

разработка новых простых и экономичных способов получения растительных лекарственных препаратов является актуальной проблемой.

Род пустырник (*Leonurus* L.) включает более 20 видов, которые встречаются по всему миру (Европа, Азия, Африка, Америка) [1], произрастает пустырник и на территории Республики Беларусь. Трава пустырника содержит разнообразные вещества: сахара, гликозиды, алкалоиды, эфирное масло, флавоноиды, например кверцетин, рутин и др., а также провитамин А, аскорбиновую кислоту, дубильные и красящие вещества, горечи и минеральные соли. Поэтому препараты, изготовленные на основе пустырника, обладают целым рядом полезных свойств, например, седативными, спазмолитическими и противосудорожными свойствами, понижают артериальное давление, регулируют состояние центральной нервной системы, снижают уровень глюкозы, молочной и пировиноградной кислот, холестерина, нормализуют показатели белкового обмена [2, с. 5–13].

Настойки и экстракты травы пустырника часто применяются в медицине. Настойка пустырника представляет собой зеленовато-коричневую жидкость с горьковатым вкусом и слабо выраженным запахом. В процессе производства настойки образуется технологический отход (осадок), который представлен целым набором биологически активных веществ. В настоящее время данный отход не используется предприятием и отправляется на утилизацию. Однако с помощью комплексных исследований была выявлена специфическая биологическая активность осадка, обусловленная наличием флавоноидов и др. биологически активных веществ, а также установлено, что данный технологический отход можно использовать как сырье при производстве нового антитромботического лекарственного препарата. Поскольку в экспериментах на крысах было доказано, что при употреблении данного отхода животными наблюдается увеличение времени свертывания крови (протромбинового времени) в 30 раз.

Нами предложена технологическая схема производства нового лекарственного препарата тромболитического действия на основе флавоноидов, входящих в технологический отход, образующийся при производстве настойки травы пустырника. Препарат предлагается выпускать в виде мягких желатиновых капсул. Выбор данной лекарственной формы объясняется целым рядом преимуществ: точность дозирования, высокая биодоступность, высокая стабильность и др.

Литература

1. Нго, З. Т. Т. Разработка методики количественного определения суммарного содержания флавоноидов в траве пустырника спектрофотометрическим методом / З.Т.Т. Нго, Е.В. Жохова // Химия растительного сырья. – 2007. – № 4. – С. 73–77.
2. Георгиевский, В. П. Распространение в растениях и классификация кумаринов, флавоноидов, антрахинонов, карденолидов, буфадииенолидов / В. П. Георгиевский, Н. Ф. Комиссаренко, С. Е. Дмитрук // Биологически активные вещества лекарственных растений / В. П. Георгиевский, Н. Ф. Комиссаренко, С. Е. Дмитрук. – Новосибирск, 1990. – Гл. 1. С. 5–13.

©ПолесГУ

УСКОРЕНИЕ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА ERICACEAE С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСТАНОВОК ОСВЕЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ СВЕТОДИОДОВ

М.П. ВОДЧИЦ, А.А. ВОЛОТОВИЧ

The results of the comparative analysis of efficiency of use of a pre-production models of the originals light-emitting diode lamps for acceleration of growth and development of *Rhododendron luteum* L. *in vivo* and *Vaccinium corymbosum* L. *in vitro* plants are resulted in the article. The dispersive analysis has established authentic (at $P<0.05$ and at $P<0.01$) «lamp type» factor influence on variability of investigated traits. The use of light-emitting diode lamps acceleration of growth and development of plants and increase quantity of the sprouts, chlorophyll content, economy electricity

Ключевые слова: семейство Ericaceae, *Rhododendron luteum* Sweet L. *in vivo*, *Vaccinium corymbosum* L. *in vitro*, светодиоды

Светодиод (по-английски, light-emitting diode, или LED) – это полупроводниковый прибор, преобразующий электрический ток непосредственно в световое излучение [1]. Главное преимущество светодиода, в отличие от лампы накаливания или люминесцентной лампы, заключается в том, что электрический ток преобразуется в световое излучение практически без потерь, при этом светодиод практически не нагревается. Кроме того, светодиод излучает в узкой части спектра [2], механически прочен, исключительно надежен, срок службы может достигать 100 тысяч часов, что почти в 100 раз больше, чем у лампочки накаливания, и в 5–10 раз больше, чем у люминесцентной лампы. И поскольку светодиод является низковольтным электроприбором, это качество определяет безопасность работы со светодиодами, в целом [1, 3].

