

УДК 631.589.3:631.414.3

СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КЕРАМЗИТА, ВЕРМИКУЛИТА И ГРАВИЯ

Н. Н. ТРЕТЬЯКОВ, Ю. И. СИЛЮТИНА

(Лаборатория-фитотрон кафедры физиологии растений)

В условиях субстратной гидропонии для правильного режима питания важное значение имеют сорбционные свойства субстрата-наполнителя. Чем последний инертнее, тем жестче должны быть требования к составу и свойствам питательного раствора [7, 11]. Сорбционные свойства субстрата влияют на вынос растениями элементов корневого питания, соотношение между количеством вышедшего из раствора элемента и усвоенного растениями, характеризуют доступность растениям элементов из питательного раствора [7, 15—17].

Литературные данные о сорбционных свойствах керамзита, вермикулита и гравия весьма противоречивы. В ряде работ [3, 4] указывается, что у вермикулита невысокая химическая активность, слабокислая или нейтральная реакция и достаточная механическая прочность. Он не поглощает ионы NO_3^- , а выделяет их в раствор. Через 9—11 мес использования у вермикулита повышается способность адсорбировать ионы PO_4^{3-} . Поглощение катионов в процессе использования вермикулита имеет тенденцию к ослаблению. В исследованиях Агрофизического института [6, 8—10] показано, что вермикулит обладает низкой физико-химической устойчивостью к питательному раствору, метаболитам растений и микроорганизмов, обладает малой механической прочностью.

Имеются данные [5], что вермикулит и гравий не поглощают из питательного раствора ионы NO_3^- , в то же время вермикулит адсорбирует из раствора фосфор, а гравий нет. Закономерностей в поглощении вермикулитом калия не выявлено, гравий его не адсорбирует.

Противоречивые данные получены исследователями в отношении изменений рН питательных растворов этими субстратами. Одни авторы [4] указывают, например, что вермикулит меньше изменяет рН раствора, чем керамзит, другие [5] считают, что керамзит рН раствора не меняет, а вермикулит и гравий значительно подщелачивают раствор. По некоторым данным [1], гравий в сравнении с керамзитом сильнее подщелачивает раствор.

Урожай плодов томатов в условиях светокультуры и динамика накопления зеленой массы у капусты, выращиваемой на керамзите, были больше, чем на вермикулите [6, 8—10]. Процесс фотосинтеза в листьях томатов, возделываемых на керамзите и вермикулите, протекает более активно, чем на гравии [13]. Керамзит имеет превосходство над другими субстратами по следующим показателям: объему корневой системы растений, интенсивности дыхания, питательной ценности плодов.

Некоторые физико-химические свойства керамзита изучались нами ранее [17]. В этой работе мы проводим сравнение всех трех субстратов, которые резко отличаются друг от друга по физическим и водно-физическим свойствам. Гравий имеет наибольшие плотность и объемную массу, меньшие влагоемкость и скважность, в то время как вермикулит и керамзит легки, пористы, у них больше скважность и влагоемкость. Гравий более теплопроводен, чем вермикулит и керамзит. Керамзит обладает меньшей влагоемкостью, чем вермикулит, однако легкодоступной влаги в нем достаточно для обеспечения оптимальных условий роста растений [8—10, 13, 14].

Сорбционные свойства керамзита, вермикулита и гравия изучали в 1976—1977 гг. в лаборатории-фитотроне кафедры физиологии растений ТСХА. Опыт был поставлен в сосудах в четырех повторностях. Для насыщения использовали раствор Кнопа одинарной концентрации. Соотношение между массой субстрата и объемом раствора было таким же, как при исследовании в камерах фитотрона [17]. На 3,5 л раствора Кнопа брали 2 кг керамзита, 1 кг вермикулита и 5 кг гравия. Субстраты перед насыщением отмывали от грязи и частиц меньше 2 мм.

