

АРОМАТИЧЕСКИЕ И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ

УДК 633.8:582.949.27:582.824

DOI 10.36305/2712-7788-2021-4-161-67-77

**БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РЯДА АРОМАТИЧЕСКИХ И
ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ КУЛЬТИВАЦИИ НА
МНОГОЯРУСНЫХ ГИДРОПОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ**

**Ирина Тимофеевна Балашова, Леся Владимировна Беспалько,
Анна Владимировна Молчанова, Сергей Михайлович Сирота,
Виктор Александрович Харченко, Алексей Васильевич Солдатенко**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный Научный Центр Овощеводства»
143072, Московская область, Одинцовский район, пос. ВНИИССОК, ул.
Селекционная, 14
E-mail: balashova56@mail.ru, lesa0501@mail.ru

Многоярусные гидропонные конструкции для выращивания овощных культур и трав получают широкое распространение и материальную поддержку ведущих инвесторов мира из-за их экономичности и экологического статуса. Возделывание ароматических и лекарственных растений на установках такого типа подразумевает изучение биохимического состава сырья. Цель исследования: анализ биохимического состава надземных частей ряда ароматических и лекарственных растений при культивировании на многоярусной гидропонной конструкции.

Объекты исследований – надземные части ароматических и лекарственных растений 4-х видов семейства Lamiaceae: *Monarda fistulosa* L., *Nepeta cataria* L., *Mentha piperita* L., *Melissa officinalis* L.; одного вида семейства Hypericaceae – *Hypericum perforatum* L. и 3-х видов семейства Apiaceae: *Coriandrum sativum* L., *Anethum graveolens* L., *Apium graveolens* L. Растения выращивали на пятиярусной гидропонной конструкции с автоматической подачей питательного раствора при искусственном освещении. Изучили новый технологический приём – обработку семян перед посевом водными растворами природных иммуномодуляторов линарозида и молдстима. Аналитические методы исследований: определение содержания сухого вещества, суммарного содержания антиоксидантов, суммарного содержания полифенолов. Методы статистической обработки результатов: однофакторный и двухфакторный дисперсионные анализы (Microsoft Excel, 2010).

Первый опыт культивирования ароматических и лекарственных растений на пятиярусной гидропонной установке был успешен. Расположение на разных ярусах не влияло на содержание сухого вещества, витамина С и суммарное содержание хлорофиллов в надземной части растений *Monarda fistulosa* L., но содержание полифенолов зависело от расположения растений: больше всего их накапливалось в надземной массе растений 4-го яруса. Наибольшее количество полифенолов содержалось в надземной части *Hypericum perforatum* L., наименьшее – в надземной части *Mentha piperita* L. Обработка семян водными растворами природных иммуномодуляторов увеличивала содержание сухого вещества, антиоксидантов и полифенолов в надземной части ряда растений семейства Apiaceae. Это повлияло на повышение всхожести, увеличение высоты и веса надземной части, но накопление данных соединений в растениях было видоспецифично.

Ключевые слова: лекарственные растения; Lamiaceae; Hypericaceae; Apiaceae; гидропоника; биохимический состав

Введение

Многоярусные гидропонные конструкции для выращивания овощных культур и трав получают широкое распространение и материальную поддержку ведущих инвесторов мира из-за их экономичности и экологического статуса. Они способны повысить потенциал урожайности до 100-300 кг/м² с экономией объёма используемого субстрата в 4-6 раз, затрат питательных веществ/единицу урожая – в 2-2,5 раза, затрат

электроэнергии/единицу урожая – в 1,5-3 раза. Наиболее поразительные результаты достигнуты для зеленных культур и трав, урожаи которых с м² в 530 раз превышают урожаи, получаемые в полевых условиях с м² (Global Industry Report, 2017). Рынок гидропоники в 2019 г. оценивается в 8,1 млрд. долларов, с прогнозом роста 12,1% в год и ожидаемым объемом 16 млрд. долларов к 2025 г. Самым быстрорастущим рынком будет Азиатско-Тихоокеанский рынок (Индия, Китай, Япония, Южная Корея) (<https://toeplitz.ru>, 2021).

