

УДК 631.4:631.8

doi: 10.31360/2225-3068-2019-69-183-192

**НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА
ПОЛИМЕРНОГО СУПЕРАБСОРБЕНТА
В КАЧЕСТВЕ ПОЧВОУЛУЧШИТЕЛЯ
И КОМПОНЕНТА СУБСТРАТОВ**

Козлова Н. В., Буртовой А. В.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур»,
г. Сочи, Россия, e-mail: agro-pochva@vniisubtrop.ru*

Показаны преимущества полимерных суперабсорбентов (на примере гидрогеля «АкваЛайф») для улучшения водно-физических и питательных свойств почвенных смесей и субстратов в декоративном садоводстве. В лабораторных экспериментах установлено, что по влагоёмкости гидрогель в 50–125 раз превосходит такие компоненты-почвоулучшители как торф, вермикулит, перлит. При замещении $\frac{1}{4}$ объёма почвы влагоёмкость почвосмеси с гидрогелем в 1,5 раза выше влагоёмкости почвы, и в 1,2–1,3 раза – почвосмесей с вермикулитом или перлитом; повышенная (относительно почвы) влажность почвосмеси с гидрогелем поддерживалась в течение 3,5 недель, с перлитом и вермикулитом – 2 и 3 недели, соответственно. Дистиллированная вода поглощалась гелем 200–250-кратно к его сухому весу, а водопроводная вода и раствор нитроаммофоски (5 г/л) – в 2 и 5 раз меньшем объёме. В составе гидрогеля данной марки установлено высокое содержание водорастворимых питательных элементов: $\text{NO}_3 + \text{NH}_4 - 100$; $\text{P}_2\text{O}_5 - 150$; $\text{K}_2\text{O} - 760$ мг/100 г сух. веса, при однократном извлечении вытяжкой.

Ключевые слова: почвоулучшители, суперабсорбенты, полиакриламиды, гидрогель, вермикулит, перлит, торф, влагоёмкость.

Улучшение водно-физических и питательных свойств почв, оптимизация состава и свойств почвосмесей и субстратов при выращивании различных сельскохозяйственных культур, в т. ч. цветочно-декоративных, всегда являлись актуальной практической задачей и предметом исследований отечественных и зарубежных учёных. Анализ работ, посвященных изучению различных субстратов в цветоводстве, декоративном растениеводстве (и овощеводстве), как создаваемых на основе почв и природных органических и минеральных компонентов-почвоулучшителей (торф, навоз, песок, вулканический туф и др.), так и беспочвенных субстратов (торф, минеральная вата) и бессубстратных гидропонных систем, а также по использованию в качестве субстратов или их компонентов отходов древесины, представлены в нескольких обзорных статьях [10, 11, 16].

Начиная с 50-х годов прошлого столетия, сначала в Израиле, затем в США, Японии, Египте, Судане, Франции, а с 80-х годов и в нашей стране, всё шире осваивается синтез и применение в земледелии и других областях сельского хозяйства нового класса почвоулучшителей – влагонабухающие полимерные гидрогели. Это сополимеры полиакриламида, которые состоят из акриламида и акрилата калия, макромолекулы которых «сшиты» между собой поперечными химическими связями, образуя так называемые полимерные сетки [4]. Выпускаются в виде гранул, не растворимы в водных растворах, но сильно в них набухают, обладая (в зависимости от производителя и марки) большей или меньшей влагоудерживающей емкостью, различной скоростью поглощения и отдачи впитанной влаги. Современное поколение гидрофильных полимеров – суперабсорбенты (САПы – SAP) – сильнонабухающие полимерные гидрогели, способны поглощать и удерживать количество жидкости в 500–1 000 раз превышающее их сухую массу (некоторые до нескольких литров воды на 1 г полимера), а затем отдавать до 98 % абсорбированной воды [4]. Она может эффективно использоваться растениями, поскольку её основная часть лежит в области биологически доступных потенциалов ($4,2 > pF > 2,0$) [9]. Гели работают в почве несколько лет после внесения, постепенно снижая свою эффективность и разрушаясь с образованием органических компонентов, безопасных с экологической точки зрения [4, 8, 9].

