

Распространение пожара зависит от типа источника зажигания. При точечном источнике пламя концентрируется вокруг небольшого участка, что приводит к быстрому увеличению температуры и интенсивности горения в непосредственной близости от него. В случае зажигания линии огонь распространяется вдоль этой линии, постепенно охватывая все большую площадь. Скорость распространения может быть выше при наличии легко воспламеняющихся материалов или ветреной погоды, что требует особого внимания к организации противопожарных мероприятий.

Рассмотрим влияние размера источника зажигания на распространение фронта пожара, а также на размер оптимальных противопожарных разрывов. Распространение верхового пожара происходит при следующих условиях: скорость ветра равна 10 м/с, влагосодержание ЛГМ 0.5, запас ЛГМ 0.4 кг/м³, противопожарный разрыв имеет размеры 30×10 м. Разрыв расположен на расстоянии 20 м от источника зажигания. Количество точек начального очага горения равно 10 и 30 единицам соответственно (рисунок 1).

Изучение расположения изотерм (*a, d*), изолиний кислорода (*b, e*) и концентраций летучих продуктов пиролиза (*c, f*) при источнике зажигания равном 10 точек (*a–c*) и 30 точек (*d–f*) показало различия в форме фронта лесного пожара. В обоих случаях противопожарный разрыв размерами 30×10 м оказался эффективен. При разрыве очага пожара, равном 10 точек, фронт пожара распространяется интенсивнее по оси ОХ. Однако, при ширине очага возгорания равном 30 точек, тепломассоперенос во фронте пожара происходит одновременно по оси ОХ и ОУ, соответственно, пожар продвигается широким фронтом. В случае неэффективности противопожарного разрыва в данном случае рекомендуется увеличение вертикальных размеров разрыва.

В ходе исследования была изучена зависимость размеров фронта горения от очага пожара с использованием численного метода. Работа направлена на повышение эффективности мер по предотвращению и ликвидации пожаров, а также улучшение нормативной базы в области пожарной безопасности.

Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда, проект РНФ № 24-21-00069.

Список использованных источников:

1. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними / А.М. Гришин // Новосибирск : Наука. – 1992. – 407 с.

АДРЕСНОЕ ПИТАНИЕ ЧЕРЕЗ УПРАВЛЕНИЕ МОРФОГЕНЕЗОМ МИКРОЗЕЛЕНИ ПРИ ПОМОЩИ РАЗНОГО СВЕТОДИОДНОГО ОБЛУЧЕНИЯ

А.С. Попова^a, Л.Ю. Шарина^b, студенты гр. 3А31,

Научный руководитель: Саклаков В.М., ст. преп.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, Томская обл., г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: ^aasp96@tpu.ru, ^blys10@tpu.ru

Аннотация: Современные системы производства пищевой продукции защищенного грунта в разных регионах мира имеют тенденцию к дивергенции вследствие разных условий среды. В отличие от мировых лидеров, часто расположенных в благоприятных климатических зонах, отечественные производители вынуждены компенсировать климатические условия дополнительными техническими системами. Настоящая работа посвящена созданию моделей светового облучения разных сортов микрозелени для выработки ими подходящего для систем адресного питания состава и структуры. Для этого был проведен эксперимент по выращиванию четырех сортов под разными спектрами света.

Ключевые слова: управляемый морфогенез, экологически чистая растительная пища, микрозелень, светокультура, индексы вегетации.

Abstract: Modern systems of protected ground food production in different regions of the world tend to diverge due to different environmental conditions. Unlike world leaders, often located in favorable climate zones, domestic producers are forced to compensate for climatic conditions with additional technical systems. This work is devoted to the creation of models of light irradiation of different varieties of microgreens to produce a composition and structure suitable for targeted nutrition systems. For this purpose, an experiment was conducted to grow four varieties under different light spectra.

