

**Инна Валерьевна Князева**

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, старший научный сотрудник лаборатории исследований технологических свойств сельскохозяйственных материалов, кандидат биологических наук, Москва, Россия

knyazewa.inna@yandex.ru

**Оксана Владимировна Вершинина**

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, научный сотрудник лаборатории исследований технологических свойств сельскохозяйственных материалов, кандидат сельскохозяйственных наук, Москва, Россия

vershinina.oks@yandex.ru

**Владимир Валерьевич Гудимо**

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, старший научный сотрудник лаборатории исследований технологических свойств сельскохозяйственных материалов, кандидат сельскохозяйственных наук, Москва, Россия

vershinina.oks@yandex.ru

**Владимир Николаевич Сорокопудов**

Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, профессор кафедры декоративного садоводства и газоноведения, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Москва, Россия

sorokopud2301@mail.ru

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ВЫРАЩИВАНИЯ МЯТЫ И МЕЛИСЫ НА ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТЕЛЛАЖАХ

*Цель исследования – изучение влияния различных спектров светодиодного освещения на формирование вегетативной массы мяты перечной и мелиссы лекарственной при пороговых значениях фотосинтетической облученности для зеленых культур. Исследование проводилось в Федеральном научном агроинженерном центре ВИМ (г. Москва) в течение 2020–2021 гг. Объектом исследования являлись *Mentha piperita* L. (мята перечная) сорт Ароматная и *Melissa officinalis* L. (мелисса лекарственная) сорт Лимонный Аромат. Растения мяты и мелиссы выращивались гидропонным способом на вертикальных стеллажах с использованием проточной технологии. На стеллажах использовали светильники 1, 2 и 3, основанные на синих, зеленых и красных светодиодах с суммарной интенсивностью ФАР 150 ммоль/м<sup>2</sup>с. К основному спектру освещения добавляли дальний красный спектр 12 (светильники 1 и 3) и 6 % (светильник 2) для раннего прорастания семян и последующего активного роста растений. Установлено, что реакция растений на разное соотношение спектра света проявлялась в зависимости от фенологической фазы. Оценка результатов развития ассимиляционного аппарата мяты и мелиссы показала, что при добавлении дальнего красного спектра (6 %) к общему спектральному составу способствовало активированию фотосинтетической активности листьев, которая проявлялась в формировании большей площади листовой поверхности. По вариантам освещения у изученных растений не наблюдалось разницы в суточном приросте, а также в накоплении общего хлорофилла и каротиноидов в листьях мяты и мелиссы. Применение технологии на основе светодиодного освещения в комплексе с гидропонным способом выращивания обеспечивает растениям оптимальные условия роста и развития, а также способствует повышению урожайности. Светодиодные светильники с низким уровнем фотосинтетической облученности могут быть использованы для выращивания и получения товарной продукции мяты и мелиссы при минимальных энергозатратах в контролируемых условиях светокультуры.*

**Ключевые слова:** мята, мелисса, продуктивность, гидропоника, освещение, вертикальные стеллажи.

**Inna V. Knyazeva**

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Senior Researcher, Laboratory for Research of Technological Properties of Agricultural Materials, Candidate of Biological Sciences, Moscow, Russia  
knyazewa.inna@yandex.ru

**Oksana V. Vershinina**

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Researcher, Laboratory for Research of Technological Properties of Agricultural Materials, Candidate of Agricultural Sciences, Moscow, Russia  
vershinina.oks@yandex.ru

**Vladimir V. Gudimo**

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Senior Researcher, Laboratory for Research of Technological Properties of Agricultural Materials, Candidate of Agricultural Sciences, Moscow, Russia  
vershinina.oks@yandex.ru

**Vladimir N. Sorokopudov**

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Professor at the Department of Decorative Horticulture and Lawn Science, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Moscow, Russia  
sorokopud2301@mail.ru

