

Куранта схема обладает равномерной сходимостью, то есть при  $h \rightarrow 0$  решение разностной задачи равномерно стремится к решению исходной задачи (2) (4).

Недостатком схемы является необходимость после выбора шага в направлении  $x$  особо уделить внимание выбору шага по переменной  $t$ . Если нужно произвести вычисления для большого значения  $T$ , может потребоваться значительное число шагов  $\tau$ .

Анализ проведенных исследований показал, что воздействие УЗК приводит к увеличению примерно на четверть удельной поверхности торфа и градиента влаги верхней и нижней его частях, а также к более равномерному распределению влажности в объеме сырья, что способствует увеличению коэффициента массопроводности и снижению энергетических затрат и ресурсосбережению при получении топливных брикетов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Амосов А. А. Вычислительные методы для инженеров / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский [и др.]. – М. : Высшая школа, 1994. – 544 с.
2. Богатов Б. А. Энергоемкость производства твердого топлива / Б. А. Богатов, Н. И. Березовский, Е. К. Костюкевич // Ахова працы. – 1999. – № 11. – С. 16–19.

УДК 635.032/.034

#### ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ГИДРОПОНИКЕ СУБСТРАТОВ

**Малинина Татьяна Анатольевна**, к. с-х. н., доц., Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова, **Россия**, г. Воронеж, *malinina15@yandex.ru*

**Молоканова Марина Сергеевна**, магистр, Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова, **Россия**, г. Воронеж, *avery2033@gmail.com*

**Голядкина Инна Вячеславовна**, к. с-х. н., доц., Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова, **Россия**, г. Воронеж, *nina1818@yandex.ru*

Выращивание овощных и цветочных культур гидропонным методом в последнее время получило широкое распространение. Главная задача – это получение оптимального питательного раствора и субстрата для выращивания растений гидропонным методом. Согласно всем характеристикам были выбраны смеси: вермикулит и керамзит, гравий и вермикулит, гравий и песок, с одинаковыми питательными растворами. Опытным вариантом послужила гвоздика голландская сорт Lilipot F1.

*Ключевые слова:* субстраты, растворы, гидропоника, вермикулит, керамзит, гравий, кислотность, плотность.

#### THE MAIN TYPES OF SUBSTRATES USED IN HYDROPONICS

**Malinina T. A., Molokanova M. S., Goliadkina I. V.**

The cultivation of vegetable and flower crops by the hydroponic method has recently become widespread. The main task is to obtain the optimal nutrient solution and substrate for growing plants by the hydroponic method. According to all the characteristics, mixtures were selected: vermiculite and expanded clay, gravel and vermiculite, gravel and sand, with the same nutrient solutions. The experimental version was the Dutch carnation variety Lilipot F1.

*Keywords:* substrates, solutions, hydroponics, vermiculite, expanded clay, gravel, acidity, density.

Гидропоника – метод выращивания растений без почвы на питательных растворах, где в качестве субстрата используются инертные материалы (вермикулит, керамзит, минеральная вата).

Почти все время внимание ученых было сосредоточено на выращивании овощных и плодовых культур, а также цветов на срезку, обходя комнатные растения. Одним из первых исследователей, обративших внимание на выращивание комнатных культур, был Максвелл Бэнтли [1].

Основные критерии для успешного выращивания комнатных растений гидропонным методом:

- подбор оптимального соотношения элементов в питательном растворе;
- подбор правильного субстрата;
- выбор оптимальной гидропонной системы [1].

Важным элементом выращивания растений гидропонным методом является хороший субстрат, который должен соответствовать ряду требований: он не должен содержать солей, не должен влиять на pH и на ЕС питательного раствора, должен обладать пористой структурой и быть долговечен, а также обладать оптимальными влагоемкостью и влагоудерживающей способностью. Существует несколько видов субстратов: неорганические (минеральная вата, пемза, перлит, вермикулит, гравий, керамзит, песок) и органические (торф, кокосовая кофра, опилки). Изучив все характеристики каждого вида субстрата, можно сделать определенные выводы:

Минеральная (каменная) вата – весьма легкий субстрат с объемной плотностью  $0,1 \text{ г/см}^3$  и высоким объемом пористости, она в основном нейтральна, но содержит много металлов. При pH 5 минеральная вата начинает растворяться.

Стекловолоконная вата – один из самых популярных субстратов, используемых в промышленной гидропонике для выращивания цветов и свежих овощей. С коммерческой точки зрения это один из самых дешевых субстратов, но он имеет существенные недостатки. Высокая влагоемкость и низкое влагоудержание приводит к тому, что вода неравномерно распространяется по плите. Нижняя часть насыщается водой, почти не оставляя воздуха, а верхняя очень быстро высыхает [2].

Лавовые породы обладают высокой пористостью (до 80 %) и очень легкие ( $\pm 1 \text{ г/м}^3$ ). Как правило, из лавы получается хороший субстрат, но и он не лишен недостатков. При pH ниже 6 лава может быть подвержена разъедающему воздействию питательного раствора. Также лава может содержать значительное количество алюминия, который способен выщелачиваться в питательный раствор и таким образом попадать в растения.

