

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Действительный член АН УССР Н. Г. ХОЛОДНЫЙ

ВОЗДУШНОЕ ПИТАНИЕ КОРНЕЙ

Взаимоотношения корневой системы растений с почвой до сих пор еще изучены недостаточно. В частности очень скудны наши знания о роли, которую играет в жизни корней газовая фаза почвы — ее атмосфера. Основная причина этого — отсутствие точных и полных сведений о химическом составе почвенной атмосферы. Имеющиеся данные относятся к главным ее компонентам — кислороду, углекислому газу, азоту. Об органических веществах, входящих в состав газовой фазы почвы, в литературе нет почти никаких указаний, хотя наличие их можно с уверенностью предполагать, основываясь на результатах почвенно-микробиологических исследований.

В настоящей статье кратко излагаются итоги двухлетних опытов, которые преследовали цель ответить на вопросы: содержатся ли в почвенной атмосфере органические вещества, пригодные для питания корней, и, если содержатся, то какое влияние оказывают они на жизнедеятельность этого органа высших растений?

Подойти к решению этих вопросов оказалось возможным с помощью предложенного автором (^{1, 2}) биотеста, который позволяет обнаружить присутствие в воздухе питательных органических соединений при самом ничтожном содержании их в нем. То обстоятельство, что таким биотестом являются изолированные корни растений, дало возможность решить (в первом приближении) и вторую часть проблемы — о физиологическом значении органических примесей, содержащихся в газовой фазе почвы.

Как и в цитированных работах (^{1, 2}), нестерильные отрезки корней, включающие всю зону роста (длиною, обычно, в 3 см), помещались на предметном стекле во влажную камеру вместимостью около 500 мл. Здесь же, на некотором расстоянии от корней, находилась почва, расположенная косым слоем (см. рис. 1). Почва насыпалась в камеру в воздушно-сухом состоянии, в количестве около 150 г, и здесь же к ней прибавлялась вода (от 10 до 60 мл на 150 г почвы). Контрольные корни находились в такой же камере, содержавшей вместо почвы только небольшое количество воды на дне. Опыты проводились при комнатной температуре (19—25°). Объектами их служили отрезки корней проростков кукурузы, синего lupина и подсолнечника, выращенных во влажных опилках.

Прежние опыты (^{1, 2}) показали, что на наличие в воздухе влажной камеры летучих выделений прорастающих семян или паров этилового эфира уксусной кислоты и других питательных органических веществ корни реагируют увеличением приростов и продолжительности жизни. В настоящем исследовании был применен еще один биотест — геотропический. Корни выдерживались сначала 24—36 часов в почти вертикальном положении до истощения имевшихся в них запасов питатель-

ных органических веществ, а затем переводились в горизонтальное положение. Оказалось, что если воздух влажной камеры содержит указанные выше органические примеси, то они значительно ускоряют наступление геотропической реакции и усиливают ее интенсивность. Контрольные корни при таких опытах или совсем не дают изгибов или же значительно отстают от опытных корней по скорости и интенсивности реакции.

Е. Д. Буслова при помощи предложенного мною биотеста (¹), применяя в качестве источника органических веществ летучие выделения

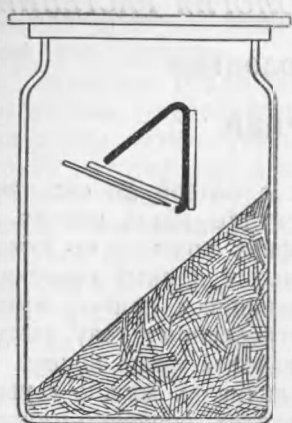


Рис. 1

прорастающих семян гороха и кукурузы, обнаружила значительную прибыль сухого вещества в корнях при наличии в воздухе указанных органических примесей. Разница в весе сухого вещества опытных и контрольных корней достигала в ее опытах 25%. Этот результат делает весьма вероятным, что поглощаемые из воздуха органические соединения используются растением как строительный, или пластический материал.

В опытах, о которых идет речь в настоящей статье, исследованию подвергались образцы различных почв, чаще всего богатых перегноем — черноземных, но также и бедных — песчаных и подзолистых. Оказалось, что все эти почвы во влажном состоянии непрерывно выделяют в воздух газообразные органические вещества. В этом отношении, как и следовало ожидать, наибольшую активность

проявляют почвы, содержащие больше органических остатков и гумуса. Перепревший навоз оказался менее активным, чем чернозем. Свежий навоз, еще испускающий запах аммиака, непригоден для опытов, так как его испарения ядовиты для корней.

Было установлено также, что выделение летучих органических веществ происходит при разных степенях увлажнения почвы — в указанных выше пределах. Этот факт наводит на мысль, что главным источником образования газообразных органических соединений, поступающих в почвенную атмосферу, является деятельность анаэробных бактерий, сосредоточенных в небольших «очагах». Такими очагами могут быть всякие, даже незначительные по размерам скопления растительных и животных остатков, если их поверхность покрыта бактериальной пленкой с высоким окислительным потенциалом. Внутри таких скоплений анаэробные процессы могут идти и при относительно малом содержании воды.

