

УДК 631.234

UDC 631.234

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

ИЗУЧЕНИЕ СВЕТОПРОПУСКАЮЩИХ СВОЙСТВ СОТОВОГО ПОЛИКАРБОНАТА – ПОКРЫВНОГО МАТЕРИАЛА КРУГЛОГОДИЧНЫХ ТЕПЛИЦ**STUDYING LIGHT TRANSMITTING PROPERTIES OF CELLULAR POLYCARBONATE - A YEAR-ROUND COATING MATERIAL OF GREENHOUSES**

Юдаев Игорь Викторович
доктор технических наук
РИНЦ SPIN-код: 6836-5529
etsh1965@mail.ru

Yudaev Igor Viktorovich
Dr. Sci. Tech.
RSCI SPIN-code: 6836-5529
etsh1965@mail.ru

*Азово-Черноморский инженерный институт
ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрной
университет», г. Зерноград, Россия*

*Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of
FSBEI HE «Don State Agrarian University», Zerno-
grad, Russia*

Сегодня перед сельским хозяйством России стоит задача насыщения рынка продовольствия отечественными качественными продуктами, в достаточном для потребности населения количестве. При этом здоровое питание обеспечивают, по мнению медиков и ученых, овощные культуры, которые обязательно должны присутствовать в рационе питания здорового человека. В связи с этим большая роль отводится растениеводству защищенного грунта, нормальное функционирование которого позволяет обеспечивать овощами прилавки магазинов и рынков круглый год. Для формирования необходимой среды внутри теплицы, способствующей нормальному росту растений, главную роль играет солнечное излучение, проникающее в теплицу через прозрачные ограждения и создающее необходимый световой и температурно-влажностный режим. Сравнение и анализ характеристик основных покрывающих и светопропускающих материалов (пленка, стекло, поликарбонат) говорит о том, что сегодня основным материалом является сотовый поликарбонат – изучению светопропускающих характеристик которого и посвящена статья. В качестве метода исследования применялась молекулярная оптическая спектроскопия. Для изучения был выбран диапазон волн со значением их длин от 610 до 700 нм, который перекрывает как раз именно ту часть спектра коротковолнового солнечного излучения, который необходим растениям для нормального осуществления процесса фотосинтеза в искусственных условиях выращивания. Проанализировав результаты измерений, можно говорить, что исследованные образцы поликарбоната «КАРБОГЛАСС АГРО», несмотря на существенно большую толщину, в сравнении с используемой многими по старинке полиэтиленовой пленкой, характеризуются более высоким значением светопропускающей способности для значений длин волн проходящего через материалы света – соответственно 79-80,4% и 75,4-77%. Светопропускание сотового поликарбоната «КАРБОГЛАСС АГРО» на $5 \pm 1\%$ относительно больше по сравнению с другими традиционными материа-

Today, the Russian agriculture is facing food market saturation task by domestic quality products in sufficient quantities for the needs of the population. At the same time healthy nutriment is provided, according to doctors and scientists, by vegetables, which must be present in the diet of a healthy person. In this regard, a big role is assigned to the covered ground crop production, normal functioning of which allows to supply shops and markets with vegetables throughout the year. For the formation of the necessary environment inside the greenhouse promoting normal plants growth, the main role is played by the solar radiation penetrating into the greenhouse through the transparent enclosure and creating necessary light and temperature and humidity regime. Comparison and analysis of the main cover and light-transmitting materials (film, glass, polycarbonate) characteristics revealed polycarbonate to be the basic material today, light transmitting characteristics study of which this article deals with. As a research method, molecular optical spectroscopy was applied. In order to study there has been selected waveband with their length value from the 610 to 700 nm, which spans exactly the shortwave part of the solar radiation spectrum, which is necessary for the proper implementation of the plants photosynthesis in artificial rearing conditions. After analyzing the measurements results it can be said that studied "KARBOGLASS AGRO" polycarbonate samples, despite the substantially greater thickness in comparison with for example plastic film that is widely used in the old fashioned way, are characterized by higher value of light-transmitting ability for light wavelength values passing through the material - respectively of 79-80,4% and 75,4-77%. Light transmission of "KARBOGLASS AGRO" cellular polycarbonate is at $5 \pm 1\%$ higher than of other traditional materials. Among the studied coating materials for covered ground facilities and due to the research results of their light-transmitting capacity, today cellular polycarbonate is of undoubted advantage

