Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Томский государственный педагогический университет
Томский государственный университет

ГУМИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА В ВОДАХ БАССЕЙНА РЕКИ УЛУ-ЮЛ. ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ НА РАСТЕНИЯ

КОЛЛЕКТИВНАЯ МОНОГРАФИЯ

Под редакцией

А.В. Куровского и В.Н. Куровского

ВЫПУСК ПЕРВЫЙ

АЛЛОМЕТРИЯ В СИСТЕМЕ КОРЕНЬ/ПОБЕГ

Томск – 2019

ГЛАВА 3.
ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВО-МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ВОД БАССЕЙНА Р. УЛУ-ЮЛ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ У РАСТЕНИЙ В ВОДНОЙ КУЛЬТУРЕ

Некоторые аспекты методологии водной культуры в эколого-физиологических экспериментах на растениях

А.В. Куровский, Ю.Е. Якимов, Д.В. Брейт, В.Ю. Стафеев

Водная культура растений является частным случаем гидропоники, точнее, самым предельным ее вариантом. Ведь, в данном случае, для выращивания растений не используются никакие субстраты, заменяющие почву и выполняющие некоторые из ее функций. Три основных компонента, обеспечивающих поглощение растением питательных элементов, – это механические приспособления, удерживающие побег над поверхностью раствора, сосуд для раствора и, собственно, сам питательный раствор. Эти три компонента являются обязательным базисом в методе водной культуры. Вариативной надстройкой над этим базисом являются такие элементы, как искусственные источники освещения с заданными спектральным характеристиками и параметрами мощности, системы аэрации раствора, таймеры для автоматического контроля режима «день/ночь» и ещё многое другое. Но, ещё раз подчеркнем: для самого простого осуществления метода водной культуры достаточно только триады «сосуд–раствор–крепление». В таком варианте растение может расти и развиваться при естественном освещении (в том числе, в помещениях) без какой-либо аэрации. Относительно последнего условия (вегетация без аэрации) следует заметить, что многое зависит от биологических особенностей культивируемых растений, а также от состава и свойств питательного раствора.

Одним из самых главных требований, предъявляемых к гидропонному питательному раствору, является его сбалансированность. Однако, многие исследователи, поверхностно знакомые с методом водной культуры, ошибочно понимают под сбалансированностью определенные исходные количественные соотношения между макро- и микроэлементами в растворе, отражающие потребности культивируемого растения. С нашей точки зрения, самым главным аспектом в понятии «сбалансированность питательного раствора» является аспект динамического гомеостаза. На практике это означает

следующее: растение поглощает из раствора питательные элементы и, кроме того, – поглощает воду. Убыль воды может происходить также за счет физического испарения с поверхности вегетационного сосуда. Но вся система сопряжения трех процессов (поглощение элементов минерального питания корнями, физиологическая транспирация, физическое испарение воды с поверхности раствора) работает таким образом, что при изменяющемся количестве раствора в сосуде (уменьшении уровня раствора) исходные концентрации элементов остаются в нем практически неизменными или, говоря более строго, – варьируют в заданном коридоре гомеостаза. Это же правило гомеостатирования обязано выполняться и в отношении главных физико-химических параметров питательного раствора – pH и электропроводности [Trejo-Téllez, Gómez-Merino, 2012].

Нормальными диапазонами электропроводности и pH для гидропонных питательных растворов считаются 1000–3000 μS/см и 5,5–6, соответственно [Wortman, 2015]. Вся совокупность питательных растворов со значениями электропроводности ниже 1000 μS/см обозначается как низкоконцентрированные или слабоконцентрированные питательные растворы.

Из двух приведенных генеральных параметров питательных растворов pH является наиболее проблемным с точки зрения поддержания гомеостаза и регуляции уровня. Низкая буферная емкость питательных растворов (по сравнению с почвенными растворами), изменяющийся баланс между катионами и анионами и многие другие факторы приводят к необходимости периодической коррекции pH растворов в ходе культивирования растений. При этом наиболее часто возникающей задачей является коррекция избыточного защелачивания. Для этого обычно используют добавки (в малых объемах) концентрированных фосфорной, азотной или серной кислот [Trejo-Téllez, Gómez-Merino, 2012].