В настоящее время с появлением светодиодов в области светокультуры растений открываются неограниченные возможности. Различный спектральный состав света и интенсивность фотосинтетически активной радиации (ФАР) воздействуют на фотосинтез, фотоморфогенез, рост и развитие, и другие процессы, определяющие продуктивность растений [4, 5].

Таблица 1 – Тип и характеристика задействованных в эксперименте ламп

Маркировка лампы	Количество ламп на полке, шт.	Освещенность, лк
<i>Эксперимент 1</i>		
Лампа светодиодная (оригинальная) производства ООО «Ellis Amalgamated LLC»	1	4000
OSRAM L 36W/954 Lumilux de Lux Daylight	4	9000
OSRAM L 36W/76 Natura	4	6000
OSRAM L 36W/77 Fluora	4	7000
<i>Эксперимент 2, 3</i>		
Лампа светодиодная (оригинальная) ДПО 01-2х5-001 производства «Камертон»	1	1500
OSRAM L 36W/76 Natura	4	6000

Цель работы – испытать созданные при нашем научном сопровождении два опытных образца светодиодных ламп на растениях семейства *Ericaceae in vivo* и *in vitro*; провести сравнительный анализ эффективности использования световых установок с разным типом ламп для стимуляции роста и развития растений семейства *Ericaceae*.

Объектом исследований явились 2 популяции *Rhododendron luteum* L. *in vivo* и 2 сорта *Vaccinium corymbosum* L. *in vitro*.

Исследования проводились в период с декабря 2009 года по февраль 2011 года. В процессе работы было поставлено 3 эксперимента. В экспериментах 1 и 2 высевали семена двух популяций *Rhododendron luteum* L. в емкости размером 15×20 см², накрывали пластиковыми крышками и размещали под четырьмя разными типами ламп в эксперименте 1, и двумя типами ламп в эксперименте 2 (таблица 1).

Всходы культивировали на стеллажах адаптационного помещения при следующих условиях: фотопериод 16/8 часов (свет/темнота), температура +24±1⁰С, относительная влажность воздуха 70%. После посева анализировали изменчивость следующих признаков: высота растения, количество настоящих листьев и площадь первого настоящего листа. Измерение высоты растения и площади листовой пластинки проводили с помощью миллиметровой бумаги.

Количество анализируемых проростков в эксперименте 1 – не менее 30 в каждом варианте опыта. На 60 день после посева провели пикировку и одновременный учет количества взшедших из семян растений под каждым из исследуемых типов ламп. Количество анализируемых проростков в эксперименте 2 – 90 в каждом варианте опыта (2 повторности, по 45 растений в каждой). На 95 день после посева, 50 растений из каждого варианта опыта (по 25 растений из каждой повторности) взвешивали, с последующим экстракцией пигментов ацетоном и определением содержания хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в общем экстракте на спектрофотометре Cary 50 (Varian, США) при длинах волн для ацетона 662, 644, 440 нм. Определение количества пигментов в расчете на 1 г проводили по формуле:

$$A = C \times V / 1000 \times a,$$

где

A – количество пигментов в мг/г сырой массы;

C – концентрация пигментов в мг/л;

V – объём вытяжки в мл;

a – масса навески в г.