В Российской Федерации программа по вертикальному овощеводству стартовала в ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» в 2010 г., и работа была начата с основной овощной культуры – томата. К 2015 г. разработана технология целевой селекции, и впервые в мире созданы новые уникальные сорта томата для вертикального овощеводства Наташа и Тимоша, переданные в производство в 2018 г. (Balashova *et al.*, 2019). В 2015-2020 гг. с помощью технологии целевой гибридизации получено ещё 3 новых среднеплодных сорта томата Огниво (патент Российской Федерации 11304), Маленький Мук (патент Российской Федерации 11303), Жегалов (проходит Государственное сортоиспытание). Таким образом, к 2021 г. создана линейка сортов томата для многоярусных гидропонных конструкций. А сорт Наташа, благодаря сотрудничеству с Государственной корпорацией «Росатом», выращен за Северным Полярным кругом в посёлке нефтяников «Новый порт» на полуострове Ямал (2019-2020 гг.). В настоящее время у потребителей нашей продукции, особенно из регионов Крайнего Севера, возник запрос на свежесрезанную зелень, лекарственные растения и цветочные культуры. В связи с этим, мы расширяем спектр исследований и направляем свои усилия на изучение возможностей возделывания и адаптации зеленных и лекарственных растений в условиях вертикального земледелия. Зеленные культуры семейства *Apiaceae* (укроп, сельдерей, кориандр) богаты витаминами С, В₁, В₂, РР, солями минералов в легкоусвояемой форме (Пивоваров, 2006; Шевченко и др., 2019), что обуславливает не только пищевую, но и лекарственную полезность данных культур. Наибольшую ценность им придаёт содержание жирных и эфирных масел, обладающих антибактериальным, антифунгальным и противовирусным эффектами (Ткаченко, 2013; Momin *et al.*, 2001). Однако, именно содержание этих ценных масел в семенах данных зеленных культур сокращает срок их хранения, вызывая потерю всхожести семян (Ткаченко, 2013). Иммуномодуляторы растений – стероидные гликозиды способны повысить всхожесть семян у представителей семейства *Apiaceae* (Мащенко и др., 2018; Kozar *et al.*, 2009), но как обработка семян данными соединениями отразится на полезных качествах срезанной зелени? На этот вопрос ещё предстоит ответить. Высокий антиоксидантный статус *Apium graveolens* L. (Харченко и др., 2020) обеспечивает разнообразные лекарственные свойства данной культуры (Lans, 2006; Kutti *et al.*, 2014; Sorour *et al.*, 2015; Marzouni *et al.*, 2016; Mencherini *et al.*, 2007). Антиоксидантной активностью обладают и эфирные масла растений семейства *Lamiaceae*. Надземная часть *Monarda fistulosa* L., например, содержит 5,52 мг/г антиоксидантов фенольной природы (Федотов, 2015). Но культивирование ароматических и лекарственных растений на гидропонных конструкциях имеет свои особенности, и в любом случае подразумевает изучение биохимического состава получаемого из них сырья.

Цель исследования: анализ биохимического состава надземных частей ряда ароматических и лекарственных растений при культивировании на многоярусной гидропонной конструкции.

Объекты и методы исследования

Объекты исследования:

1. Растения:

- семейство Lamiaceae: *Monarda fistulosa* L. (сорт Кармелита), *Monarda citriodora* Cerv. ex Lag. (сорт Симка), *Melissa officinalis* L. (сорт Жемчужина), *Nepeta cataria* L., *Mentha piperita* L.

- семейство Hypericaceae: *Hypericum perforatum* L.

- семейство Apiaceae: *Coriandrum sativum* L. (сорт Юбиляр), *Anethum graveolens* L. (сорт Русич), *Apium graveolens* L. (сорт Эликсир).

Материалом исследований служила надземная часть (листья и стебли) данных растений, полученная при срезке на зелень.

2. Иммуномодуляторы:

- флавоноидный гликозид линарозид, полученный методом экстракции и последующей адсорбционно-распределительной хроматографии из *Linaria vulgaris* Mill. L. (Машенко и др., 2018)

- стероидный гликозид молдстим, полученный аналогичным методом из семян *Capsicum annuum* L.

Материалом исследований служили 0,001%-ные водные растворы данных соединений, которыми обрабатывали семена растений семейства Apiaceae.

Методы исследования:

1. **Обработка семян.** Семена зеленных культур семейства Apiaceae замачивали в 0,001%-ных водных растворах иммуномодуляторов в течение 24 часов. После этого семена промывали в течение 5 минут под проточной водой и высевали в кассеты с торфяным субстратом, расположенные в рассадном отделении поликарбонатной теплицы французской фирмы «Ришель». Через 2 недели оценили всхожесть семян.

2. **Культивирование растений на многоярусной узкостеллажной гидропонной установке (МУГ).** Рассаду, выращенную в стандартных кассетах в рассадном отделении, пикировали в горшки (объем 1л) и через 7 дней размещали на установке. Для выращивания растений использовали питательный раствор, который был разработан ранее (Сирота и др., 2014). Он подавался на ярусы установки автоматически с помощью распределительного узла подачи питательного раствора фирмы НПО «ФИТО». Растения выращивались при искусственном освещении. Источниками света служили лампы ДнаЗ-400 (ООО «Рефлекс»). При выращивании растений поддерживали температуру воздуха в пределах +22+24°C днём и +18+20°C ночью, относительную влажность воздуха в пределах 50-60%. Продолжительность светового периода – 16 час/сутки.

3. Аналитические методы:

- **Определение содержания сухого вещества** проводили гравиметрическим методом – путём высушивания зелени до постоянной массы при 70°C (Кидин и др., 2008).

