

ВЛИЯНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТА НА РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Тертышная Ю.В.^{1,2*}, канд. хим. наук;

Левина Н.С.¹

¹ Всероссийский институт механизации сельского хозяйства, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация,

² Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля, ул. Косыгина, 4, Москва, 119334, Российская Федерация, *e-mail: moraxella@bk.ru

Повышение урожайности – одна из приоритетных задач агрокомплекса России. Во многих районах страны возделывание большинства овощей в открытом грунте затруднено или невозможно в связи с тяжелыми климатическими условиями. Выращивание в теплицах, специальных аэропонных установках, фитотронах частично решает эту проблему. Установлено, что для производства различных культур, пригодных для питания или в качестве посевного материала, требуется комплекс условий, а именно: оптимальная температура, влажность и самое главное – освещенность. Отмечено, что малая интенсивность или нехватка света определенной длины волны негативно отражается на морфогенезе выращиваемых культур. Показано, что для роста растений наиболее эффективны оптические спектры красной и синей областей с длинами волн 640-660 нм и 430-460 нм соответственно. Установлено, что подсвечивание красным светом способствует фазе прорастания пшеницы и увеличивает показатель выхода 1-го листа в 2,5 раза. Экспериментально определено влияние красного и синего света на урожайность мини-клубней картофеля: светодиодные лампы в режиме 660+450 нм могут заменить энергоемкие натриевые, поскольку значения массы клубней картофеля при разном освещении оказались близкими, составив 176,1 и 183,6 г соответственно. Определено, что при выращивании китайской капусты светодиодные лампы (СД) тоже могут заменить дорогие натриевые: содержание белка составило 17,4 мг/г при СД-освещении и 16,4 мг/г в случае натриевых ламп, а доля растворимых сахаров от общего объема сахаров – 100 и 50 процентов соответственно. Показано, что при уровне освещения 350-400 мкмоль на 1 кв. м в секунду светильники на основе красных и синих светодиодов по плотности потока фотонов в целом обеспечивают адекватные условия освещения для выращивания многих сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: закрытый грунт, освещение, спектральный состав света, рост и развитие растений, фотосинтез, светодиод. DOI 10.22314.2073-7599-2016.5.24-29

■ **Для цитирования:** Тертышная Ю.В., Левина Н.С. Влияние спектрального состава света на развитие сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. N5. С. 24-29.

EFFECT OF LIGHT SPECTRUM ON CROPS GROWTH

Yu.V. Tertyshnaya^{1,2*}, Cand. Sci. (Chemistry); N.S. Levina¹

¹ Emanuel Institute of Biochemical Physics, Kosygin st., 4, Moscow, Russia

² All-Russia Research Institute of Mechanization for Agriculture, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, Russian Federation, *e-mail: moraxella@bk.ru

Productivity increase is one of priority problems of an agrarian complex in Russia. In many regions of the country cultivation of the majority of vegetables in an open ground is complicated or it is impossible because of severe climatic conditions. Plan cultivation in greenhouses, special aeroponic installations, phytotrones partially solves this problem. Production of various cultures suitable for food or as sowing material requires a complex of conditions, namely: optimum temperature, humidity and such the most important factor as illumination. Small intensity or shortage of light of a certain wavelength influence negatively on a morphogenesis of the grown-up cultures. Red and blue optical spectrums with lengths of waves of 640-660 nanometers and 430-460 nanometers respectively are most effective for growth of plants. Red highlighting promotes a phase of germination of wheat and increases by 2.5 times an indicator of a 1st leaf emergence. Influence of red and blue light on productivity of potato mini-tubers is experimentally defined: LED lamps in the mode of 660+450 nanometers can replace power-intensive sodium ones because values of weight of potato tubers at different

lighting were close, having made 176.1 and 183.6 g respectively. At Brassica chinensis cultivation LED lamps can replace expensive sodium ones too: protein content made 17.4 mg per g at LED illumination and 16.4 mg per g in case of sodium lamps, and a share of soluble sugars from the total amount of sugars equals 100 and 50 percent respectively. At the illumination level of 350-400 mcM per 1 sq. m and a 1 second lamps on the basis of red and blue light-emitting diodes on density of a stream of photons in general provide adequate conditions of lighting for cultivation of many crops.

Keywords: Area under cover; Light spectrum; Growth and evolution of plants; Photosynthesis; Light emitting diode. DOI 10.22314.2073-7599-2016.5.24-29

For citation: Tertyshnaya Yu.V., Levina N.S. Effect of light spectrum on crops growth. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2016; 5: 24-29. (In Russian)

Цель исследования – изучение влияния спектрального состава света на рост и развитие зерновых и овощных культур.