Пемза – инертный субстрат, без буферных свойств. Влагоудерживающая способность низкая, поэтому лучше применять ее в смесях. Также пемзой выкладывают дно поддонов для облегчения дренирования и предотвращения застоя воды.

Перлит – порода, представляющая собой вулканическое стекло с высоким содержанием воды. Самый удобный для гидропоники размер частиц 1,5–3 мм. Перлит – легкий материал ( $1 \text{ г/м}^3$ ), обладающий отличными влагоудерживающим свойством, он способен удерживать в 4 раза больше воды, чем собственная масса. Перлит инертен и нейтрален, pH 7–7,5. Несмотря на все его положительные качества проблема в том, что перлит впитывает во время оросительного цикла и используется, как добавка в количестве почвенных и беспочвенных смесей.

Наиболее хорошие результаты показал вермикулит. Он выгодно отличается от песка или почвенных компостов тем, что обладает большой влагоемкостью, легок и обеспечивает лучшую аэрацию корней. Его легкость позволяет пересаживать растения с минимальной приостановкой роста: точки роста и корневые волоски не повреждаются.

Гравий – рыхлая осадочная горная порода. Гравий не удерживает влагу, так что его придется постоянно орошать. Гравий подходит только для систем периодического затопления. Самым главным недостатком гравия является удельная плотность – составляет  $1,5 \text{ г/см}^3$ .

Песок почти не используется в гидропонике: его объемная плотность весьма велика ( $1,5\text{--}1,8 \text{ г/м}^3$ ), а пористость и влагоемкость ниже 1 %. Песок нейтрален и его можно использовать в смесях.

Керамзит исключительно стабилен, имеет pH 7 и не обладает буферной способностью, пористый и обеспечивает большую площадь соприкосновения между воздухом и корнями. Керамзит хорошо дренирует, не требует циклического орошения, не забирает ионы из раствора и без проблем используется повторно. Почти весь керамзит требует обработки перед использованием.

Торф – рыхлая осадочная горная порода, образованная скоплением остатков мхов. Весь торф обладает большой влагоемкостью и сжимается при орошении. Торф нельзя использовать в чистом виде.

Кокосовая койра – субстрат, приготовленный из кокосовой скорлупы. Кокосовый субстрат содержит большое количество хлорида натрия. Из-за этого кокос раньше использовался только в открытых системах во избежание отложения солей. Сейчас кокос подвергают обработке, заменяя ион натрия на ион кальция. Но даже после обработки кокос будет взаимодействовать с раствором, удерживая катионы магния и кальция, поэтому состав питательного раствора подбирают с учетом этого процесса [3].

Опилки в некотором виде оправдывают себя в смесях, иногда даже в чистом виде. В гидропонике используют опилки твердых пород древесины во избежание фитотоксичности. Опилки создают легкую среду с низкой плотностью и высокой пористостью, но очень низкой влагоемкостью, рН ближе к нейтральному, проводимость низкая. Для опилок нужен насыщенный азотом раствор.

Согласно всем характеристикам были выбраны смеси: вермикулит и керамзит, гравий и вермикулит, гравий и песок, при одинаковых питательных растворах. Опытным вариантом послужила гвоздика голландская сорт Lilipot F1.

За первые три месяца наблюдений самый большой прирост наблюдался у гвоздик во второй установке, где субстратом служил вермикулит и керамзит. Худший прирост показали гвоздики в установке на гравии и песке, раствор которых содержал большое количество азота и среднее количество калия. Низкий прирост можно объяснить низкими влагоудерживающими качествами песка и гравия, их склонности к накоплению солей и тенденции к слеживанию – со временем они все хуже и хуже пропускают воздух к корням.

Также хороший прирост показали гвоздики, выращиваемые на вермикулите и гравии. В течение всего роста и последние три месяца динамика не изменялась.

Самыми оптимальными типами субстратов показали себя вермикулит и керамзит, гравий и песок показали худшие результаты по сравнению с первыми двумя.

Предпринимаемая нами попытка выращивания посадочного материала методом гидропонии в дальнейшем должна подвергнуться более глубокому изучению, что позволит максимально увеличить продуктивность и сократить затраты на производство.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бэнтли М. Промышленная гидропоника / М. Бэнтли – М. : Колос, 1965. – 819 с.
2. Бедриковская Н. П. Гидропоника комнатных цветов / Н. П. Бедриковская – Киев : Наукова думка, 1972. – 64 с.
3. Тексье У. Гидропоника для всех. Все о садоводстве на дому / У. Тексье. – Paris (France) : Mama Editions, 2013. – 277 с.

УДК 628.336.6

### ПРОИЗВОДСТВО БИОГАЗА НА ОСНОВЕ ОСАДКОВ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД В БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ (РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ)

**Басалай Екатерина Николаевна**, магистр биологических наук, науч. сотр., Полесский аграрно-экологический институт Национальной академии наук Беларуси, Республика Беларусь, г. Брест, [basalaiekaterina@yandex.ru](mailto:basalaiekaterina@yandex.ru)

В статье показана эффективность использования осадков городских сточных вод при производстве биогаза как одного из наиболее эффективных способов обращения с вновь образованными и накопленными его объемами на территории Брестской области (Республика Беларусь).

*Ключевые слова:* городские очистные сооружения, осадок городских сточных вод, биогаз, тепловая энергия, электрическая энергия.