## TECHNOLOGICAL MINT AND MELISE CULTIVATION METHODS ON VERTICAL SHELVES

*The aim of research is to study the effect of different spectra of LED lighting on the formation of the vegetative mass of *Mentha × piperita* L. and *Melissa officinalis* L. at the threshold values of photosynthetic irradiation for green crops. The study was carried out at the Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Moscow) during 2020–2021. The object of the study was *Mentha × piperita* L. (peppermint), Aromatnaya variety, and *Melissa officinalis* L. (Lemon balm), Lemon Aroma variety. Mint and melissa plants were grown hydroponically on vertical racks using flow-through technology. On the shelves, luminaires 1, 2 and 3 were used, based on blue, green and red LEDs with a total PAR intensity of 150 mmol/m<sup>2</sup>s. Far red spectrum 12 (lamps 1 and 3) and 6 % (lamp 2) were added to the main illumination spectrum for early seed germination and subsequent active plant growth. It was found that the reaction of plants to a different ratio of the light spectrum manifested itself depending on the phenological phase. Evaluation of the results of the development of the assimilation apparatus of mint and melissa showed that, when the far red spectrum (6 %) was added to the total spectral composition, it promoted the activation of photosynthetic activity of leaves, which manifested itself in the formation of a larger leaf surface area. According to the lighting options, the studied plants showed no difference in the daily growth, as well as in the accumulation of total chlorophyll and carotenoids in mint and melissa leaves. The use of technology based on LED lighting in combination with a hydroponic growing method provides plants with optimal conditions for growth and development, and also contributes to increased yields. LED lamps with a low level of photosynthetic irradiation can be used for growing and obtaining commercial products of mint and melissa with minimal energy consumption under controlled photoculture conditions.*

**Keywords:** *mint, melissa, productivity, hydroponics, lighting, vertical shelving.*

**Введение.** Мята перечная и Melissa лекарственная – многолетние эфиромасличные и пряноароматические травянистые растения семейства Яснотковые (*Lamiaceae*), широко используемые в различных отраслях народного хозяйства в медицине, парфюмерно-косметической, ликеро-водочной, пищевой и других отраслях промышленности [1]. Наибольшее распространение и экономическое значение в мире имеет мята перечная. Melissa в Европе традиционно используется как лекарственное растение для снятия нейрогенных расстройств, бессонницы и

стресса из-за его спазмолитического действия и седативных свойств [2].

В последние годы наблюдается огромный интерес к выращиванию лекарственных и ароматических растений, производство которых осуществляется в открытом грунте и предусматривает только сезонное возделывание.

В течение последних десятилетий набирает обороты выращивание лекарственных трав гидропонным способом на беспочвенной среде под светодиодным освещением, что позволяет круглогодично получать высококачественное растительное сырье [3].

Гидропоника охватывает технологии производства продуктов питания, признанные инновационными, экологически безопасными, устойчивыми, надежными и гибкими [4]. В результате данная технология становится более эффективной в оптимизации ресурсов, чем почвенные методы ведения сельского хозяйства [5].

Растения мяты и Melissa выращивают на гидропонных установках различного типа (салатные линии, рассадные столы, вертикальные многоярусные стеллажи и др.) с использованием проточной технологии или метода подтопления. Исследования показали, что при выращивании Melissa на многоярусной узкостеллажной гидропонике (МУГ) можно получать зеленую товарную продукцию высокого качества в ранние сроки [6]. Светодиодные светильники значительно увеличивают надземную массу и сухое вещество, а также количество листьев в растениях [7]. Выращивание растений мяты на беспочвенной среде способствует увеличению урожая по сравнению с почвенными условиями [8]. В результате ароматические растения становятся экономически важными объектами сельского хозяйства для закрытых систем выращивания.

Глобальная стратегия в производстве лекарственных и ароматических растений заключается в улучшении качества, увеличения количества и накоплении биологически активных веществ, а в связи с появлением неблагоприятных последствий химических веществ, используемых в сельском хозяйстве, таких как пестициды, тенденция к использованию подходов, которые являются экологически безопасными, растет.

**Цель исследования** – изучение влияния различных спектров светодиодного освещения на формирование вегетативной массы мяты перечной и Melissa лекарственной при пороговых значениях фотосинтетической облученности для зеленых культур.