- **Содержание полифенолов** определяли с помощью спектрофотометра с использованием реактива Фолина-Чиокалтеу (Голубкина и др., 2018) в спиртовых экстрактах высушенных надземных частей растений (70%-ный этанол, нагревание до 80°C в течение 1 часа). В качестве стандарта использовали галловую кислоту. Результаты исследований выражали в мг-экв. галловой кислоты / г сухой массы.

- **Содержание суммы антиоксидантов** определяли спектрофотометрически в спиртовых экстрактах высушенных растений (Голубкина и др., 2018). В качестве стандарта использовали галловую кислоту. Результаты исследований выражали в мг-экв. галловой кислоты / г сухой массы.

4. **Биометрические методы исследований.** Высоту растений измеряли с помощью линейки, массу надземной части определяли весовым методом.

5. **Статистическую обработку результатов исследований** осуществляли с помощью программы Microsoft Excel (2010) для двухфакторного и однофакторного дисперсионных анализов. Достоверность различий оценивали с помощью критерия Стьюдента и вычисления наименьшей существенной разницы (Доспехов, 1985).

Результаты и обсуждение

Культивирование ароматических и лекарственных растений на гидропонных конструкциях имеет свои особенности, связанные с питанием растений гидропонным способом и накоплением полезных веществ. Кроме того, при использовании вертикальных гидропонных конструкций большое значение придаётся расположению растений на разных ярусах конструкции. Ранее нами было показано, что расположение на разных ярусах вертикальной гидропонной конструкции (МУГ) не влияет на накопление сухого вещества, содержание аскорбиновой кислоты (в водных растворах) и суммарное содержание хлорофиллов в листьях *Monarda fistulosa* L. (Балашова и др., 2020). Но лекарственная ценность данной культуры, прежде всего, определяется содержанием в листьях антиоксидантов фенольной природы (Федотов, 2015). Поэтому мы провели дополнительные исследования содержания полифенольных соединений в листьях, результаты которых представлены в таблице 1.

Таблица 1

Изменение содержания полифенолов в листьях *Monarda fistulosa* L. в зависимости от яруса установки МУГ и сроков срезки на зелень. Поликарбонатная теплица «Ришель». ФГБНУ ФНЦО. 2020

Table 1

Changing the content of polyphenols in leaves of *Monarda fistulosa* L. depends on the circle of installation and date of cutting. Polycarbonate greenhouse “Rishel”. FSBSI FSVC. 2020

Размещение по ярусам – фактор А Location on the circle factor A	Содержание полифенолов в листьях, мг-экв. ГК/г по датам срезки Content of polyphenols in leaves, mg-ecv. GA/g by dates of cutting				Средние по фактору А (НСР _{05А} 0,54) Middle value by factor A (LSD _{05А} 0,54)
	17.03.20	6.05.20	8.06.20	11.08.20	
1 ярус – St (1 circle)	15,23	15,95	10,43	17,14	14,69 - St
2 ярус (2 circle)	15,40	15,95	11,12	17,14	14,90
3 ярус (3 circle)	13,42	15,95	15,25	12,98	14,40
4 ярус (4 circle)	12,84	15,95	16,23	16,55	15,39
5 ярус (5 circle)	11,31	15,95	13,37	16,13	14,30
Средние по фактору В (НСР_{05В} 0,48) Middle value by factor B (LSD_{05В} 0,48)	13,64	15,95	13,37	15,99	-

Статистический анализ экспериментальных данных выявил различия в накоплении полифенолов в листьях *Monarda fistulosa* L. в зависимости от яруса, на котором выращиваются растения. Несмотря на практически одинаковое содержание полифенольных соединений в листьях разных ярусов, всё же в листьях растений, выращенных на четвёртом ярусе установки, полифенолов накапливалось существенно больше, чем в листьях растений, выращенных на других ярусах. Случайность ли это, или изменение содержания полифенолов в листьях *Monarda fistulosa* L. в зависимости от размещения на установке носит закономерный характер, нам предстоит узнать из дополнительных экспериментов.

В другом эксперименте, взяв за стандарт накопление полифенольных соединений в листьях *Monarda fistulosa* L., мы оценили содержание полифенолов в листьях других лекарственных растений – с целью определения возможностей выращивания их на многоярусных гидропонных конструкциях. Результаты данного эксперимента представлены в таблице 2. В каждой ячейке таблицы представлены усреднённые данные по пяти ярусам.

