

А. А. Агниян

Поглощение растением зольных элементов, как функция его ассимиляционного аппарата*

Появившаяся в 1940 году первым изданием замечательная книга одного из крупных представителей советской школы физиологов — Д. А. Сабинина [1] „Минеральное питание растений“ избавляет нас от необходимости пространного литературного обзора во вступительной части настоящего сообщения.

Из многочисленных фактов, систематически собранных и критически изложенных Сабининым в этой книге, можно составить определенное мнение о том, что осмотическо-диффузионное представление о механизме поступления зольных элементов в корневую систему растений в настоящее время устарело. Так же устарело представление о растительной клетке, как живом осмотическом аппарате, где протоплазме отводилась пассивная роль полупроницаемой мембраны.

Под влиянием новых экспериментальных данных выдвигается на первый план физико-химическое воззрение, которое рассматривает процессы поглощения, поступления и накопления в растении зольных элементов, а также их дальнейшее распределение в организме с точки зрения *коллоидно-химических закономерностей*. При этом протоплазма рассматривается как регулирующее начало в процессах поглощения, концентрации и дальнейшего распределения в растении электролитов.

Первым актом поступления минеральных веществ, экспериментально доказанным И. Колосовым [2], Д. А. Сабининым и И. Колосовым, является адсорбция их ионов на поверхностном слое растительной клетки с внешней средой. После адсорбции ионов поверхностным слоем клеток на первый план выступает реакция замещения или обмена, когда вместо поступающих извне ионов растительная клетка отдает диссоциированные ионы углекислоты — H и HCO_3 , возникающие в результате дыхания.

Зависимость поглощения электролитов от процесса дыхания экспериментально доказана рядом исследований, например, теоретическим исследованием Бригса (Briggs Д. [4]), в работах Стюарда (Steward F.)

* Статья покойного доктора биологических наук А. А. Агнияна написана в 1946 г. Ввиду того, что она и в настоящее время представляет методический интерес, редакция решила целесообразным опубликовать таковую на страницах „Известий“.

и его сотрудников [5, 6, 7, 8, 9, 10], а также исследованием Гогланда и Брейера (Hoagland D. and Broyer T. [11]).

В результате обменной реакции замещения ионов через пограничный слой протоплазмы—плазмолемму—электролиты проникают в мезоплазму, где, как показано работами Штругера (Strugger S. [12]), Гефлера (Höfler K. [13]) и других в отношении красящих веществ, происходит значительное их накопление. За этим накоплением минеральных веществ в мезоплазме следует их дальнейшее передвижение через тонопласт в вакуоли с клеточным соком, путем десорбции на основе тех же обменных реакций замещения ионов.

По Сабинину [2], в этих процессах дыхание клеток служит источником энергии для концентрации растворенных веществ, обеспечивает возможность обменной адсорбции, поддерживает градиент потенциалов в протопласте и, наконец, создает активизацию молекул компонентов протоплазмы.

Однако не следует забывать, что дыхание растения само по себе является вторичным процессом и в своем осуществлении должно быть в функциональной зависимости от другого процесса—фотосинтеза—или же от деятельности ассимилирующих органов растений. В этой части следует напомнить известное высказывание акад. Д. Н. Прянишникова [14]: *„Так как дыхание клеток корневой системы зависит от притока ассимилятов в корни из листьев, то поглощение минеральных веществ должно находиться в связи с развитием и деятельностью ассимилирующих органов“* (курсив его). С первого взгляда это допущение кажется очевидной истиной, но оно до сих пор почти не получило экспериментального подтверждения. Попытки подтверждения этого положения шли, главным образом, по пути сравнительного изучения поглощения зольных элементов у растений, испытывающих световой голод и находящихся в условиях естественного освещения. Этим путем Н. Г. Потапову [16] удалось констатировать значительное снижение поступления зольных элементов у голодающих и, наоборот, его повышение у живущих при нормальном свете растений.

На наш взгляд, другим, более обнадеживающим путем, по которому впервые мы пошли, является сравнительное изучение поглощения зольных элементов растениями, живущими в нормальных условиях естественного освещения, но обладающими различными, строго определенными величинами ассимилирующих органов.

В этом направлении в 1940—1941 гг. нами был проведен ряд опытов, обработку результатов которых удалось закончить лишь в 1946 г.