Научно-исследовательские работы по изучению возможностей использования различных полимеров в аспекте земледелия, растениеводства, агрохимии и почвоведения были начаты в нашей стране уже в 60-е годы XX столетия [7, 12, 18], затем активно продолжались в 70–90-е [2, 3, 5, 6, 8, 13, 14] и ведутся в новом тысячелетии [4, 9, 17]. Результаты

исследований показали большие перспективы использования полимерных суперабсорбентов в сельском хозяйстве. Высокие сорбирующие свойства гидрофильных сетчатых полимеров позволяют регулировать количество влаги в почве, снижая потери на гравитационный сток и физическое испарение, поглощая или отдавая её по мере необходимости, что позволяет сократить расход поливной воды и частоту поливов, а также расход удобрений, при этом пролонгировано обеспечивая растения водой и растворенными в ней питательными веществами. Они также эффективны как структурообразователи, улучшающие структуру почв и снижающие плотность сложения. Оптимизация водно-физических и питательных режимов почвы способствует повышению продуктивности растений, созданию более благоприятных условия для жизнедеятельности почвенной микробиоты, повышению гумусированности почв. Развития и расширения рынка полимеров в разных странах, в том числе и в России, делает их всё более доступными и рентабельными для практического использования.

Использование полимерных суперабсорбирующих гидрогелей может быть очень перспективно в субтропическом садоводстве, питомниководстве, цветоводстве и декоративном растениеводстве в качестве почвоулучшителей, компонентов тепличных субстратов и почвосмесей для горшечных и контейнерных культур. В связи с этим целью исследований являлось изучение свойств гидрофильных полимеров в сравнении с более традиционными компонентами-почвоулучшителями.

Объекты и методы исследования. В качестве объектов исследования были выбраны: суперабсорбент гидрогель марки «АкваЛайф» (права компании ООО «НьюЭль»), агроперлит, вермикулит, универсальный почвогрунт на основе верхового торфа. Суперабсорбент «АкваЛайф» разработан в Израиле для сельскохозяйственного использования, в его состав входит поглощающий полимер и питательные вещества органического происхождения, срок работы в грунте до 5–7 лет после внесения [15]. Для сравнительного изучения выбранных компонентов было поставлено несколько лабораторных опытов.

Опыт 1. Изучение водопоглощающей и водоудерживающей способности компонентов-почвоулучшителей. Компоненты (в 3-кратной повторности) залили дистиллированной водой и оставили до полного насыщения на сутки, через сутки излишки воды слили с помощью мелких сит. По разнице воздушно сухого веса компонентов и их веса после насыщения определили влагоёмкость каждого (% воды к сухому весу). Насыщенные водой компоненты поместили в одинаковые контейнеры, в равных объёмах. Затем в течение 30 дней вели наблюдение за динамикой их влажности в условиях лабораторного помещения (при температуре 23–25 °С).

Опыт 2. Изучение поглотительной способности суперабсорбента в зависимости от состава раствора. В опыте изучалось 4 варианта (в 3-кратной повторности):

- 1) гидрогель + водопроводная вода;
- 2) гидрогель + дистиллированная вода;
- 3) гидрогель + деионизированная вода;
- 4) гидрогель + раствор нитроаммофоски (5 г/л дистиллированной воды).

По 1 г воздушно сухого суперабсорбента поместили в лабораторные стаканы и залили избыточным количеством исследуемого раствора (по 400 мл) и оставили на сутки до полного насыщения. Затем слили излишки растворов при помощи мелких сит. По разнице между весом насыщенного гидрогеля и его воздушно сухим весом определили количество сорбированного раствора (% к сухому весу). Эксперимент проходил при температуре 28–30 °С.