Keywords: controlled morphogenesis, eco clean plant food, microgreens, light culture, vegetation indices. На сегодняшний день большая часть населения во всем мире мигрировала в городские агломерации. При этом по прогнозам ООН тенденция к увеличению численности населения сохраниться как минимум до 2100 года [1]. На протяжении долгого времени государственный сектор, научное и бизнес-сообщество в разных регионах мира разрабатывало и проводило в жизнь политики продовольственного обеспечения и продовольственной безопасности [2]. Разность их природно-климатических, социально-культурных, экологических, экономических и технологических устоев, а также конкуренция обеспечили специализацию элементов отраслей сельского хозяйства. К примеру, одним из мировых лидеров выращивания растений в защищенном грунте является испанская провинция Альмерия. В 2022 году она обеспечила до 7 % – около 4 млн. тонн плодовоовощной продукции основных территорий Европейского союза [3]. Вместе с тем уровень внедрения технологических инноваций является точечным, а существенное количество теплиц имеют примитивные конструкции и методы организации выращивания – см. рисунки 1. Как правило в них отсутствует светокультура, т. к. хватает естественного освещения – см. рисунок 2 – здесь белым контуром выделены жилые сектора, зеленым – теплицы.



Рис. 1. Типовые конструкции теплиц

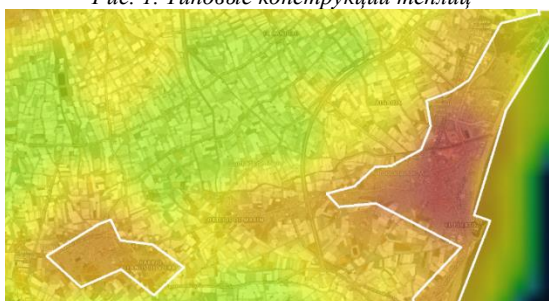


Рис. 2. Световое загрязнение от теплиц. Провинция Альмерия, Испания

Отечественное тепличное производство, помимо прочего, требует внедрения светокультуры из-за природно-климатических условий. Для выращивания нужен принципиально иной уровень производственных технологий и учета рисков, в том числе экологических. Для сравнения представим тепличный комплекс Трубачево, расположенный неподалеку от Томска – см. рисунки 3 и 4. На данном производстве, как и на многих других, долгое время применялись натриевые лампы, однако в последнее время проявляется интерес к светодиодному типу освещения. Тем не менее растениям далеко не всегда нужен тот спектр светового излучения, который обеспечивается производствами в настоящее время.

При этом в городах часто можно видеть выращивание пищевой продукции как на мини-фермах, например в кафе или ресторанах, так и в домашних условиях. Эффективность организации светового облучения с точки зрения морфогенеза растений активно исследуется в науке [4–5], но имеет недостаточный уровень внедрения в производство. При этом для отечественного рынка одним из главных ориентиров индустрии 4.0 в области производства пищевой продукции является платформы FoodNet Национальной технологической инициативы [6]. Именно в нем постулируется тезис о необходимости внедрения адресного питания.



Рис. 3. Типовые конструкции теплиц
Томский район, Томская область



Рис. 4. Световое загрязнение от теплиц

Целью настоящей работы является определение влияния различных спектров светового излучения на разные сорта микрорезелени. Результат будет рассматриваться в рамках концепции адресного питания платформы FoodNet. Для этого был организован эксперимент по выращиванию четырех сортов микрорезелени под следующими спектрами: (1) белый 2700 К, (2) белый 2700 К и 4000 К в соотношении 3:2, (3) белый 2700 К и красный – 660 нм в соотношении 3:2, (4) красный – 660 нм. В качестве сортов были выбраны: горох сортов фиолетовый сахар и сенатор, руккола, подсолнечник сорта лакомка и базилик сорта смуглянка. При помощи спектрометра CI-710s Spectra Vue собраны спектры пропускания, поглощения и отражения и рассчитаны 38 вегетационных индексов в индивидуальном порядке и средние. Наибольший интерес на данном этапе представляет типы распределения по каждому индексу – они представлены на примере рукколы по кластерам в таблице 1.