В настоящем сообщении приводим некоторые итоги этих исследований.

Методика исследований

Мы разработали метод, названный нами методом трансплантации [18]. Не приводя здесь подробного описания этого метода, ука-

жем лишь его принцип применительно к изучению вопросов минерального питания растений.

Он заключается в трансплантации предварительно подготовленных рассад в возрасте, удобном для прививки растений, перенесенных в вегетационные сосуды с различными комбинациями зольных элементов. Схемы опытов составляются таким образом, чтобы только привитые растения находились в нормальном режиме зольного питания (рис. 1, 2).

На фоне испытываемого режима минерального питания можно скомбинировать потребляющие и ассимилирующие органы растений и следить за их ростом и развитием.

В наших опытах мы, в качестве опытного растения, использовали томат (*Lycopersicum esculentum* Mill.) сорта Эрлиана.

Предварительно подготовленная на смеси Гелльригеля рассада этого растения с 20 мая пересаживалась в стеклянные цилиндры с неоднократно промытым соляной кислотой, водопроводной и дистиллированной водой песком в количестве 4 кг. При набивке цилиндров с песком смешивались водные растворы солей, составляющих компоненты питательной смеси, обозначенной нами выражением $A+N$. Полный ее состав, рассчитанный на 1 кг песка, представляется следующими солями: NH_4NO_3 —0,637, KH_2PO_4 —0,775, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ —0,166, $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ —0,123, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ —0,98, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ —0,0005, $MnSO_4 \cdot 7H_2O$ —0,00575, H_3BO_3 —0,0025 грамма. Молекулярное их соотношение выражено так, как: 1:0,72:0,68:0,07:0,05:0,0003:0,0016:0,005. Исключение азота из смеси в схемах обозначается выражением $A-N$. Этот состав смеси на кг песка содержит 1,30755 г безводных солей, остающихся при озолении.

Корни рассады перед пересадкой освобождались от песка купанием в сосуде с водой, затем неоднократным промыванием водопроводной и дистиллированной водой. В результате получились растения с практически чистыми и неповрежденными корнями. В таком виде средний вес абсолютно сухой массы трех растений составлял 0,693 г при 13,9% зольности.

Вначале пересаживалось 5 растений, после их приживания было оставлено 3 растения на сосуд.

Два растения из них трансплантировались между собой путем сближения, хорошо описанного у Молиша [17]. Вегетационные сосуды с привитыми растениями заранее ставились в фанерные ящики подходящего размера ($35 \times 20 \times 18$ см).

Поливка опытных растений производилась раз в сутки, по утрам, дистиллированной водой по объему в размере 70% от общей влагоемкости песка, принятой за 25% его веса. Все время растения находились в условиях естественного освещения.

Перед уборкой (8 VIII) растения фотографировались, затем на месте прививки, с помощью тупого ножа, отделялись их привитые экземпляры. Надземные органы и корни были собраны отдельно.

Сбор корней производился на сите, с помощью струи воды. Затем корни промывались дистиллированной водой. После осушки во всех образцах корней и надземных органов (за исключением плодов, собранных в течение вегетации) определялся вес сухого остатка при 105°C . После этого производилось смешение их соответствующих образцов, и в них определялась общая зольность. На основании полученных материалов составлены данные, рассчитанные на одно растение (за исключением общей зольности).

Поглощение растением зольных элементов при различных комбинациях его ассимилирующих и потребляющих органов

В проведенных исследованиях мы задались целью прежде всего выяснить значение различных сочетаний ассимилирующих и потребляющих органов растений в процессах поглощения ими зольных элементов. Был проведен специальный опыт по описанному методу на фоне неполного и полного состава минерального субстрата у привитых растений. На рис. 1 зафиксировано состояние растений перед их уборкой.



Рис. 1.

Как видно из рисунка, в опыте, кроме контрольных растений, еще имелись два ряда растений, находящихся в левых и правых сосудах. Все растения в левых сосудах получили полный состав питательной смеси ($A+N$), а растения в правых не получили только азота ($A-N$). Отдельные представители этих рядов растений сочетались между собой прививкой.

В результате этого, лишенные собственного источника азота растения могли нормально питаться только в случае предоставления им азота растениями, располагающими собственным его источником

в соседнем сосуде. На этом фоне производилось удаление в одном случае листьев, в другом — цветков и стеблей.

