

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Е. И. РАТНЕР

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОРНЕЙ С КОЛЛОИДАМИ ПОЧВЫ КАК ОДНА
ИЗ ПРОБЛЕМ ФИЗИОЛОГИИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ
РАСТЕНИЙ**

РОЛЬ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ

(Представлено академиком А. Н. Бахом 28 XI 1944)

Способность растения удерживать поглощенные им катионы от десорбции их почвой падает от надземных органов к корням (¹, ²). Наименьшая удерживающая способность у корней соответствует их роли аппарата, снабжающего надземные органы растения. При благоприятных условиях обеспечения растения минеральными элементами, в частности катионами, эта особенность корневой системы обуславливает легкую отдачу поглощенных минеральных веществ (так же как и воды) в надземные органы.

Однако, при наличии во внешней среде конкурента по связыванию тех или иных катионов в виде почвенных коллоидов, слабая удерживающая способность корней является фактором, затрудняющим снабжение растения этими катионами, а, в известных условиях, и создающим предпосылки для перемены направления движения катионов: вместо направления почва — растение на направление: растение — почва.

Вся жизнь корневой системы как органа снабжения растения минеральными веществами, а в значительной мере и как органа снабжения его водой, проходит в естественных условиях под знаком этого отношения между корнями, надземными органами растения и коллоидами почвы.

Многочисленные наши опыты показали (², ³, ⁴), что такие свойства резко выраженного конкурента растению в связывании катионов почвенные коллоиды приобретают при высоком насыщении их Na. Для обоснованной трактовки этого явления как явления конкуренции двух коллоидных систем, представлялось необходимым выяснить, каковы отличия во влиянии Na на обмен катионов в растении при нахождении его во внешней среде в коллоидном комплексе почвы и в виде растворимой соли. Нам казалось, что метод работы с отрезанными корнями, принятый американскими исследователями, мало пригоден для решения подобных вопросов, так как он не вскрывает существа происходящих изменений во взаимоотношении корней с надземными органами растения и поэтому приводит к противоречивым результатам.

Излагаемые ниже опыты проведены с ячменем сорта «Винер 01163», который выращивался в водных культурах на смеси Гельригеля, приготовленной на водопроводной воде, и был взят в опыт в 13-дневном возрасте. До этого питательный раствор сменялся два раза. Растения после отмывания их корней от питательного раствора

дистиллированной водой помещались корнями на следующие среды: 1) на суспензию почвы (100 г на 800 см³ воды), содержащей среди обменных катионов 10 м-экв. Na, 3,6 м-экв. Ca и 3,9 м-экв. Mg; насыщение почвы этими катионами велось до pH около 7,2; 2) на раствор NaCl (800 см³), содержащий 10 м-экв. Na; 3) на раствор NaCl + CaCl₂ + MgCl₂, содержащий соответствующие первому варианту количества катионов Na, Ca и Mg, и 4) на дистиллированную воду (800 см³).

На сосуд взято было по 50 растений при двукратной повторности. Опыт имел две серии. В одной из них взаимодействие корней с указанными средами продолжалось всего лишь 3 минуты, после чего корни отмывались немедленно дистиллированной водой и надземные органы отделялись от корней; далее те и другие высушивались и поступали в анализ. В другой серии взаимодействие корней с указанными средами продолжалось 23 часа при систематическом продувании воздуха каждый час по 10—15 минут (с перерывом на ночь).

Таблица 1

Варианты опыта	Сухой вес растений в г на сосуд		Содержание K в растениях в мг на сосуд		
	корни	надземные органы	корни	надземные органы	всего
Растения помещены на 3 минуты:					
на дистиллированную воду (кон- троль)	0,78	2,20	21,1	110,5	131,6
на суспенз. почвы	0,81	2,31	13,7	110,8	124,5
на раствор NaCl	0,80	2,29	16,4	109,3	125,7
на раствор NaCl + CaCl ₂ + MgCl ₂ .	0,79	2,19	18,0	110,5	128,5

В табл. 1 приводятся результаты первой серии опыта. Из таблицы видно, что уже 3-минутного взаимодействия с почвенной суспензией оказалось достаточным для резко выраженной десорбции K из корней. Однако этот же эффект, хотя и в менее резко выраженной степени, мы обнаруживаем и в случае взаимодействия с растворенными солями. Таким образом, при такой постановке опыта, при которой явления обмена ограничиваются только корневой системой, не затрагивая надземных органов, мы не улавливаем специфических особенностей коллоидного комплекса почвы как возможного конкурента растению.

В табл. 2 приводятся результаты второй серии опыта.

И здесь потери корнями K, так же как и Ca, очень велики, (по сравнению с контролем). Однако природа этих потерь совершенно различна при взаимодействии корней с растворами солей и при взаимодействии их с суспензией почвы.

