

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

И. А. ГЕЛЛЕР

О КОРНЕВЫХ ВЫДЕЛЕНИЯХ РАСТЕНИЙ

(Представлено академиком А. Л. Курсановым 15 II 1954)

Классическими исследованиями И. С. Шулова ⁽¹⁾ в водных культурах в стерильных условиях было установлено, что корни растений выделяют во внешнюю среду различные органические соединения (органические кислоты). Аналогичные результаты были получены также другими исследователями ⁽²⁾.

Однако из этих опытов оставалось неясным, являются ли корневые выделения продуктами отброса организма или они могут быть использованы растением, но переходят во внешний раствор в результате воздействий условий внешней среды. Некоторые авторы ⁽³⁾ считали, что сахара и другие органические соединения в присутствии корней растения могут образоваться не за счет корневых выделений, а в результате процесса гидролиза веществ клеточных стенок.

В последнее время вопрос о корневых выделениях растения был поднят К. И. Рудаковым ⁽⁴⁾, который отмечает ряд методических неточностей, имевших место в работе Шулова и ставит под сомнение достоверность доказательств наличия корневых выделений у растений. При этом он подчеркивает, что даже при полной стерильности питательного раствора во время роста культуры в раствор неизбежно попадают отмершие корневые волоски и отдельные корешки, при автолизе которых могут образоваться сахара и органические кислоты.

В наших исследованиях мы исходили из высказанных ранее С. П. Костычевым ⁽⁵⁾ положений, что силой, движущей корневые выделения, является разность концентраций растворимых веществ в клетках корня и во внешнем растворе, а уравнивание этих концентраций вызывает приостановку выделения веществ. По Костычеву, в естественных условиях почвы разность концентраций создается вследствие того, что корневые выделения непрерывно поглощаются микроорганизмами, обитающими в прикорневой зоне растения.

В искусственных опытах такие условия можно создать, в частности, путем обработки корней растворами окислителей. Ранее нами ⁽⁶⁾ было выяснено, что при обработке корней растворами перманганата часть последнего адсорбируется корнями, другая же часть восстанавливается корневыми выделениями, а также органическими веществами поверхности корневой системы. Для определения количества адсорбированного перманганата корни растений промывались в чистой воде и помещались в 0,01 N раствор щавелевой кислоты до полной нейтрализации адсорбированного перманганата. Определяя таким способом количество восстановленного и адсорбированного корнями различных сортов сахарной свеклы перманганата, мы выяснили, что сорта свеклы урожайного и сахаристого направлений мало отличаются по величине адсорбционной поверхности корневой системы, но резко отличаются по способности восстанавливать KMnO_4 . Корни ростков свеклы сахаристого направле-

ния значительно сильнее восстанавливают перманганат (на 30—40%) по сравнению с сортами урожайного направления. Эти факты в известной мере подтверждают мнение С. П. Костычева о том, что количество корневых выделений зависит от разности концентраций. При более высокой концентрации сахаров в корнях свеклы сахаристого направления количество корневых выделений у них также выше, чем у сортов урожайного направления при одинаковых условиях внешней среды.

Дальнейшие исследования показали, что при обработке корней растения растворами перманганата происходит окисление корневых выделений, кроме того, часть растворимых соединений клеток корня переходит во внешний раствор и реагирует с перманганатом. Об этом свидетельствует тот факт, что с повышением концентрации перманганата восстановительная способность корней повышается, но если затем произвести вторичную обработку, то при этом восстановительная способность корней резко падает, причем тем сильнее, чем выше была концентрация перманганата во время первой обработки. В табл. 1 приведены результаты опытов с 12-дневными ростками озимой пшеницы, выращенными в песке на питательной смеси Гельригеля. Отмытые от песка корни растений подвергались обработке в течение 1 мин. растворами перманганата различных концентраций (0,05; 0,01 и 0,005 N), после чего путем обработки корней раствором щавелевой кислоты определялось количество адсорбированного перманганата. Через 20 мин. после первой обработки корни вторично обрабатывались слабым раствором перманганата (0,005 N).

Таблица 1

Количество перманганата, адсорбированного и восстановленного корнями озимой пшеницы в последовательных обработках (мл 0,005 N KMnO_4 на 100 г корней)

Концентрация перманганата	После первой обработки перманганатом			После второй обработки перманганатом		
	адсорбировано	восстановлено	всего	адсорбировано	восстановлено	всего
0,05 N	203	587	790	63	103	166
	208	593	801	65	110	175
0,01 N	160	390	550	66	136	202
	155	388	543	69	139	208
0,005 N	107	310	417	77	180	257
	111	314	425	80	183	263

Как видно из данных табл. 1, если при первой обработке применялись концентрированные растворы, тогда при последующей обработке восстановительная способность корней понижалась. Это можно объяснить тем, что концентрированные растворы перманганата извлекали из клеток корня больше растворимых органических соединений, чем слабые растворы. Если период между первой и второй обработкой удлинить до 24 или 48 час., то за это время поверхностные слои клеток корневой системы пополняются растворимыми органическими соединениями, вследствие чего способность корневой системы восстанавливать перманганат вновь повышается. В наших опытах мы обрабатывали 10-дневные ростки ячменя, выращенные в песке на питательной смеси Гельригеля. 0,005 N растворами перманганата в течение 1 мин. последовательно несколько раз. Каждая последующая обработка производилась через 20 мин. Затем ростки помещались в питательный раствор, и через 48 час. вновь была определена способность корней восстанавливать растворы перманганата. Одновременно учитывалось количество нитритов, появлявшихся в растворе.

