Введение 1 мМ пиридина, который, согласно нашим данным, практически полностью протонируется по реакции

с образованием ионов пиридиния ($\text{pK}_a(\text{C}_5\text{H}_5\text{NH}^+) = 2,8$), не изменяет качественного характера зависимости ρ от E_k (рисунок 3). Лишь на кривых появляется достаточно протяженные области с $\rho \neq f(E_k)$, которые наблюдаются во всех изученных составах смешанного растворителя. Вновь величина ρ возрастает с уменьшением C_{H^+} , а в координатах ρ , E_k в средах с пониженной кислотностью зависимость проходит через максимум (рисунок 3, кривые 3 и 4).

Очевидно, рост величины ρ с уменьшением кислотности не связан с природой растворителя, сольватной формы разряжающегося протона, молекул растворителя, сольватирующих поверхность входной стороны мембраны, и составом смешанного сольвента.

Таким образом, наличие стимуляторов наводороживания не является единственным фактором появления максимума в координатах ρ , E_k .

1. Zakroczyński T., Szklarska – Smiałowska Z., Smiałowski M. // Werkstoffe und Korrosion. 1976. В. 27. S. 625 – 630.
2. Krstajić N., Popovich M., Gigur M., Vojnović M., Sepa D. // J. Electroanal. Chem. 2001. V. 521. №1. P. 16.
3. Зарапина И.В. Кинетика реакции выделения водорода на железе и диффузии водорода через стальную мембрану в растворах системы $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2 - \text{H}_2\text{O} - \text{HCl} - \text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ / И.В. Зарапина, А.Ю. Осетров // Интеграция наук. – 2019. – Вып. 2(25). – С. 213 – 220.
4. Кардаш Н.В. Методика определения водорода, диффундирующего через стальную мембрану / Н.В. Кардаш, В.В. Батраков // Защита металлов 1995. Т. 31. №4. С. 441 – 444.

Крайник В.В., Макаров П.Н., Самойленко З.А., Макарова Т.А., Гулакова Н.М.
Биохимические показатели растений, выращенных на гидропонных установках

Сургутский государственный университет
(Россия, Сургут)

doi: 10.18411/lj-06-2020-41

idsp: ljjournal-06-2020-41

Аннотация

Определено содержание водорастворимых углеводов, влаги, рибофлавина и аскорбиновой кислоты в зеленных культурах (салат, петрушка, укроп, базилик), выращенных гидропонным способом. Показано, что растения, в данных условиях выращивания, не уступают, а по некоторым биохимическим показателям и превосходят растения, выращенные традиционным способом.

Ключевые слова: растения, гидропоника, углеводы, рибофлавин, аскорбиновая кислота.

Abstract

Ratio of water-soluble carbohydrates, water, riboflavin, ascorbic acid in plants (lettuce, parsley, dill, basil) were cultivated in a hydroponic installation was studied. The data showed that plants, were grown under controlled conditions, have similar biochemical characteristics, with plants were grown in traditional conditions.

Keywords: plants, hydroponics, carbohydrates, riboflavin, ascorbic acid

Введение.

Необходимым условием для укрепления здоровья человека является качественное питание, которое подразумевает наличие в рационе свежих овощей. Наиболее доступные в этом плане являются зеленные овощные культуры. Их ценность определяется наличием в них различных витаминов, минеральных солей, органических кислот и других жизненно важных веществ, а также их скороспелостью и возможностью выращивания круглый год в защищенном грунте.

Для обеспечения населения свежими овощами во внесезонный период, повышения качества растительных продуктов питания, обеспечения продовольственной безопасности городов и уменьшения звеньев в логистической цепочке от производителя до потребителя активно развивается направление «городские фермы», т.е. выращивание продуктов прямо в городах, либо в подземных боксах, либо в закрытых теплицах гидропонным способом. При этом используется меньше места, сокращается потребление энергии и воды, что выгодно отличает данные технологии от традиционных способов ведения сельского хозяйства [1-2].

Данные технологии особенно актуальны для выращивания овощных культур в северных регионах, где 90% продукции растениеводства является привозной, значительная часть которой портится в процессе транспортировки.

Исследования, проведенные в последнее время, показали возможность выращивания гидропонным способом более 30 видов зеленных и пряно-вкусовых культур [2-7], самыми распространенными из которых остаются привычные для российского потребителя различные виды салатных культур, петрушка, укроп, руккола.

В этой связи большой научный интерес вызывает количественный анализ биохимических показателей растений, выращенных на гидропонных установках.

Целью настоящей работы является оценка биохимических показателей некоторых видов зеленных культур, выращенных в многоярусных гидропонных установках и сравнение полученных результатов с имеющимися литературными данными для растений, выращенных традиционным способом.

Материалы и методы.

Объектами исследования служила биомасса растений, выращенных в лаборатории Сургутского государственного университета на многоярусной гидропонной установке с системой подтопления, в субстрате из минеральной ваты [8].

Растения выращивали в несколько циклов, отличающихся освещением и агроприемами. Биохимические показатели определяли в сырой массе растений, выращенных в четвертом цикле: полив основным комплексным удобрением: 0,6 г/л Фертика (1), 0,4 г/л кальцината (2), за 11 дней до срезки снижение концентрации удобрений до 0,3 г/л и 0,2 г/л (1) и (2) соответственно; светодиодное освещение белыми диодами, световой поток около 8000 лм. На протяжении всего периода вегетации растения выращивали при 16-часовом световом режиме.

Зеленую массу растений срезали на 45 день выращивания, очищали от постороннего мусора, исследовали надземную часть растений.

