

ВЛИЯНИЕ УКРЫВНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С НАНЕСЕННЫМИ КВАНТОВЫМИ ТОЧКАМИ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ САЛАТА ПОСЕВНОГО *LACTUCA SATIVA*

Иваницкий А.Е., Минич А.С., Буценко Е.С., Гизбрехт С.В.

Томский государственный педагогический университет

ул. Киевская, 60, г. Томск, 634041, РФ

e-mail: aleiv@tspu.edu.ru

Аннотация. В работе рассмотрено второе биологическое тестирование разработанных совместно с ООО НТИЦ «Нанотех-Дубна», г. Дубна Московской области светопреобразующих покрытий на основе квантовых точек двух типов для сотового поликарбоната, используемых в качестве укрывных материалов защищенного грунта. Определены морфометрические и биохимические параметры развития растений и их урожайность. Проведен сравнительный анализ результатов первого и второго биологического тестирования. Установлено влияние длины волны и интенсивности генерируемого квантовыми точками излучения на рост и развитие растений салата посевого в зависимости от сортовой принадлежности. Установлена оптимальная концентрация квантовых точек, оказывающая активирующее действие на рост и развитие растений.

Ключевые слова: квантовые точки, полимерные покрытия, морфометрия, флуоресценция.

EFFECT OF A COVERING OF POLYMERIC MATERIALS WITH QUANTUM DOTS DEPOSITED ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF PLANTS *LACTUCA SATIVA*

Ivanitskii A.E., Minich A.S., Butsenko E.S., Gizbreht S.V.

Tomsk State Pedagogical University

Kievskaya Str., 60, Tomsk, 634041, Russia

e-mail: aleiv@tspu.edu.ru

Abstract. The paper considers a second biological test developed in conjunction with ООО NTIC «Nanotech-Dubna», Dubna, Moscow region light-converting coatings based on quantum dots for the two types of polycarbonate, used as a covering material of the protected ground. Determined morphometric and biochemical parameters of plant growth and yield. A comparative analysis of the results of the first and second biological testing. The influence of the wavelength and intensity of the radiation generated by the quantum dots on the growth and development of plants lettuce, depending on the varietal identity. The optimum concentration of quantum dots, providing an activating effect on the growth and development of plants.

Key words: quantum dots, polymer coatings, morphometry, fluorescence.

В последнее время все чаще находят применение в качестве укрывных материалов защищенного грунта для выращивания овощных и зеленых культур светопреобразующие полимерные материалы, способные преобразовывать электромагнитное излучение коротковолновой части солнечного спектра в длинноволновое, необходимое для роста и развития растений [1-3].

Ранее нами проведены работы по разработке светопреобразующего состава на основе квантовых точек (ООО НТИЦ «Нанотех-Дубна», г. Дубна Московской области), наносимых на листы сотового поликарбоната и первичное тестирование влияния генерируемого ими низкоинтенсивного излучения красной области спектра на выращиваемые под ними растения салата посевого *Lactuca sativa* двух сортов Московский парниковый и Латук [4]. В результате первичного биологического тестирования разработанных материалов было обнаружено активирующее влияние генерируемого излучения на рост и развитие растений, выражающееся в ускорении их роста и, как следствие, повышении урожайности, а также увеличение содержания аскорбиновой кислоты (витамина С) в опытных растениях. Однако, генерируемое квантовыми точками излучение оказало видимый активирующий эффект преимущественно на растения салата сорта Латук, тогда как растения салата сорта Московский парниковый практически не отличались от выращенных в контроле. Таким образом, наблюдается различие в отклике растений одного вида разных сортов на генерируемое квантовыми точками излучение, отличающееся интенсивностью и длиной волны.

Второе биологическое тестирование проведено по такой же методике, как и при первичном тестировании, на тестовой культуре посевном листовом салате сорта – «Мама мия» в период с 15 июля по 25 августа 2011 г. в районе г. Дубна Московской области [4, 5]. Салат сорта «Мама мия» имеет быстрый рост и созревание, техническая спелость наступает на 35-40 сутки от посева. Биологическое тестирование проведено в двух повторностях на 5 растениях каждого сорта. В качестве контроля использовано покрытие из немодифицированного сотового поликарбоната.

По результатам биологического тестирования для салата сорта «Мама мия» определены: сырая и сухая массы надземной и подземной частей растений, высота растений, количество листьев в розетке, содержание аскорбиновой кислоты (витамина С) [4].