В опытах применялся питательный раствор следующего состава (на 1 л воды в г): $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 1,18; NaNO_3 0,5; KCl 0,2; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,61; $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,004; $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 0,3; H_3BO_3 0,05; CaCO_3 0,1.

Таблица 2

Количество перманганата, восстановленного корнями мячменя в последовательных обработках, и образование нитритов в питательном растворе

Варианты опыта	Восстановлено в мл 0,005 N KMnO_4 на 100 г корней						Нитриты в мг на 1 л раствора
	1-я обработка	2-я	3-я	4-я	сумма	через 48 час.	
Контроль	—	—	—	—	—	394	2,35
Предварительные обработки 0,005 N KMnO_4	—	—	—	—	—	401	2,39
Одна обработка	383	—	—	—	383	298	1,79
	394	—	—	—	394	301	1,82
Две обработки	382	135	—	—	517	233	1,24
	378	141	—	—	519	244	1,18
Три обработки	380	134	119	—	633	227	0,83
	373	129	117	—	619	223	0,81
Четыре обработки	389	142	124	98	753	161	0,35
	392	147	119	87	745	164	0,39

При вторичной обработке корней через 20 мин. после первой способности их восстанавливать перманганат уменьшается в 2—3 раза, но через 48 час. эта способность вновь повышается и составляет уже примерно 75—80% к исходному. При каждой последующей обработке способность корней восстанавливать растворы перманганата понижается и все более медленными темпами приближается к исходному состоянию.

Таблица 3

Влияние предварительной обработки перманганатом корней озимой пшеницы на динамику нитритов в питательном растворе

Варианты опытов	Нитриты в мг на 1 л раствора		
	через 24 часа	через 48 час.	через 96 час.
Контроль	0,49 0,53	2,64 2,70	4,62 4,64
Обработка корней раствором KMnO_4 0,005 N	0,33 0,35	2,31 2,29	3,30 3,33
0,01 N	0,29 0,27	1,98 2,00	2,93 2,97
0,05 N	0,16 0,18	1,09 1,12	2,56 2,53
0,1 N	0 0	0,49 0,53	0,89 0,95

Результаты этого опыта также показывают, что появление нитритов в питательном растворе изменяется параллельно изменению способности корней восстанавливать перманганат, т. е. зависит от корневых выделений.

Аналогичные результаты получены при обработке корней растений растворами перманганата различных концентраций. Более высокие концентрации перманганата извлекают из корней больше растворимых органических соединений, вследствие чего в питательном растворе оказывается меньше нитритов, чем при обработке корней слабыми растворами. В наших опытах 15-дневные ростки озимой пшеницы обрабатывались растворами перманганата в течение 1 мин., затем щавелевой кислотой нейтрализовался адсорбированный корнями перманганат, после чего корни тщательно промывались в воде и помещались в питательный раствор вышеуказанного

состава. Аналогичные результаты получены в опыте с 12-дневными ростками гороха и других культур.

Таким образом, обрабатывая корни растений несколькими растворами перманганата или применяя различные по концентрации растворы перманганата, можно извлечь из корней растений различные количества растворимых органических соединений, в зависимости от чего проявляется способность корней восстанавливать нитраты в нитриты. В тех случаях, когда из корней предварительно извлекалось большее количество растворимых органических соединений, способность восстанавливать нитраты в нитриты пропорционально уменьшалась.

Следовательно, процесс восстановления нитратов в нитриты в питательном растворе зависит от количества (а также, надо полагать, и качества) корневых выделений.

Независимо от того, происходит ли процесс восстановления нитратов в нитриты при участии микроорганизмов ризосферы или этот процесс осуществляется ферментами поверхности корней растения, источником энергии для осуществления этого процесса в условиях, когда растение выращивается в минеральной питательной среде, является всегда само растение. Судя по динамике накопления нитритов в питательном растворе в различных вариантах опыта (табл. 3), можно прийти к выводу, что корневые выделения переходят в питательный раствор постепенно, и если предварительно тем или иным путем уменьшить содержание растворимых органических веществ в корне, то это приводит к уменьшению количества корневых выделений и, соответственно, к торможению процесса восстановления нитратов в нитриты. С течением времени клетки корня вновь пополняются растворимыми органическими соединениями, восстановительная способность их повышается и при этом увеличивает содержание нитритов в питательном растворе.

Таким образом, количество корневых выделений растений, как отметил в свое время С. П. Костычев, зависит прежде всего от разности концентраций веществ во внешнем питательном растворе и в клетках корня. Поэтому, изменяя концентрации растворимых органических веществ в корне, а также во внешнем растворе, можно практически влиять на количество корневых выделений.

Имея в виду, что корневые выделения резко влияют на азотный режим питательного раствора и, соответственно, на азотное питание растения, необходимы дальнейшее детальное изучение природы корневых выделений и разработка практических мероприятий по регулированию этого явления.

Поступило
18 VIII 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ И. С. Шулов, Исслед. в области физиол. питания высших растений, М., 1913.
² Т. Димиденко, Научно-агрон. журн., № 7—8, 528 (1928). ³ Ф. В. Чириков, Журн. опын. агрон., 17, 293 (1916). ⁴ К. И. Рудаков, Микроорганизмы и структура почв, М., 1951. ⁵ С. П. Костычев, Физиология растений, 2, 1933, стр. 112.
⁶ И. А. Геллер, Е. Г. Харитон, ДАН, 75, № 1, 127 (1950).