Таблица 1

Тип распределения индексов вегетации [7] рукколы – результаты теста Шапиро-Уилка

Тип распределения	Спектр	Зелености	Эффективности использования света	Содержания пигментов	Содержания влаги
Нормальное или логнормальное	2700 К	CNDVI, MCARI, MDATT, RENDVI, TCARI, VREI 1, 2, 3	Ctr1, PRI	ARI1, ARI2, GM1, GM2, Lic2, NPCI, NPQI, SRPI, ZMI	WBI
	2700 К +660 нм	CNDVI, G, MCARI, MDATT, MRESRI, NDVI, RENDVI, VREI 1, 2, 3	Ctr1, Ctr2, PRI, PRSI, SIPI	ARI1, ARI2, CRI1, CRI2, FRI, GM1, GM2, Lic1, Lic2, NPCI, NPQI, SRPI, ZMI	WBI
	2700 К +4000 К	CNDVI, G, MCARI, MCARI1, MDATT, NDVI, RENDVI, VREI 1, TCARI, TVI	Ctr1, Ctr2, PRI, PRSI, SIPI	ARI1, ARI2, CRI2, GM1, GM2, Lic1, Lic2, NPCI, NPQI, SRPI, ZMI	WBI
	660 нм	CNDVI, G, MCARI, MDATT, NDVI, RENDVI, VREI 1, 2, 3, TCARI, MRESRI	Ctr1, Ctr2, PRI, PRSI, SIPI	ARI1, ARI2, CRI1, CRI2, FRI, GM1, GM2, Lic1, Lic2, NPCI, NPQI, SRPI, ZMI	WBI
Ассиметричное	2700 К	G, MCARI1, MRESRI, NDVI, TVI	Ctr2, PRSI, SIPI	CRI1, CRI2, FRI, Lic1	
	2700 К +660 нм	MCARI1, TCARI, TVI			
	2700 К +4000 К	MRESRI, VREI 2,3		CRI1, FRI	
	660 нм	MCARI1, TVI			

Из расчетов видно, что существенная часть индексов имеет нормальное распределение, а большая часть асимметрий возникает в капсулах роста с теплым белом световом излучении (2700 К). При этом простая замена двух светодиодных лент на красный спектр ситуация резко меняется. Аналогичные расчеты сделаны по иным сортам, и они позволяют выдвинуть гипотезу о положительном влиянии комбинаций белых и монохроматических светодиодных лент. Дальнейшие исследования по конкретным сортам растений помогут выработать модели морфогенеза, обеспечивающие экологичное адресное питание.

Список использованных источников:

1. World Population Prospects 2024: Summary of Results // United Nations. Department of Economic and Social Affairs. – URL: desapublications.un.org/publications/world-population-prospects-2024-summary-results (дата обращения: 15.03.2025).
2. Food and agriculture. Key to achieving the 2030 Agenda for Sustainable Development // United Nations. Department of Economic and Social Affairs. – URL: sdgs.un.org/publications/food-and-agriculture-18028 (дата обращения: 15.03.2025).
3. Castillo Díaz F.J. Tan malos son los invernaderos de Almería? // Tierra. Plataforma Digital Agroalimentaria 2025. – URL: plataformatierra.es/comunidad/agroequilibrio/sostenibilidad-agricultura-invernadero-almeria (дата обращения: 15.03.2025).
4. Silva, J.B.M., Dantas, T., Binotti, F.F.S., Scalón, S.P.Q., Costa, E., Vendruscolo, E.P., Vieira, G.H.C., Binotti, E.D.C., Silva, G.P.V. Different photosynthetic photon flux intensities and substrates in the biofortification of phytochemicals in kale microgreen // South African Journal of Botany. – 2025. – Vol. 176. – P. 12–20. DOI: 10.1016/j.sajb.2024.11.013.
5. Zhang, X., Bian, Z., Yuan, X., Chen, X., Lu, C. A review on the effects of light-emitting diode (LED) light on the nutrients of sprouts and microgreens // Trends in Food Science & Technology. – 2020. – Vol. 99. – P. 203–216. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.031>.
6. Концепция дорожной карты рынка FoodNet 2.0. – URL: old.stgau.ru/cft/docs/FoodNet2.0.pdf (дата обращения: 15.03.2025).
7. Index DataBase: A database for remote sensing indices. – URL: indexdatabase.de (дата обращения: 15.03.2025).