Таблица 2

Содержание полифенолов в листьях ряда лекарственных растений, культивируемых на многоярусной гидропонной конструкции (МУГ). Поликарбонатная теплица «Ришель». ФГБНУ ФНЦО. 2020

Table 2

Content of polyphenols in leaves of some medicinal plants cultivated at the multi circle hydroponic installation (MGI). Polycarbonate greenhouse “Rishel”. FSBSI FSVC. 2020

Виды растений Species of plants	Содержание полифенолов в листьях, мг-экв. ГК/г с.м. по повторениям Content of polyphenols in leaves, mg-ecv. GA/g d.m. by repetitions								$\bar{x}$
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
<i>Monarda fistulosa</i> L.	16,35	16,15	15,59	15,69	10,50	10,47	10,22	10,51	13,19 -St
<i>Hypericum perforatum</i> L.	17,72	17,98	18,58	18,65	19,87	19,90	20,43	20,18	19,16
<i>Nepeta cataria</i> L.	14,36	14,45	14,82	14,85	11,84	11,74	13,80	13,98	13,73
<i>Mentha piperita</i> L.	10,66	10,61	10,55	10,61	13,33	13,30	13,71	13,91	12,04
<i>Melissa officinalis</i> L.	13,73	13,82	13,28	13,46	11,78	11,81	11,51	11,44	12,6
HCP ₀₅ (LSD ₀₅)									0,47

Анализ таблицы 2 свидетельствует о неравномерном накоплении полифенолов в листьях исследуемых лекарственных растений. Наибольшее содержание данных соединений выявлено у *Hypericum perforatum* L. и у *Nepeta cataria* L., наименьшее – у *Mentha piperita* L. и у *Melissa officinalis* L. Но представленный материал – это первые сведения о накоплении полифенолов в листьях лекарственных растений, выращенных на вертикальной гидропонной установке. Для получения расширенной информации о накоплении полифенольных соединений в листьях лекарственных растений, растущих в условиях гидропоники, эксперименты в этом направлении следует продолжить.

Интересные результаты были получены в ходе работы с растениями семейства *Ariaceae*. Установлено, что иммуномодуляторы, выделенные из *Linaria vulgaris* (L.) Mill., способны повышать всхожесть семян, увеличивать высоту и массу надземной части у растений данного семейства. Причём, у кориандра повышались высота и масса надземной части растений, у укропа наблюдалось только повышение всхожести, а у сельдерея – существенное повышение всех показателей (таблица 3).

Однако оставался открытым вопрос: «Как при этом изменяются и изменяются ли биохимические показатели у данных растений?» С целью ответа на поставленный вопрос был проведён анализ биохимического состава надземных частей растений семейства *Ariaceae* после обработки иммуномодуляторами. Результаты исследований представлены в таблицах 4-6.

Содержание сухого вещества под действием линарозида существенно увеличивается у кориандра и укропа. Молдстим стимулирует накопление сухого вещества у укропа, а у кориандра существенно снижает. Это отражается на содержании биологически активных антиоксидантов (таблицы 5 и 6).

Таблица 3

Изменение всхожести семян и ряда биометрических показателей у растений семейства *Aristaceae* при обработке семян иммуномодуляторами класса гликозидов. Поликарбонатная теплица «Ришель». Установка МУГ, ФГБНУ ФНЦО. 2021

Table 3

Changing of seed germination and changing some biometric parameters in plants of Apiaceae-family after seed treatment with water solutions of natural immune modulators. Polycarbonate greenhouse "Rishel".
MGI. FSBSI. FSVC. 2021

Растения Plants	Варианты обработок Treatment variants	Показатели, $\bar{x}$ / Parameters, $\bar{x}$					
		Всхожесть, % Seed germination, %		Высота растения, см Height of the plant, cm		Вес надземной части, г/горшок Weight of the above part, g	
<i>Coriandrum sativum</i> L. (сорт Юбилар)	St-дист. вода	92,5	+/- к St	36,5	+/- к St	85	+/- к St
	Линарозид Linarosite	91,3	- 1,2	43,0	+ 6,5	100	+15
	Молдстим	100,0	+ 7,5	36,5	0	71	-14
<i>Anethum graveolens</i> L. (сорт Русич)	St-дист. вода	10,0	St	34,5	St	80	St
	Линарозид	41,3	+ 31,3	36,8	+ 2,3	59	- 21
	Молдстим	11,3	+ 1,3	35,5	+ 1,0	61	-19
<i>Apium graveolens</i> L. (сорт Эликсир)	St-дист. вода	32,5	St	37,0	St	51	St
	Линарозид	60,0	+ 27,5	42,8	+ 5,8	115	+64
	Молдстим	32,5	0	36,0	- 1,0	44	-7
		HCP ₀₅ (LSD ₀₅)	11,6	HCP ₀₅ (LSD ₀₅)	2,7	HCP ₀₅ (LSD ₀₅)	14

Таблица 4

Изменение содержания сухого вещества в надземной части растений семейства *Ariaseae* при обработке семян иммуномодуляторами класса гликозидов. Поликарбонатная теплица «Ришель». Установка МУГ. ФГБНУ ФНЦО. 2021

Table 4

Changing content of dry matter into above part Apiaceae-family plants after seed treatment with water solutions of natural immune modulators.