Данные выхода абсолютно сухой массы корневых систем и надземных органов представлены в табл. 1.

Таблица 1

В а р и а н т ы	Абсолютно сухая масса в г			Вес сырых пло- дов в г
	общая	корни	надземные органы (без плодов)	
A+N	11,32	1,63	9,96	71,34
A-N	0,88	0,31	0,57	—
A+N без трансплантации	10,72	1,53	9,19	85,79
A-N „ „	0,84	0,25	0,59	3,34
A+N с транспл. при удалении стеблей	3,44	1,91	1,53	—
A+N „ „ при удалении листьев	6,30	1,59	4,71	81,71
A+N „ „ при удалении цветков	8,58	1,55	7,03	—
A-N „ „ без удаления органов	11,15	0,97	10,18	91,86
A-N „ „ при удалении листьев	5,95	1,35	4,60	71,41
A-N „ „ при удалении цветков	7,68	1,02	6,66	—

Эти данные указывают на исключительную роль азота, принимающего во всех отношениях непосредственное участие в процессах построения и регенерации протоплазмы. При его отсутствии почти нет никакого роста. Ясно также, что азот хорошо передвигается по проводящим путям и поэтому легко проникает в растения, лишенные азота в сфере своих корней. Все это вполне соответствует фактам, изложенным в капитальном труде Д. Н. Прянишникова [15] „Азот в жизни растений и в земледелии СССР“.

Особый интерес представляют процессы корнеобразования у привитых растений, имеющих собственный источник азота и лишенных его.

Например, при комбинации „корни с азотом — листья без азота“ количество корней, по сравнению с контрольными растениями, имеющими в своем распоряжении азот, увеличивается на 40,4%, а по сравнению с теми же, но лишенными азота, увеличение доходит до 516,1%.

Отмечается неравномерность корнеобразования у привитых растений, находящихся в одинаковых условиях азотного питания. При той же комбинации масса корней с собственным источником азота, но без собственного ассимиляционного аппарата, на 94,9% была больше корней с собственным ассимиляционным аппаратом, но лишенных азота.

Эта закономерность, однако, изменяется в сторону уменьшения процесса корнеобразования при удалении ассимилирующих органов растений, корни которых находятся в субстрате с азотом.

Обратный процесс наблюдается у растений, лишенных азота, но „приобретающих“ ассимиляционный аппарат.

Далее мы исследовали поглощение растением солевых элементов опытными растениями при условии удвоения корневых систем (табл. 2 и 3).

Таблица 2

В а р и а н т ы	Внесенные зольные элементы в г	Зольность в проц.	Вынос в г	Поглощение от внесенных зольных элементов в проц.	Поглощение зольных элементов на 1 г корней в г
A+N	1,71	14,94	1,69	98,83	1,43
A-N	1,71	16,48	0,14	8,18	0,45
A+N без трансплантации	1,71	14,67	1,57	91,81	1,03
A-N „ „	1,71	16,10	0,13	7,60	0,52
A+N с транспл. при удалении стеблей	1,71	16,93	0,58	33,90	0,30
A+N „ „ при удалении листьев	1,71	16,75	1,05	61,40	0,66
A+N „ „ при удалении цвета	1,71	13,67	1,34	78,36	0,86
A-N „ „ без удаления органов	1,71	15,00	1,67	97,66	1,72
A-N „ „ при удалении листьев	1,71	17,21	1,02	57,89	0,75
A-N „ „ при удалении цвета	1,71	16,65	1,27	74,03	1,24

Приведенные в таблице 2 данные показывают количество внесенных в субстрат минеральных веществ, процентное выражение общей зольности, вынос поглощенных солевых элементов растениями от их внесенных масс и, наконец, поглощение их на единицу веса корней (1 г).