Вариантов сбалансированного питательного раствора для водной культуры разработано немало. Однако, лишь некоторые из них приобрели всеобщее признание и популярность как в среде ученых, так и в сфере практической гидропоники. К таким общепризнанным растворам относится питательный раствор Хьюитта, который широко используется как в практике, так и в современных научных исследованиях, основанных на методологии водной культуры [Uptake of perfluorinated compounds … , 2014 ; Uptake of azoles by

lamb's lettuce … , 2016]. Именно эту смесь мы использовали в качестве контрольной в экспериментах по исследованию эффектов, оказываемых речными водами на морфометрические показатели у растений пшеницы и томата. В таблице 3.1 представлен состав питательного раствора Хьюитта с указанием концентраций отдельных компонентов в рабочем разведении. Данные, указанные в таблице, приводятся по [Hewitt, 1966].

Таблица 3.1 – Состав питательного раствора Хьюитта

Макрокомпоненты раствора	Концентрация, мг-экв/л
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	8
KH_2PO_4	2
$K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$	2
KNO_3	2
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	3
NH_4NO_3	1
Микрокомпоненты раствора	Концентрация, моль/л
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	$\sim 10^{-6}$
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	$\sim 10^{-6}$
$(NH_4)_2MoO_4$	$\sim 10^{-6}$
$MnSO_4$	$\sim 10^{-5}$
H_3BO_3	$5 \cdot 10^{-5}$
Хелат Fe	$5 \cdot 10^{-5}$

В краткосрочных (до 2-х–3-х недель) лабораторных экспериментах по сравнительному изучению влияния каких-либо факторов на растения в водной культуре практически невозможно подобрать какой-то один-единственный, по-настоящему адекватный контроль. При этом под понятие краткосрочной водной культуры подпадают даже простейшие гидропонные системы, представляющие собой обычные чашки Петри с прорастающими семенами. Прямо в чашках Петри с объемом среды прорастания 5–10 мл возможно проследить первичные эффекты действующих агентов на 2–3-суточных проростках пшеницы, 4–5-суточных проростках томата и т.д. На таких сроках необходимость использования сбалансированного питательного раствора фактически отпадает, т.к. сами семена (эндосперм или семядоли) содержат первичный запас питательных веществ. Поэтому

контролем может служить вода: отстоянная водопроводная, искусственная прудовая, дистиллированная, деионизированная.

Анализ отечественной и зарубежной литературы позволяет определить две генеральные тенденции в определении понятия «контрольная среда для краткосрочной водной культуры растений». Первая тенденция характерна, в основном, для отечественных работ, но, хотя и значительно реже, упоминается также и в зарубежных источниках. Эта тенденция заключается в использовании в качестве среды проращивания и культивирования водопроводной воды [Алексейчук, Ламан, 2005 ; Алексейчук, 2009 ; Espeland, Perkins, Leger, 2010].

Вторая тенденция – использование в качестве контрольной среды прорастания и культивирования дистиллированной воды, а в качестве экспериментальных сред – растворов каких-либо веществ (например, неорганических солей), приготовленных на дистиллированной воде [Comparison of seed priming ... , 2016 ; Effects of KNO_3 pretreatment … , 2013 ; Sufficient sample size ... , 2016].

С нашей точки зрения оба подхода имеют свои преимущества и недостатки. Основные аргументы в пользу применения водопроводной воды в качестве контрольной среды культивирования заключаются в доступности и простоте использования. Основные аргументы против применения водопроводной воды сводятся к высокой степени неопределенности в области постоянства главных физико-химических (гидрохимических) показателей. Так, например, общая жесткость водопроводной воды может (в зависимости от региона водозабора, технического состояния скважин и магистралей и целого ряда других факторов) варьировать в очень широких пределах. Это же утверждение можно отнести к таким показателям как pH, электропроводность, ионная сила раствора и т. д. При проведении массовых, скрининговых экспериментов, направленных на выявление аномальных, резко выделяющихся на общем фоне, эффектов эти колебания параметров не столь важны. В то же время, в научных исследованиях, ориентированных на выявление незначительных эффектов и тонких закономерностей, постоянство и стандартизация параметров среды очень важны. С этой точки зрения более строгим, корректным и обоснованным является использование в качестве контрольной среды культивирования проростков дистиллированной воды. Главное отличие любого реального почвенного раствора от дистиллированной воды выражается в величине электропроводности, которая, в

свою очередь, является интегральным физико-химическим показателем, отражающим суммарное содержание электролитов (прежде всего, – неорганических ионов) в растворе. Для того чтобы учесть неспецифические факторы электропроводности и ионной силы раствора необходимо использование дополнительных контрольных растворов. Поэтому, исходя из вышеизложенного, мы использовали (согласно распространенному как в отечественной, так и зарубежной научной практике подходу) не один, а два вида лабораторного контроля в ходе экспериментов по культивированию проростков пшеницы и томата.

