

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Е. И. РАТНЕР и Т. А. АКИМОЧКИНА

**ПРИМЕНЕНИЕ ИЗОТОПНОГО МЕТОДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ
СКОРОСТИ ОСВОЕНИЯ РАСТЕНИЯМИ ОЧАГОВ УДОБРЕНИЙ,
РАЗЛИЧНО РАСПОЛОЖЕННЫХ В ПОЧВЕ ПО ОТНОШЕНИЮ
К ВЫСЕВАЕМЫМ СЕМЕНАМ**

(Представлено академиком В. Н. Сукачевым 8 VIII 1952)

Вопрос о скорости продвижения корней проростков к очагам удобрений, расположенным в почве на различном расстоянии от семян, давно уже вызывает интерес в связи с задачей рационализации техники внесения удобрений, в частности техники внесения удобрений в рядки при посеве. Однако до последнего времени мы не имели метода, который позволил бы сколько-нибудь точно установить момент встречи корешка с очагом удобрений.

В настоящее время для решения этого вопроса может быть с успехом применен метод меченых атомов, в частности с применением радиоактивного фосфора (P^{32}), который после попадания в корневую систему весьма быстро передвигается в надземные органы (листья), где может быть обнаружен количественно путем учета радиоактивности этих органов.

В табл. 1 приводятся результаты определения при помощи счетчика Гейгера — Мюллера радиоактивности листьев 4-дневных проростков овса, помещенных корнями на раствор Na_2HPO_4 , содержащий P^{32} (около 50 μ С/л). Листья для анализа брались через различные сроки после погружения корней в раствор с P^{32} .

Из табл. 1 видно, что уже через 20 мин. после «встречи» корней с источником P^{32} листья обнаруживают заметную активность, которая в дальнейшем все более возрастает по мере поступления P^{32} в надземные органы.

Учитывая это обстоятельство, мы в дальнейшем заложили опыт в больших четырехугольных железных сосудах, размером 31 × 25 × 26 см, вмещавших около 20 кг слабо-подзолистой почвы Долгопрудной агрохимической опытной станции, с внесением радиоактивного фосфора на различном расстоянии от высеваемых семян. Раствор P^{32} вносился из пипетки равномерно по каплям в специальные бороздки, сделанные в почве на различном удалении вглубь и в сторону от рядка семян, параллельно ему. Рядок семян высевался в середине сосуда, вдоль его длинной стороны. После внесения фосфора бороздки закрывались почвой и про-

Таблица 1

Поглощение P^{32} 4-дневными проростками овса

Время после погружения корней в раствор с P^{32}	Число импульсов на 1 г сырого веса листьев в 1 мин.
15	0
20	251
25	278
30	6418
90	16942
120	32776

изводился посев (при внесении фосфора в рядок под семенами на глубине 16 см соответствующий слой почвы предварительно снимался и после внесения фосфора вновь насыпался).

Всего на сосуд внесено было количество Na_2HPO_4 , отвечающее радиоактивности в $6 \mu\text{C}$, и около 0,5 мг общего содержания P_2O_5 на сосуд. Учитывая ничтожную величину общей дозы вносимого фосфата, равномерное распределение его по всему рядку и достаточно выраженную способность взятой для опыта почвы к фиксации фосфат-ионов, можно было быть уверенным, что все внесенное количество P^{32} осталось в месте своего внесения, без существенной миграции в сторону или вглубь. Влажность почвы была доведена до заданной величины, 60% от ее полной влагоемкости, еще до внесения раствора с P^{32} . Опытное растение — овес «Победа». Спустя 3 дня после появления всходов начато было ежедневное (позднее — реже) определение радиоактивности в листьях овса.

Вначале для анализа брался только первый лист (других еще не было). С 22 IX брались уж первый и третий, а с 4 X — второй и третий листья. В случае пары листьев в таблице приводятся максимальные показания для каждой данной пары (см. табл. 2).

Вес листьев одного и того же яруса по различным вариантам опыта обнаруживал лишь небольшие различия.