В эксперименте 3 с *Vaccinium corymbosum* экспланты (неодревесневшие фрагменты стебля, состоящие из двух метамеров длиной до 10 мм,) двух сортов (*Нортланд* и *Brigitta blue*) высаживали *in vitro* в колбы объемом по 100 мл, содержащие по 20 мл модифицированной, агаризованной питательной среды на микро-, макросолевой основе по WPM, и размещали для культивирования на стеллажах под двумя типами световых установок. Колбы инкубировали на протяжении 30 дней при температуре 25⁰С, фотопериоде день/ночь – 16ч/8ч, относительной влажности воздуха 70%. Через 30 дней проводили учет высоты сформированных побегов, массы регенерантов и коэффициентов размножения, как соотношения количества полученных эксплантов для дальнейшего размножения к изначальному количеству эксплантов. Регенерировавшие побеги черенковали и полученные экспланты высаживали в колбы на агаризованную питательную среду того же состава на солевой основе WPM. По каждому из вариантов опыта с освещением анализировали не менее 100 регенерантов и не менее 400 побегов *in vitro* сорта Нортланд, и не менее 150 регенерантов и не менее 600 побегов *in vitro* сорта *Brigitta blue*.

Общий математический анализ данных всех экспериментов проводили по стандартным методам вариационной статистики [6], с использованием программы статистического анализа данных STATISTICA 6.0 [7]. Дисперсионный анализ данных проводили в программе AB-Stat [8], разработанной в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси. Установлено, что освещение семян двух популяций *Rhododendron luteum* (L.) Sweet (популяций «Ветчин» и «Марковское») установкой освещения на основе светодиодов (4000 лк) производства ООО «Ellis Amalgamated LLC» приводит к повышению всхожести семян в 1,3–1,9 и 1,7–2,5 раз, соответственно, по сравнению со всхожестью семян под остальными исследуемыми типами люминесцентных ламп.

Однофакторный дисперсионный анализ позволил выявить достоверное и высокодостоверное влияние типа ламп на изменчивость трех признаков. Так, установлено высокодостоверное при $P < 0,01$ (за исключением одного варианта при $P < 0,05$) положительное влияние двух образцов светодиодных ламп на высоту растений *Rhododendron luteum* (L.) Sweet с превышением данного показателя от 0,8 мм до 7,7 мм по сравнению с растениями, освещаемыми люминесцентными лампами (таблица 2,3).

Таблица 2 – Изменчивость количественных признаков у растений *Rhododendron luteum* (L.) Sweet в эксперименте 1

Возраст, дни	Тип лампы	Высота проростков, мм		Площадь листовой пластинки первого настоящего листа, мм ²		Количество настоящих листьев, шт	
		Популяция «Ветчин»	Популяция «Марковское»	Популяция «Ветчин»	Популяция «Марковское»	Популяция «Ветчин»	Популяция «Марковское»
30	1	5,87±0,31	3,40±0,12	5,93±0,58**	4,03±0,46	2,10±0,10	1,97±0,08
	2	7,13±0,22	3,20±0,17	5,85±0,50**	2,53±0,30	1,97±0,03	2,00±0,10
	3	5,30±0,29	5,27±0,24*	3,90±0,33	4,48±0,37*	2,03±0,06	2,01±0,07
	4	8,30±0,38**	4,73±0,18*	3,77±0,41	3,43±0,29	1,93±0,05	1,97±0,09
	HCP05	0,84	0,52	1,31	0,97	0,18	0,24
	HCP01	1,12	0,69	1,74	1,29	0,23	0,31
40	1	9,63±0,42	7,20±0,41	8,77±0,79	7,70±0,54	3,60±0,14	4,17±0,16
	2	11,27±0,54	6,90±0,38	10,70±0,65*	7,30±0,49	3,57±0,11	4,03±0,13
	3	9,43±0,36	9,77±0,34**	5,83±0,43	8,13±0,63	3,43±0,15	4,37±0,11**
	4	13,83±0,34**	10,27±0,58**	8,60±0,66	8,93±0,62*	3,57±0,11	3,67±0,12
	HCP05	1,14	1,22	1,72	1,60	0,39	0,39
	HCP01	1,51	1,61	2,28	2,12	0,52	0,52
50	1	16,30±0,75	17,33±0,94**	11,80±0,85*	12,93±1,15**	5,70±0,17**	5,67±0,18
	2	15,87±0,42	11,20±0,61	10,90±0,76	8,97±0,94	5,27±0,18	5,87±0,20
	3	13,53±0,69	13,67±0,73	10,07±0,99	11,83±0,74	5,73±0,17**	6,10±0,21
	4	21,23±0,99**	17,00±0,80**	8,70±0,79	9,57±0,63	5,00±0,22	6,33±0,24
	HCP05	2,04	2,01	2,41	2,39	0,51	0,55
	HCP01	2,69	2,67	3,19	3,17	0,68	0,73