В первом случае, так же как и в случае помещения растений на дистиллированную воду, весь потерянный корнями K обнаруживается в надземных органах, которые за 23 часа опыта (опыт проводится на свету) увеличились в весе на 17—20%. Таким образом, растения за этот период времени поглотили обратно и тот калий, который выделился из корней в первые минуты взаимодействия их с раствором NaCl. Поглощающая деятельность интенсивно растущих проростков оказалась значительно более мощным фактором, чем вытесняющее действие иона Na из раствора NaCl. Сходную картину мы обнаруживаем и в отношении Ca, с той только разницей, что потери его из корней лишь в какой-то части обязаны передви-

Таблица 2

Варианты опыта	Сухой вес растений			Содержание К в мг на сосуд			Содержание Са в мг на сосуд		
	корни в г на сосуд	надземные органы		корни	надземные органы	всего	корни	надземные органы	всего
		в г на сосуд	в % от контроля						
Перед опытом (контроль)*	0,78	2,20	100	21,1	110,5	131,6	19,5	23,0	42,5
После помещения на 23 часа:									
на дистилл. воду	0,78	2,64	120	16,7	117,9	134,6	13,4	25,5	38,9
на суспенз. почвы	0,79	2,63	120	11,7	101,0	112,7	8,2	19,0	27,2
на раствор NaCl	0,79	2,59	117	13,2	117,7	130,9	13,4	23,9	37,3
на раствор NaCl + CaCl ₂ + MgCl ₂	0,76	2,57	117	—	—	—	17,8	24,7	42,5

* Контролем служили растения, помещенные на 3 минуты на дистиллированную воду.

жению его в надземные органы, а частично — и выделению его наружу. Последнее объясняется тем, что молодые растения накапливают в надземных органах Са значительно менее интенсивно, чем К⁽²⁾.

Совершенно иную картину мы имеем при взаимодействии корней с суспензией почвы. В этом случае анализ обнаруживает потерю К и Са не только корнями, но и надземными органами, несмотря на одновременно идущий интенсивный рост этих органов.

Таким образом, лишь при такой постановке опыта, при которой в реакции взаимодействия с коллоидами почвы вовлекаются не только корни, но и надземные органы растения, специфичность почвенных коллоидов как возможных конкурентов растению в связывании катионов выявляется с полной отчетливостью.

Рассмотренный процесс передвижения катионов из надземных органов во внешнюю среду при взаимодействии корней с коллоидами почвы, высоко насыщенными Na, нам удалось проследить во времени и в другом опыте с озимой пшеницей «Лютесценс 329», проведенном в условиях, близких к описанным выше. Растения взяты были в опыт в 27-дневном возрасте. До этого они находились на смеси Гельригеля на водопроводной воде при однократной смене раствора. Результаты этого опыта приводятся в табл. 3.

Таблица 3

Варианты опыта	Сухой вес растений в г на сосуд		Содержание Са в мг на сосуд		
	корни	надземные органы	корни	надземные органы	всего
Растения помещены на 36 час. на дистиллированную воду (контроль)	2,03	9,00	14,2	58,7	72,9
Растения помещены на суспензию почвы, насыщенной на 30% Са + 70% Na:					
на 3 минуты	2,06	8,66	5,4	57,0	62,4
на 36 часов	1,93	8,82	8,5	44,9	53,4

Из табл. 3 видно, что первые минуты взаимодействия корней с почвенной суспензией характеризуются резкой потерей Са корнями, не затрагивающей еще надземные органы. Однако вслед за этим, в результате резко нарушенного равновесия в распределении Са между надземными органами и корнями, устанавливается обратный ток этого катиона из надземных органов в корни и далее во внешнюю среду. При этом содержание Са в корнях даже несколько повышается по сравнению с тем, что обнаруживается в них после первых минут взаимодействия с почвенной суспензией.

Интересно отметить, что при известных условиях в растении может одновременно идти восходящий ток данного катиона, например Са, через одну часть корневой системы, находящуюся в условиях, благоприятных для поглощения этого катиона растением из почвы (высокая насыщенность коллоидного комплекса почвы Са), и нисходящий ток того же катиона через другую часть корневой системы, находящуюся в условиях, благоприятных для десорбции его почвой из растения (низкая насыщенность почвы Са при высокой насыщенности ее Na). Такой случай может иметь место при размещении различных частей корневой системы в различных горизонтах солонцевой почвы, и на этом может основываться мелиорирующее действие живого растения на солонцах (2).

Как показали в дальнейшем анализы корней из этого опыта, детальное описание которого можно найти в специальном сообщении (2), в основе рассматриваемого явления лежит значительная разница в насыщенности Са той части корневой системы, которая находилась в контакте с легко доступным источником этого катиона (почва, насыщенная Са), и той части корневой системы, которая находилась в контакте с почвой, слабо насыщенной Са и высоко насыщенной Na. В результате одна часть корневой системы выступала в роли агента, снабжающего надземные органы Са, между тем как другая часть отнимала Са от надземных органов, передавая его более сильному акцептору, каким в данном случае являлась почва, высоко насыщенная Na. Таким образом, растение могло осушествить некоторую переброску Са из одной почвы в другую.

Указанное явление находит себе аналогию в наблюдениях Бризила (5) и Чиждова (6), обнаруживших способность растений перебрасывать воду в сухую почву при размещении одной части корней в сухой почве, а другой — в среде, богатой легко доступной водой. Повидимому, и это явление можно трактовать как результат конкуренции коллоидов почвы и корневой системы в связывании воды; конкуренцию же отдельных частей корневой системы с надземными органами можно рассматривать в этом процессе как срединное звено.

Институт физиологии растений
им. К. А. Тимирязева
Академии Наук СССР

Поступило
28 XI 1944

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Е. И. Ратнер, ДАН, XLIII, № 3 (1944). ² Е. И. Ратнер, Почвоведение, № 4—5 (1944). ³ Е. И. Ратнер, Изв. АН СССР, серия биол., № 5—6, 1153 (1938). ⁴ Е. И. Ратнер, ДАН, XLII, № 7 (1944). ⁵ J. F. Breazeale, Univ. of Arizona, Agr. Exp. Stat. Bull., No. 29 (1930). ⁶ Б. А. Чиждов, Изв. АН СССР, сер. биол., № 4, 555 (1940).