

УДК 631.589:631.81.031

АДСОРБЦИЯ КЕРАМЗИТОМ ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

ТРЕТЬЯКОВ Н. Н., СИЛЮТИНА Ю. И.

(Лаборатория-фитотрон кафедры физиологии растений)

При выращивании сельскохозяйственных культур методом субстратной гидропоники важное значение имеют физические, химические, водно-физические, а также физико-химические свойства субстрата. Данные по керамзиту, полученные ранее в опытах лаборатории-фитотрон [18], а также в работах других исследователей [4, 8, 15], показывают, что физико-химические свойства субстрата влияют на вынос растениями элементов корневого питания, на соотношение между количеством вышедшего из раствора элемента и усвоенного растениями, характеризуют доступность для растений элемента из питательного раствора, влияют на метаболизм корневой системы. Изучение этого вопроса необходимо для правильной организации режима питания растений в условиях их беспочвенного выращивания.

Литературные данные об адсорбционных свойствах керамзита весьма противоречивы. Ряд авторов [3, 9, 10, 11, 12, 19] отмечают, что керамзит в кислой среде питательного раствора не является нейтральным, с его участием осуществляются химические и физические взаимодействия. Другие [1, 6, 7, 20] считают, что керамзит инертен и не реагирует с солями питательного раствора.

В настоящей статье рассматриваются результаты опытов 1975—1976 гг. по сорбционным свойствам керамзита.

Методика экспериментов и обсуждение результатов

Опыты проводились в фитотроне ТСХА [16, 17]. Использовался керамзит с размером гранул 2—10 мм.

Керамзит для опытов тщательно отмывали на ситах от пылевидных частиц. Насыщение его элементами минерального питания (одна норма питательного раствора Кнопа) в каждой камере проводили субиригационным методом, проводя анализ раствора и коррекцию. Площадь насыщения в камере 1,8 м².

Величину рН питательного раствора корректировали через 10 насыщений и поддерживали в пределах 5,8—6,0.

О сорбционной способности субстрата судили по изменению содержания N, P, K, Ca, Mg в питательном растворе и на основе содержания этих элементов в субстрате. Нитратный азот определяли колориметрически по реакции с дисульфифеноловой кислотой, фосфор — колориметрически по Дениже, калий — на пламенном фотометре, кальций и магний — трилонометрическим методом [2, 13]. Для количественной оценки сорбированных керамзитом элементов проводили анализ его на содержание N, P, K, Ca, Mg до опыта, после определению числа насыщений, после уборки культур и выборки корней. Субстрат анализировали по методикам ЦИНАО [13]. Результаты анализов даны в пересчете на отдельные элементы.

В опытах применялся как новый, так и использовавшийся ранее в экспериментах для выращивания культур керамзит.

Проведено две серии опытов по насыщению керамзита. В 1-й серии поставлено два опыта, во 2-й серии — один опыт. В первом опыте осуществлено 50 насыщений керамзита в 6 камерах фитотрона с анализом питательного раствора через 10 насыщений; во втором — 160 насыщений в 3 камерах с анализом питательного раствора через 20 насыщений. Во 2-й серии опытов насыщали керамзит 120 раз в 6 камерах с анализом питательного раствора через 40 насыщений.

В первом опыте керамзит подпитывали бесменным раствором Кнопа, во втором после 120 насыщений использовали новый раствор Кнопа; во 2-й серии опытов корректировали раствор через 40 напительваний керамзита.

Известно, что сила адсорбционно-го поля и его характер определяются природой адсорбента и адсорбирующихся молекул, структурой его активной поверхности. В числе прочих факторов на степень адсорбции влияют давление (концентрация) и температура [14]. С увеличением концентрации возрастает величина адсорбции. В процессе адсорбции выделяется тепло в результате уменьшения поверхностной энергии (тепло адсорбции). Отсюда согласно принципу Ле-Шателье с повышением температуры уменьшается адсорбционная способность тел. Поэтому несомненный интерес представляло

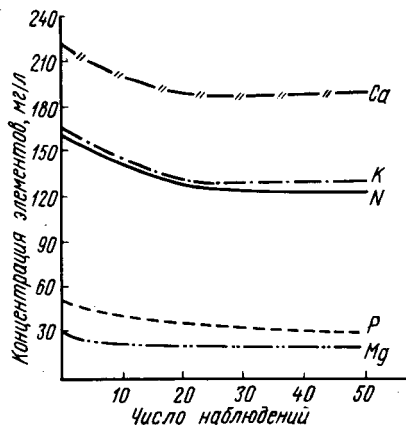


Рис. 1. Влияние числа насыщений (на рис. ошибочно «наблюдений») раствором Кнопа на адсорбционные свойства керамзита.