Опыт 3. Изучение водопоглощающих и водоудерживающих свойств почвосмесей с различными компонентами-почвоулучшителями в их составе (при замещении $\frac{1}{4}$ объёма почвы компонентом) проводили на 4-х вариантах (в 3-кратной повторности): 1) почва бурая лесная кислая среднеглинистая (сухой вес 2 кг) – контроль; 2) почва (сухой вес 1,5 кг) + вермикулит (в объёме равном объёму 0,5 кг почвы – 75 г); 3) почва (сухой вес 1,5 кг) + перлит (в объёме равном объёму 0,5 кг почвы – 50 г); 4) почва (сухой вес 1,5 кг) + 10,5 г сухого геля (согласно рекомендаций производителя на 2-литровый объём грунта).

Почвосмеси поместили в отдельные 2-литровые контейнеры, взвесили, затем насытили их водопроводной водой. В дальнейшем в течение 30 дней вели наблюдение за динамикой изменения влажности почвосмесей в условиях лабораторного помещения (при температуре 23–25 °С).

Кроме того, для изучаемых компонентов в водных вытяжках общепринятыми аналитическими методами [1] было проведено изучение рН и общего количества водорастворимых веществ (сухой остаток водной вытяжки), а также содержания водорастворимых форм основных макроэлементов, наиболее важных с точки зрения питания растений и плодородия почвосмесей.

Результаты и их обсуждение. Сравнительное изучение водопоглощающей и водоудерживающей способности выбранных компонентов показало существенные преимущества гидрогеля «АкваЛайф» в сравнении с такими традиционно используемыми для улучшения свойств почв природными веществами как торф, перлит, вермикулит. Так влагоёмкость перлита составила немногим более 350 % от сухого веса компонента, а вермикулит вобрал в себя 5-кратное количество воды

относительно сухого веса (500 %) (рис. 1а). В условиях лабораторного эксперимента снижение влажности перлита и вермикулита шло довольно быстро, примерно с одинаковой скоростью. С учётом разного количества поглощённой воды полная потеря влаги наступила на 7-е (перлит) и 10-е (вермикулит) сутки. Торфяной универсальный грунт характеризовался небольшим водопоглощением (порядка 170 % к сухому весу), но при этом удерживал влагу заметно дольше, чем перлит и вермикулит; плавное снижение влажности до исходного уровня шло в течение почти 4 недель (рис. 1а). Влагеёмкость гидрогеля «Аквалайф» соответствовала 250-кратному количеству поглощенной воды относительно его сухого веса; к концу 30-дневного эксперимента компонент ещё удерживал около 1500 % – т. е. 15-кратное количество влаги (рис. 1б).