лами. Из изученных покрывных материалов для сооружений закрытого грунта и результатов исследований их светопропускающей способности, на сегодняшний день несомненное преимущество имеет сотовый поликарбонат

Ключевые слова: ТЕПЛИЦА, ПОКРЫВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, СОТОВЫЙ ПОЛИКАРБОНАТ, СВЕТОПРОПУСКАНИЕ

Keywords: GREENHOUSE, COATING MATERIALS, CELLULAR POLYCARBONATE, LIGHT TRANSMISSION

Введение. Сегодня одним из серьезнейших вопросов, стоящих перед любым государством, является вопрос обеспечения населения продуктами питания в необходимом количестве и с качеством, которое бы позволяло человеку нормально трудиться, жить и развиваться. В качестве полноценной и здоровой пищи ученые и медики определяют, в первую очередь, свежие продукты, среди которых выделяются – овощи и фрукты.

Для того чтобы насытить организм всем необходимым, по результатам исследований Института питания Академии медицинских наук, надо съедать взрослому здоровому человеку пять порций овощей и фруктов, что соответствует примерно 400 граммам. И при этом, как отмечают исследователи, овощи полезнее фруктов в четыре раза. Годовая потребность взрослого человека в отдельных видах овощной продукции определена следующими показателями (кг/год): капуста белокочанная – 32-50; капуста других видов – 3-5; морковь – 6-10; свекла – 5-10; лук – 6-10; огурцы – 10-13; томаты – 25-32; кабачки – 2-5; перец сладкий – 1-3; баклажаны – 2-5; арбузы, дыни – 20; кукуруза, зеленый горошек – 5-8; пряности – 1-2; прочие овощи – 3-5 [1]. Потребности человека меняются в зависимости от изменения его жизненных устоев и социальных условий, поэтому специалисты Университетского колледжа Лондона уже сегодня призывают скорректировать официальные рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в отношении правильного питания так как, по их мнению, в день нужно съедать уже 10 порций фруктов и овощей, то есть увеличить перечисленный ранее рацион в два раза. В тоже время, согласно

последним проведенным исследованиям, 72% мужчин и 64% женщин не потребляют необходимую норму овощей.

За последние четыре года валовый сбор овощей открытого и защищенного грунта в стране находился практически на одном уровне – около 147 млн. ц в год [2], из которых около 14% приходится на овощи, выращенные в культивационных сооружениях, сельскохозяйственными организациями, крестьянскими (фермерскими) хозяйствами и индивидуальными предпринимателями. В настоящее время в России потребность в овощах из защищенного грунта на душу населения обеспечивается лишь на 31 %. Одновременно с представленными цифрами следует отдельно отметить, что потреблять свежие овощи необходимо круглогодично, что заставляет говорить о необходимости увеличения площадей тепличных сооружений, повышении разнообразия ассортимента выращиваемых в них овощных культур и росте их урожайности.

Динамичному развитию российского тепличного хозяйства в краткосрочной и долгосрочной перспективе будет способствовать ряд факторов, основным из которых является принятие Государственной Программы развития сельского хозяйства на 2013-2020 гг. [3]. Кроме этого следует рассчитывать и на благоприятное влияние контрмер, связанных с запретом на ввоз в страну продовольствия из США, Канады, Австралии, Норвегии и ЕС.

Устойчивое повсеместное развитие растениеводства защищенного грунта серьезно зависит от производственной географии этой отрасли сельского хозяйства. Так, например, в Испании теплицу можно построить в любом регионе страны, в то же время России присуще территориальное зонирование, которое определяет серьезные затраты на возведение культивационных сооружений и обеспечение их энергетическими ресурсами.

Теплицы, функционирующие круглогодично, представляют собой сложные, дорогостоящие и энергоемкие технические объекты с разветв-

ленной инфраструктурой электро-, тепло- и водоснабжения. Так чтобы вырастить в таком сооружении килограмм овощей в средней полосе России расходуется до 200 МДж тепловой и 2,3 кВт·ч электрической энергии.