Таблица 3

В а р и а н т ы	Выход органической массы в г	Внесенные зольные элементы в г	Вынос в г	Относительное поглощение в проц.	Органическая масса на 1 г зольных элементов в г
A+N	11,32	1,71	1,69	100,00	6,69
A-N	0,88	1,71	0,14	8,28	6,28
A+N без трансплантации	10,72	1,71	1,57	92,89	6,82
A-N „ „	0,84	1,71	0,13	7,69	6,46
A+N с транспл. при удалении стеблей	14,59	3,42	2,25	133,13	6,48
A-N „ „ без удаления органов	—	—	—	—	—
A+N „ „ при удалении листьев	13,98	3,42	2,32	137,20	6,02
A-N „ „ при удалении цвета	—	—	—	—	—
A+N „ „ при удалении цвета	14,53	3,42	2,36	139,64	6,15
A-N „ „ при удалении листьев	—	—	—	—	—

Из этих данных следует, что при постоянном количестве зольных веществ в питательном субстрате общая зольность растений увеличивается в отсутствии азота и при удалении листьев. Этому правилу не подчиняется ни вынос растениями солей, ни их способность поглощать предоставленные им зольные вещества. Так, например, в то время как растения с собственным источником азота могут поглощать 92—99% внесенных в субстрат минеральных элементов, лишенные азота растения поглощают их едва на 7—8%. Это соотношение при прививке в условиях различных комбинаций ассимилирующих и потребляющих органов несколько изменяется в сторону увеличения. Изменение это обусловлено прежде всего перемещениями азота и его обменом между привитыми растениями. В этих условиях видимое понижение выноса и поглощения зольных элементов испытывают привитые растения, постепенно теряющие свои ассимилирующие органы, на фоне собственного источника азота.

Противоположная картина наблюдается у привитых растений, лишенных собственного источника азота, но приобретающих ассимиляционный аппарат. Так, например, растения при собственном ассимиляционном аппарате и корневой системе, получив „взаимы“ азот у своего партнера, могут поглощать до 97,68% внесенных в субстрат зольных веществ.

Точно в таком же направлении идет их поглощение на единицу веса корней, имеющих азот и собственные органы ассимиляции и лишенных их.

Синтез полученных данных приведен в табл. 3.

В таблице 3 в порядке расположения растений в опыте представляются данные о количестве внесенных в субстрат и поглощенных растениями зольных элементов, а также об их относительном поглощении и образовании органической массы.

Данные показывают, что у привитых растений поглощение зольных элементов находится на значительно высоком уровне. Лучшей комбинацией, однако, на этом фоне оказалось сочетание „корни и ассимилирующие органы с собственным источником азота + дополнительные корни без азота, но с другими элементами зольного питания“.

Особое значение приобретают данные, показывающие соотношение синтеза сухой органической массы и потребления при этом растениями зольных элементов (последняя колонка таблицы 3). Независимо от общего режима минерального питания и расположения ассимилирующих органов, независимо от общего выхода органической массы, при синтезе единицы сухого вещества томатное растение (повидимому, также и другие растения) употребляет определенное, относительно постоянное количество зольных элементов.

Так, по этим данным, при использовании растением 1 г зольных элементов, им синтезируется в среднем 6,38 г абсолютно сухих веществ. Как мы увидим, эта интересная закономерность повторяется и в других опытах.

Поглощение растением зольных элементов при измененных количествах нормы поливной воды

В специальном опыте мы ставили целью выяснить зависимость поглощения зольных элементов от различных норм поливной воды. В этом опыте минеральные вещества даны растениям в том же порядке, как это имело место в предыдущих опытах. Никаких комбинаций ассимилирующих органов не производилось. Контрольные растения получили поливную норму в размере 70% от полной влагоемкости песка. Опытные растения поливную норму получили: в первом ряду 25, 50 и 75%, во втором ряду — 75, 50 и 25% от нормы, полученной контрольными растениями (рис. 2).



Рис. 2.

Как показано на рис. 2, на фоне идентичных минеральных субстратов и различных норм поливной воды производилось сочетание соседних растений через прививку таким образом, чтобы у них получился вполне обеспеченный зольными элементами и водой режим корневого питания.

Результаты этого опыта приводятся в табл. 4.

Эти данные подтверждают известную в литературе закономерность повышения выхода органической массы при увеличении нормы поливной воды на фоне полного обеспечения минерального субстрата.

