

В.Г.Башкатов, О.Н.Торохова, И.В.Сетт

**К ВОПРОСУ ПОЛУЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СУБСТРАТОВ**

искусственный субстрат, почва, почвенный поглощающий комплекс

Способ выращивания растений в искусственных средах в настоящее время получает всё большее распространение. Это связано с углублением научных исследований по выявлению потенциальной продуктивности растений и условий, обеспечивающих её оптимум [9]. Для искусственных сред, используемых в фитотронах и вегетационных камерах при проведении исследовательских работ, большое значение имеет оптимизация условий минерального питания, так как от этого зависит не только рост и развитие растений, но и их устойчивость к воздействию различных факторов.

В качестве субстратов широко используют керамзит [6], вермикулит [2], гранитный щебень, каменноугольный шлак, гравилен, комбинации минеральных и органических веществ [5] и другие [1]. Но все они, наряду с благоприятными для роста растений качествами, обладают рядом недостатков. Например, керамзит, перлит являются непрочными материалами, легко крошатся, в результате чего ухудшается аэрация корневой системы; вермикулит в процессе эксплуатации выделяет в раствор магний и калий и т.п.

В наших дальнейших исследованиях субстрат для выращивания экспериментальных растений, наряду с благоприятным водно-воздушным режимом, должен обладать контролируемыми условиями минерального питания. В связи с этим возникла необходимость в поиске субстрата, наиболее отвечающего данным требованиям. В качестве основы для такого субстрата мы попытались использовать почву (чернозём обыкновенный).

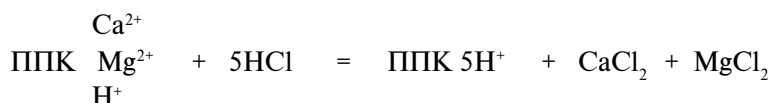
Почва представляет собой комплексную систему, где основные факторы находятся в определённом равновесии, достигнутом в течение длительного периода времени [8].

Одним из основных свойств почв, обеспечивающих их плодородие, является поглощательная способность, то есть способность поглощать и удерживать ионы и молекулы различных веществ из раствора. Поглощённые ионы достаточно подвижны и используются растениями как элементы минерального питания [4].

Совокупность высокодисперсных почвенных частиц, обладающих обменной поглощательной способностью, К.К.Гедройц назвал почвенным поглощающим комплексом (ППК) [3].

Целью настоящих исследований явилось изучение возможности направленно создавать и изменять состав и соотношение ионов в ППК, основываясь на его ионитных свойствах.

Для этого сначала из почвенного поглощающего комплекса были вытеснены обменные основания 1 н. раствором HCl и заменены на катионы H<sup>+</sup>. Реакцию обмена катионов формально можно записать так:



Состав почвенного поглощающего комплекса до обработки раствором соляной кислоты и после обработки представлен в таблице 1. Определение гидролитической кислотности проведено по Каппену, ёмкости поглощения – по Бобко и Аскинази, Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> – комплексонометрическим методом.

Таблица 1. Характеристика почвенного поглощающего комплекса (ППК)

Почва	рН водная	Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г	Обменные основания, мг-экв/100 г		Емкость поглощения, мг-экв/100 г
			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	
До обработки 1 н. HCl	8,2	0,53	19,75	4,62	24,90
После обработки	3,9	24,94	0,00	0,00	24,94