Снизить энергоемкость производства тепличной продукции возможно за счет осуществления целого ряда мероприятий, к которым, в первую очередь, относят: модернизацию внутритепличного энергетического комплекса с использованием для этого современного оборудования; внедрение энергосберегающих технологий; применение новых, современных материалов для реконструкции и строительства тепличных конструкций и др.

Первостепенную и ведущую роль в развитии растений играет солнечная лучистая энергия. Зеленые растения содержат хлорофилл, который при нормальной освещенности помогает растениям синтезировать и накапливать полезные органические вещества, влияющие на формирование выращиваемого урожая культур [5].

Солнечная радиация поступает на землю в виде прямой, рассеянной и суммарной составляющих. Прямая солнечная радиация на поверхность земли поступает в виде падающего пучка параллельных лучей. Часть этой радиации достигает поверхности земли в результате рассеивания и поэтому называется рассеянной. Происходит это потому, что воздух заполнен взвешенными твердыми частицами молекул газа, которые преломляют и отражают падающие солнечные лучи. Суммарная радиация – это общее поступление на поверхность земли прямой и рассеянной радиации.

Как известно солнечная радиация представляет собой электромагнитное излучение с волнами различной длины. Коротковолновая область солнечного спектра, на которую приходится практически вся лучистая энергия Солнца, составляют диапазон волн длиной 280-3000 нм. Растение нормально растет и развивается, когда зелеными пигментами листа поглощается коротковолновый диапазон следующих длин волн – 380-710 нм, который характеризуется физиологической или фотосинтетической актив-

ной радиацией (ФАР). Рассеянная радиация содержит 50-60% ФАР, прямая – 35-40% ФАР [5].

Падающий световой поток солнечной радиации определяется высотой стояния солнца – так если Солнце очень низко на горизонте, то интенсивность солнечной радиации тоже очень низкая, и наоборот. В зимние периоды интенсивность солнечной радиации серьезно понижена и из-за этого для нормального осуществления процесса фотосинтеза приходится в теплицах применять искусственное досвечивание, а это дополнительные существенные затраты электрической энергии.

Поэтому серьезным вопросом для исследователей и практиков является вопрос изучения необходимости обеспечения пропускания покрывающей поверхностью теплицы естественного падающего солнечного света.

Прозрачная оболочка (стекло, полиэтиленовая пленка, сотовый поликарбонат), обеспечивает не только проникновение естественного солнечного света в теплицу, но и помогает создавать определенный температурно-влажностный режим, дополнительно организуя механическую прочность всей конструкции.

Для обстоятельного анализа и сравнения свойств покрывных материалов воспользуемся данными ЗАО «Агримодерн» [10].

Таблица 1. Сравнительная характеристика материалов для остекления теплиц[10]

Показатели характеристики материала	Стекло (4-6 мм)	Сотовый поликарбонат (6 мм)	Плѐнка (200 микрон)
Ударная стойкость, Дж	0,05 Дж	2,1 Дж	очень низкая
Срок службы	до 50 лет	не менее 10 лет	максимально 5 лет
Вес, кг/м ²	10	1,3	0,19
Степень прозрачности, %	89-92	86	89-93 – одинарный и 79-87 – двойной полиэтилен
Коэффициент теплопередачи, Вт/м ² ·°С	5,8	3,7	3,6
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К	0,72-1,0	0,14-0,2	0,25-0,3 – при плотности 916 кг/м ³ ; 0,5-1,18 – при плотности 0,982 кг/м ³
Диапазон температуры применения, °С	-70 +250	-45 +120	-40 +90
Химическая стойкость	высокая	средняя	Низкая
Эффект «линзы»	да	нет	Нет