К этой же закономерности относится отсутствие роста у растений, получивших возрастающие нормы поливной воды, но лишенных в сфере своих корней собственного источника азота. При трансплантации растений, однако, положение корневым образом изменяется. Благодаря передвижениям азота и воды между привитыми растениями устанавливается единство их питания. В результате этого почти исчезает отрицательное влияние отсутствия азота и изменения нормы поливной воды. На таком фоне интересно было узнать как идет

Таблица 4

В а р и а н т ы	Абсолютно сухая масса в г			Вес сырых пло- дов в г
	общая	корни	надземные органы (без плод.)	
A+N	11,31	1,36	9,96	71,34
A-N	0,88	0,31	0,56	—
A+N+25% H ₂ O без трансплантации	5,75	1,16	4,59	—
A+N+50% H ₂ O	10,91	1,50	9,41	48,00
A+N+75% H ₂ O	11,31	1,36	9,95	93,84
A-N+25% H ₂ O	1,22	0,32	0,90	2,66
A-N+50% H ₂ O	1,25	0,32	0,93	—
A-N+75% H ₂ O	0,88	0,28	0,63	2,00
A+N+25% H ₂ O при трансплантации	12,06	2,73	9,33	48,16
A+N+50% H ₂ O	11,58	2,76	8,82	67,86
A+N+75% H ₂ O	12,41	2,76	9,65	78,33
A-N+25% H ₂ O	10,57	0,97	9,60	62,66
A-N+50% H ₂ O	9,40	1,16	8,24	50,00
A-N+75% H ₂ O	1,81	0,75	1,06	—

абсолютное и относительное поглощение зольных элементов растениями, не имеющими одинакового режима минерального питания и водоснабжения (табл. 5 и 6).

Таблица 5

В а р и а н т ы	Внесено на 1 растение зольных элементов в г	Зольность в проц.	Вынос в г	Поглощение от внесенных	Поглощение 1 г корней зольных веществ в г	Обмен в г
A+N	1,71	14,94	1,69	98,83	1,23	—
A-N	1,71	16,48	0,14	8,18	0,45	—
A+N+25% H ₂ O без трансплантации	1,71	16,75	0,96	56,54	0,82	—
A+N+50% H ₂ O	1,71	15,32	1,68	98,24	1,12	—
A+N+75% H ₂ O	1,71	14,91	1,68	98,24	1,23	—
A-N+25% H ₂ O	1,71	15,51	0,19	11,11	0,59	—
A-N+50% H ₂ O	1,71	14,89	0,19	11,11	0,59	—
A-N+75% H ₂ O	1,71	14,26	0,13	7,60	0,46	—
A+N+25% H ₂ O при трансплантации	1,71	15,17	1,83	107,01	0,67	+0,12
A+N+50% H ₂ O	1,71	14,94	1,73	101,17	0,62	+0,02
A+N+75% H ₂ O	1,71	14,74	1,83	107,01	0,67	+0,12
A-N+25% H ₂ O	1,71	14,85	1,57	91,81	1,61	-0,12
A-N+50% H ₂ O	1,71	14,35	1,35	78,94	1,16	-0,02
A-N+75% H ₂ O	1,71	15,48	0,28	16,37	0,37	-0,12

Данные таблицы 5 показывают, что отсутствие азота и понижение поливной нормы в одинаковой степени вызывают увеличение общей зольности; при этом, однако, уменьшается как вынос, так и способность растений использовать минеральные вещества. Наряду с этим становится ясным, что с увеличением поливной нормы, в отсутствии азота, зольность несколько уменьшается, но вынос минеральных веществ и их поглощение остаются на прежнем уровне.

Эта картина коренным образом изменяется при трансплантации растений, не обладающих в отдельности нормальным режимом, как минерального питания, так и водоснабжения. При этом, на фоне общего улучшения питания привитых растений, наблюдается преимущественное положение растений, обладающих собственным источником азота. Это сказывается в том, что они получают дополнительно некоторое количество зольных элементов у своих партнеров, взамен отданного им азота. В таком же направлении развиваются процессы фактического поглощения растениями зольных элементов и их выноса.

Что касается способности корней поглощать зольные вещества, то при тех же нормах полива, на единицу веса (или поверхности), она снижается у растений, обладающих собственным источником азота, и, наоборот, повышается там, где они лишены его.

В таблице 6 приводятся данные об относительном поглощении зольных элементов в зависимости от норм поливной воды.