Количественное содержание биохимических показателей определяли по следующим методикам:

- сухое вещество - термогравиметрическим методом по ГОСТ 28561-90 [9];
- водорастворимые углеводы - спектрофотометрическим методом с пикриновой кислотой в соответствии [10];
- рибофлавин и аскорбиновая кислота - спектрофотометрическим методом по [11];

Результаты и обсуждение.

Полученные экспериментальные результаты (I) и их сопоставление с литературными источниками (II) представлены в таблице. Литературные данные

представлены из двух источников: состав пищевых продуктов, используемых в РФ [12], (указано в скобках); состав пищевых продуктов по данным департамента сельского хозяйства США [13].

Как видно из представленных в таблице данных, лидирует по всем исследуемым показателям базилик, превосходя литературные данные по содержанию аскорбиновой кислоты в 8 раз, сухого вещества в 1,2 раза. Петрушка и укроп превосходят литературные данные по содержанию рибофлавина в среднем в 2 раза, однако, петрушка незначительно уступает по содержанию аскорбиновой кислоты. Показатели для салата находятся на уровне литературных данных. Содержание сухого вещества в исследуемых растениях, за исключением базилика, уступает литературным данным в среднем в 1,5 раза.

К сожалению, не представляется возможным сравнить содержание углеводов в растениях, выращенных гидропонным и традиционным способами. Нами определено содержание водорастворимых углеводов. В литературе приводятся либо данные по общему содержанию углеводов [12], либо количественное содержание индивидуальных моносахаридов [13]. Однако сопоставление полученных и литературных данных показывает, что существенных различий по их количеству не обнаружено и данные имеют один порядок. Так, общее содержание углеводов в петрушке, салате, укропе по данным [12] составляет 7,6; 2,0; 6,3 % соответственно, что согласуется с полученными экспериментальными данными.

Таблица

Биохимические показатели растений, выращенных на гидропонной установке

культура		сухое вещество, %	водорастворимые углеводы, %		рибофлавин, мг%	аскорбиновая кислота, мг%
			моносахариды	сумма углеводов		
Салат (Lactuca sativa)	I	3,90±0,10	4,59±0,10	5,71±0,12	0,08±0,01	25±3
	II	(6); 4,36			(0,08); 0,03	(15); 2,8
Базилик (Ocimum basilicum)	I	9,70±0,10	1,70±0,16	4,57±0,11	0,10±0,02	151±3
	II	7,94			0,08	18
Петрушка (Petroselinum crispum)	I	10,30±1,10	4,34±0,23	6,18±0,07	0,33±0,03	119±10
	II	(15); 12,30			(0,05); 0,10	(150); 133
Укроп (Anethum graveolens)	I	8,30±0,20	1,90±0,10	2,56±0,10	0,47±0,03	102±14
	II	(14,5); 14,05			(0,10); 0,30	(100); 85

Выводы. Таким образом готовая зеленная продукция, выращенная в закрытых системах, не уступает, а по некоторым биохимическим показателям и превосходит таковые для растений, выращенных традиционным способом. Наилучшие результаты отмечены для базилика, превосходящего литературные данные по всем исследуемым показателям. Также можно отметить высокую витаминную ценность данных зеленных культур в исследованных условиях выращивания.

1. Федоренко В.Ф. Колчина Л.М., И.С. Горячева. Мировые тенденции технологического развития производства овощей в защищенном грунте - 2-е изд. - Москва: Издательство Юрайт. 2020. – 199 с.
2. Сирота С.М., Балашова И.Т., Козарь Е.Г., Пинчук Е.В. Новые технологии в овощеводстве защищённого грунта //Овощи России. 2016. №4 (33). С.3-9.

3. В.В. Назарова, Л.А. Надточий, В.А. Демченко, А.Д. Апалько, О.Л. Жданова. Оптимизация процесса выращивания салата (*Lactuca Sativa*) гидропонным методом // Научно-технический вестник Поволжья. 2019. №1. С. 122-125.
 4. Palande V., Zaheer Ad., George K. Fully Automated Hydroponic System for Indoor Plant Growth // Procedia Computer Science. 2018. Vo. 1292018. P. 482-488
 5. Гладков Д.С. Селекция салата (*Lactuca sativa*) для проточной культуры/ Д.С. Гладков // Гавриш. – 2009. –№ 1. – С. 2-3.
 6. Несмелова Л.А. Разработка приёмов технологии выращивания видов *Raphanus L.* для салатного использования в условиях открытого и защищённого грунта Среднего Предуралья: автореферат дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук / Л.А. Несмелова. - Москва, 2016. - 27 с.
 7. Беляев И.С. Поиск оптимального соотношения основных элементов минерального питания и регуляции накопления нитратов в растениях пекинской капусты / И.С. Беляев [и др.] // Агрохимия. 2007. №4. С. 10-22.
 8. Макаров П.Н., Макарова Т.А., Самойленко З.А., Гулакова Н.М. Выращивание зеленных культур в закрытых системах // Безопасный Север – чистая Арктика: сб. ст. II Всерос. науч.-практ. конф. (г. Сургут, 23-24 октября 2019 г.). ИД «Россиздат». С. 166–181.
 9. ГОСТ 28561-90. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ и влаги. - М.: Изд-во стандартов. 2011. - с. 75-85.
 10. Шелепова О.В., Воронкова Т.В. Способ определения содержания водорастворимых углеводов и крахмала из одной навески. Патент РФ № 2406293. Заявка 2007146252/21 от 14.12.2007, опубл. 20.12.2010.
 11. Методы анализа витаминов: Практикум. Сост. Чупахина Г.Н., Масленников П.В. Калининград: Изд-во КГУ, 2004. 36 с.
 12. База данных "химический состав пищевых продуктов, используемых в российской федерации" / http://web.ion.ru/food/FD_tree_grid.aspx
 13. The Agricultural Research Service (ARS) / <https://fdc.nal.usda.gov/index.html>
-