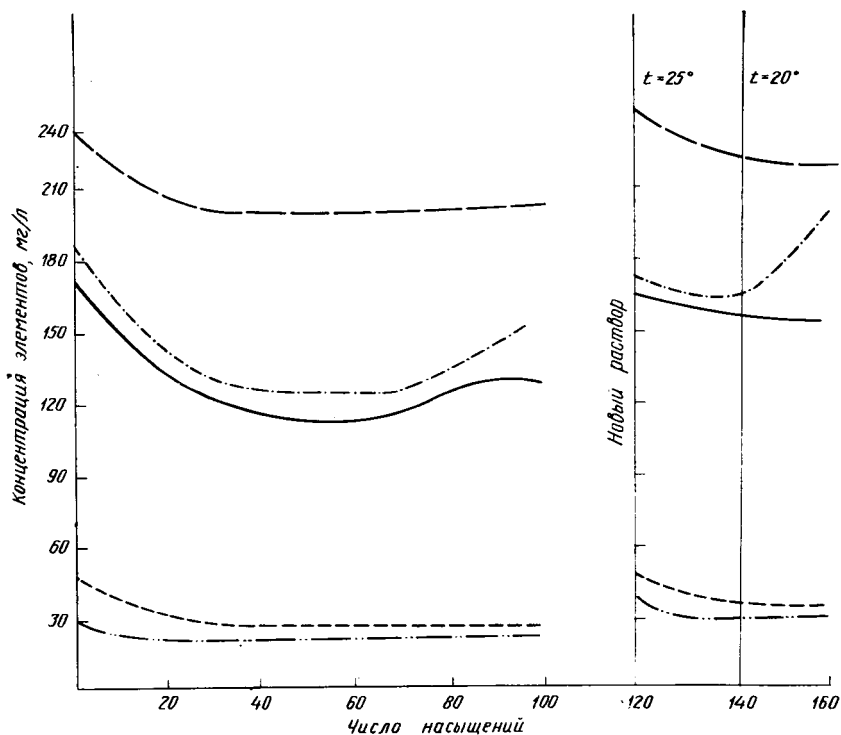


Рис. 2. Влияние числа насыщений, концентрации раствора, повышения температуры на 5° на адсорбционные свойства керамзита.

Обозначения те же, что на рис. 1.

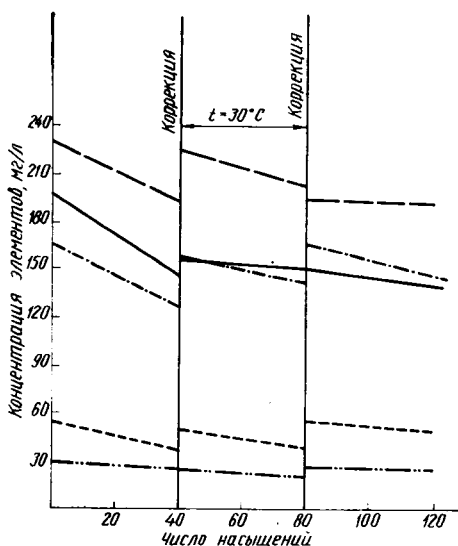


Рис. 3. Влияние коррекции питательного раствора на адсорбционные свойства керамзита.
Обозначения те же, что на рис. 1.

исследовать влияние концентрации и температуры на адсорбцию элементов субстрата.