Полиэтиленовая пленка – одно из самых распространённых, дешёвых, но в тоже время самое недолговечное покрытие и ее приходится менять практически через год-два эксплуатации. Она восприимчива к механическому разрушению из-за воздействия высокой температуры, солнечной радиации и ветра и кроме этого с течением времени ухудшает свою светопропускаемость [6, 7, 8]. Среди достоинств пленки можно отметить её крайне малый вес – $0,19 \text{ кг/м}^2$, легкость транспортировки и монтажа, невысокую стоимость, высокую степень прозрачности – до 93% [10]. Лучшие образцы полиэтиленовой пленки имеют следующие коэффициенты пропускания в областях спектра: ультрафиолетовой (250-400 нм) – 72%; видимой (400-750 нм) – 80-90%; инфракрасной (6000-15000 нм) – 80%. Но в тоже время результаты проведенных исследований показали, что воздействие окружающей среды, таких факторов как дождь, пыль и др., на пленку из полиэтилена снижает коэффициент пропускания фотосинтетической активной радиации в среднем на 10-15% в течении первых трех месяцев эксплуатации и еще на 5-10% в течении следующих 11 месяцев. Также экспериментально было установлено, что лучевая пропускаемость пленки зависит от сезона года [9].

Стекло пропускает 83-85% видимого излучения, около 45% ультрафиолетового, 85% коротковолнового инфракрасного излучения и не более 10% средне- и длинноволнового инфракрасного излучения. Благодаря малому пропусканию в области инфракрасного излучения стекло обеспечивает создание «тепличного», или «парникового», эффекта и тем самым благоприятного температурно-влажностного режима в теплице.

Стекло достаточно хрупкий материал, очень часто бьется, не выдерживает снеговой нагрузки или ударов града. Серьезным «минусом» стеклянной конструкции является ее вес, который составляет в среднем 10 кг/м^2 , поэтому для таких теплиц необходим качественный фундамент [4]. Кроме этого следует учитывать и тот факт, что строительство каркаса для

теплицы из стекла – это серьезные затраты по сравнению с другими материалами, такими как та же полиэтиленовая пленка или более современный и совершенный материал – сотовый поликарбонат. Так же необходимо помнить, что стекло обладает высокой теплопроводностью – $0,72-0,9 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, из-за чего увеличиваются затраты на дополнительный обогрев внутреннего пространства теплицы зимой и организацию затенения для растений летом. Несомненным достоинством стеклянного ограждения является его высокая прозрачность (до 92%), не меняющаяся с течением времени. Химическая инертность и высокая стойкость к абразивным воздействиям дают возможность поверхности стекла сохранять безупречный внешний вид длительное время. Срок службы стекла превосходит все другие материалы и составляет период до 50 лет [10].

Сегодня все чаще используют при покрытии теплиц такой материал, как сотовый поликарбонат, который имеет неоспоримые преимущества перед другими покрытиями. Промышленно выпускаемый листовой сотовый поликарбонат - сложный полиэфир угольной кислоты и 2,2-бис(4-оксифенил) пропана, обладает рядом привлекательных характеристик: превосходная светопрозрачность – высокая прозрачность для видимого излучения (80-86%); малый удельный вес (1200 кг/м^3) – весит в 16 раз меньше стекла и в 3 раза меньше акрила аналогичной толщины; высокие теплоизоляционные свойства (коэффициент теплоотдачи – $205 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{K}$); стойкость к атмосферным воздействиям; высокая ударная вязкость ($250-500 \text{ кДж/м}^2$); высокая прочность (при статическом изгибе $77-120 \text{ МН/м}^2$), что в 200 раз выше, чем для стекла и в 8 раз прочнее акриловых пластиков и ПВХ; морозостойкость (до -40°C); теплостойкость (до 120°C); устойчивость к действию кислот, растворов солей, окислителей; относится к категории негорючих материалов. Сотовый поликарбонат представляет собой полые панели, в которых два или более слоев поликарбоната соединены продольными ребрами жесткости. Широкое внедрение в практику строи-

тельства предопределило решение проблемы защиты поликарбоната от разрушающего воздействия солнечного ультрафиолета путем покрытия его тонким (60-100 мкм) слоем защитного материала при помощи соэкструзии или лакирования [11].

Одной из основных характеристик поликарбоната является его способность пропускать в теплицу световые волны нужной длины, которые необходимы чтобы не нарушать и не снижать естественный ход процесса фотосинтеза. Прозрачность сотового поликарбоната сопоставима со стеклом при большей устойчивости его к повреждениям. И так как именно солнечный свет, проникающий в теплицу и попадающий на растения, определяет основные параметры микроклимата – температурно-влажностный режим и освещенность, то светопропускаемость коротковолнового диапазона солнечной радиации может рассматриваться как основная характеристика покрывного материала.