Polycarbonate greenhouse "Rishel". MGL FSBSL FSVC. 2021

Растения Plants	Варианты обработок Treatment variants	Содержание сухого вещества, %				Σ _v	x̄	Отклонение от St Deviation from St
		The dry matter content, %						
		I	II	III	IV			
<i>Coriandrum sativum</i> L. (сорт Юбилар)	Ст-дист. вода	9,43	10,98	10,14	9,35	39,9	9,98	St
	Линарозид Linaroside	10,82	11,27	10,50	10,70	43,29	10,82	0,84
	Молдстим	9,92	8,49	8,65	8,53	35,59	8,9	-1,08
<i>Anethum graveolens</i> L. (сорт Русич)	Ст-дист. вода	7,58	7,39	7,35	7,58	29,9	7,48	St
	Линарозид Linaroside	8,49	7,87	8,95	8,46	33,77	8,44	0,96
	Молдстим Moldstim	9,12	8,92	9,09	8,65	35,78	8,95	1,47
<i>Apium graveolens</i> L. (сорт Эликсир)	Ст-дист. вода	8,58	8,91	8,46	8,97	34,92	8,73	St
	Линарозид	8,57	8,40	8,45	8,23	33,65	8,41	-0,32
	Молдстим	8,97	8,48	8,97	9,06	35,48	8,87	0,14
НСР ₀₅ (LSD ₀₅)								0,59

Таблица 5

Изменение содержания спирторастворимых антиоксидантов в надземной части растений семейства *Apiaceae* при обработке семян иммуномодуляторами класса гликозидов. Поликарбонатная теплица «Ришель». Установка МУГ. ФГБНУ ФНЦО. 2021

Table 5

Changing content of antioxidants into above part *Apiaceae*-family plants after seed treatment with water solutions of natural immune modulators. Polycarbonate greenhouse “Rishel”. MGL FSBSI FSVС. 2021

Растения Plants	Варианты обработок Treatment variants	Содержание спирторастворимых антиоксидантов, мг-экв. Гк/г с.м. The content of antioxidants, mg-ecv. GA/g d.m.				Σ_v	$\bar{x}$	Отклонение от St Deviation from St
		I	II	III	IV			
<i>Coriandrum sativum</i> L. (сорт Юбилей)	St-дист. вода	23,90	25,41	22,53	25,20	97,04	24,26	St
	Линарозид Linaroside	26,79	25,64	24,78	27,14	104,35	26,09	1,83
	Молдстим	20,28	21,51	21,06	22,25	85,1	21,28	-2,98
<i>Anethum graveolens</i> L. (сорт Русич)	St-дист. вода	17,79	16,02	17,69	18,61	70,11	17,53	St
	Линарозид	14,67	18,80	14,37	15,80	63,64	15,91	-1,62
	Молдстим	18,00	15,81	17,37	14,97	66,15	16,54	-0,99
<i>Apium graveolens</i> L. (сорт Эликсир)	St-дист. вода	18,49	18,18	16,35	17,23	70,25	17,56	St
	Линарозид	17,26	17,68	16,65	18,24	69,83	17,46	-0,10
	Молдстим	16,94	17,12	17,99	18,06	70,11	17,53	-0,03
HCP₀₅ (LSD₀₅)								1,71

После обработки семян водными растворами природных иммуномодуляторов содержание спирторастворимых антиоксидантов существенно изменяется лишь у кориандра, причём линарозид существенно повышает целевой показатель, а молдстим, наоборот – существенно снижает. Изменений в содержании спирторастворимых антиоксидантов у растений укропа и сельдерея не происходит, в то время как всхожесть семян существенно повышается именно у укропа и сельдерея в ответ на обработку линарозидом. А продуктивность при этом существенно увеличивается у кориандра и сельдерея. С целью более подробного анализа изменений биохимического состава растений *Apiaceae* под действием иммуномодуляторов, изучено содержание полифенольных соединений, результаты которого представлены в таблице 6.

Анализ таблицы свидетельствует о том, что больше всего полифенолов содержится у укропа. Существенное повышение содержания полифенолов под действием иммуномодулятора линарозида отмечено только у кориандра. Не наблюдается изменений в содержании полифенолов под влиянием иммуномодуляторов у укропа и сельдерея.

Антистрессовые свойства используемых нами природных иммуномодуляторов, как мы полагали ранее, обусловлены их собственными физико-химическими особенностями: высокой подвижностью атома водорода гемикетальной гидроксильной группы при C-22 агликона, который нейтрализует свободный кислород, выделяющийся при перекисном окислении ненасыщенных липидов, возникающем в живых системах при стрессах различной природы (Balashova, 2009). В результате повышаются неспецифическая устойчивость и, как правило, продуктивность растений, которая, как мы полагали, обусловлена только повышением неспецифической устойчивости.