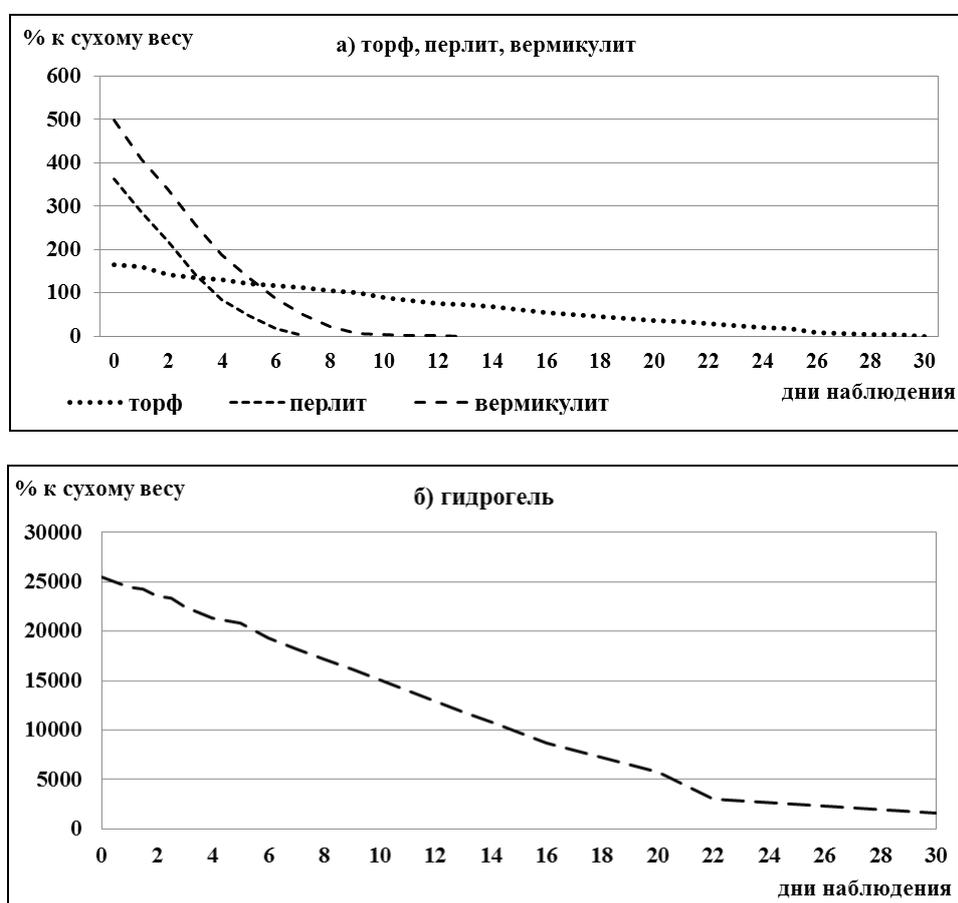


Рис. 1. Динамика снижения влажности насыщенных водой компонентов-почвоулучшителей в процессе естественного высыхания

Интересно отметить существенные различия поглотительной ёмкости изучаемого суперабсорбента в зависимости от состава насыщающего раствора (рис. 2). Дистиллированная вода, как и деионизированная вода, свободные от основного количества ионных примесей, поглощались гидрогелем в 200-кратном размере относительно его сухого веса. При этом простая водопроводная вода поглощалась уже в 2 раза меньшем количестве. Водный раствор минеральных удобрений (5 г нитроаммофоски на 1 л дистиллированной воды) был поглощён и удерживался полимером в количестве только в 40 раз превышающем его сухую массу, т. е. в 5 раз меньшем, чем дистиллированная и деионизированная вода. Кроме того, была отмечена разница влагоёмкости гидрогеля при насыщении дистиллированной водой в опытах 1 (25 000 %, рис. 1б) и 2 (21 000 %, рис. 2), что может быть связано с разницей температур в период проведения первого и второго экспериментов (23–25 и 28–30 °С, соответственно).