Биологическое тестирование было продолжено на 6 составах светопреобразующих покрытий, нанесенных на сотовый поликарбонат, с двумя типами КТ (см. табл. 1) [4]. В период проведения испытаний наблюдалась хорошая солнечная погода с высокой околополуденной интенсивностью солнечного излучения в среднем за весь период испытания от 190 до 250 Вт/м². Среднедневной температурный режим в период тестирования составлял +26±6 °С, ночной в пределах 14±5 °С.

Таблица 1 – Состав светопреобразующих покрытий

Шифр образца	Тип КТ	Содержание КТ на 1 м ² сотового поликарбоната, мг	Интенсивность флуоресцентного излучения, Вт/м ² область 590-650 нм
Лак 1	GA-49-619	26.6	0.42±0.12
Лак 2	GA-49-619	13.3	0.31±0.09
Лак 3	GA-49-619	6.65	0.11±0.07
Лак 4	GA-49-612	12.4	0.68±0.21
Лак 5	GA-49-612	6.2	0.42±0.12
Лак 6	GA-49-612	3.1	0.08±0.04

Таблица 2 – Результаты морфометрических измерений 40 суточных растений салата сорта «Мама мия»

Образец	Сырая масса, % от контроля			Сухая масса, % от контроля		
	листья	корни	общая	листья	корни	общая
Лак 1	118.4	120.2	118.6	112.9	86.1	106.9
Лак 2	110.2	129.0	112.4	118.8	98.6	114.3
Лак 3	58.1	66.9	59.2	64.4	53.3	61.9
Лак 4	223.7	168.0	217.0	272.7	105.0	235.0
Лак 5	208.8	185.5	206.0	308.5	118.5	265.8
Лак 6	162.1	136.9	159.1	198.0	112.5	178.7

Результаты морфометрических показателей растений салата сорта «Мама мия» на 40 сутки на примере сырой массы и массы сухого остатка представлены в таблице 2.

По данным таблицы 2 для растений, выращенных под светопреобразующими покрытиями, наблюдается неравномерное увеличение сырой массы (листья, корни) относительно контроля.

Таблица 3 – Морфометрические показатели 40 суточных растений салата сорта «Мама мия» и содержание аскорбиновой кислоты (витамина С)

Образец	Высота растений, см	Количе ство листье в, шт.	Урожайность, % от контроля	Содержание аскорбиновой кислоты (витамина С)	
				мг %	% от контроля
Немодифицированный ПК (контроль)	9.5±0.5	4-5	100	19.80	100.0
Лак 1	9.0±0.5	5-6	118	20.24	102.2
Лак 2	9.5±1,5	5-6	110	24.42	123.3
Лак 3	10.5±3.5	4-6	58	22.66	114.4
Лак 4	12.5±2.5	8-11	223	24.42	123.3
Лак 5	13.5±2.5	6-8	208	22.88	115.6
Лак 6	11.5±1.5	6-8	162	25.74	130.0

Так для покрытий на основе квантовых точек GA-49-619 наблюдается незначительное увеличение сырой и сухой массы растений для Лака 1 и Лака 2, для Лака 3 с низким содержанием квантовых точек эффект активации роста и развития растений не обнаружен, наоборот произошло снижение сырой и сухой масс растений. Для покрытий на основе квантовых точек GA-49-612 наблюдается хороший отклик растений на генерируемое ими излучение, которое оказало значительное влияние на рост и развитие растений по сравнению с контролем, сырая масса и масса сухого остатка растений больше контрольных в 1.3-2.6 раза. Одновременно с увеличением массы растений отмечено и увеличение количества листьев в розетке, высоты растений (см. табл. 3).

Под светопреобразующими покрытиями Лак 4-6 наблюдается увеличение средней урожайности салата возрастающей с увеличением содержания квантовых точек в составе покрытия. Для Лака 1-2 увеличение урожайности минимальны в среднем больше контроля на 10-18 %, для Лака 3 увеличение урожайности не обнаружено.

Биохимический анализ зеленой части растений на содержание аскорбиновой кислоты (витамина С) проведен в 2 биологических и на 4 аналитических повторностях. В результате исследования обнаружено увеличение содержания аскорбиновой кислоты в растениях, выращенных под светопреобразующими покрытиями (Лаки 2-6) на 14-30 % по отношению к контролю, кроме Лака 1, где содержание витамина С в растениях находится на уровне контроля.