Таблица 6

В а р и а н т ы	Выход органической массы в г	Внесение зольных элементов в г	Вынос в г	Относит. поглощ., в проц.	Орган. масса на 1 г зольных элементов в г
A+N	11,32	1,71	1,69	100,00	6,69
A-N	0,83	1,71	0,14	8,28	6,28
A+N+25% H ₂ O без трансплантации	5,75	1,71	0,96	56,80	5,98
A+N+50% H ₂ O " "	10,75	1,71	1,68	99,40	6,49
A+N+75% H ₂ O " "	11,31	1,71	1,68	99,40	6,79
A-N+25% H ₂ O " "	1,22	1,71	0,19	11,24	7,42
A-N+50% H ₂ O " "	1,25	1,71	0,19	11,24	6,57
A-N+75% H ₂ O " "	0,88	1,71	0,13	7,69	6,76
A+N+25% H ₂ O при трансплантации	13,87	3,42	2,11	124,85	6,57
A-N+75% H ₂ O " "	20,98	3,42	3,08	182,24	6,81
A+N+50% H ₂ O " "	22,98	3,42	3,40	201,18	6,75
A-N+50% H ₂ O " "					
A+N+75% H ₂ O " "					
A-N+75% H ₂ O " "					

Из этих данных следует, что при отсутствии азота способность растений поглощать предоставленные им зольные вещества, даже при

возрастающих нормах поливной воды, находится на более низком уровне (в пределах 7—11%), чем у контрольных растений.

При наличии азота те же возрастающие нормы полива закономерно увеличивают поглощение минеральных веществ.

Это говорит о независимости поступления минеральных веществ в растения и о физико-химическом характере механизма их проникновения в растительную клетку путем непосредственного участия протоплазмы в этом процессе. Нам кажется, что мы получили дополнительное доказательство о параллельных механизмах поступления воды и минеральных веществ в растения.

При прививке, на фоне различных норм полива и неодинаковости минерального субстрата, увеличивается относительное поглощение зольных веществ растениями. Повидимому, это происходит не только потому, что с трансплантацией создается единство питания привитых растений в отношении снабжения азотом и водой, но и потому, что у них происходит удвоение ассимиляционного аппарата.

Если это так, то наши данные вполне определенно говорят о той глубокой внутренней связи, которая существует, с одной стороны, между снабжением растения азотом и их ассимиляционным аппаратом, с другой — между последним и поглощающей способностью корневых систем и растением в целом.

Соотношение потребления растением зольных элементов и синтеза сухих органических веществ в этом опыте в среднем было около 6,55 (а в первом — 6,38).

Поглощение растением зольных элементов при их возрастающей концентрации в условиях прививки и без нее

Изменение поливной нормы воды в предыдущем опыте вызвало, безусловно, косвенное изменение в концентрациях питательных субстратов. Поэтому интересно было специальным опытом проследить ход поглощения зольных веществ растениями при возрастающих концентрациях на фоне прививки и без нее.

В опыте, наряду с нормальными контрольными, имелись два ряда опытных растений. Первый ряд из них получил возрастающие концентрации полного состава минерального субстрата, второй их ряд, кроме поливной нормы воды, ничего не получал. Вода давалась всем растениям в одинаковом размере, а именно 70% от влагоемкости песка, принятой за 25% от его веса. На этом фоне производилось сочетание отдельных рядов растений путем прививки. При постоянной норме поливной воды и возрастающих концентрациях минерального субстрата производилось полное удвоение как корневых систем, так и ассимилирующих органов растений. Результаты этого опыта представлены в табл. 7.

Данные таблицы 7 подтверждают отмеченный в литературе факт, что при систематическом увеличении концентрации питательного

Таблица 7

В а р и а н т ы	Абсолютно сухая масса в г			Сырые плоды в г
	общая	корни	надземные органы (без плодов)	
(A+N) ¹	11,32	1,36	9,96	71,34
(A-N) ¹	0,88	0,31	0,57	—
(O+O) ¹ без трансплантации	0,72	0,20	0,52	—
(A+N) ¹ "	11,50	1,40	10,10	66,66
(A+N) ² "	12,00	1,73	10,27	70,00
(A+N) ⁴ "	4,45	0,52	3,92	—
(A+N) ¹ при трансплантации	6,06	1,40	4,66	49,33
(A+N) ² "	10,70	1,50	9,20	56,33
(A+N) ⁴ "	11,33	1,40	9,93	54,33
(O+O) ¹ "	6,00	0,80	5,20	62,33
(O+O) ² "	9,71	0,98	8,80	57,33
(O+O) ⁴ "	11,11	0,69	10,42	53,35

субстрата (повидимому, в результате повышения осмотического давления) в некоторых интервалах происходит понижение выхода сухой органической массы как корневых систем, так и надземных органов растений.