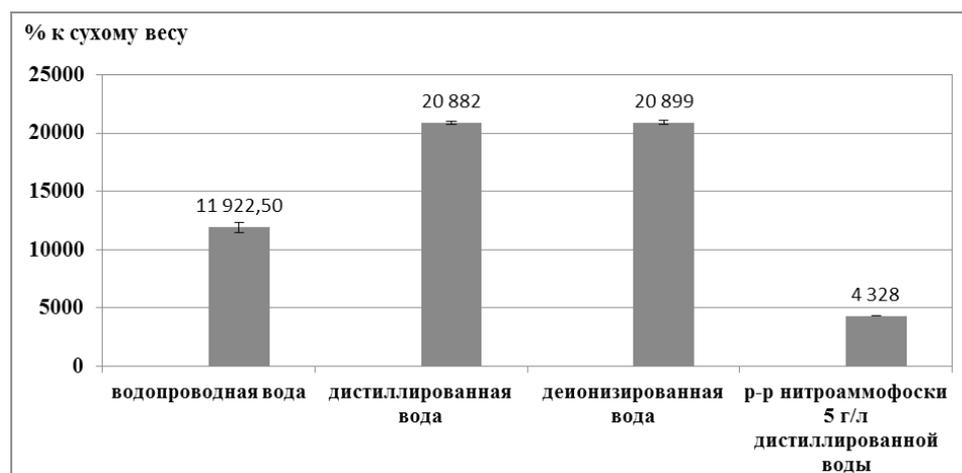


Рис. 2. Влагоёмкость гидрогеля в зависимости от насыщающего раствора

В одной из экспериментальных работ, где насыщали полиакриламидный полимер растворами разных солей (NH_4NO_3 ; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; NH_4Cl ; NaNO_3 ; KCl , мочевины – $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$; и др.) в концентрации от 0,2 до 1 г/л, было установлено, что практически все соли, построенные по ионному типу (т. е. электролиты) уменьшали водопоглощение полимером, что связано с разрушением электролитами коллоидной гелевой системы [9]. Коэффициент водопоглощения определялся только концентрацией

раствора соли-электролита, независимо от типа и зарядности катиона и аниона, при этом растворы мочевины, построенной по ковалентному типу, практически не вызвали уменьшение водопоглощающей способности полимера.

Изучение водопоглощающих и водоудерживающих свойств почвосмесей с различными компонентами-почвоулучшителями в их составе ($\frac{1}{4}$ объёма почвы) также показало преимущество использования гидрогеля «АкваЛайф» (рис. 3). Добавление этого компонента к почве наиболее значительно повысило влагоёмкость почвосмеси – в 1,5 раза (или на 20 % к сухому весу) по сравнению с контролем (почва), и способствовало поддержанию повышенной влажности на протяжении почти 3,5 недель. Перлит, как и вермикулит повышали влагоёмкость почвосмесей на 7–12 % относительно сухого веса, при этом перлит несколько уступал вермикулиту (как и в опыте № 1, рис 1а). Через две недели эксперимента почвосмесь с включением перлита выровнялась по влажности с контрольной почвой; почвосмесь с вермикулитом сохраняла повышенную влажность на протяжении 3 недель.

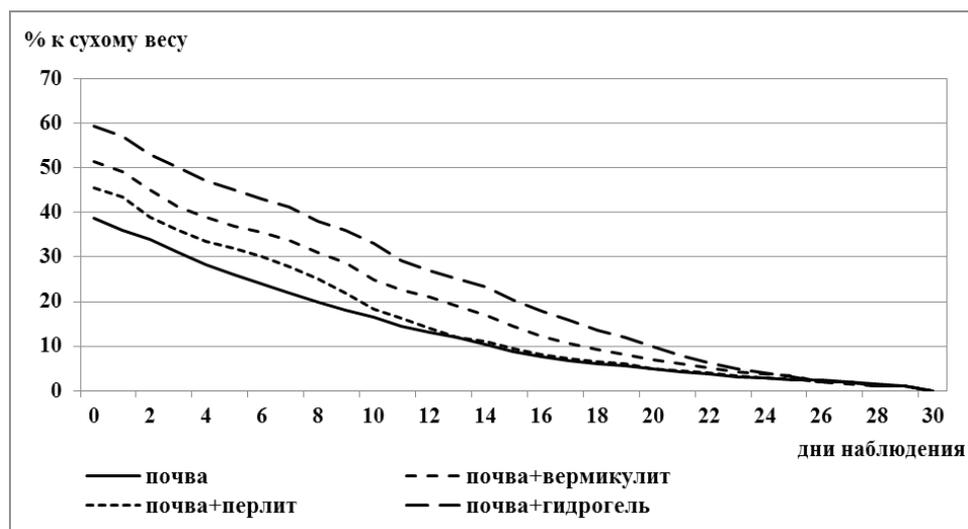


Рис. 3. Динамика снижения влажности почвосмесей (после их полного насыщения) в процессе естественного высыхания

По общему содержанию водорастворимых веществ и содержанию водорастворимых форм основных элементов питания агроперлит и вермикулит характеризовались незначительным их присутствием, а для гидрогеля «АкваЛайф» установлено довольно высокое содержание азота, фосфора и калия в водорастворимой форме (табл. 1), что соответствует информации от производителя о включении питательных веществ в его

состав. При этом в данном случае установлено содержание элементов при однократном извлечении вытяжкой, что даёт лишь частичное представление о их потенциально возможном для извлечения запасе в составе геля (для этого необходима серия последовательных вытяжек).