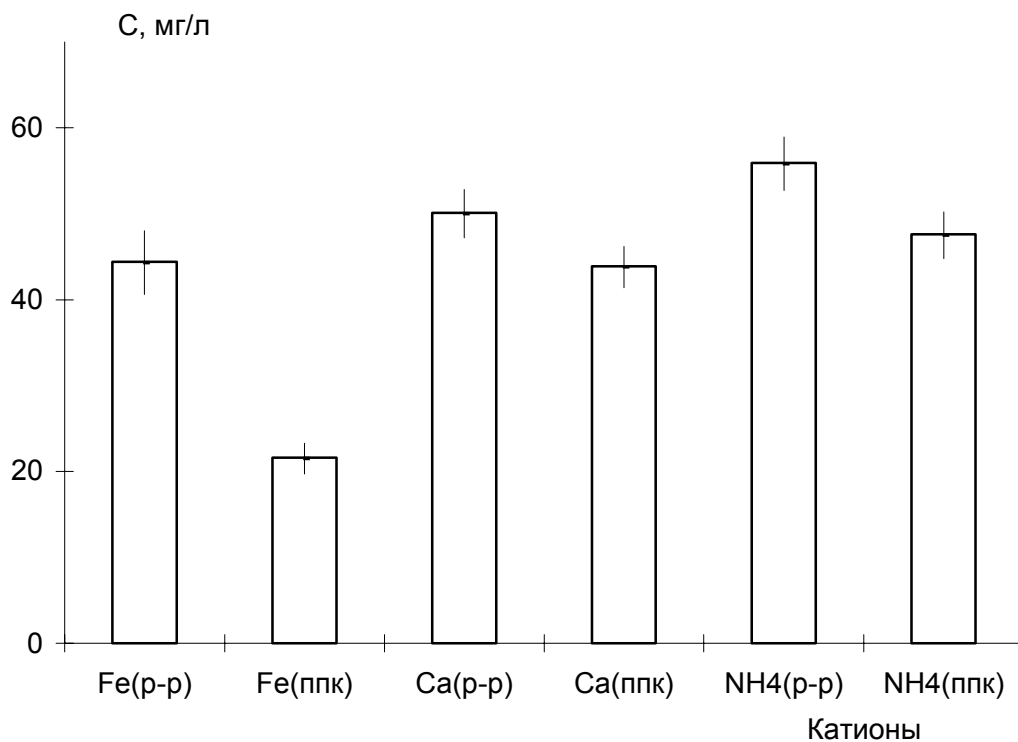
Из таблицы 1 следует, что при обработке почвы 1 н. раствором HCl обменные основания полностью вытеснены и заменены на катионы H<sup>+</sup>. Следовательно, в результате этой операции получен субстрат с почвенным поглощающим комплексом, ионнообменные центры которого полностью замещены катионами H<sup>+</sup>.

В дальнейшую задачу исследования входило определение соответствия между соотношением поглощения катионов с различной валентностью из раствора данным субстратом и соотношением этих катионов в исходном растворе.

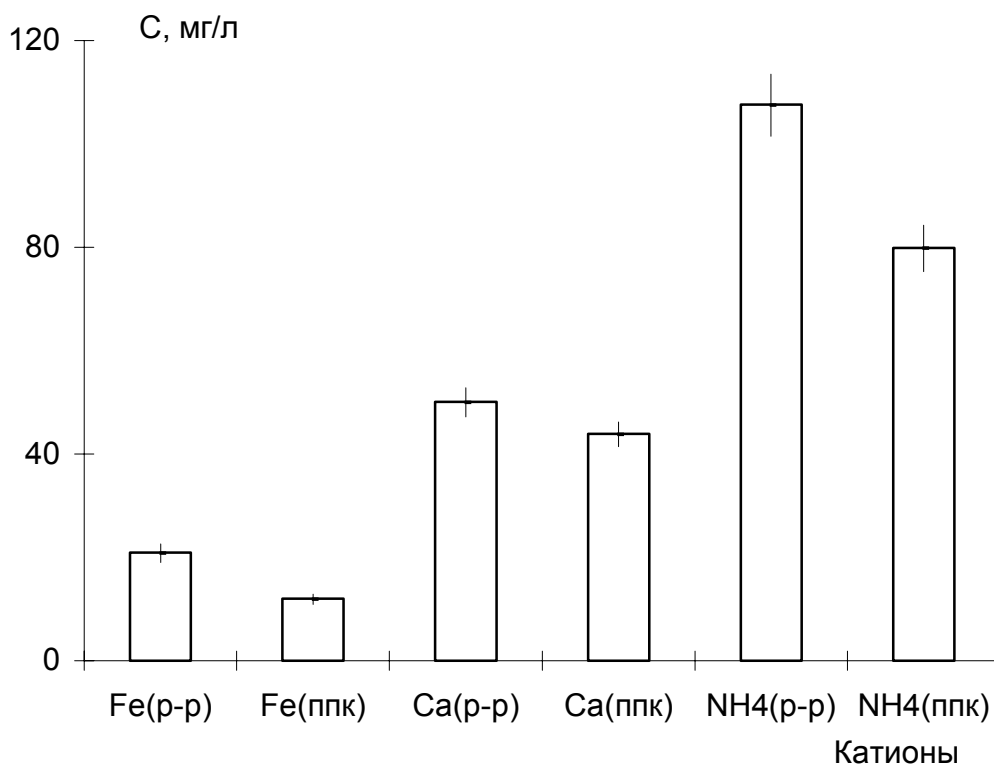
С этой целью полученный субстрат обрабатывался растворами, содержащими катионы 3-х валентного железа Fe<sup>3+</sup> (FeCl<sub>3</sub>), 2-х валентного кальция Ca<sup>2+</sup> (CaCl<sub>2</sub>), одновалентного иона аммония NH<sub>4</sub> (NH<sub>4</sub>Cl) в различных соотношениях. Концентрации солей для изучения соотношения ионов подобраны с малой (1 вариант), средней (2 вариант) и значительной разницей (3 вариант). По изменению концентрации этих катионов в исходном растворе и растворе после обработки субстрата судили о поглощении того или иного иона. Катионы определяли следующими методами: Fe<sup>3+</sup> - колориметрическим с реактивом Несслера, Ca<sup>2+</sup> - комплексонометрическим, NH<sub>4</sub> - колориметрическим с реактивом Морганя. Диапазон варьирования соотношения концентраций в исходном водном растворе и в субстрате из почвы представлены в таблице 2. Как видно из таблицы, наблюдается довольно близкое сходство между соотношением ионов в растворе и в почвенном поглощающем комплексе.

