

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Е. И. РАТНЕР

**О ПУТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТЕНИЯМИ ПОГЛОЩЕННОГО
ПОЧВОЮ КАЛИЯ***(Представлено академиком В. Н. Сукачевым 28 IX 1953)*

В природных условиях содержание поглощенного калия в почве и степень насыщенности ее этим катионом обычно весьма незначительны. Вследствие этого для использования растениями почвенного калия имеет решающее значение наличие непосредственного контакта между усваивающими корешками и частичками почвы (1).

В зоне контакта растение может поглощать калий не только из свободно циркулирующего почвенного раствора, но также и из окружающих высокодисперсные почвенные частички водных пленок, в которых концентрация калия значительно выше, чем в свободно циркулирующем почвенном растворе, и из которых этот катион может избирательно поглощаться корнями в обмен на водород, всегда имеющийся на поверхности метаболически активных корней в обменнспособном состоянии. Только в зоне контакта может иметь место также и использование растениями необменного калия почвы, мобилизуемого под воздействием на твердую фазу почвы как самих корней, так и окружающих корни микроорганизмов (силикатные бактерии). Отсюда вытекает исключительное значение для питания растений калием из почвы мощности развития корневой системы и ее биологической активности.

В недавней работе Ф. В. Чирикова (2) было показано, что в известных условиях, при воздействии на почву других катионов из питательной смеси Прянишникова, поглощенный калий из почвы, слабо насыщенной этим катионом, может быть вытеснен в раствор и использован растениями и в отсутствие прямого контакта между корнями и почвой.

Эти исследования представляют интерес в том отношении, что они показывают возможность вытеснения в раствор поглощенного калия даже из слабо насыщенной им почвы в очагах попадания в почву комочков минеральных удобрений, содержащих другие катионы. Однако этими опытами не разрешается вопрос о значении непосредственного контакта между корнями и почвой для использования растениями поглощенного калия в естественных условиях, где концентрация других катионов в почвенном растворе обычно бывает ничтожна.

Для ответа на этот вопрос на основе той же методики, какой пользовался Ф. В. Чириков, нами были проведены некоторые опыты с сохранением принципа этой методики, но с той только разницей, что возможность воздействия на почву катионов солей, вносимых с питательной смесью Прянишникова, была устранена. Для этой цели в опыте совмещен был метод перколяции, разработанный в свое время М. К. Домонтовичем и В. А. Полосиным (3), с методом изолированного питания, разработанным Слезкиным и позднее усовершенствованным И. С. Шуловым (4). Сущность применявшейся методики видна из схемы на рис. 1.

Молодые проростки кукурузы Стерлинг помещались на грань небольшого стеклянного цилиндрического сосуда, вставленного в другой сосуд

большого размера, имеющего отверстие в дне. При этом корни каждого проростка разделялись на две пряди, из которых одна направлялась во внутренний сосуд, а другая во внешний. Внутренний сосуд во всех случаях заполнялся кварцевым песком, в который вносилась питательная смесь Прянишникова в 1½ норме, но лишенная калия. Во внешний сосуд, содержимое которого должно было удовлетворить потребность растений в калии, вносился также песок, но при различных условиях.

По одному варианту опыта к песку добавлялось 1,5 кг почвы, калий которой мог, следовательно, быть использован растениями при наличии непосредственного контакта между корнями растений и частичками почвы.

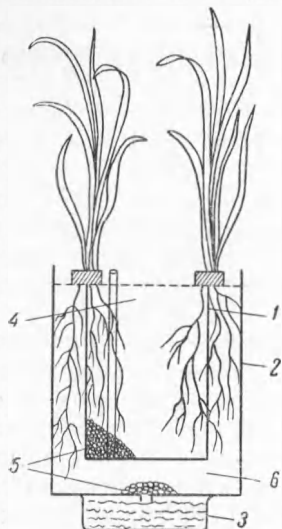


Рис. 1. 1 — внутренний сосуд, 2 — наружный сосуд, 3 — поддонник для приема жидкости, 4 — песок с питательной смесью Прянишникова без калия, 5 — гравий, 6 — песок или песок + почва