Примечание – Данные представлены как среднее арифметическое ± стандартная ошибка. Тип лампы: 1 – OSRAM L 36W/954 Lumilux de Lux Daylight; 2 – OSRAM L 36W/76 Natura; 3 – OSRAM L 36W/77 Fluora; 4 – лампа светодиодная; * – значимо при $P < 0,05$; ** – значимо при $P < 0,01$

Таблица 3 – Изменчивость количественных признаков (среднее арифметическое±стандартная ошибка) у растений *Rhododendron luteum* (L.) Sweet при разных условиях освещения в эксперименте 2

Популяция	Тип лампы	28 дней			38 дней			72 дня		
		ВР	КНЛ	ПНЛ	ВР	КНЛ	ПНЛ	ВР	КНЛ	ПНЛ
Ветчин	С	5,45±0,15**	2,27±0,06	2,90±0,12	6,92±0,24**	3,20±0,09	6,63±0,26**	12,88±0,47**	6,92±0,18	6,55±0,22
	Л	3,7±0,12	2,80±0,09	3,18±0,14	6,12±0,27	4,22±0,14**	5,70±0,25	8,68±0,26	8,59±0,79**	7,02±0,27*
Марковское	С	4,45±0,14**	2,10±0,04	2,02±0,09	5,69±0,19**	3,20±0,11	4,52±0,17	9,78±0,38**	7,17±0,69	5,43±0,14
	Л	2,78±0,09	2,69±0,09	2,58±0,10*	4,58±0,22	4,73±0,35**	5,28±0,14**	9,04±0,30	7,68±0,18	6,24±0,18**
HCP05		0,51	0,59	0,37	0,51	0,59	0,37	0,51	0,59	0,37
HCP01		0,72	0,84	0,52	0,72	0,84	0,52	0,72	0,84	0,52

Примечания – * – значимо при $P < 0,05$; ** – значимо при $P < 0,01$; признаки: ВР – высота растения, мм; КНЛ – количество настоящих листьев, шт.; ПНЛ – площадь первого настоящего листа, мм²; тип лампы: С – светодиодная; Л – люминесцентная OSRAM L 36W/76 Natura

Таблица 4 – Изменчивость количественных признаков у регенерантов сортов Нортланд и Brigitta blue голубики высокой *Vaccinium corymbosum* L. при разных условиях освещения

Сорт	Источник света (ИС)	Количество ИС на 1 м ²	ПМ на 1 м ² , Вт	ПКР, сут	ВП, мм	МР, г	КР
Нортланд	1	4	144	30	13,2	-	×1,64
	2	1	10	30	15,1	-	×2,27
Brigitta blue	1	4	144	30	12,8	0,0540	×5,77
	2	1	10	30	14,4	0,0765	×9,67

Примечание – Источник света: 1 – OSRAM L 36W/76 Natura; 2 – светильник светодиодный. Обозначения: ПМ – потребляемая мощность; ПКР – продолжительность культивирования регенерантов; МР – масса регенерантов; КР – коэффициент размножения. Прочерк «-» означает отсутствие данных

Таблица 5 – Изменчивость количества фотосинтетических пигментов и массы (среднее арифметическое±стандартная ошибка) у растений *Rhododendron luteum* (L.) Sweet при разных условиях освещения в эксперименте 2