**Объекты и методы исследования.** Выращивание мяты и Melissa на вертикальных стеллажах с использованием проточной технологии гидропоники осуществляли в отделе закрытых искусственных агроэкосистем для растениеводства на базе ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Москва) в течение 2020–2021 гг. Объектом исследования являлись *Mentha piperita* L. (мята перечная) сорт Ароматная и *Melissa officinalis* L. (Melissa лекарственная) сорт Лимонный Аромат. На стеллажах использовали светильники 1, 2 и 3,

основанные на синих, зеленых и красных светодиодах, с суммарной интенсивностью ФАР 150 ммоль/м<sup>2</sup>с. К основному спектру освещения добавляли дальний красный спектр 12 (светильники 1 и 3) и 6 % (светильник 2) для раннего прорастания семян и последующего активного роста растений.

Эксперимент включал следующие варианты светодиодного освещения:

1 – синий (23 ммоль/м<sup>2</sup>с), зеленый (53 ммоль/м<sup>2</sup>с) и красный (74 ммоль/м<sup>2</sup>с) спектр;

2 – синий (21 ммоль/м<sup>2</sup>с), зеленый (59 ммоль/м<sup>2</sup>с) и красный (70 ммоль/м<sup>2</sup>с) спектр;

3 – синий (20 ммоль/м<sup>2</sup>с), зеленый (48 ммоль/м<sup>2</sup>с) и красный (82 ммоль/м<sup>2</sup>с) спектр.

Биометрические показатели (количество листьев и площадь листовой пластины) измеряли с помощью прибора LI-COR-LI-3100C (США). Определение сырого вещества проводили на аналитических весах LA 230S (Германия). Определение сухого вещества – методом высушивания навески до постоянной массы в сушильном шкафу Memmert UN-450 (Германия) по ГОСТ 24027.2-80 [9]. Количественное содержание основных пигментов (хлорофилла а, b и каротиноидов) в листьях определяли на спектрофотометре «Спекс ССП-705М» (Россия). Концентрацию пигментов рассчитывали для 100 % ацетона по уравнению Хольма-Веттштейна [10, 11]. Все исследуемые показатели определяли в динамике для фаз ветвления, бутонизации и цветения.

Питание растений осуществлялось водорастворимыми минеральными удобрениями по разработанной прописи с добавлением микроэлементов в хелатной форме. Электропроводность (ЕС) раствора поддерживали в пределах 2,9–3,1 мСм см<sup>-1</sup>, pH – 5,8–6,0. Раствор не изменялся в течение всей вегетации.

Анализ данных оценивали методами дисперсионного анализа с помощью программы STADIA 8.0. НСР использовали для проверки значимости полученных данных при уровне вероятности  $p < 0,05$ .

**Результаты исследования.** В фазу ветвления надземная масса растений у мяты составила от 8,04 до 11,05 г/растение, у Melissa – от 9,11 до 10,69 г/растение в зависимости от освещения (табл. 1). Наибольшее накопление сухого вещества у изучаемых культур отмечалось под светодиодными облучателями 1 и 3 с показателем 1,93 (мята) и 1,42 г/растение (Melissa)

соответственно. Спектральный состав светодиодного облучателя 2 способствовал формированию достоверно максимального прироста надземной массы и накоплению сухого вещества на стадии цветения у растений мелиссы. Как показали исследования, для мяты наиболее оптимальным освещением является светильник

со спектральным составом 1. Так, наибольший прирост растительной массы мяты в фазу бутонизации был отмечен в 1-м варианте (14,34 г) с достоверной прибавкой в 18,12–28,60 % по отношению ко 2-му и 3-му вариантам светодиодных облучателей.

Таблица 1

**Показатели прироста надземной массы и сухого вещества растений мяты и мелиссы**

Вариант светодиодного освещения	Надземная масса, г/растение			Сухое вещество, г/растение		
	Ветвление	Бутонизация	Цветение	Ветвление	Бутонизация	Цветение
<b>Мята</b>						
1	11,05	14,34	31,02	1,93	2,79	7,38
2	9,96	11,15	27,45	1,69	2,05	6,47
3	8,04	12,14	24,26	1,24	2,24	6,03
<b>Мелисса</b>						
1	9,23	13,09	35,56	1,32	2,05	7,19
2	9,11	13,79	43,30	1,27	2,30	9,13
3	10,69	12,70	33,39	1,42	2,06	5,98
НСР 0,5	1,88	1,84	6,62	0,38	0,44	1,85

В результате проведенных исследований выявлено, что разное соотношение спектрального состава освещения оказывает непосред-

ственное воздействие на формирование листовой поверхности мяты и мелиссы (табл. 2).