Таблица 4 – Урожайность салата в ходе 1 и 2 биологического тестирования светопреобразующих покрытий на основе КТ

Образец	Урожайность, % от контроля		
	Латук	Московский парниковый	Мама мия
Лак 1	112	74	118
Лак 2	139	41	110
Лак 3	73	46	58
Лак 4	170	93	223
Лак 5	167	77	208
Лак 6	107	82	162

Сравнение урожайности трех сортов салата, выращенных в период первого и второго биологического тестирования под светопреобразующими покрытиями на основе квантовых точек, относительно контроля (немодифицированного сотового поликарбоната) представлено в таблице 4.

В результате биологического тестирования обнаружен эффект активации роста и развития растений салата сортов «Латук» и «Мама мия» под светопреобразующими покрытиями Лак 4-6 (длина волны 612 нм) в 1.6-2.2 раза и в меньшей степени для Лак 1-3 (длина волны 619 нм) в 1.1-1.4 раза по отношению к контролю.

Таким образом, найдено, что наибольший эффект на растения салата оказывают светопреобразующие покрытия с длиной волны 612 нм. При этом степень влияния светопреобразующего покрытия с высоким содержанием квантовых точек Лак 4 (12.4 мг/м²) и содержанием в 2 раза ниже Лак 5 (6.2 мг/м²) близки. На основании полученных данных содержание квантовых точек (длина волны 612 нм) в количестве 6.2 мг/м² в светопреобразующем покрытии можно считать оптимальным для воспроизведения эффекта активации роста и развития растений и проводить дальнейшие исследования с данным типом квантовых точек. Для светопреобразующего покрытия на основе квантовых точек с длиной волны 619 нм достоверные изменения, выращиваемых под ними растений не обнаружены.

Список литературы / References:

1. Kusnetsov S.I., Leplianin G.V., Murinov U.I. «Polisvetan», a high performance material for cladding greenhouses. *Plasticulture*, 1989, vol. 83, no. 3, pp.13-20.
2. Карасев В.Е. Полисветаны – новые полимерные светотрансформирующие материалы для сельского хозяйства. *Вестник Дальневосточного отделения РАН*, 1995, № 2, с. 66-73. [Karasev V.E. Polisvetans – new polymeric materials for light transforming agriculture. *Vestnik Dalnevostochnogo otdelenia RAN*, 1995, no. 2, pp. 66-73. (In Rus.)]
3. Головацкая И.Ф., Райда В.С., Лещук Р.И., Карначук Р.А., Минич А.С., Большакова М.А., Приходько С.А., Усачева Е.Ю., Бурковская В.Т., Толстиков Г.А. Физиолого-биохимические особенности роста и продуктивность растений овощных культур при выращивании под светокорректирующими пленками. *Сельскохозяйственная биология*, 2002, № 5, с. 47-51. [Golovackaja I.F., Raida V.S., Leshhuk R.I., Karnachuk R.A., Minich A.S., Bol'shakova M.A., Prihod'ko S.A., Usacheva E.Ju., Burkovskaja V.T., Tolstikov G.A. Physiological-biochemical characteristics of growth and productivity of plants for growing vegetables under the light adjusting films. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*, 2002, no. 5, pp. 47-51. (In Rus.)]
4. Иваницкий А.Е., Минич А.С., Буценко Е.С., Гизбрехт С.В., Минич А.А. Светопреобразующие покрытия на основе квантовых точек, нанесенных на сотовый поликарбонат и их биологическое тестирование. *Матер. X международной науч.-техн. конф. «Актуальные вопросы биологической физики и химии. БФФХ-2015»*, Севастополь, 2015, с. 137-142. [Ivanitckii A.E., Minich A.S., Butsenko E.S., Gizbreht S.V., Minich A.A. Light-adjusting coating based on quantum dots deposited on cellular polycarbonate and biological testing. *Proceedings of X International Science-Technical Conference «Modern trends in biological physics and chemistry. BPPC-2015»*, Sevastopol, 2015, pp. 137-142. (In Rus.)]
5. Минич А.С., Минич И.Б., Иваницкий А.Е., Райда В.С. Биологическое тестирование пленок для закрытого грунта с различными фотофизическими свойствами. *Вестник Томского государственного педагогического института*, 2000, № 2, с. 70-73. [Minich A.S., Minich I.B., Ivanitckii A.E., Raida V.S. Biological testing for greenhouse films with different photophysical properties. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*, 2000, no. 2, pp. 70-73. (In Rus.)]