли	листья	корни	стебли	листья
Пенициллин . . . . .	500	30	20	20	50	20	50
Стрептомицин . . . . .	500	150	50	50	150	30	80
Грамицидин . . . . .	200	60	0	0	50	0	0
Мицетин . . . . .	500	100	5	0	100	10	0
Субтилин (?) . . . . .	300	100	0	0	0	0	0

Как правило, вещества, легко проникающие во все части растений, не оказывают заметного вредного действия на растения. Последние

развиваются нормально, а нередко мы наблюдаем даже ускорение прорастания семян и дальнейшего роста.

Активные вещества — мицетин, пиоцианин и особенно грамицидин — оказывают угнетающее действие на рост растений, которые быстро увядают и погибают. Интересно отметить, что в листьях и стеблях данные антибиотики не обнаруживаются, пока растение имеет нормальный вид. Только когда растения полностью отмирают, в их листьях можно обнаружить проникший из корней антибиотик. Повидимому, существует какой-то механизм, который препятствует продвижению токсических веществ по растению.

Другая серия опытов была проведена с нативными антибиотиками четырех бактерий, обильно развивающихся в ризосфере: *Bacterium liquefaciens* № 10 и *Pseudomonas fluorescens*, выделенные из прикорневой зоны гороха, а также *Bacterium nitrificans* и *Pseudomonas denitrificans* 102 — из ризосферы пшеницы. Постановка опытов и методы исследований были те же, что и в предыдущих опытах. Результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3

Усвоение растениями антибиотических веществ из культуральной жидкости ризосферных бактерий

Бактерии, от которых получено активное вещество	Число стафилококк. единиц в 1 см <sup>2</sup> среды	Число стафилококковых единиц в 1 г ткани					
		Пшеница			Горох		
		корни	стебли	листья	корни	стебли	листья
<i>Bact. liquefaciens</i> № 10 . . . . .	100	20	3	27	50	9	27
„ <i>nitrificans</i> № 25 . . . . .	120	15	0	10	40	27	50
<i>Ps. fluorescens</i> № 36 . . . . .	300	50	0	0	50	0	40
<i>Ps. denitrificans</i> № 102 . . . . .	90	9	3	9	3	3	3
Контроль . . . . .	0	0	0	0	0	0	0

Из табл. 3 видно, что антибиотические вещества, образуемые бактериями, всасываются корневой системой растений из культуральной жидкости и распространяются в тканях так же, как и химически очищенные антибиотики. Наибольшее количество их мы обнаруживали в корнях. В надземных частях распределение их различное, в зависимости от вида растений и особенностей активного вещества. Вещество культуры № 36 в опытах с пшеницей проникает только в корни, в надземных частях его нет, тогда как у гороха оно обнаруживается в корнях и листьях примерно в равных количествах, в стеблях его нет. Надо полагать, что и в стеблях он находится в малых, неуловимых нашими методами дозах. Активное вещество культуры № 102 слабо проникает и накапливается в небольших, но равных количествах во всех тканях пшеницы и гороха.

Наиболее активно проникают в ткани растений и накапливаются в них антибиотические вещества бактерий № 10 и № 25.

Следует отметить, что всасываемые антибиотические вещества испытанных нами бактерий не оказывали угнетающего действия на рост растений. Наоборот, некоторые из них (№№ 10, 25) в малых дозах активируют рост.

Усваиваемые антибиотические вещества как химически очищенные, так и нативные сохраняются в тканях растений длительное время. Например, пенициллин еще обнаруживается в листьях гороха на 2—3 суток, стрептомицин — на 4—5 суток после всасывания (см. табл. 4).

Длительность сохранения антибиотиков в тканях гороха  
(число единиц в 1 г ткани)

Антибиотик	Части растения	Время в сутках от начала опыта				
		1	2	3	4	5
Пенициллин	Корни	50	20	10	5	0
	Стебли	5	0	0	0	0
	Листья	30	20	10	0	0
Стрептомицин	Корни	60	30	20	10	5
	Стебли	20	3	0	0	0
	Листья	40	20	10	5	3

Антибиотические вещества поступают в растения не только при выщипывании их в стерильных условиях, но и в условиях естественного обитания. Путем погружения в раствор антибиотика мы пропитывали им семена хлопчатника и затем высевали их в обычную огородную почву. Анализы ростков показали, что антибиотики из семян поступают в проростки и обнаруживаются в стеблях и листьях в течение нескольких дней.

Приведенные данные показывают, что продукты жизнедеятельности микроорганизмов в виде сложных органических соединений, таких, как антибиотики (пенициллин, стрептомицин и др.), могут всасываться корневой системой и поступать в ткани растений.

Эти продукты распределяются в тканях растений в разных количествах и пребывают там без изменения относительно длительное время.

В ткани растений могут поступать не только химически чистые препараты, но и нативные вещества, образуемые микробами, в том числе и обитателями прикорневой зоны.

Если корнями всасываются антибиотические вещества, то, надо полагать, что так же могут усваиваться другие органические соединения, например, аминокислоты, витамины и прочие полезные продукты метаболизма микробов, обитающих в ризосфере.

Поступая из ризосферы в растения, эти вещества безусловно должны оказывать на них существенное влияние. Имеется много наблюдений положительного действия отдельных видов бактерий, названных нами активаторами.

Большой практический интерес представляет возможность усвоения растениями антибиотических веществ с точки зрения иммунитета и борьбы с инфекциями. Имеются основания полагать, что некоторые антибиотики могут быть использованы для борьбы с внутренней инфекцией семян путем предпосевной обработки последних, о чем мы сообщим в следующей статье.

Институт микробиологии  
Академии наук СССР

Поступило  
25 IV 1951

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Н. А. Красильников, Микробиология, 13, в. 5 (1944). <sup>2</sup> Н. А. Красильников, Микробиологические основы бактериальных удобрений, 1945. <sup>3</sup> Н. А. Красильников, Агробиология, № 2, 49 (1949). <sup>4</sup> Н. А. Красильников, Акциномицеты — антагонисты и антибиотические вещества, 1950. <sup>5</sup> Н. Красильников и Е. Разницина, Агробиология, № 5—6, 109 (1946). <sup>6</sup> Н. Красильников, А. Рыбалкина, М. Габриэлян и Т. Кондратьева, Тр. комиссии по ирригации, 1, в. 3 (1934). <sup>7</sup> Я. Худяков, Микробиология, 4, 193 (1935).