Таблица 1

Содержание водорастворимых веществ в изучаемых компонентах

Компонент	рН _{водн.}	NO ₃	NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	Сухой остаток водной вытяжки, %
		мг/100 г				
Агроперлит	6,7	1,3	1,9	2,8	1,6	0,1
Вермикулит	7,3	2,2	0,6	0,1	1,5	0,1
Гидрогель	6,9	59,6	38,0	146,5	762,5	6,7

Заключение. Таким образом, проведённые лабораторные исследования показали потенциальную возможность использования полимерных суперабсорбентов (гидрогелей) для улучшения водно-физических и питательных свойств почвенных смесей и субстратов в декоративном садоводстве, и их некоторые преимущества в сравнении с более широко применяемыми перлитом, вермикулитом, торфом. Влажность гидрогеля «АкваЛайф» соответствовала 250-кратному количеству поглощенной дистиллированной воды относительно сухого веса компонента; вермикулита – 5-кратному, перлита – 3,5-кратному, торфа – 1,5–2,0-кратному. К концу 30-дневного эксперимента гидрогелем ещё удерживалось 15-кратное количество воды, тогда как потеря влаги (снижение до исходного веса) перлитом и вермикулитом шла в течении 7 и 10 суток (соответственно), торфом – более 3 недель. Ёмкость поглощения гидрогеля зависела от состава раствора: водопроводная вода поглощалась в 2 раза меньшем количестве, а раствор нитроаммофоски (5 г/л) – в 5 раз меньшем, чем дистиллированная и деионизированная вода. Влажность смеси почвы с гидрогелем была в 1,5 раза выше по сравнению с почвой, и в 1,2–1,3 раза выше чем почвосмесей с вермикулитом или перлитом (при замещении ¼ объёма почвы компонентом). Повышенная влажность (в сравнении с почвой) почвосмеси с гидрогелем сохранялась на протяжении 3,5 недель, с перлитом – 2 недели, с вермикулитом – около 3 недель. Установлено высокое содержание водорастворимых форм питательных макроэлементов в составе гидрогеля данной марки: 100 (NO₃ + NH₄); 150 (P₂O₅); 760 (K₂O) мг/100 г сух. веса, при однократном извлечении.

Библиографический список

1. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.