О сорбционном характере субстратов судили по содержанию азота, фосфора, калия, кальция и магния в питательном растворе. Насыщение проводили субиригационным методом в течение 20 мин (время, необходимое для наполнения стеллажа камеры питательным раствором и его слива). Анализ питательного раствора, а также коррекцию рН проводили через 20 насыщений, смену раствора — через 40. Содержание элементов устанавливали по разности содержания их в растворе до насыщения и после 20 напитываний. Содержание нитратного азота определяли колориметрически с дисульфофеноловой кислотой, фосфор — колориметрически по Дениже, калий — на пла-

менном фотометре, кальций и магний — трилонометрически [2]. Анализ субстратов на содержание в них N, P, K, Ca и Mg проводили до насыщения и после 120 пропиток в соответствии с методическими указаниями ЦИНАО.

С целью выявления буферных свойств субстратов и влияния рН на сорбцию элементов питания после 60 напитываний раствор подкисляли 20 %-ной H_2SO_4 до рН 3.

Для определения использования элементов, адсорбированных на гранулах субстратов из питательного раствора, и выноса их растениями в сосуды с субстратами после 120 напитываний посеяли проросшие семена ячменя сорта Московский 121, повторность 3-кратная. Растения выращивали в лаборатории искусственного климата ТСХА в условиях 16-часового дня без дополнительного питания в течение 27 сут до появления явных признаков умирания. Полив производили дистиллированной водой.

Содержание нитратного азота, фосфора и калия в растительном материале определяли теми же методами, что и в питательном растворе; аммиачный азот — колориметрически с реактивом Несслера [2], кальций и магний — на атомном абсорбциометре.

Результаты опыта и их обсуждение

Наилучшей адсорбционной способностью обладают вермикулит и керамзит. Наиболее усиленно адсорбция всех элементов, кроме магния, проходила в первые 20 напитываний. Если сравнить кривые сорбции фосфора и кальция (рис. 1, б, г) у всех субстратов, обнаруживается, что они имеют острые пики и похожи друг на друга, что, по-видимому, связано с образованием нерастворимых соединений между этими элементами. Кривые сорбции азота, калия и магния (рис. 1, а, в, д) более волнообразны, в конце напитывания субстратов выходят на плато. После смены раствора и, следовательно, увеличения концентрации адсорбция всех элементов, особенно фосфора и кальция, усилилась. Полученные данные согласуются с результатами исследований Е. И. Ермакова [10], В. А. Николаевой [13] и несколько отличаются от данных других авторов по вермикулиту [3, 4], видимо, из-за различий в природном сырье и температурных условиях обжига при получении вермикулита.

При подкислении раствора до рН 3 (рис. 1, б, г) у всех субстратов наблюдалась сильная десорбция P и Ca в раствор (60—80 насыщений). Характер кривых сорбции N, K и Mg при этом изменялся незначительно.

Все субстраты в начале насыщения подкисляли питательный раствор (рис. 2), после 20 напитываний значение рН стало возрастать, после 60 насыщений достигало 6,5 и дальше оставалось стабильным. У вермикулита и гравия этот процесс протекал интенсивнее, что согласуется с результатами [1], но несколько отличается от данных других исследователей [4, 5].

При подкислении раствора до рН 3 после 60 насыщений этот показатель резко повышался, при дальнейшем насыщении достигал 6,5 и оставался на том же уровне.

Способность удерживать питательный раствор у субстратов была различной. В расчете на одно насыщение количество питательного раствора составило: в керамзите — 36,5, вермикулите — 46,3 и в гравии — 10,4 мл на сосуд. На рис. 3 показана динамика поглощения питательно-