Контроль №1 – дистиллированная вода. Пределы электропроводности: 0–2 μS/см, диапазон варьирования pH: 5,0–7,0.

Контроль №2 – аналог реального почвенного раствора. В качестве стандартной модели был взят питательный раствор Хьюитта, который разводился дистиллированной водой до достижения электропроводности проб речной воды, на которых выращивались растения пшеницы и томата. Так как исследуемая речная вода в период весенних паводков имеет электропроводность 20–30 μS/см, а в период летней межени150–250 μS/см, в то время как исходный раствор Хьюитта в свою очередь обладает электропроводностью около 1700 μS/см, то степень разведения раствора Хьюитта была достаточно большой и варьировала в пределах от 7-ми до 50-ти раз.

Соотношение массы растения и объема питательного раствора подбирается исходя из того, что на создание одной единицы сырой биомассы уходит 300 массовых единиц раствора через транспирацию. Если исходить из варианта удвоения биомассы растений в течение недели, то необходимо предусмотреть регулярное восполнение (долив) питательного раствора в ходе культивирования.

В зависимости от особенностей выращиваемого в водной культуре растения меняются технологические подходы для конструирования гидропонных сосудов. Эти подходы для используемых нами растений пшеницы и томатов будут описаны в следующем разделе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Trejo-Téllez L. I. Nutrient Solutions for Hydroponic Systems / L. I. Trejo-Téllez, F. C. Gómez-Merino, [Electronic resource] // In Tech. – Electronic data. – [S. l.], 2012. – URL: https://www.intechopen.com/books/hydroponics-a-standard-

methodology-for-plant-biological-researches/nutrient-solutions-for-hydroponic-systems (access date: 24.08.2019).
2. Wortman S. E. Crop physiological response to nutrient solution electrical conductivity and pH in an ebb-and-flow hydroponic system // Scientia Horticulturae. – 2015. – Vol. 194. – P. 34–42.
3. Uptake of perfluorinated compounds by plants grown in nutrient solution / A. I. García-Valcárcel [et al.] // Science of the Total Environment. – 2014. – Vol. 472. – P. 20–26.
4. Uptake of azoles by lamb's lettuce (*Valerianella locusta* L.) grown in hydroponic conditions / A. I. García-Valcárcel [et al.] // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2016. – Vol. 124. – P. 138–146.
5. Hewitt E. J. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition / E. J. Hewitt. – 2nd ed. – [S. l.] : Commonwealth Agricultural Bureaux, 1966. – 547 p.
6. Алексейчук Г. Н. Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки / Г. Н. Алексейчук, Н. А. Ламан. – Минск : Право и экономика, 2005. – 48 с.
7. Алексейчук Г. Н. Сила роста семян зерновых культур и ее оценка методом ускоренного старения / Г. Н. Алексейчук. – Минск : Право и экономика, 2009. – 44 с.
8. Espeland E. K. Comparison of seed bank estimation techniques using six weed species in two soil types / E. K. Espeland, L. B. Perkins, E. A. Leger // Rangeland Ecol. Management. – 2010. – Vol. 63. – P. 243–247.
9. Comparison of seed priming techniques with regards to germination and growth of watermelon seedlings in laboratory condition / W. F. S. Barbosa [et al.] // African Journal of Biotechnology. – 2016. – Vol. 15 (46). – P. 2596–2602.
10. Effects of KNO_3 pretreatment and temperature on seed germination of *Sorbus pohuashanensis* / L. Bian [et al.] // Journal of Forestry Research. – 2013. – Vol. 24 (2). – P. 309−316.
11. Sufficient sample size to study seed germination / J. P. Ribeiro-Oliveira [et al.] // Australian Journal of Botany. – 2016. – Vol. 64 (4). – P. 295–301.