В табл. 2 радиоактивность листьев, выраженная в числе импульсов на 1 г сырого веса в 1 мин., показана с поправкой на радиоактивность фона и с поправкой на распад P^{32} к каждому последовательному сроку наблюдения

Из табл. 2 наглядно видно, что при внесении P^{32} под семена с прослойкой почвы всего в $1/2$ см листья обнаруживают весьма высокую радиоактивность уже в первый срок определения (т. е. через 3 дня после появления всходов). Ни при каких других методах внесения P^{32} столь высокая радиоактивность, т. е. столь интенсивное поступление фосфорной кислоты в молодые проростки, не наблюдается. Даже смещение рядка удобрения от рядка семян всего на 3 см в сторону и на 3 см вглубь сильно задерживает поступление P^{32} в проростки — радиоактивность листьев, особенно в первые 10—15 дней после всходов, в десятки раз уступает радиоактивности их у растений, получивших P^{32} на глубине 0,5 см под семенами. Однако встреча корешка с источником P^{32} происходит здесь все же довольно рано — заметная, хотя и не особенно устойчивая, радиоактивность листьев отмечается уже в первые дни наблюдения *; спустя же 19—20 дней после всходов она достигает значительной и устойчивой величины.

Дальнейшее смещение рядка удобрения на 5 см в сторону от рядка семян, вместо 3 см, ведет уже к сильному запозданию встречи корешка с удобрением: первые, весьма неустойчивые и слабо выраженные признаки радиоактивности листьев обнаруживаются только через 10 дней после появления всходов; интенсивное поглощение фосфорной кислоты и соответствующее этому значительное повышение радиоактивности листьев отмечается здесь лишь через месяц после всходов. Наконец, при смещении рядка удобрения от рядка семян на 7 см в сторону и 3 см вглубь сколько-нибудь заметная радиоактивность в листьях обнаружена лишь в отдельных растениях, притом в поздние сроки.

Большой интерес представляет последний вариант опыта с внесением P^{32} в рядок под семенами на глубине 16 см. В этом случае устойчивая и заметная радиоактивность обнаруживается в листьях уже на 5-й день после появления всходов, т. е. значительно раньше и устойчивее, чем при помещении этого рядка на глубине 3 см от семян, но в сторону от него на 5 или 7 см.

* Следует учесть, что в каждый срок определения листья брались с другого растения, так что колебания цифр отражают в известной мере и индивидуальные особенности отдельных проростков, различную интенсивность развития их корневых систем.

Таблица 2

Поглощение R_{32} проростками овса при различном размещении источника фосфора по отношению к семенам (Посев — 4 IX 1951 г.; появление всходов — 10 IX 1951 г.; число импульсов на 1 г сырого веса листьев в 1 мин.)

Расположение источника R_{32} по отношению к рядку семян	Число импульсов на 1 г сырого веса листьев в 1 мин.													
	13 IX	14 IX	15 IX	17 IX	18 IX	19 IX	20 IX	22 IX	25 IX	29 IX	2 X	4 X	8 X	13 X
Под рядком на $1/2$ см вглубь	22236	32063	23742	37294	37944	43471	30954	32878	59200	19835	32460	42352	16269	—
На 3 см в сторону и 3 см вглубь	967	204	564	0	0	7098	247	1250	667	9423	9603	11629	10798	—
На 5 см в сторону и 3 см вглубь	0	0	0	0	0	0	155	150	0	0	606	0	7531068/4	—
На 7 см в сторону и 3 см вглубь	0	0	0	0	0	0	100	88	0	0	0	0	1986	0
Под рядком на 16 см вглубь	0	0	481	1698	2341	564	3844	600	1270	239	137	0	2316	778

Таблица 3

Поглощение R_{32} проростками овса в зависимости от различного размещения источника и источника фосфора по отношению к семенам, влажности почвы и сопутствующего внесения азота.
(Посев I VII; появление всходов 5 VII 1951 г.; число импульсов на 1 г сырого веса листьев в 1 мин.)