Популяция	Тип ламп	Содержание хлорофилла а, мг/г сырого веса	Содержание хлорофилла b, мг/г сырого веса	Содержание каротиноидов, мг/г сырого веса	Масса надземной части, мг	Масса корневой системы, мг	Масса общая (всего растения), мг
Ветчин	С	1,25±0,145	0,59±0,07	0,45±0,05*	203,30±2,40*	24,75±1,75	228,05±0,65
	Л	(0,59±0,25)	(0,25±0,11)	0,37±0,03	152,75±19,65	46,65±1,95**	199,4±21,6
Марковское	С	1,29±0,09*	0,54±0,03*	0,57±0,08*	146,25±1,95	21,95±1,75	168,2±0,2
	Л	0,61±0,17	0,25±0,07	0,37±0,02	150,20±19,90	30,65±0,05**	180,85±19,85
НСР05		0,64	0,25	0,18	37,20	5,52	38,59
НСР01		1,18	0,46	0,33	68,46	10,16	71,03

Примечания – * – значимо при $P<0,05$; ** – значимо при $P<0,01$; тип лампы: С – светодиодная; Л – люминесцентная OSRAM L 36W/76 Natura

Освещение растений светодиодными лампами производства «Камертон» приводит к увеличению массы регенерантов *Brigitta blue Vaccinium corymbosum* L. в 1,42 раза, и растений *Rhododendron luteum* из популяции «Ветчин» (таблица 4). Выход регенерантов сорта Нортланд при освещении светодиодным светильником производства «Камертон» на 1 м², в среднем, увеличивается на 49,2 тысячи в год (в 1,38 раза больше), а сорта *Brigitta blue* – на 213,6 тысячи регенерантов в год (в 1,67 раза больше), что позволит специализированным лабораториям получать дополнительную прибыль (таблица 4).

Освещение светодиодными лампами производства «Камертон» привело к увеличению содержания хлорофилла а – в 2 раза, хлорофилла b – в 2,4 раза, каротиноидов – в 1,2-1,5 раза (таблица 5). Двухфакторный дисперсионный анализ изменчивости содержания фотосинтетических пигментов при разных типах освещения выявил достоверное (при $P<0,05$) влияние типа ламп на изменчивость количественного содержания хлорофилла а и b. Доля влияния фактора оказалась существенной и составила 78,57% и 80,38% соответственно.

Трехфакторный дисперсионный анализ установил достоверное и высокодостоверное влияние типа используемых для освещения ламп на изменчивость трех анализируемых признаков. Существенным оказалось влияние на признак «высота растений» (таблица 6,7). Фактор «тип ламп» в комбинации с другими факторами также оказывал достоверное и высокодостоверное влияние на анализируемые признаки, в особенности на высоту растений (таблица 6,7).

Светодиодный светильник (производства «Камертон») в год потребляет 58,4 кВт электроэнергии, что позволяет экономить на 1 м² освещаемой площади 782,6 кВт электроэнергии в год по сравнению с люминесцентным освещением той же площади.

Результаты исследований свидетельствуют о достоверном влиянии исследуемых светодиодных ламп на изменчивость роста и развития растений *Rhododendron luteum* (L.) Sweet и регенерантов сортовой голубики высокой *Vaccinium corymbosum* L..

На основании результатов данных исследований и других исследований, проводимых в НИЛ клеточных технологий в растениеводстве в 2011 году в Национальный центр интеллектуальной собственности РБ подана заявка №U20110093 на полезную модель образца светодиодной лампы (МПК H01J17/00) производства Филиала «Камертон» ОАО «Интеграл» (г.Пинск). «Светильник светодиодный» ДПО 01-3-001 (ТУ ВУ 100386629.158-2011) – производства Филиала «Камертон» ОАО «Интеграл» (г. Пинск) прошел апробацию на базе частных биотехнологических лабораторий ЧПУП «Крок» (г. Жлобин, Гомельская область) и КФХ «Ягодка» (Смолевичский район, Минская область), специализирующихся на производстве микросаженцев сортовой голубики высокой методом клонального микроразмножения *in vitro*.