Таблица 6

Изменение содержания полифенолов в надземной части растений семейства *Apiaceae* при обработке семян иммуномодуляторами класса гликозидов. Поликарбонатная теплица «Ришель». Установка МУГ. ФГБНУ ФНЦО. 2021

Table 6

Changing content of polyphenols into above part *Apiaceae*-family plants after seed treatment with water solutions of natural immune modulators.

Polycarbonate greenhouse "Rishel". MGL FSBSI FSVС. 2021

Растения Plants	Варианты обработок Treatment variants	Содержание полифенолов, мг-экв. Г/г с.м. The content of polyphenols, mg-ecv. GA/g d.m.								$\bar{X}$
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
<i>Coriandrum sativum</i> L. (сорт Юбилей)	Ст-дист. вода	9,39	9,17	9,57	9,30	9,08	9,02	9,82	9,91	9,41
	Линарозид Linaroside	10,54	10,26	10,53	10,30	10,52	10,61	10,94	11,28	10,62
	Молдс тим	9,44	9,02	9,27	9,33	8,80	8,65	9,01	9,67	9,15
<i>Anethum graveolens</i> L. (сорт Русич)	Ст-дист. вода	12,12	12,33	12,04	11,71	13,13	12,61	15,35	15,44	13,09
	Линарозид	12,44	12,22	14,44	14,44	12,70	12,88	12,57	12,54	13,03
	Молдс тим	14,51	14,51	12,88	12,86	13,07	12,89	10,69	10,95	12,80
<i>Apium graveolens</i> L. (сорт Эликсир)	Ст-дист. вода	9,18	8,71	8,75	8,60	9,32	8,80	9,70	9,61	9,08
	Линарозид	8,99	8,71	9,31	9,28	9,05	8,89	9,57	9,67	9,18
	Молдс тим	9,77	9,48	9,31	9,24	9,32	9,25	8,54	8,32	9,15
HCP₀₅ (LSD₀₅)										0,81

Однако, как показали проведенные в 2020-2021 гг. исследования лекарственных растений семейства *Apiaceae*, наряду с этим, иммуномодуляторы способны оказывать и опосредованное действие на некоторые биохимические показатели, вызывая повышение содержания эндогенных антиоксидантов и полифенольных соединений, обуславливающих лекарственные свойства данных растений. При этом у представителей семейства *Apiaceae* повышается всхожесть семян, и улучшаются их биометрические характеристики, в том числе, и продуктивность растений. Как можно было ожидать, все изменения биометрических и биохимических характеристик видоспецифичны.

Заключение

Изложенные результаты получены впервые в 2020-2021 гг., они носят предварительный характер, что пока не позволяют сделать однозначного вывода об изменениях биохимического состава ряда лекарственных и ароматических растений при культивировании их на вертикальной гидропонной конструкции. Однако, можно сделать заключение о том, что лекарственные и ароматические растения семейств *Lamiaceae*, *Hypericaceae*, *Apiaceae* могут выращиваться на вертикальных гидропонных конструкциях и накапливать при этом антиоксиданты и полифенольные соединения, которые обуславливают их лекарственные свойства. Но накопление полифенолов видоспецифично: наибольшее количество полифенолов накапливает *Hypericum perforatum* L., наименьшее – *Mentha piperita* L. Обработка семян иммуномодулятором линарозидом способствует повышению содержания спирторастворимых антиоксидантов и полифенолов в надземной части *Coriandrum sativum* L.; при этом повышаются высота и масса надземной части растений. Аналогичная обработка семян *Anethum graveolens* L. стимулирует накопление сухого вещества и вызывает повышение всхожести семян; повышения содержания антиоксидантов и полифенолов при этом не наблюдается, как не наблюдается и изменения биометрических параметров. Изменений биохимических свойств у *Apium graveolens* L. при обработке семян 0,001%-ными растворами иммуномодуляторов не регистрируется используемыми методами, однако,

эта обработка вызывает существенное повышение всхожести семян и улучшение биометрических показателей растений (высоты и массы надземной части). Расположение на разных ярусах многоярусной гидропонной установки влияет на содержание полифенолов у представителя семейства *Lamiaceae* *Monarda fistulosa* L.: растения, культивируемые на 4-ом ярусе, накапливают больше полифенолов, чем растения, культивируемые на других ярусах.

Благодарности / Acknowledgements

Авторы выражают благодарность организаторам международной научно-практической конференции «Ароматические и лекарственные растения: интродукция, селекция, агротехника, биологически активные вещества, влияние на человека», которая прошла в Республике Крым, г. Ялта, 21-25 июня, 2021 года за возможность представить международной научной общественности результаты своего труда.