Таблица 2. Диапазон варьирования соотношения концентраций катионов в водном растворе и в ППК субстрата из почвы

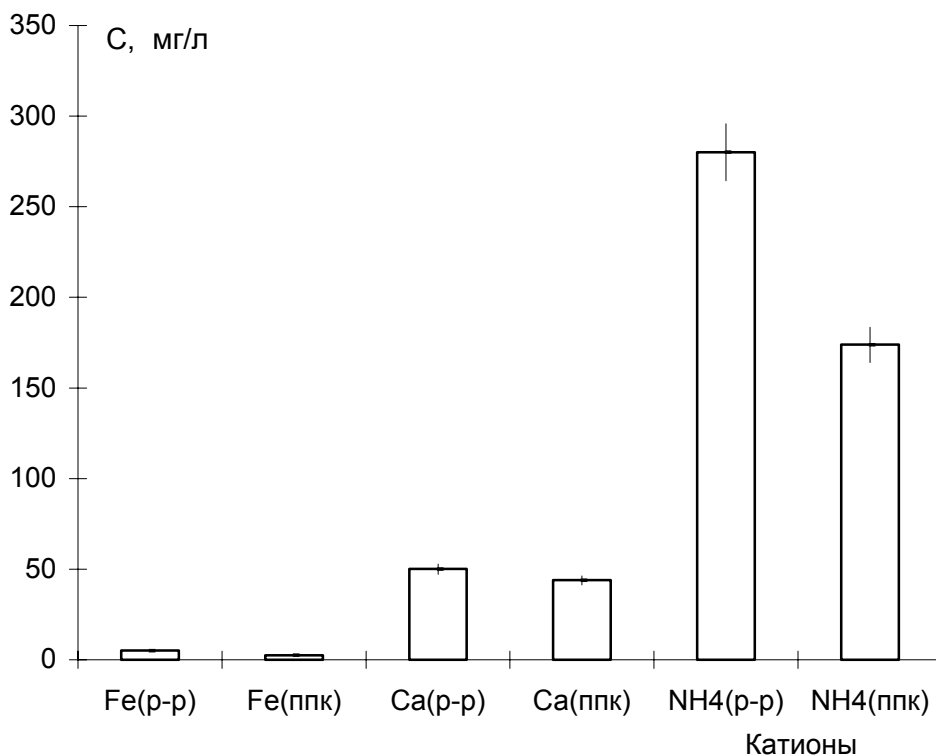
Вариант опыта	Показатели	Катионы в водном растворе			Катионы в ППК субстрата		
		Fe <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
1 (малая разница исходных концентраций катионов)	концентрация, мг/л	44,3±3,7	50,0±2,8	55,8±3,1	21,5±1,8	43,8±2,4	47,5±2,7
	соотношение концентраций	1,0	1,2±0,2	1,3±0,2	1,0	2,1±0,3	2,3±0,4
2 (средняя разница исходных концентраций катионов)	концентрация, мг/л	20,8±1,8	50,0±2,8	107,5±6,0	11,9±1,0	43,8±2,4	79,8±4,5
	соотношение концентраций	1,0	2,5±0,4	5,3±0,3	1,0	3,7±0,5	6,8±0,9
3 (значительная разница исходных концентраций катионов)	концентрация, мг/л	5,0±0,4	50,0±2,8	280,0±15,7	2,5±0,2	43,8±2,4	173,8±9,7
	соотношение концентраций	1,0	10,1±1,4	56,6±7,7	1,0	17,7±2,4	70,3±9,5



**Рис. 1.** Концентрации катионов в водном растворе (р-р) и в субстрате из почвы (ППК) в варианте №1 с малой разницей исходных концентраций катионов



**Рис. 2.** Концентрации катионов в водном растворе (р-р) и в субстрате из почвы (ППК) в варианте №2 со средней разницей исходных концентраций катионов



**Рис. 3.** Концентрации катионов в водном растворе (р-р) и в субстрате из почвы (ППК) в варианте №3 со значительной разницей исходных концентраций катионов

Однако известно, что процесс обменного поглощения ионов почвой имеет селективный характер. Селективность зависит как от свойств катионов, так и от химических особенностей самого ППК [7].