Таблица 2

**Биометрические показатели ассимиляционного аппарата растений мяты и мелиссы**

Вариант светодиодного освещения	Фаза развития					
	Ветвление		Бутонизация		Цветение	
	Кол-во листьев, шт.	Площадь листьев, см <sup>2</sup> /растение	Кол-во листьев, шт.	Площадь листьев, см <sup>2</sup> /растение	Кол-во листьев, шт.	Площадь листьев, см <sup>2</sup> /растение
<b>Мята</b>						
1	32,3	64,2	98,8	229,9	138,3	313,6
2	38,0	68,0	70,0	290,4	85,1	372,0
3	28,9	48,3	65,0	185,7	99,5	281,0
<b>Мелисса</b>						
1	41,5	82,3	74,8	298,5	100,3	398,6
2	37,5	97,9	85,5	363,7	121,4	451,4
3	28,8	55,3	70,0	339,4	102,9	371,4
НСР 0,5	8,48	25,54	21,21	66,14	31,80	65,56

Особенностью формирования листового аппарата мяты являлось в основном не количество листьев на одном растении, как у мелиссы, а средний размер листа. При освещении во 2-м варианте средняя площадь одного листа составила 4,4 см<sup>2</sup>/лист по сравнению с 1-м и 3-м вариантами – 2,3 и 2,8 см<sup>2</sup>/лист соответственно.

У растений мелиссы средние размеры листа варьировали в пределах 4,0–4,8 см<sup>2</sup>/лист и незначительно изменялись в зависимости от варианта освещения. Оценка результатов развития ассимиляционного аппарата мяты и мелиссы показала, что при добавлении дальнего красного спектра (6 %) к общему спектральному

составу способствовало активированию фотосинтетической активности листьев, которая проявлялась в формировании большей площади листовой поверхности, что подтверждается данными статистической обработки. К фазе цветения средняя площадь листа находилась

на уровне 372,0 см<sup>2</sup>/растение у мяты и 451,4 см<sup>2</sup>/растение у Melissa.

Взаимосвязь между длиной побега и суточным приростом показана на рисунке. Наиболее интенсивный прирост у растений мяты отмечался в фазу цветения – 1,03–1,09 см в сутки при высоте растений от 42,05–50,65 см.