Литература / References

- Балашова И.Т., Беспалько Л.В., Молчанова А.В., Пинчук Е.В., Мащенко Н.Е. Эфиромасличные культуры семейства *Lamiaceae* для вертикального овощеводства // Овощи России. 2020. Т.4. С. 72–75. DOI.org/10.18619/2072-9146-2020-4-72-75.
[Balashova I.T., Bepal'ko L.V., Molchanova A.V., Pinchuk E.V., Maschenko N.E. Etheric crops of *Lamiaceae* family for vertical vegetable cultivation. *Vegetable Crops of Russia*. 2020. 4: 72–75. DOI.org/10.18619/2072-9146-2020-4-72-75].
- Голубкина Н.А., Кекина Е.Г., Молчанова А.В., Антошкина М.С., Надежкин С.М., Солдатенко А.В. Антиоксиданты растений и методы их определения. Москва: ФГБНУ ФНЦО, 2018. 66 с.
[Golubkina N.A., Kekina E.G., Molchanova A.V., Antoshkina M.S., Nadezhkin S.M., Soldatenko A.V. Plant antioxidants and methods for their determination. Moscow: FGBNU FNTSO, 2018. 66 p.]
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
[Dospekhov B.A. Methods for field experiments Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.]
- Кидин В.В. Практикум по агрохимии. Москва: Колос, 2008. 215 с.
[Kidin V.V. Workshop on Agricultural Chemistry. Moscow: Kolos, 2008. 215 p.]
- Мащенко Н.Е., Боровская А.Д., Гуманюк А.В., Балашова И.Т., Козарь Е.Г. Эффективность действия регуляторов природного происхождения при выращивании моркови // Овощи России. 2018. Т 1. 74–78. DOI: 10.18916/2072-9146-2018-1-74-78.
[Maschenko N.E., Borovskaya A.D., Gumanjuk A.V., Balashova I.T., Kozar E.G. Effects of natural regulators at the process of carrot cultivation. *Vegetable Crops of Russia*. 2018. 1: 74–78. DOI: 10.18916/2072-9146-2018-1-74-78].
- Пивоваров В.Ф. Овощи России. Москва: ГНУ ВНИИССОК, 2006. С. 267–272.
[Pivovarov V.F. Vegetable Crops of Russia. Moscow: GNU VNISSOK, 2006. P. 267–272].
- Сирота С.М., Балашова И.Т., Козарь Е.Г., Митрофанова О.А., Аутко А.А., Долбик М.А. Первые результаты селекции сортов и гибридов томата для многоярусной узкостеллажной гидропоники // Теплицы России. 2014. Т 3. 58–62.
[Sirota S.M., Balashova I.T., Kozar E.G., Mitrofanova O.A., Autko A.A., Dolbik M.A. First Results of Breeding Tomato Varieties and Hybrids For Muticircle Hydroponic. *Greenhouses of Russia*. 2014. 3: 58–62]
- Ткаченко К.Г. Эфиромасличные растения семейств *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Lamiaceae* на Северо-Западе России (биологические особенности, состав и перспективы использования эфирных масел): Автореф. дисс. докт. биол. наук: 03.02.14 / ФГБУН

«Тихоокеанский институт биоорганической химии имени Г.Б. Елякова». Санкт-Петербург, 2013. 40 с.

[Tkachenko K.G. *Etheric plants of Apiaceae, Asteraceae, Lamiaceae families at the North-West of Russia (biologic peculiarities, composition and prospects of using etheric oils*. Sankt-Petersburg. 2013. 40 p.]

Федотов С.В. Эфирные масла и их влияние на высшую нервную деятельность человека // Сборник научных трудов ГНБС. 2015. Т. 141. С. 131–147.

[Fedotov S.V. Essential oils and their influence on the higher nervous activity of a man. *Proceedings of the Great Nikitskyi Botanical Garden*. 2015. 141: 131–147].

Харченко В.А., Молдован А.И., Голубкина Н.А., Кошеваров А.А., Карузо Д. Антиоксидантный статус сельдерея (*Apium graveolens* L.) // Овощи России. 2020. Т. 2. С. 82–86. DOI: 10.18619/2072-9146-2020-2-82-86.

[Kharchenko V.A., Moldovan A.I., Golubkina N.A., Koshevarov A.A., Karuzo D. Antioxidant status of celery (*Apium graveolens* L.). *Vegetable Crops of Russia*. 2020. 2: 82–86. DOI: 10.18619/2072-9146-2020-2-82-86]

Шевченко Ю.П., Харченко В.А., Шевченко Г.С., Солдатенко А.В. // Зеленные и пряно-вкусовые культуры / Ред. Тареева М.М. Москва: ФГБНУ ФНЦО, 2019. С. 95–103. ISBN 978-5-901695-80-7.

[Shevchenko Ju. P., Kharchenko V.A., Shevchenko G.S., Soldatenko A.V. Green and aromatic crops. Edited Tareeva M.M. Moscow: FGBNU FNCO, 2019. P. 95–103]

Balashova I.T. Using of Steroid Glycosides (Saponins) in Agriculture. New Trends in Saponins // Book of Abstracts International Conference on Saponins. Nancy: Nancy University, 2009. P. 14.