В литературе нами не обнаружено данных по указанному вопросу. В связи с этим во втором опыте керамзит насыщали 120—140 раз, используя новый раствор Кнопа и повышая температуру питательного раствора и воздуха в камерах на 5° (с 20 до 25°), во 2-й серии опытов концентрацию раствора повышали путем коррекции через 40 насыщений. Кроме того, в трех камерах проводили 40—80 насыщений при температуре питательного раствора и воздуха в камерах 30°, в трех других камерах — при 20°.

В первом опыте (рис. 1), где насыщение проводили, не изменяя концентрацию питательного раствора и температуру, в начале подпитывания раствором Кнопа одной нормы керамзит усиленно поглощал все элементы питания (N, P, K, Ca, Mg), но к 30—40 насыщениям наступало как бы статическое равновесное состояние в системе керамзит — питательный раствор по всем элементам, кроме фосфора. Содер-

Т а б л и ц а 2

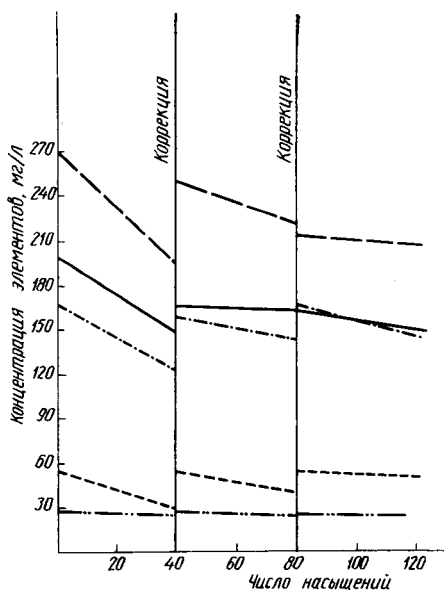
Содержание N, P, K, Ca, Mg в керамзите
(мг на 100 г субстрата)
при выращивании ячменя и кормовой свеклы

| Сроки взятия проб | N | P | K | Ca | Mg |
|---|------|------|------|------|-----|
| К а м е р а 2 | | | | | |
| Перед опытом (после 160 насыщений) | 7,7 | 15,5 | 8,3 | 39,0 | 1,4 |
| После 2,5 мес вегетации ячменя | 49,0 | 34,6 | 20,7 | 49,3 | 6,0 |
| После вегетации свеклы и выборки корней | 3,2 | 37,3 | 8,1 | 47,1 | 6,0 |
| К а м е р а 6 | | | | | |
| Перед опытом (после 160 насыщений) | 7,7 | 19,9 | 9,0 | 30,0 | 1,4 |
| После 2,5 мес вегетации ячменя | 45,5 | 34,6 | 19,3 | 44,8 | 6,0 |
| После вегетации свеклы и выборки корней | 7,8 | 37,3 | 11,9 | 52,5 | 6,0 |

жание фосфора в питательном растворе с увеличением числа насыщений уменьшалось, хотя и незначительно. Эти данные подтверждают результаты наших ранних исследований по физико-химическим свойствам керамзита [18] и хорошо согласуются с литературными данными [11].

Рис. 4. Влияние коррекции питательного раствора и повышения температуры на 10° на адсорбционные свойства керамзита.

Обозначения те же, что на рис. 1.



Второй опыт 1-й серии (рис. 2) также показал, что к 30—40 насыщениям керамзита без изменения концентрации питательного раствора устанавливается равновесное состояние почти по всем элементам в системе субстрат — питательный раствор. С увеличением числа насыщений субстрата характер сорбционных кривых азота и калия меняется, они приобретают волнообразный характер: усиливается десорбция калия после 100 насыщений, азота — после 80 насыщений, что, весьма вероятно, связано с подвижностью этих ионов, с невозможностью образования ими трудно растворимых соединений. Характер же кривых кальция, фосфора и магния с увеличением числа насыщений при постоянной концентрации раствора остается почти неизменным.

Т а б л и ц а 2

Содержание N, P, K, Ca, Mg в керамзите (мг на 100 г субстрата)

| Сроки взятия проб | N | P | K | Ca | Mg |
|--|------|------|------|------|-----|
| До насыщения | — | 16,2 | 3,7 | 35,0 | 1,2 |
| После 160 насыщений | 7,8 | 17,1 | 9,4 | 38,5 | 1,4 |
| После 7 мес использования для выращивания культуры | 10,8 | 36,7 | 16,4 | 64,1 | 6,1 |

П р и м е ч а н и е. Данные в среднем по 5 камерам.