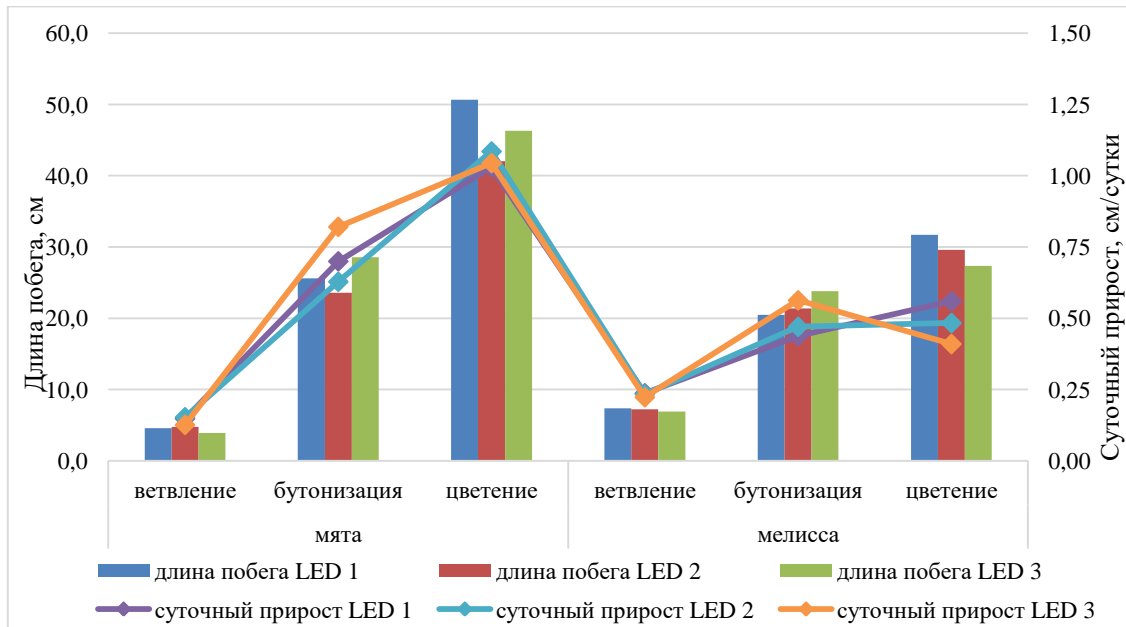


Рис. 1. Динамика роста и развития растений мяты и Melissa в зависимости от варианта светодиодного освещения

Растения Melissa в фазе цветения при высоте побегов 23,7–31,7 см имели прирост 0,41–0,56 см в сутки. Стоит отметить, что по вариантам освещения у изученных растений не наблюдалось сильной разницы в суточном приросте.

При изучении количественного содержания фотосинтетических пигментов было установлено,

что разное соотношение спектрального состава света незначительно повлияло на накопление общего хлорофилла и каротиноидов в листьях мяты и Melissa (табл. 3). Накопление основного пигмента хлорофилла *a* в зависимости от варианта освещения и доли дальнего красного спектра варьировало в пределах 9,59–10,03 (мята) и 8,92–10,06 мг/г (Melissa).

Таблица 3

**Содержание основных пигментов в растениях мяты и Melissa**

Вариант светодиодного освещения	Количество, мг/г			
	Хлорофилл <i>a</i>	Хлорофилл <i>b</i>	Хлорофилл ( <i>a+b</i> )	Каротиноиды
Мята				
1	9,59±0,2	4,37±0,1	13,97±0,2	2,82±0,2
2	9,72±0,1	3,76±0,2	13,48±0,3	3,00±0,1
3	10,03±0,2	3,93±0,1	13,96±0,2	3,03±0,2
Melissa				
1	9,69±0,1	4,30±0,1	13,98±0,3	2,99±0,1
2	8,92±0,2	3,82±0,2	12,74±0,2	2,77±0,1
3	10,06±0,2	4,37±0,2	14,43±0,3	3,13±0,2

Следовательно, выращивание мяты и мелиссы в условиях светокультуры при минимальном уровне фотосинтетической облученности позволяет получать растительную продукцию на разных фенологических стадиях развития растений согласно проанализированным показателям формирования вегетативной массы.

Правильно сбалансированные параметры светодиодного освещения (длина волны, интенсивность, время и продолжительность воздействия), согласующиеся с другими факторами микроклимата, создают оптимальные условия для разных видов растений и, следовательно, могут использоваться для улучшения роста растений, морфологии и качества готовой продукции.

**Заключение.** Результаты исследования показали, что параметры роста и развития мяты и мелиссы на вертикальных стеллажах незначительно изменялись от изучаемого спектрального состава светодиодного освещения. В целом соотношение подобранного спектра положительно повлияло на формирование вегетативной массы и накопление фотосинтетических пигментов. Светодиодные светильники с низким уровнем фотосинтетической облученности могут быть использованы для выращивания и получения товарной продукции мяты и мелиссы при минимальных энергозатратах в контролируемых условиях светокультуры.

#### Список источников

1. Журавель В.И. Выращивание и переработка пряноароматических культур // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. СПб.: СПбГАУ, 2017. С. 293–296
2. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division Food Balance Sheets. Available at 2018 <http://faostat3.fao.org/download/FB/FBS/E> (Accessed 20.08.2021).
3. Barrett G., Alexander P., Robinson J., Bragg N. Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems – a review // *Scientia Horticulturae*. 2016. 212. pp. 220–234.
4. Souza S.V. Gimenes R.M.T., Binotto E. Economic viability for deploying hydroponic system in emerging countries: A differentiated risk adjustment proposal // *Land Use Policy* 2019. 83. pp. 357–369.