2. Артюшин А.М. Полимеры в земледелии // Земледелие. – 1987. – № 6. – С. 57. – ISSN 0044-3913.
3. Афанасьев Н.И., Янович Н.И. Структурообразующая роль полиакриламида на некоторых почвах БССР // Почвоведение и агрохимия. – 1970. – Вып. 7. – С. 137-141. – ISSN 0130-8475.
4. Байбурдов А.Б. Шиповская Т.А. Синтез, химические и физико-химические свойства полимеров акриламида: учебное пособие для бакалавров Института химии СГУ. – Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского», 2014. – 66 с.
5. Зюзь Н.С., Лазарев А.А., Казанский К.С., Ракова Г.В. Опыт применения гидрогелей для повышения влагоёмкости кварцевых песков // Почвоведение. – 1990. – № 7. – С. 149-153. – ISSN 0032-180X.
6. Казанский К.С., Ракова Г.В., Ениколопов Н.С. Сильнонабухающие полимерные гидрогели новые влагозадерживающие почвенные добавки // Вестник с.-х. науки. – 1988. – № 4. – С. 125-132. – ISSN 0206-6335.
7. Качинский Н.А., Мосолова А.Н., Таймурадова Л.Х. Использование полимеров для оструктурирования и мелиорации почв // Почвоведение. – 1967. – № 12. – С. 98-106. – ISSN 0032-180X.
8. Кротов П.В. Влияние влагонабухающих гидрогелей на оптимальное влагообеспечение и питание сельскохозяйственных культур в звене севооборота: дис. ... канд. с.-х. наук. – Суздаль, 1996. – 183 с.
9. Кузнецов А.Ю. Влияние полимерной мелиорации на свойства чернозёма выщелоченного, тепличного почвогрунта и урожайность сельскохозяйственных культур: дис. ... канд. с.-х. наук. – Пенза, 2003. – 167 с.
10. Лях В.М. Использование субстратов с отходами древесины для выращивания декоративных растений // Гавриш. – 1998. – № 2. – С. 15-19. – ISSN 2074-0468.
11. Лях В.М. Особенности минерального питания декоративных растений, выращиваемых на отходах древесины // Гавриш. – 1999. – № 1. – С. 28-31. – ISSN 2074-0468.
12. Масленкова Г.Л., Ревут И.Б., Романов И.А. Применение полимеров перспективное направление химизации земледелия // Агрохимия. – 1966. – № 12. – С. 97-104. – ISSN 0002-1881.
13. Мозолевская Е.Г., Прохорова И.И. Новые средства для улучшения условий роста и развития растений // Лесной вестник. – 1998. – № 2. – С. 75-78. – ISSN 1683-6901.
14. Мосолова А.И. Влияние полимеров на структуру дерново-подзолистых почв и урожайность сельскохозяйственных культур // Почвоведение. – 1970. – № 9. – С. 54-64. – ISSN 0032-180X.
15. ООО «НьюЭль» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.vpole.ru/firms/?id=2971> (дата обращения: 15.02.2019).
16. Рындин А.В., Лях В.М., Козлова Н.В. Субстраты для выращивания цветочных и других тепличных культур (Обзор) // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2018. – Вып. 65. – С. 16-39. – doi: 10.31360/2225-3068-2018-65-16-39.
17. Шилов А.Н., Плотников А.М. Эффективность применения полимерного гидрогеля с азотно-фосфорными удобрениями в посевах пшеницы // Научно-техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях: сборник докладов IV Международной практической конференции, Москва, 26-29 июня 2012 г. – М.: МГСУ, 2012. – С. 386-388. – ISBN 978-5-7264-0624-4.
18. Штатнов В.И., Щербаков Н.И. Полиакриламид и сополимер-8 как искусственные почвенные структурообразователи и как азотные удобрения // Почвоведение. – 1964. – № 14. – С. 79-88. – ISSN 0032-180X.

**SOME PROPERTIES OF POLYMERIC
SUPERABSORBENT AS A SOIL AMENDMENT
AND A SUBSTRATE COMPONENT**

Kozlova N. V., Burtovoy A. V.

*Federal State Budgetary Scientific Institution
"Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops",
c. Sochi, Russia, e-mail: agro-pochva@vniisubtrop.ru*

The paper shows advantages of polymeric superabsorbents (on the example of a hydrogel "AquaLife") for improving water-physical and nutritional properties of soil mixtures and substrates in ornamental horticulture. In laboratory experiments, it was found that moisture capacity of the hydrogel was 50–125 times greater than that in such components-soil improvers as peat, vermiculite, and perlite. When replacing $\frac{1}{4}$ of soil volume, moisture capacity of soil mixtures with hydrogel was 1,5 times higher than moisture capacity of soil, and 1.2–1.3 times higher than moisture capacity of soil mixtures with vermiculite or perlite; Increased (relative to the soil) moisture of soil mixture with hydrogel was maintained for 3,5 weeks, with perlite and vermiculite – 2 and 3 weeks, respectively. Distilled water was absorbed by the gel 200–250 times to its dry weight, while tap water and the solution of NPK (5 g/l) was 2 and 5 times less in amount. It was found that the hydrogel of this brand had a high content of water-soluble nutrients: 100; P₂O₅ – 150; K₂O – 760 mg/100 g of dry weight, with a single extraction.

Key words: soil, superabsorbents, polyacrylamides, hydrogel, vermiculite, perlite, peat, water capacity.