С использованием нового раствора Кюпа после 120 насыщений (рис. 2) усиливается адсорбция всех элементов питания — N, P, K, Ca, Mg. Увеличение концентрации питательного раствора вследствие применения новой смеси усиливало адсорбцию элементов.

Повышение температуры питательного раствора и воздуха в камерах на 5° при 120—140 насыщениях не уменьшило адсорбцию элементов N, P, K, Ca, Mg. При понижении температуры до 20° наблюдалась десорбция калия в раствор.

В 1976 г. было продолжено изучение сорбционной способности керамзита и влияния различной температуры раствора и воздуха на

сорбцию макроэлементов (2-я серия). Первые 40 подпитываний во всех 6 камерах проводили при температуре раствора 19—20°, следующие 40 в камерах 4, 5, 6 — при температуре 30°, а в камерах 1, 2, 3 — при той же температуре 19—20°. Последние 40 подпитываний во всех камерах также были проведены при температуре питательного раствора 19—20°.

В опытах этой серии (рис. 3), где коррекция проводилась через 40 насыщений, не наблюдалось десорбции азота и калия в раствор, тогда как в описанной выше серии без изменения концентрации питательного раствора после 80—100 насыщений происходила десорбция этих элементов. Увеличение концентрации раствора, вызываемое коррекцией его, усиливало адсорбцию всех элементов.

С повышением температуры раствора и воздуха в камерах 4, 5, 6 до 30° (рис. 4) при 40—80 насыщениях адсорбция фосфора, кальция и магния незначительно уменьшалась по сравнению с адсорбцией указанных элементов в камерах 1, 2, 3. Так, если в среднем по трем камерам при 19—20° адсорбировалось $14,0 \pm 1,434$ мг фосфора и $28,0 \pm 6,107$ мг кальция на 1 л, то при 30° — соответственно $10,2 \pm 0,387$ и $22,0 \pm 2,309$ мг/л. Повышение температуры на 10° не повлияло на адсорбцию азота и калия.

Данные о pH питательного раствора подтвердили результаты прежних опытов [18]. Если в первые 30 насыщений уровень pH раствора менялся значительно, то к 50 насыщениям он становился стабильным.

Как видно из табл. 2, керамзит адсорбировал большое количество N, P, K, Ca, Mg. Так, содержание фосфора за 7 мес использования керамзита в качестве субстрата для выращивания культур возросло с 17,1 до 36,7 мг, кальция — с 38,5 до 64,1, магния — с 1,4 до 6,1 мг на 100 г субстрата.

Высокую адсорбционную способность керамзита можно объяснить особенностями его порового пространства [9]. В керамзите поры бывают открытые, бутылкообразные, закрытые и т. д., в связи с этим скорость диффузии питательных растворов и установление равновесного состояния между субстратом и раствором идут относительно медленно. Кроме того, в керамзите много замкнутых пор, в которые питательный раствор не поступает совсем, тогда как, например, вермикулит имеет сквозные узкие поры и способен длительное время удерживать питательный раствор за счет капиллярных сил [5].

В то же время литературные данные [19] свидетельствуют о том, что соли, осевшие на гранулах керамзита, доступны для растений. Это показали и результаты наших экспериментов по двум камерам, где выращивались в течение 7 мес ячмень и кормовая свекла.

Из табл. 1 видно, что за период выращивания ячменя содержание N, P, K, Ca, Mg в субстрате возросло по сравнению с первоначальным. По-видимому, это объясняется сильной адсорбционной способностью керамзита. После уборки свеклы в субстрате резко снизилось содержание азота и калия, вероятно, вследствие недостаточного их содержания для выращивания такой культуры, как кормовая свекла, и использования ранее адсорбированных на гранулах керамзита питательных солей корнями этой культуры.