При прививке растений вследствие удвоения их ассимилирующих органов эта закономерность исчезает. В отличие от непривитых растений, получается почти прямолинейное увеличение органической массы у привитых экземпляров.

Это увеличение общей органической массы, однако, не относится к корневым системам. В отсутствии минеральных веществ корни привитых растений увеличиваются очень незначительно, между тем как их надземные органы растут по темпу растений, обладающих нормальным составом зольных элементов при оптимальной их концентрации. О ходе фактического поглощения минеральных элементов растениями, на фоне их возрастающих концентраций, в условиях удвоения ассимиляционных органов, дают ясное представление данные, приведенные в табл. 8.

При возрастающих концентрациях минерального субстрата у непривитых растений, наряду с повышением общей зольности, идет снижение как выноса, так и их способности использовать зольные вещества. При прививке же растений с удвоением ассимиляционного аппарата происходит снижение общей зольности, но увеличение выноса и в соответствии с ним способности растений поглощать минеральные элементы из питательного субстрата.

Кроме сказанного, результаты этого опыта свидетельствуют об огромном повышении активности единицы корней, если поглощенные

ими зольные элементы своевременно утилизируются ассимилирующими органами растений. Если способность единицы корней контрольных растений, получивших первую концентрацию минерального субстрата, принять за 100, то при максимальной (четырекратной) концентрации способность единицы корней поглощать зольные вещества у привитых растений, находящихся в условиях той же концентрации, выразится цифрой 238.

Таблица 8

В а р и а н т ы	Внесение золь- ных элементов на 1 растение в г	Зольность в проц.	Вынос в г	Поглощение от внесения в проц	Поглощение 1 г корней в г	Обмен в г
(A+N) ¹¹	1,71	14,94	1,69	98,83	1,23	—
(A-N) ¹	1,71	16,48	0,14	8,18	0,45	—
(O+O) ¹ без трансплантации	0,09	15,41	0,11	122,22	—	—
(A+N) ¹ " "	1,71	14,39	1,65	96,43	1,17	—
(A+N) ² " "	3,42	17,30	2,07	60,54	1,19	—
(A+N) ³ " "	6,84	17,08	0,76	11,11	1,46	—
(A+N) ¹ при трансплантации	1,71	15,18	0,92	53,80	1,28	-0,79
(A+N) ² " "	3,42	15,4	1,65	48,24	2,09	-1,40
(A+N) ⁴ " "	6,84	15,40	1,74	25,43	2,45	-1,61
(O+O) ¹ " "	0,09	14,66	0,88	977,77	—	+0,79
(O+O) ² " "	0,09	15,35	1,49	1655,55	—	+1,40
(O+O) ⁴ " "	0,09	15,29	1,70	1888,88	—	+1,61

В таблице 9 дано сопоставление полученных данных, чтобы составить представление о ходе относительного поглощения зольных веществ в условиях возрастающих концентраций, при удвоении ассимиляционных аппаратов.

Способность непривитых растений поглощать минеральные элементы при их возрастающих концентрациях подчиняется известной закономерности, а именно: при повышении зольности у них снижается относительное поглощение. Так, например, в нашем случае с 96,45% повышается до 122,48% и снижается до 44,98%.

У привитых же растений, при тех же концентрациях, этого не наблюдается, наоборот, имеется почти прямолинейное повышение их относительной способности поглощать зольные вещества. В нашем случае это повышение в соответствии с 1, 2 и 4 концентрациями минерального субстрата выражается цифрами 106,5, 185,79 и 179,62%.

Данные последней колонки таблицы 9 дают представление о соотношении употребленных растением зольных элементов и синтезированных им сухих органических веществ. Здесь оно выражено в среднем величиной 6,42 (в двух первых опытах мы имели 6,33 и 6,55).