Целью представляемой статьи является изучение свойств, параметров и характеристик сотового поликарбоната, как основного элемента, максимально обеспечивающего проникновение естественной солнечной радиации, необходимого диапазона волн, в теплицу.

Методы и методика исследований. В качестве метода исследования применялась молекулярная оптическая спектроскопия, которая осуществлялась с использованием двухлучевого сканирующего спектрофотометра УФ-ВИД диапазона GBS Cintra 303. Техника спектрометрии в УФ - видимой области спектра широко используется при решении аналитических задач в науке, экологических, клинических и фармацевтических исследованиях. В основе работы спектрофотометра лежит принцип молекулярного спектрального анализа. Все известные химические вещества поглощают энергию или световое излучение в одной определенной области спектра электромагнитного излучения. Энергия, которая сопровождает процесс поглощения, зависит от доступных электронных, колебательных и

вращательных энергетических уровней молекул вещества. При поглощении энергии в ультрафиолетовой и видимой частях спектра имеют место переходы между энергетическими уровнями электронов, что и регистрируется при помощи спектрофотометра.

В качестве объектов исследований были взяты часто используемые в тепличном хозяйстве материалы: сотовый поликарбонат «КАРБОГЛАСС АГРО» (изготовитель АО «КАРБОГЛАСС») и полиэтиленовая пленка (как наиболее доступный и общеизвестный материал). Наличие UV-слоя, нанесенного методом соэкструзии, исключает помутнение поликарбоната «КАРБОГЛАСС АГРО» и снижает вероятность его разрушения от действия ультрафиолетового излучения.

Длина волн для исследования была выбрана значением от 610 до 700 нм, что перекрывало часть коротковолнового диапазона солнечного излучения.

Результаты и их обсуждение. Были проведены исследования спектральных свойств прозрачных бесцветных листов сотового поликарбоната ячеистой структуры «КАРБОГЛАСС АГРО» толщиной 4 мм и полиэтиленовой пленки. Измерения выполнены при фиксированных значениях длины волны 610, 655 и 700 нм. Результаты исследований представлены в таблицах 2, 3 и 4.

Таблица 2. Светопропускание (поглощающая способность) образцов при фиксированных значениях длины волны λ проходящего света

Образец	Светопропускание, %		
	$\lambda = 610$ нм	$\lambda = 655$ нм	$\lambda = 700$ нм
Сотовый поликарбонат. Образец №1	79,7	80,2	80,4
Сотовый поликарбонат. Образец №2	80,3	80,6	80,4
Полиэтиленовая пленка	75,4	76,4	77,0

Проанализировав результаты измерений можно говорить, что исследованные образцы поликарбоната «КАРБОГЛАСС АГРО», несмотря на существенно большую толщину в сравнении с пленкой, характеризуются более высоким значением светопропускания при всех значениях длины

волны проходящего света. При этом различие измеренных значений для образцов сотового поликарбоната практически отсутствует, то есть, находится в пределах погрешности измерений.

Таблица 3. Светопропускание сотового поликарбоната и полиэтиленовой пленки при фиксированных значениях длины волны λ проходящего света

Образец	Светопропускание, %		
	$\lambda = 610$ нм	$\lambda = 655$ нм	$\lambda = 700$ нм
Сотовый поликарбонат. Образец №1	80±0,3*	80,4±0,2*	80,4±0,1*
Полиэтиленовая пленка	75,4	76,4	77,0

Примечание к таблице * – инструментальная погрешность

Таблица 4. Относительное увеличение светопропускания сотового поликарбоната по сравнению с полиэтиленовой пленкой

Длина волны λ , нм	610	655	700
Увеличение светопропускания, %	6,1	5,2	4,4

В целом, по результатам измерений можно утверждать, что светопоглощающая способность образцов поликарбоната «КАРБОГЛАСС АГРО» практически не изменяется в зависимости от длины волны проходящего света в исследованном диапазоне значений длин волн. Светопропускание поликарбоната на $5\pm 1\%$ относительно больше по сравнению с полиэтиленовой пленкой.