Не полное соответствие между соотношением концентраций в водном растворе и в ППК субстрата в данном случае, видимо, связано с трудно учитываемыми факторами, в число которых входят обратимость реакций обмена, неравноценность адсорбционных центров ППК в отношении прочности связи с катионами даже одного рода. Всё это осложняет анализ количественных закономерностей реакций обмена катионов с различной валентностью между раствором и ППК.

На рисунках 1, 2, 3 показаны концентрации катионов в водных растворах и в субстрате из почвы после обработки её этими растворами, в которых видно сходство состава ППК и водного раствора для разных значений соотношения взятых катионов. Из представленных рисунков видно, что поглощение разных катионов из растворов проходит по-разному. Так, концентрация поглощённого кальция одинакова во всех трёх экспериментах ( $43,8 \pm 2,4$  мг/л), несмотря на разные концентрации в растворах катионов железа и аммония. Концентрация поглощённого катиона железа из трёх растворов с разным его содержанием почти в два раза ниже, чем концентрация его в исходных растворах, то есть не зависит от концентрации в растворах других катионов, а зависит от собственной концентрации в этих растворах. Концентрация поглощённого катиона аммония также зависит от его концентрации в исходном растворе – чем больше концентрация в исходном растворе, тем больше поглощение его ППК, но наблюдается и другая закономерность - чем ниже концентрация катиона аммония в исходном растворе, тем большее его количество поглощается по отношению к концентрации в исходном растворе.

Таким образом, проведенная серия экспериментов свидетельствует о возможности регулирования состава отдельных минеральных элементов в ППК субстрата из почвы. Прослеживается закономерность в соотношении поглощённых катионов полученным субстратом и соотношением этих же катионов в исходном растворе. Как видим, субстрат из почвы с довольно хорошим приближением ведёт себя как ионит, т.е. поддается направленному формированию состава почвенного поглощающего комплекса и в отдельных случаях может быть использован для выращивания растений в регулируемых условиях минерального питания. Однако для окончательного вывода необходимо провести дополнительные исследования в отношении регулируемости не только катионного, но и анионного состава данного субстрата.

1. *Алиев Э.А., Гиль П.С.* Овощеводство и цветоводство защищённого грунта для любителей. – Киев: Урожай, 1990. – 254 с.
2. *Бейтли М.* Промышленная гидропоника. – М.: Колос, 1965. – 112 с.
3. *Гедройц К.К.* Учение о поглотительной способности почв // Избранные сочинения в 3-х томах. – М.: Сельхозгиз, 1955. – Т.1. – 559 с.
4. *Голубев И.Ф.* Почвоведение с основами геоботаники. – М.: Колос, 1982. – 360 с.
5. *Заїменко Н.В.* Розробка основ агрегатопоники // Пробл. експерим. ботаніки та екології рослин. – 1997. – Вип.1. – С. 290-293.
6. *Ким В.П., Макарова Г.А.* Характеристика органического и минерального состава нового сорта редиса, выращенного в условиях интенсивного искусственного освещения // Потенциальная продуктивность растений. – М.: Колос, 1976. – С. 178-185.
7. *Орлов Д.С.* Химия почв: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 400 с.
8. *Рэумс К., Кырстя С.* Борьба с загрязнением почвы. – М.: Агропромиздат, 1986. – 221 с.
9. *Трейман А.А.* Минеральное питание яровой пшеницы в песчаной культуре // Агрехимия. – 1985. – № 10. – С. 47-55.

ДБС НАН Украины

Получено 09.01.2002

УДК 631.41: 631.413:631.589

К вопросу получения искусственных субстратов / Башкатов В.Г., Торохова О.Н., Сетт И.В. // Промышленная ботаника. – 2002. – Вып. 2. – С. 227-231.

Изложены результаты изучения возможности получения субстрата с контролируемыми условиями минерального питания из почвы, основываясь на ионитных свойствах почвенного поглощающего комплекса (ППК). Установлено, что почва поддается направленному формированию катионного состава ППК и при проведении дополнительных исследований в отношении регулируемости анионного состава ППК в дальнейшем может быть использована для выращивания растений с регулируемыми условиями минерального питания.

Табл.2. Рис.3. Библиогр.: 9.

УДК 631.41: 631.413:631.589

On question of producing the artificial substrates / Bashkatov V.G., Torokhova O.N., Sett I.V. // Industrial botany. – 2002. – V 2. – P. 227-231.

The results of studying the possibility of obtaining the substrate with controllable conditions of soil mineral nutrition are stated, based on properties of ionits of a soil absorbing complex (SAC). It is established, that the soil is capable of the directed formation of SAC kations structure and after some additional researches concerning the regulation of SAC anions structure it furtheron can be used for cultivation of plants with controllable conditions of a mineral nutrition.

Tables. 2. Pic. 3. Bibliogr.: 9.