Таблица 6 – Трехфакторный дисперсионный анализ изменчивости количественных признаков у растений *Rhododendron luteum*(L.) Sweet в эксперименте 1

Источник варьирования	Степени свободы	Высота проростков		Площадь листовой пластинки первого настоящего листа		Количество настоящих листьев	
		Средний квадрат	Доля влияния, %	Средний квадрат	Доля влияния, %	Средний квадрат	Доля влияния, %
Общее	719	31,088	–	21,202	–	2,971	–
Фактор А (возраст)	2	6498,735**	58,149	2481,179**	32,553	823,504**	77,108
Фактор В (генотип)	1	963,735**	4,132	33,800	0,222	23,112**	1,082
А×В	2	6,518	0,058	43,662*	0,573	6,088**	0,570
Фактор В (тип ламп)	3	417,490**	5,603	64,647**	1,272	1,583*	0,222
А×В	6	105,646**	2,836	61,938**	2,438	0,436	0,122
В×В	3	199,546**	2,678	163,147**	3,211	1,127	0,158
Источник варьирования	Степени свободы						
А×В×В	6	19,640*	0,527	7,479	0,294	2,841**	0,798
Повторности	29	12,044	1,563	15,714	2,989	0,826	1,121
Источник варьирования	Степени свободы	Высота проростков		Площадь листовой пластинки первого настоящего листа		Количество настоящих листьев	
		Средний квадрат	Доля влияния, %	Средний квадрат	Доля влияния, %	Средний квадрат	Доля влияния, %
Случайные отклонения	667	8,135	24,274	12,901	56,448	0,603	18,818

Примечания – * – значимо при $P < 0,05$; ** – значимо при $P < 0,01$;

Таблица 7 – Трехфакторный дисперсионный анализ изменчивости количественных признаков у растений *Rhododendron luteum* (L.) Sweet при разных условиях освещения в эксперименте 2

Источник варьирования	Степени свободы	ВР		КНЛ		ПНЛ	
		Средний квадрат	Доля влияния, %	Средний квадрат	Доля влияния, %	Средний квадрат	Доля влияния, %
Общее	23	8,23	–	5,36	–	3,02	–
Фактор А (генотип)	1	9,37**	4,95	0,03	0,03	5,83**	8,4
Фактор В (тип ламп)	1	17,36**	9,17	5,72**	4,64	0,62*	0,89
А×В	1	1,67*	0,88	0,06	0,05	0,89*	1,28
Фактор С (возраст)	2	75,85**	80,12	56,29**	91,32	29,46**	84,94
А×С	2	0,98	0,10	0,18	0,29	0,14	0,41
В×С	2	1,14*	1,20	0,28	0,45	0,28	0,80
А×В×С	2	2,193**	2,32	0,37	0,60	0,32	0,91
Повторности	1	0,003	0,002	0,04	0,03	0,40	0,58
Случайные отклонения	11	0,22	1,26	0,29	2,59	0,11	1,77

Примечания – * – значимо при $P < 0,05$; ** – значимо при $P < 0,01$; признаки: ВР – высота растения, мм; КНЛ – количество настоящих листьев, шт; ПНЛ – площадь первого настоящего листа, мм²

Литература

1. Юнович А.Э. Светит больше, греет меньше // Экология и жизнь. – 2003. – Т. 33, № 4. С. 62–65
2. Юнович, А.Э. Современное состояние и тенденции развития светодиодов и светодиодного освещения / А.Э.
3. Юнович// Светотехника. – 2007. - №6. С.13-17.
4. Юнович А.Э. Светодиоды как основа освещения будущего // Светотехника. – 2003. – № 3. С. 2–6.
5. Тихомиров, А.А. Спектральный состав света и продуктивность растений / А.А. Тихомиров, Г.М. Лисовский, Ф.Я.
6. Сидько. – Нс.: Наука Сиб. Отделение, 1991.С. 168.
7. Шульгин, И.А. Растение и солнце / И.А. Шульгин. – Л.: Гидрометиздат, 1973. С. 251.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. С. 351.
9. Боровиков В.П. STATISTICA: Искусство анализа данных на компьютере / В.П. Боровиков. – СПб: Питер, 2001. С.650.
10. Анощенко, Б.Ю. Программы анализа и оптимизации селекционного процесса растений / Б.Ю. Анощенко //
11. Генетика. – М.: Наука, 1994. – Т.30. – Приложение. – С. 8–9.