По другому варианту во внешний сосуд вносился только песок. Для снабжения же растений калием этот песок поливался раствором, полученным после промывания водой такой же смеси песка с почвой, как и в предыдущем варианте. Эта смесь, помещенная в такой же точно сосуд и в таких же условиях (но без растений), промывалась водой до тех пор, пока в приемнике не накапливалось около литра жидкости, после чего этой жидкостью (перколятом) поливался песок во внешнем сосуде с растением. Вытекавшая из песка жидкость, доведенная до литра водой, вновь пропусклась через ту же почвенно-песчаную смесь; полученный перколят возвращался опять в тот же сосуд с растениями и т. д. Таким образом, сосуды с растениями и сосуды с почвенно-песчаной смесью без растений непрерывно обменивались растворами в течение всего опытного периода. В этих условиях растения могли использовать только тот калий, который вытеснялся из почвы под воздействием содержащихся в почвенном растворе солей, а также под воздействием корневых выделений, которыми обогащался перколят при протекании его через сосуд с растениями.

Наконец, в третьем варианте в песок внешнего сосуда ничего не вносилось и растения могли использовать здесь только те небольшие количества калия, которые могли содержаться в применявшемся для опыта непромытом кварцевом песке.

Чтобы уравнивать все варианты в отношении постоянного промывания субстрата и корней во внешнем сосуде, аналогичное промывание применялось и для внешних сосудов 1-го и 3-го вариантов с той разницей, что перколят возвращался в тот же сосуд (промывание «на себя»).

Внутренний сосуд вмещал 1,5 кг песка, внешний 6,5 кг песка или смесь 5 кг песка и 1,5 кг почвы. Для опыта взяты были две почвы: обыкновенный чернозем из Каменной степи и слабо подзолистая почва Долгопрудной агрохимической опытной станции. Первая из них содержала поглощенного калия около 9 мг, а вторая — около 6 мг на 100 г почвы. Сумма поглощенного кальция и магния составляла, соответственно: 53,6 и 6,38 мг-экв на 100 г почвы. Содержание воднорастворимого калия (при отношении воды к почве, равном 2,5 : 1) было в той и другой почве весьма незначительным: 0,25 и 0,53 мг на 100 г почвы.

30 V в соответствующие сосуды было высажено по три 5-дневных проростка кукурузы, а на следующий день начата была перколяция растворов. Уборка растений произведена была 10 VII, т. е. через 41 день после закладки опыта. К этому времени растения обнаруживали уже явно вы-

раженные признаки недостатка калия по всем вариантам опыта, в контрольных же сосудах (без калия) часть растений совсем погибла. Результаты опыта — вес растений и содержание в них калия — приведены в табл. 1 (средние данные для трех параллельных сосудов).

Таблица 1

Значение контакта между корнями и почвой для
усвоения растениями поглощенного калия почвы

Источник калия	Возд.-сух. вес растения		Содерж. в раст. калия в мг на сосуд	Поглощено растениями калия из почвы	
	в г на сосуд	(б) в % от (а)		в мг на сосуд	(б) в % от (а)
Песок	0,81	—	3,82	—	—
Черноземная почва (а) .	5,47	—	67,09	63,27	—
Перколят из этой же почвы (б)	2,06	38	17,90	14,08	22
Подзолистая почва (а) .	5,34	—	49,00	45,18	—
Перколят из этой же почвы (б)	1,85	35	16,28	12,46	28

Данные табл. 1 не оставляют сомнения в том, что наличие непосредственного контакта между корнями растения и почвенными частичками имело решающее значение для усвоения растениями калия из взятых для опыта почв.

При учете факторов, способствующих вытеснению поглощенного калия почвы в раствор и его усвоению растениями вне прямого контакта между корнями и почвой, особое значение придается воздействию на почву выделяемой корнями углекислоты, насыщающей раствор вблизи корней и на некотором удалении от них. Как нами уже указывалось (1), значение этого фактора действительно велико, однако лишь при достаточно высокой насыщенности почвы калием. При низкой же насыщенности ее калием повышение концентрации углекислоты вблизи корней не может внести коренных изменений в обогащение почвенного раствора калием за счет вытеснения его из поглощающего комплекса почвы.