Balashova I.T., Sirota S.M., Pinchuk E.V. Vertical vegetable growing: creating tomato varieties for multi-tiered hydroponic installations // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 395. 012079. 1–8. DOI: 10.1088/1755-1315/395/1/012079.

Global Industry Report, 2014-2025. April, 2017. Report ID: IVR 1-68038-797-1.

Kozar E.G., Fiodorova M.I., Balashova N.N., Kintia P.K., Pivovarov V.F. Effects of Pre-sowing Treatment of Parsnip (*Pastinaca sativa* L.) Seeds with Water Solutions of Steroid Glycosides // *Book of Abstracts International Conference on Saponins*. Nancy: Nancy University, 2009. P. 45.

Kooti W., Ali-Akbari S., Asadi-Samani M., Ghadery H., Ashtari-Larky D. A review of medicinal plant of *Apium graveolens* // *Advantages of Herbal Medicine*. 2014. Vol. 1 (1). P. 48–59.

Lans C.A. Ethnomedicines used in Trinidad and Tobago for urinary problems and diabetes mellitus // *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 2006. Vol. 2. 45.

Marzouni H.Z., Daraei N., Sharafi-Ahvazi N., Kalani N., Kooti W. The effects of aqueous extract of celery leaves (*Apium graveolens*) on fertility of female rats // *West-Indian Journal of Pharmacopoeia and Pharmacognosy Sciences*. 2016. Vol. 5 (5). P. 1710–1734. DOI: 10.20959/wjpps2016-5-6823.

Mencherini T., Cau A., Bianco G., Della L.R., Aquino R.P., Autore G. An extract of *Apium graveolens* var. *dulce* leaves: structure of the major constituent, apiin, and its anti-inflammatory properties // *Journal of Pharmacopoeia and Pharmacology*. 2007. Vol. 59 (6). P. 891–897.

Momin R.A., Nair M.G. Mosquitocidal, Nematicidal and Antifungal Compounds from *Apium graveolens* L. seeds // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2001. Vol. 49 (1). P. 142–145. <https://doi.org/10.1021/jaf001052>.

Sorour M., Hassanen N.H.M., Ahmed M.H.M. Natural antioxidants in fresh and dry celery (*Apium graveolens*) // American Journal of Energy Engineering. 2015. Vol. 3 (2–1). P. 12–16. DOI: 10.11648/j-ajee.s.2015030201.13.

URL: <https://toeplitz.ru/hydro/prognoz-razvitija-rynka-gidroponiki.html> (дата обращения 17.11.2021)

[URL: <https://toeplitz.ru/hydro/prognoz-razvitija-rynka-gidroponiki.html> (accessed 17.11.2021)]

Статья поступила в редакцию 15.11.2021 г.

Balashova I.T., Bepal'ko L.V., Molchanova A.V., Sirota S.M., Kharchenko V.A., Soldatenko A.V. Biochemical composition of some aromatic and medicinal plants after cultivation on the multi circle hydroponic installations // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2021. № 4 (161). P. 67–77.

Multi circle hydroponic construction for vegetable and greens cultivation are wide spread and supported of leader investors all over the world because their economic position and ecologic status. Cultivation of aromatic and medicinal plants at multi circle hydroponic construction is usually supplemented the study biochemical composition above parts of plants after cultivation. The goal of study is: analysis biochemical composition above parts of some aromatic and medicinal plants after cultivation at multi circle hydroponic construction. Objects of study – above parts of aromatic and medicinal plants from Lamiaceae-family: *Monarda fistulosa* L., *Nepeta cataria* L., *Mentha piperita* L., *Melissa officinalis* L.; from Hypericaceae-family - *Hypericum perforatum* L. and from Apiaceae-family: *Coriandrum sativum* L., *Anethum graveolens* L., *Apium graveolens* L. Plants were cultivated at the 5 circle hydroponic construction with artificial lighting and automatic nutrition. Seeds of Apiaceae-family were treated with water solutions of natural immunomodulators: linarozide and moldstim. Analytic methods included determination: the dry matter content, antioxidants content and polyphenols content. Statistical methods: one-factorial and two-factorial dispersion analysis (Microsoft Excel, 2010). The first experiment of the cultivation aromatic and medicinal plants at 5th circle hydroponic installation was successful. The content of dry matter, vitamin C and chlorophylls does not change depends on plants location, but the content sum of polyphenols was significantly higher on the above part of *Monarda fistulosa* plants from the 4th circle. The highest content of polyphenols was observed on the above part of *Hypericum perforatum* L., the smallest content – on the above part of *Mentha piperita* L. Treatment seeds with natural immunomodulators increased the content of dry matter, antioxidants and polyphenols on the above part of plants from Apiaceae-family. It influenced at the increasing of seed germination, height of plants and weight of above parts. But accumulation of antioxidants and polyphenols on the above parts of Apiaceae-plants was specific for every species.

Key words: aromatic; medicinal plants; Lamiaceae; Hypericaceae; Apiaceae; multi circle hydroponics; biochemical composition