В условиях фермерских и крестьянских хозяйств зачастую приходится строить довольно большие по площади тепличные сооружения и поэтому часто их владельцы при строительстве используют листы сотового поликарбоната разнообразной толщины. Поэтому практический и исследовательский интерес представляет информация о зависимости светопропускания применяемых для постройки теплиц листов от их толщины. Для исследования брались прозрачные бесцветные листы сотового поликарбоната «КАРБОГЛАСС» толщиной 4, 6, 8, 10, 16, 20 и 25 мм.

Таблица 5. Светопропускание сотового поликарбоната в зависимости от его толщины

Толщина листов поликарбоната, мм	4	6	8	10	16	20	25
Светопропускание, %	82/83	80/81	79/80	78/79	62	61	60

Анализ данных представленных в таблице 5 показывает, что с ростом толщины листа поликарбоната снижается его светопропускание. Применение при возведении тепличных сооружений листов поликарбоната различной толщины позволяет не только улучшить прочность конструкции, но и вместе их установки снизив светопропускающую способность ограждения получить более рассеянный свет, что приведет к более эффективному его воздействию на развивающиеся растения.

Выводы. При возделывании овощных культур в сооружениях защищенного грунта невозможно создать и поддерживать близкие к идеальным условия для роста и развития растений на протяжении всего периода их вегетации. Так как на сегодняшний день, даже владея достижениями высоких технологий, не все параметры микроклимата поддаются качественному управлению. Интенсивность солнечной радиации как раз и относится к такого рода параметрам. Поэтому следует особое внимание уделить выбору материала покрытия теплиц, обладающего максимально высокими показателями по светопрозрачности.

Из изученных материалов наиболее эффективен сотовый поликарбонат, так как пропускает без снижения качества коротковолновый диапазон спектра света, который необходим для фотосинтеза тепличных растений. Кроме этого дополнительным положительным фактором является то, что каркас у теплиц с поликарбонатным покрытием, как правило, облегченный, например, по сравнению с застекленными теплицами.

Светопропускание двуслойной панели сотового поликарбоната толщиной 4-6 мм более 80%, причем преобладающая часть световых лучей попадает на растения в рассеянном виде. Свет, пропускаемый стеклом или

однослойными листами из других материалов, не рассеивается. Из-за этого солнечные лучи, падающие на лист стекла или монолитного поликарбоната, практически не меняют своего направления по отношению к его плоскости, поэтому отклонение лучей и изменение их направления ничтожно малы. В результате солнечные лучи попадают только на верхнюю часть растений, тогда как их нижняя часть остается в тени и кроме этого проявляющийся эффект «линзы» приводит к термическому ожогу листовой части растений.

Полная освещенность растений очень важна при развитии растений, её отсутствие приводит их к заболеваниям и последующему увяданию. У панелей ячеистой конструкции сотового поликарбоната рассеивание света значительно выше. Солнечные лучи оседают на верхних и нижних листах и на ребрах сотового поликарбоната и выходят из панелей в разных направлениях. Лучи, проходящие через панель сотового поликарбоната под разными углами, попадают на стены и другие поверхности, отражаются от них и доходят до всех элементов растений.

Из всех изученных покрывных материалов для сооружений закрытого грунта и исследований их светопропускающей способности, на сегодняшний день несомненное преимущество имеет сотовый поликарбонат и в частности марки «КАРБОГЛАСС АГРО».

Список литературы

1. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 2 августа 2010 г. N 593н "Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающим современным требованиям здорового питания" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/12179471/> (Дата обращения 25.04.2016).

2. Тепличное хозяйство России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agropost.ru/ekonomika-i-upravlenie/teplichnoe-hozyaystvo-rossii/> (Дата обращения 25.04.2016).

3. Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. N 717 "О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 - 2020 годы" [Электронный ре-

курс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70110644/> (Дата обращения 25.04.2016).

4. Бекетт К. Растения под стеклом: методический материал / К.Бекетт; под ред. И.В. Дрягиной; пер. с англ. М.Н. Барабанщикова. - М.: Мир, 1988. - 198 с.

5. Леман В.М. Курс светокультуры растений / В.М. Леман. – М.: Высшая школа, 1976. – 270 с.