О химической природе выделяемых почвой газообразных органических веществ пока можно высказывать только более или менее гадательные предположения. Во всяком случае среди них должны преобладать соединения, совсем или почти нерастворимые в воде: растворимые удерживались бы жидкой фазой почвы и не могли бы свободно диффундировать в атмосферу. Этому требованию удовлетворяют прежде всего различные углеводороды — жирного и ароматического ряда. Весьма вероятно образование метана.

Благоприятное влияние этих веществ на жизнедеятельность изолированных корней выражалось, как и в ранее описанных опытах (¹, ²), увеличением приростов и продолжительности жизни. Геотропический биотест кроме того показал, что способность реагировать изгибами на действие силы тяжести у корней, поглощающих летучие выделения почвы, выражена гораздо сильнее и сохраняется дольше, чем у голодающих контрольных.

Все это дает основания утверждать, что летучие органические вещества, выделяемые почвой, являются питательными для корней и используются ими в различных физиологических процессах.

Как происходит поглощение и усвоение этих веществ тканями корня? В проведенных ранее опытах с летучими выделениями семян и парами сложных эфиров органических кислот (¹, ²) было установлено, что весьма существенную роль в питании корней этими веществами играют бактерии ризосферы. В некоторых опытах с почвами предметные стекла, на которых находились корни, были исследованы под микроскопом. Изучение их привело к выводу, что и в этом случае микроорганизмы на поверхности корня и в жидкости около него являются посредниками между окружающей атмосферой и живыми тканями корня. При наличии в этой атмосфере питательных веществ микробы ассимилируют их, а затем, отмирая и подвергаясь лизису, сами становятся пищей для клеток корня. В отдельных случаях возможно, повидимому, и непосредственное поглощение корнями питательных органических веществ из воздуха, без участия микробов. Об этом говорят некоторые опыты Е. Д. Бусловой с этиловым эфиром уксусной кислоты.

Если при наличии в окружающем воздухе питательных органических соединений бактерий ризосферы являются как бы союзниками клеток корня в их борьбе за жизнь, то при отсутствии таких веществ роль этих микроорганизмов меняется. Не получая никакой пищи из воздуха, они начинают вести себя агрессивно по отношению к истощенным клеткам корня и быстро вызывают гибель этих последних. В этом, повидимому, заключается одна из причин меньшей продолжительности жизни контрольных корней по сравнению с опытными. Следовательно, к тому, что было сказано раньше о благоприятном влиянии летучих выделений почвы на изолированные корни, можно теперь еще добавить, что эти вещества повышают сопротивляемость тканей корня инфекции.

За последние 20—30 лет проведено очень много исследований с изолированными корнями,— главным образом, по физиологии их питания и роста. Оказалось, что выводы, полученные при этих исследованиях, в большинстве случаев могут быть перенесены — с некоторыми ограничениями — и на неповрежденные корни, находящиеся в их естественной среде — почве и сохраняющие связь с надземными органами растения. То же можно сказать и об опытах, описанных в этой работе. Весьма вероятно, что в естественных условиях корневая система растений частично покрывает свою потребность в органических веществах за счет запаса их, содержащегося в почвенной атмосфере, и при помощи микроорганизмов ризосферы.

Если этот процесс действительно имеет место в природе, то в нем, как и в условиях описанных выше опытов, должны принимать участие в первую очередь органические соединения, нерастворимые в воде. В самом деле, вещества, находящиеся в растворе в жидкой фазе почвы или пропитывающие гель гидрофильных почвенных коллоидов, отличаются в почве гораздо меньшей подвижностью, чем нерастворимые газобразные, поступающие из очагов их образования непосредственно в почвенную атмосферу и свободно в ней циркулирующие. Эти последние, следовательно, легче могут достичь поверхности живых корней и вступить в соприкосновение с клетками микробов ризосферы.

В поглощении и усвоении нерастворимых органических веществ газовой фазы почвы бактериями ризосферы и корнями растений существенную роль должны играть также явления адсорбции. Чем суше почва, тем резче выражены в ней эти явления. При умеренной средней влажности почвы вода распределяется в ней неравномерно. Наибольшей сухостью отличаются почвенные частицы, непосредственно прилегающие к поверхности корней, особенно возле корневых волосков, энергично поглощающих воду. Следовательно, именно здесь, около жизне-

деятельных частей корневой системы должны концентрироваться адсорбируемые из почвенной атмосферы летучие органические вещества. Это в свою очередь создает благоприятные условия для развития здесь микроорганизмов, питающихся такими веществами, и косвенно для воздушного питания самой корневой системы.

Поступило
9 XI 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. Г. Холодный, Бюлл. МОИП, отд. биол., 53, в. 1 (1948). ² Н. Г. Холодный, ДАН, 62, № 6 (1948).