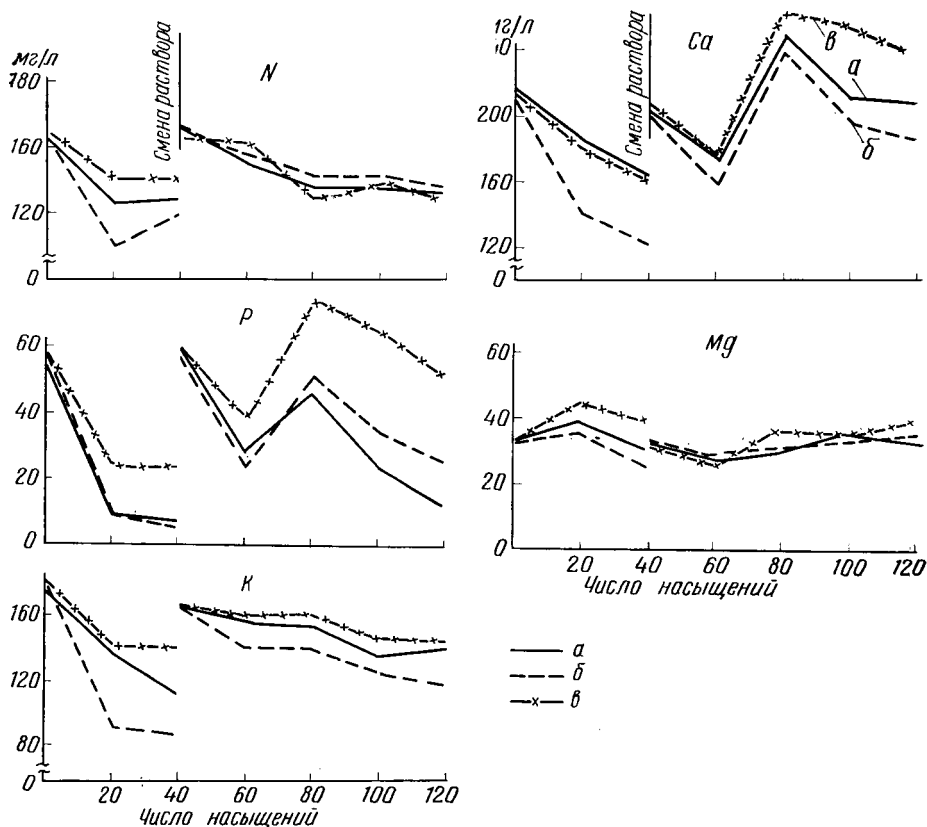


Рис. 1. Динамика содержания азота, фосфора, калия, кальция и магния в питательном растворе при насыщении субстратов. а — керамзит; б — вермикулит; в — гравий.

го раствора субстратами в процессе 120 напитываний. Наиболее сильная удерживающая способность у керамзита и вермикулита наблюдалась в течение первых 40 насыщений. Кривые поглощения раствора этими субстратами имеют резкие пики, у гравия они более пологие. Это, видимо, объясняется различиями в строении порового пространства субстратов. Следовательно, наши данные не совсем соответствуют выводам исследователей [4] о более высокой степени удержания питательного раствора вермикулитом по сравнению с керамзитом, что позволяет пропитывать вермикулит только один раз через 10—14 дней в течение 30—40 мин. Различия в степени удержания питательного раствора этими субстратами они объясняют тем, что вермикулит имеет сквозные узкие щелевидные поры и удерживает питательный раствор за счет капиллярных сил, а керамзит же пронизан большим количеством замкнутых пор, в которые питательный раствор не поступает совсем.

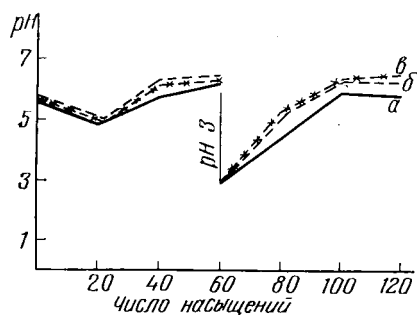


Рис. 2. Изменение рН питательного раствора при насыщении субстратов. Обозначения те же, что на рис. 1.

Имеется мнение [12], что при гидропонном способе выращивания растений необходимо знать содержание питательных элементов не только в растворе, но и в субстрате. Как видно из данных таблицы, наибольшей поглощающей способностью об-

ладают керамзит и вермикулит. Содержание азота в них возросло почти одинаково, а фосфора в вермикулите увеличилось почти в 13 раз, в керамзите — только в 2 раза, хотя кривые сорбции этого элемента из раствора (рис. 1, б) у них сходны. Это объясняется тем, что в исходном керамзите содержание Р составляло 14 мг, а в вермикулите — 2 мг на 100 г субстрата. Вермикулит поглотил в 2 раза больше калия, чем керамзит, что согласуется и с данными анализов питательного раствора (рис. 1, в). С увеличением числа напительваний он продолжал адсорбировать калий, а в случае керамзита наблюдалась даже десорбция этого элемента в раствор. По отношению к кальцию все субстраты вели себя почти одинаково, содержание магния больше всего возросло в вермикулите.