Для проверки этого положения в применении к взятым нами для описанного выше опыта почвам были проведены лабораторные исследования по следующей методике. Навески указанных почв в 100 г заливались в узких высоких стеклянных банках 250 мл дистиллированной воды. После этого через 2 банки (2-кратная повторность) протягивался в течение 6 час. ток воздуха при частом взмучивании и перемешивании почвы; через 2 других банки в этих же условиях протягивался ток CO_2 . Спустя 6 час. жидкость отфильтровывалась сначала через плотный бумажный фильтр, а затем через мембранный фильтр на воронке Зейца; отмеренное количество фильтрата сгущалось выпариванием на водяной бане, и в сконцентрированном фильтрате определялось содержание калия по усовершенствованному нами (1) микрометоду Крамер и Тисдаль. В исходном фильтрате учитывалось также содержание кальция осаждением щавелевокислым аммонием. Результаты опыта приведены в табл. 2.

Как видно из таблицы, насыщение раствора углекислотой привело к повышению растворимого калия в почве всего лишь на 21—36%, в то время как содержание растворимого кальция в черноземной почве увеличилось при этом в 4 раза. Таким образом, даже в случае почвы с нейтральной реакцией, какой является чернозем, ни повышение концентрации водородных ионов под влиянием углекислоты (снижение pH), ни повышение при этом в 4 раза концентрации кальция в растворе не привело к коренным изменениям в содержании растворимого калия в почве — оно оставалось ничтожным и при насыщении раствора углекисло-

Таблица 2

Влияние углекислоты на переход в раствор калия
и кальция почвы

	Перешло в раствор калия и кальция в мг на 100 г почвы			
	подзолистая почва		черноземная почва	
	К	Са	К	Са
Протягивание воздуха (а)	0,53	11,05	0,25	10,36
Протягивание CO ₂ (б)	0,64	10,75	0,34	40,91
(б) в % от (а)	121	97	136	395

той. В этих условиях ожидать достаточно полного использования растениями поглощенного калия почвы вне прямого контакта между корнями и почвенными частичками не приходится, что и нашло отражение в результатах вегетационного опыта, изложенного выше.

Как указывалось, применявшаяся нами подзолистая почва содержала лишь около 6 мг поглощенного калия на 100 г почвы. С целью изучения значения контакта между корнями и частичками почвы в условиях несколько повышенного богатства почвы поглощенным калием мы воспользовались тем обстоятельством, что служившая нам для опыта подзолистая почва обладала значительной ненасыщенностью основаниями. Обработав эту почву слабым раствором КОН, мы довели содержание в ней поглощенного калия до 19 мг на 100 г, что обычно характеризует почву весьма высокого плодородия в отношении калия. С этой почвой был проведен вегетационный опыт в условиях, аналогичных описанным выше. Проростки кукурузы 4-дневного возраста высажены были в сосуды II VIII. Результаты опыта изложены в табл. 3.

Таблица 3

Значение контакта между корнями и почвой для
усвоения растениями поглощенного калия почвы
(подзолистая почва, обогащенная калием)

Источник калия	Возд.-сух. вес растения		Содерж. в раст. калия в мг на сосуд	Поглощено растениями калия из почвы	
	в г на сосуд	(б) в % от (а)		в мг на сосуд	(б) в % от (а)
Песок	2,04	—	13,99	—	—
Подзолистая почва (а)	7,04	—	138,22	124,23	—
Перколят из этой же почвы (б)	4,58	65	55,76	41,77	34

Цифры таблицы убедительно говорят о том, что и в пределах взятой нами несколько повышенной насыщенности почвы калием (около 8% от суммы всех поглощенных оснований) наличие непосредственного контакта между корнями и частичками почвы имело решающее значение для усвоения растениями этого калия.

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

Поступило
3 IX 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Е. И. Ратнер, Минеральное питание растений и поглощательная способность почв, М.—Л., 1950; Сборн. Проблемы сов. ботаники, 1950, стр. 427. ² Ф. В. Чириков, Изв. АН СССР, сер. биол., № 5, 106 (1951). ³ М. К. Домонтович, В. А. Полосин, Из результ. вегет. опытов и лабор. работ, 15 (1930). ⁴ И. С. Шулов, Исследования в области питания высших растений, М., 1913.