	Первый лист								Второй лист								Третий лист		
	8 VII	10 VII	12 VII	14 VII	16 VII	18 VII	20 VII	21 VII	22 VII	23 VII	24 VII	26 VII	27 VII	28 VII	29 VII	30 VII	31 VII	1 VIII	2 VIII
R_{32} непосредственно под семенами	11096	12814	8492	13275	2738	3371	6965	4983	4500	5864	6478	5000	6150	8971	12881	5965	32604	8484	10555
R_{32} на 6 см в сторону и 4 см вглубь от рядка семян	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	410	0	0	236	840	209	1367	479	1368
$R_{32} + NH_4NO_3$ на 6 см в сторону и 4 см вглубь от рядка семян	0	0	0	0	0	0	0	0	219	0	280	1297	1375	1327	2830	656	917	673	534

Влажность почвы 60% от полной влагоемкости

R_{32} на 6 см в сторону и 4 см вглубь от рядка семян	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	368	0	0	2000	436	290	547	579	857
$R_{32} + NH_4NO_3$ на 6 см в сторону и 4 см вглубь от рядка семян	0	0	0	0	0	358	1187	0	0	612	0	781	0	508	14744	3589	3816	4255	7466

Влажность почвы 40% от полной влагоемкости

R_{32} на 6 см в сторону и 4 см вглубь от рядка семян	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	368	0	0	2000	436	290	547	579	857
$R_{32} + NH_4NO_3$ на 6 см в сторону и 4 см вглубь от рядка семян	0	0	0	0	0	358	1187	0	0	612	0	781	0	508	14744	3589	3816	4255	7466

Быстрота проникновения корней к очагу удобрения и интенсивность его освоения ими зависит от ряда факторов, в числе которых важнейшее значение имеют температура, влажность и аэрация почвы. Существенное значение, как это показано было в свое время исследованиями А. В. Соколова (1), имеет также и состав удобрений в данном очаге.

Изложенный выше опыт проводился осенью при сравнительно низкой температуре воздуха (порядка 10—15°) и при одной и той же влажности почвы, равной 60% от полной влагоемкости.

В табл. 3 изложены результаты аналогичного опыта с той же почвой и тем же растением, проводившегося в июле, при температуре воздуха 20—25°, при двух различных величинах влажности почвы (40 и 60% от полной влагоемкости) и при внесении в рядок не только одного фосфата с P^{32} , но, по некоторым вариантам опыта, также и небольшой дозы азота (200 мг на сосуд в форме гранулированной аммиачной селитры). Анализ на радиоактивность вначале подвергался первый лист, позднее второй, а еще позднее — третий.

Из табл. 3 видно, что и при более благоприятной температуре почвы отодвигание источника P^{32} на 6 см в сторону и 4 см вглубь от рядка высеянных семян привело к тому, что период между появлением всходов и моментом встречи корешка с источником P^{32} был растянут до трех недель. Практически до начала кущения и, повидимому, до появления вторичной корневой системы внесенный радиоактивный фосфор оставался в этих условиях вне досягаемости корней проростков.

Влажность почвы, в пределах взятых градаций ее (40 и 60% от полной влагоемкости), не оказала существенного влияния на скорость продвижения корней к источнику P^{32} . Заметное положительное влияние оказало в этом отношении помещение в рядок, помимо фосфора, также и азота. В этом случае, особенно при пониженной влажности почвы, радиоактивность в листьях обнаруживается раньше и выражена она более высокими цифрами, чем в отсутствие азота. Однако и здесь, в лучшем случае, встреча корешка с источником P^{32} обнаруживается лишь через 2 недели после всходов.

На основе имеющихся литературных данных, недавно дополненных интересными работами А. Г. Шестакова и Е. М. Ноздруновой (2), можно допустить, что в случае почвы, бедной доступной фосфорной кислотой, столь длительное голодание проростков в отношении этого элемента питания должно существенно отразиться на развитии растений, их конечном урожае и его качестве.

Таким образом, изложенные опыты убеждают нас в том, что наилучшее использование проростками небольших доз фосфатов, вносимых при посеве в рядки, имеет место при помещении фосфата в непосредственной близости к семенам, или при очень небольшом удалении от них (на случай засухи).

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

Поступило
8 VIII 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. В. Соколов, Распределение питательных веществ в почве и урожай растений. Изд. АН СССР, 1947. ² А. Г. Шестакова, Е. М. Ноздрунова, ДАН, 78, № 2, 335 (1951).