Таблица 9

В а р и а н т ы	Выход органической массы в г	Енесено зольных элементов в г	Вынос в г	Относительное поглощение в проц.	Органическая масса на 1 г зольных элементов в г
(A+N) ¹	11,32	1,71	1,69	100,00	6,69
(A-N) ¹	0,88	1,71	0,14	8,22	6,28
(O+O) ¹ без трансплантации	0,72	0,09	0,11	6,50	6,54
(A+N) ¹ "	11,50	1,71	1,65	96,45	6,96
(A+N) ² "	12,00	3,42	2,07	122,48	5,79
(A+N) ⁴ "	4,45	6,84	0,76	44,98	5,85
(A+N) ¹ при трансплантации	12,06	1,80	1,80	106,50	6,70
(O+O) ¹ "	20,44	3,51	3,14	185,79	6,50
(A+N) ² "	22,44	6,93	3,44	197,62	6,52
(O+O) ² "					
(A+N) ⁴ "					
(O+O) ⁴ "					

На основе всего изложенного считаем возможным заключить, что:

1. Иным методическим подходом получено экспериментальное доказательство зависимости поглощения растениями зольных элементов от их ассимилирующих органов.

2. Примененный нами метод может оказать большую услугу в дальнейшем изучении вопросов минерального питания растений.

3. Отсутствие азота и ассимилирующих органов действует в одном направлении. При этом у растений повышается зольность, но снижается как вынос и относительное поглощение зольных веществ, так и способность растения использовать находящиеся в питательном субстрате минеральные элементы.

4. Предлагается новое физиологическое понятие: коэффициент потребления растениями зольных элементов при синтезе ими органических веществ. Для томатов этот коэффициент может быть выражен соотношением либо 1 : 6,45, либо 0,15 : 1.

Кафедра физиологии растений и микробиологии
Ереванского сельхоз. института

Поступило 27 VII 1954 г.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Сабинин Д. А. Минеральное питание растений. Огиз—Сельхозгиз, часть I, 1940.
2. Сабинин Д. А. и Колосов И. Изучение процессов адсорбции электролитов корневыми системами. Труды ВИУАА, в. 8, 3, 1935.
3. Колосов И. Исследование над поступлением веществ в растения. II. Изучение процессов адсорбции электролитов корневыми системами, Труды ВИУАА, в. 8, 37, 1935.
4. Briggs G. The Accumulation of electrolytes in plant cells: Suggested mechanism Proc. Roy. Soc. London, Ser. B. V, 107, 248, 1932.

5. *Steward F.* The absorption and accumulation of Solutes by living plant cells I Experimental conditions wich determine salt absorption Strage tissue. *Protopl.* Bd 15, 29, 1932.
6. *Steward F.* II A technique for the study of respiration and salt absorption in storage tissue under controlled environmental conditions. *Protope.* Bd 15, 197, 1932.
7. *Steward F.* IV Surface effect with storage tissue A quantitative interpretation with respect to respiration and salt absorption. *Protope.* Bd 17, 436, 1932.
8. *Steward F.* V Observation upon effect of time, oxigen and salt concentration upon absorption and respiration by storage tissue. *Protope.* Bd 18, 203, 1933.
9. *Steward F. Berry K. and Broger T.* The effect of oxygen upon respiration and salt accumulation. *Ann. bot.* V, 50, 1, 1936.
10. *Steward F. Wright and Berry W.* The respiration of cut disos of potato tubers in air and immersed in water with observation upon surface volume effects and salt accumulation. *Protope.* Bd 16, 576, 1932.
11. *Hoagland D. and Broger T.* General nature of the process of salt accumulation by roots with description of experimental methods. *Plant physiol* V 11, 471, 1936.
12. *Strugger S.* Fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen über die Speicherung und Wanderung des Fluoreszeihkaliums in Pflanzlichen Geweben. *Flora. N. F.* Bd 32, 253, 1938.
13. *Höfler K.* Koppenplasmolyse und Saltpermeabilität. *Ltsch. wiss. Mikrosk.* Bd. 51, 1934.
14. *Прянишников Д. Н.* Агрохимия. Огиз—Сельхозгиз, стр. 83, 1940.
15. *Прянишников Д. Н.* Азот в жизни растений и в земледелии СССР. Изд. АН СССР, Москва—Ленинград, 1945.
16. *Потапов Н. Г.* Исследование над поступлением питательных веществ (диссертация, цитированы по Сабинину), 1936.
17. *Молиш Г.* Физиология растений. Сельхозгиз, 244, 1933.
18. *Агинян А. А.* Применение метода трансплантации к изучению вопросов минерального питания растений.