6. Abdullah M. Alhamdan Mechanical deterioration of polyethylene greenhouses covering under arid conditions / Abdullah M. Alhamdan, Ibrahim M. Al-Helal // Journal of Materials Processing Technology. – 2009. – Vol. 209. – Issue 1. – Pp. 63-69.

7. Dilara P.A. Standard testing methods for mechanical properties and degradation of low density polyethylene (LDPE) films used as greenhouse covering materials: a critical evaluation / P.A Dilara, D Briassoulis // Polymer Testing. – 1998. – Volume 17. – Issue 8. – Pp. 549-585.

8. Adam A. Studies of polyethylene multi layer films used as greenhouse covers under Saharan climatic conditions / A. Adam, S.A. Kouider, B. Youssef, A. Hamou, J.M. Saiter // Polymer Testing. – 2005. – Volume 24. – Issue 7. – Pp. 834-838.

9. Ibrahim M. Al-Helal Effect of arid environment on radiative properties of greenhouse polyethylene cover / Ibrahim M. Al-Helal, Abdullah M. Alhamdan // Solar Energy. – 2009. – Volume 83. – Issue 6. – Pp. 790-798.

10. Сравнительная характеристика материалов для остекления промышленных теплиц [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://agrimodern.ru/statii_p_2.html (Дата обращения 25.04.2016).

11. Сотовый поликарбонат [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://carboglass.ru/products/polycarbonate/> (Дата обращения 25.04.2016).

References

1. Prikaz Ministerstva zdravooohraneniya i social'nogo razvitija RF ot 2 avgusta 2010 g. N 593n "Ob utverzhdenii rekomendacij po racional'nym normam potrebleniya pishhevyyh produktov, otvechajushhim sovremennym trebovaniyam zdorovogo pitaniya" [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://base.garant.ru/12179471/> (Data obrashheniya 25.04.2016).

2. Teplichnoe hozjajstvo Rossii [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://agropost.ru/ekonomika-i-upravlenie/teplichnoe-hozyaystvo-rossii/> (Data obrashheniya 25.04.2016).

3. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 14 ijulja 2012 g. N 717 "O Gosudarstvennoj programme razvitija sel'skogo hozjajstva i regulirovaniya rynkov sel'skohozjajstvennoj produkcii, syr'ja i prodovol'stvija na 2013 - 2020 gody" [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70110644/> (Data obrashheniya 25.04.2016).

4. Bekett K. Rastenija pod steklom: metodicheskij material / K.Bekett; pod red. I.V. Drjaginoj; per. s angl. M.N. Barabanshnikova. - М.: Mir, 1988. - 198 s.

5. Leman V.M. Kurs svetokul'tury rastenij / V.M. Leman. – М.: Vysshaja shkola, 1976. – 270 s.

6. Abdullah M. Alhamdan Mechanical deterioration of polyethylene greenhouses covering under arid conditions / Abdullah M. Alhamdan, Ibrahim M. Al-Helal // Journal of Materials Processing Technology. – 2009. – Vol. 209. – Issue 1. – Pp. 63-69.

7. Dilara P.A. Standard testing methods for mechanical properties and degradation of low density polyethylene (LDPE) films used as greenhouse covering materials: a critical evaluation / P.A Dilara, D Briassoulis // Polymer Testing. – 1998. – Volume 17. – Issue 8. – Pp. 549-585.

8. Adam A. Studies of polyethylene multi layer films used as greenhouse covers under Saharan climatic conditions / A. Adam, S.A. Kouider, B. Youssef, A. Hamou, J.M. Saiter // Polymer Testing. – 2005. – Volume 24. – Issue 7. – Pp. 834-838.

9. Ibrahim M. Al-Helal Effect of arid environment on radiative properties of greenhouse polyethylene cover / Ibrahim M. Al-Helal, Abdullah M. Alhamdan // Solar Energy. – 2009. – Volume 83. – Issue 6. – Pp. 790-798.

10. Sravnitel'naja harakteristika materialov dlja osteklenija promyshlennyh teplic [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: http://agrimodern.ru/statii_p_2.html (Data obrashhenija 25.04.2016).

11. Sotovyj polikarbonat [Jelektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <http://carboglass.ru/products/polycarbonate/> (Data obrashhenija 25.04.2016).