Анализ субстратов, проведенный после уборки ячменя, показал (таблица), что больше всего было вынесено растениями азота и магния. Вынос фосфора растениями из всех субстратов был незначительным. Калия и кальция вынесено менее 50%. Наибольший вынос элементов (кроме магния) был характерен для растений, выращиваемых на керамзите и вермикулите.

Биометрические данные, полученные во время роста ячменя, а также после его уборки, показали, что лучше всего растения росли и развивались на керамзите: листья у них формировались раньше, были темнее окрашены и оставались зелеными до конца опыта, корневая сис-

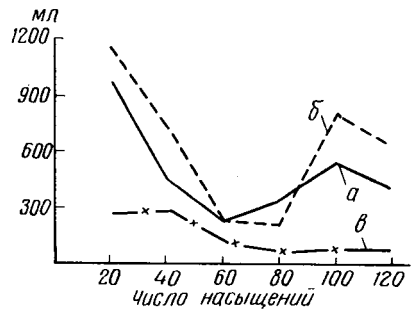


Рис. 3. Динамика удержания питательного раствора при насыщении субстратов.

Обозначения те же, что на рис. 1.

Содержание N, P, K, Ca, Mg в субстратах и растениях

Субстрат	В субстратах, мг/100 г субстрата			В растениях, % на абсолютно сухое вещество	Вынос, мг/растение
	до насыщения	после 120 насыщений	после уборки		
N					
Керамзит	0,6	6,7	2,5	1,4	0,20
Вермикулит	1,4	13,7	3,2	1,4	0,37
Гравий	0,1	0,2	0,2	1,2	—
P					
Керамзит	13,7	24,2	20,8	0,5	0,19
Вермикулит	2,1	26,4	20,9	0,5	0,19
Гравий	1,4	3,0	2,4	0,5	0,08
K					
Керамзит	3,7	11,9	7,0	0,4	0,27
Вермикулит	2,9	18,0	10,6	0,3	0,26
Гравий	1,3	2,3	1,7	0,7	0,08
Ca					
Керамзит	42,8	50,0	28,6	0,4	0,18
Вермикулит	50,0	52,8	38,0	0,4	0,52
Гравий	10,0	8,8	6,5	0,3	0,31
Mg					
Керамзит	1,7	2,6	0,2	0,2	0,13
Вермикулит	—	1,7	0,4	0,2	0,05
Гравий	1,0	1,7	0,1	0,2	0,22

тема была более развитой. В варианте с вермикулитом листья к концу опыта пожелтели, а на гравии — погибли. Масса одного растения соответственно составила 0,34; 0,27 и 0,26 г. Число листьев и высота растений (в среднем на 10) в варианте с керамзитом были также больше, чем в вариантах с вермикулитом и гравием, хотя вынос азота в начальный период оказался больше в варианте с вермикулитом, что, вероятно, происходит из-за частичного усвоения его микрофлорой, развитой на вермикулите.

Использование кальция и магния в расчете на одно растение на керамзите было больше, чем на вермикулите. Как видно из данных таблицы, процентное содержание элементов в растениях по вариантам опыта существенно не различалось, что, видимо, можно объяснить способностью растений к саморегуляции. Однако в растениях, выращиваемых на гравии, содержалось несколько меньше азота и кальция.

Несмотря на неполный вынос элементов из субстратов (а фосфора даже незначительный), признаки гибели растений появились уже на 27-е сутки. Можно предположить, что подавляющим фактором в этих условиях оказался недостаток растворимых, доступных форм фосфора, что в итоге повлияло на вынос ячменем других элементов питания. Что касается калия, то, как известно, он способен образовывать комплексные соединения с другими элементами, а это также может сказываться на его выносе.

На наш взгляд, перспективно исследовать сорбционные свойства субстратов и в процессе выращивания растений.