Выводы

1. Керамзит обладает высокой адсорбционной способностью. При подпитывании его без изменения концентрации и температуры раствора статическое равновесное состояние в системе субстрат — раствор устанавливалось к 30—40 насыщениям по всем элементам, кроме фосфора.

Увеличение концентрации раствора, вызванное использованием нового раствора или коррекцией его, усиливало адсорбцию N, P, K, Ca, Mg.

2. Повышение температуры питательного раствора и воздуха в камерах на 5° не влияло на адсорбцию элементов; на 10° — уменьшало адсорбцию P, Ca, Mg, адсорбция N и K при этом не менялась.

3. Соли, осевшие на гранулах керамзита, доступны для растений и могут быть ими использованы в процессе выращивания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев Э. А. Выращивание овощей в теплицах без почвы. Киев, «Урожай», 1971. — 2. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М., Изд-во МГУ, 1961. — 3. Бентли М. Промышленная гидропоника. М., «Колос», 1965. — 4. Бойко Э. Я. Использование местных субстратов в гидропонных теплицах Краснодарского края. «Докл. ТСХА», 1973, вып. 195, с. 151—156. — 5. Бойко Л. А., Бойко Л. А., Левичкий В. В. Вермикулит в гидропонике. М., «Наука», 1976. — 6. Ващенко С. Ф. Гидропонная культура огурцов и помидоров в теплицах. В сб.: Гидропоника в сельск. хоз-ве. М., «Колос», 1965, с. 116—125. — 7. Вендило Г. Г. Изменение состава питательного раствора при взаимодействии его с различными субстратами для гидропоники. «Агрохимия», 1964, № 8, с. 121—125. — 8. Давтян Г. С. Гидропоника как производственное достижение агрономической науки. Ереван, 1969. — 9. Ермаков Е. И. Выращивание растений на керамзите. «Вест. с.-х. науки», 1964, № 8, с. 15—23. — 10. Ермаков Е. И. Исследование искусственных корнеобитаемых сред в связи с разработкой метода выращивания растений на пленочном пористом субстрате. В сб.: Гидропоника в сельск. хоз-ве. М., «Колос», 1965, с. 134—149. — 11. Ермаков Е. И., Медведева И. В. Взаимодействие питательных растворов с искусственными корнеобитаемыми средами. Сб. трудов по агро-

ном. физике. 1968, вып. 15, с. 151—160. — 12. Ермаков Е. И. Исследование взаимодействия растений с вермикулитом и другими корнеобитаемыми средами. В сб.: Исследование и применение вермикулита. Л., «Наука», 1969, с. 197—207. — 13. Методические указания по проведению опытов и анализов растворов и субстратов при выращивании овощей гидропонным способом. М., ЦИНАО, 1974. — 14. Некрасов Б. В. Курс общей химии. М., Госхимиздат, 1962. — 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. Устройство фитотрона ТСХА. «Изв. ТСХА», 1975, вып. 2, с. 15—26. — 17. Розов Н. Ф. Принципиальные электрические схемы регулирования основных параметров экологической среды растений в фитотроне ТСХА. «Изв. ТСХА», 1975, вып. 3, с. 15—24. — 18. Розов Н. Ф., Силютин Ю. И. Некоторые закономерности корневого питания растений в фитотроне при варьировании суточных доз. «Изв. ТСХА», 1977, вып. 2, с. 128—135. — 19. Русакова Г. Г. Изменение состава керамзита при длительном использовании в гидропонных установках. «Агрохимия», 1969, № 4, с. 80—83. — 20. Смирнов Н. А. Опыт выращивания овощей на гидропонике в совхозе «Марфино». В сб.: Гидропоника в сельск. хоз-ве, М., «Колос», 1965, с. 212—221.

Статья поступила 17 ноября 1977 г.

SUMMARY

Physicochemical properties of haydite used as a substrate for growing plants in hydroponics have been discussed. It has been shown that haydite possesses considerable absorptive ability which depends on concentration of the nutrient solution. Raising the temperature of the nutrient solution and in the chambers up to 30° (by 10°) did not affect nitrogen and potassium absorption, the absorption of phosphorus and calcium getting somewhat lower. The salts deposited on the haydite granules are available for plants.