5. Gwynn-Jones D., Dunne H., Donnison I., Robson P., Sanfratello G.M., Schlarb-Ridley B., Hughes K., Convey P. Can the optimisation of pop-up agriculture in remote communities help feed the world? // *Convey Glob. Food Sec.* 2018. 18. pp. 35–43. DOI: 10.1016/j.gfs.2018.07.003.
6. Беспалько Л.В., Пинчук Е.В., Ушакова И.Т. Мелисса лекарственная (*Melissa officinalis* L.) – ценная пряно-ароматическая культура // *Овощи России*. 2019. № 3 (47). С. 57–61. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-3-57-61.
7. Ahmadi T., Shabani L., Sabzalian M.R. LED light sources improved the essential oil components and antioxidant activity of two genotypes of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) // *Bot Stud.* 2021. 62. 9. DOI: 10.1186/s40529-021-00316-7.
8. Chrysargyris A., Nikolaidou E., Stamatakis A., Tzortzakis N. Vegetative, physiological, nutritional and antioxidant behavior of spearmint (*Mentha spicata* L.) in response to different nitrogen supply in hydroponics // *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. 2017. 6, pp. 52–61.
9. ГОСТ 24027.2-80. Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла. Введ. 01.01.1981. 119 с. URL: <http://gostrf.com/normadata/1/4294830/4294830157.pdf>.
10. Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in enzymology*. 1987. 148, 350–382.
11. Третьяков Н. Практикум по физиологии растений. 3-е изд., перераб. и доб. М.: Агропромиздат, 1990. 271 с.

#### References

1. Zhuravel' V.I. Vyraschivanie i pererabotka pryano-aromaticheskikh kul'tur // Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyah importozamescheniya. SPb.: SPbGAU, 2017. S. 293–296
2. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division Food Balance Sheets. Available at 2018 <http://faostat3.fao.org/download/FB/FBS/E> (Accessed 20.08.2021).
3. Barrett G., Alexander P., Robinson J., Bragg N. Achieving environmentally sustainable growing

- media for soilless plant cultivation systems – a review // *Scientia Horticulturae*. 2016. 212. pp. 220–234.
4. Souza S.V., Gimenes R.M.T., Binotto E. Economic viability for deploying hydroponic system in emerging countries: A differentiated risk adjustment proposal // *Land Use Policy* 2019. 83. pp. 357–369.
  5. Gwynn-Jones D., Dunne H., Donnison I., Robson P., Sanfratello G.M., Schlarb-Ridley B., Hughes K., Convey P. Can the optimisation of pop-up agriculture in remote communities help feed the world? // *Convey Glob. Food Sec.* 2018. 18. pp. 35–43. DOI: 10.1016/j.gfs.2018.07.003.
  6. Bespal'ko L.V., Pinchuk E.V., Ushakova I.T. Melissa lekarstvennaya (*Melissa officinalis* L.) – cennaya pryano-aromaticheskaya kul'tura // *Ovoschi Rossiyu*. 2019. № 3 (47). S. 57–61. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-3-57-61.
  7. Ahmadi T., Shabani L., Sabzalian M.R. LED light sources improved the essential oil components and antioxidant activity of two genotypes of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) // *Bot Stud.* 2021. 62. 9. DOI: 10.1186/s40529-021-00316-7.
  8. Chrysargyris A., Nikolaidou E., Stamatakis A., Tzortzakis N. Vegetative, physiological, nutritional and antioxidant behavior of spearmint (*Mentha spicata* L.) in response to different nitrogen supply in hydroponics // *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. 2017. 6, pp. 52–61.
  9. GOST 24027.2-80. Syr'e lekarstvennoe rastitel'noe. Metody opredeleniya vlazhnosti, soderzhaniya zoly, `ekstraktivnyh i dubil'nyh veschestv, `efirnogo masla. Vved. 01.01.1981. 119 s. URL: <http://gostrf.com/normadata/1/4294830/4294830157.pdf>.
  10. Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in enzymology*. 1987. 148, 350–382.
  11. Tret'yakov N. Praktikum po fiziologii rastenij. 3-e izd., pererab. i dob. M.: Agropromizdat, 1990. 271 s.