Выводы

1. Способность субстратов накапливать элементы из питательных растворов является положительным их качеством. Соли, осевшие на гранулах субстратов, в той или иной степени доступны для растений.

2. Наибольшей адсорбционной способностью из исследованных субстратов обладают керамзит и вермикулит. Увеличение концентрации раствора усиливает адсорбцию N, P, K, Ca и Mg всеми субстратами.

3. Подкисление раствора до pH 3 вызывает десорбцию фосфора и кальция всеми субстратами; характер кривых сорбции азота, калия и магния меняется незначительно.

4. Наибольшей удерживающей способностью питательного раствора характеризуются вермикулит и керамзит (46,3 и 36,5 мл на сосуд соответственно).

5. По высоте и массе растений, числу листьев и объему корневой системы ячменя лучшим оказался вариант с керамзитом.

6. При выращивании растений методом субстратной гидропоники необходимо учитывать сорбционные свойства используемых субстратов не только перед посевом, но и в процессе роста и развития растений. Это позволит правильнее и более экономно использовать питательные растворы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова Л. С., Ермаков Е. И. О некоторых физико-химических свойствах гравия и пористо-керамических заменителей почвы. — Сб. тр. по агроном. физике. М.: Сельхозгиз, 1962, вып. 9, с. 121—126. — 2. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: изд-во МГУ, 1961. — 3. Бойко Л. А., Бойко Л. А. Рекомендации по выращиванию овощных культур в закрытом грунте методом вермикулитопоники. Владивосток, 1972. — 4. Бойко Л. А., Бойко Л. А., Левицкий В. В. Вермикулит в гидропонике. М.: Наука, 1976. — 5. Вендило Г. Г. Изменение состава питательного раствора при взаимодействии его с разны-

ми субстратами для гидропонии. — *Агрохимия*, 1964, № 8, с. 121—125. — 6. Выращивание овощей в гидропонных теплицах. Под ред. Д. Д. Крылова. Киев; Урожай, 1977. — 7. Давтян Г. С. Гидропоника как производственное достижение агрохим. науки. Ереван, 1969. — 8. Ермаков Е. И., Медведева И. В. Взаимодействие питательных растворов с искусственными корнеобитаемыми средами. — Сб. тр. по агроном. физике, 1968, вып. 15, с. 151—160. — 9. Ермаков Е. И., Штрейс Р. И. Выращивание овощей без почвы. Л.: Госиздат, 1968. — 10. Ермаков Е. И. Исследование взаимодействия растений с вермикулитом и другими корнеобитаемыми средами. — В сб.: исследование и применение вермикулита. Л.: Наука, 1969, с. 197—207. — 11. Либкин О. М. Производство растений. — *Химия и жизнь*, 1978, № 10, с. 13—18. — 12. Метод. указания по проведению опытов и анализов растворов и субстратов при вы-

ращивании овощей гидропонным способом. М., ЦИНАО, 1974. — 13. Николаева В. А. Сравнительное изучение различных субстратов при культуре томата в зимних теплицах. Автореф. канд. дис. Ленинград—Пушкин, 1968. — 14. Ревут И. Б., Банкин М. П., Агафонов О. А. Исследование водно-физических свойств заменителей почвы. — В сб.: Гидропоника в сельском хозяйстве. М.: Колос, 1965, с. 150—156. — 15. Ремпе Е. Х. Поступление элементов питания в кукурузу при выращивании ее на различных стерильных субстратах. — *Агрохимия*, 1974, № 7, с. 73—77. — 16. Розов Н. Ф., Силютин Ю. И. Некоторые закономерности корневого питания растений при варьировании суточных доз. — *Изв. ТСХА*, 1977, вып. 2, с. 128—135. — 17. Третьяков Н. Н., Силютин Ю. И. Адсорбция керамзитом элементов минерального питания растений. — *Изв. ТСХА*, 1978, вып. 4, с. 212—217.

Статья поступила 13 марта 1979 г.

SUMMARY

Among the investigated substrates used in artificial growing of plants keramzite and vermiculite possess the highest adsorptive ability. These properties of the substrates produce beneficial effect on barley growth and development, as well as on the removal of N, P, K, Ca, Mg by plants.