Результаты и обсуждение. На рост и развитие сельскохозяйственных культур прежде всего влияют температура, свет, влажность почвы, газообмен со средой. Однако в конечном итоге именно фотосинтетическая и дыхательная деятельность растений определяет их качество и урожайность.

Солнечный свет – источник энергии для растений (рис. 1) [1]. Его спектр широк, но растения в процессе фотосинтеза поглощают свет только определенных длин волн, а их спектральная чувствительность значительно отличается от чувствительности человеческого глаза. Спектр света делится на следующие области (рис. 2) [2]:

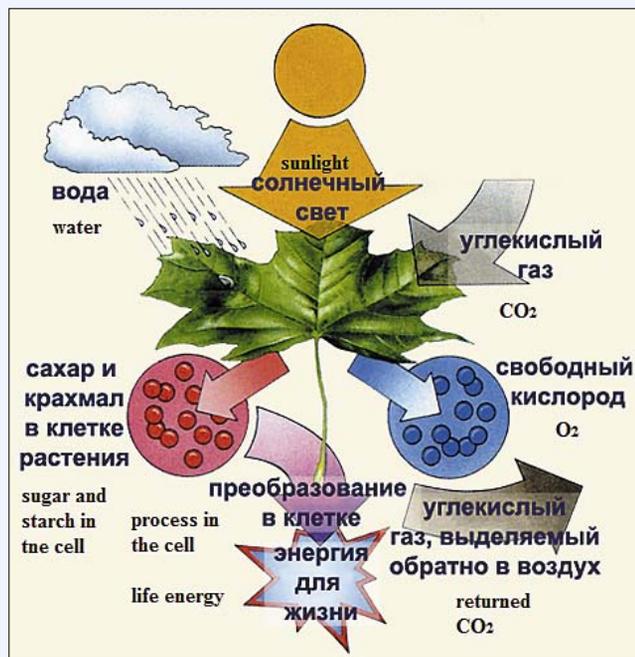


Рис. 1. Фотосинтез. Схема
Fig. 1. Photosynthesis. Scheme

- 380 нм и ниже – ультрафиолетовая;
- 380-430 нм – фиолетовая;
- 430-490 нм – синяя;
- 490-570 нм – зеленая;

- 570-600 нм – желтая;
- 600-780 нм – красная;
- 780 нм и выше – инфракрасная.

Ультрафиолетовая часть спектра ниже 280 нм оказывает негативное и даже губительное влияние

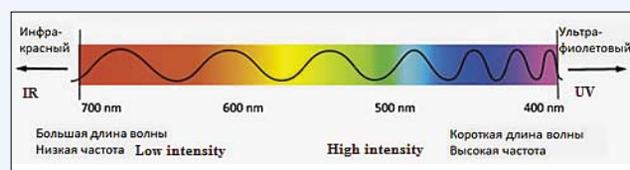


Рис. 2. Спектр видимого света
Fig. 2. Visible light spectrum

на растения: листья желтеют и становятся бурого цвета, а стебли скручиваются [3]. Но в реальной жизни такие лучи практически не попадают на поверхность земли, так как задерживаются озоновым слоем.

Зеленая область – далеко не решающий фактор влияния на растение. Зеленый спектр света способен свободно пройти через листья, процесс фотосинтеза при этом будет минимальным. Растения сильно отстают в развитии, а некоторые сорта овощных и зерновых культур вообще не растут.

Известно, что синий свет с длиной волны 430-460 нм необходим для вегетативной стадии роста, в целом способствуя укреплению растений, развитию корневой системы, стебля, листьев [4]. В начальной стадии развития растения синий свет, безусловно, имеет большое значение. При недостатке в спектре синего света растения рано вытягиваются, имеют слабый стебель с длинными междоузлиями. При этом на данной фазе роста фотопериод, то есть время и ритм освещенности, не имеет большого значения, главное, чтобы растениям хватало света для собственного развития, то есть их можно подсвечивать практически 24 ч в сутки.

Красный свет необходим растениям для цветения и плодоношения. Если в освещении превалирует красный свет, то это становится сигналом к ускоренному росту, развитию и цветению [5]. Большое количество красного света в спектре в природе возникает при затенении растений. В ответ на

развитие конкурентов растения начинали бурный рост и плодоношение. Для этой фазы развития растений становится важен фотопериодизм. Для каждого вида растения он свой, в среднем он соответствует периоду 12-16 ч.

Фотопериодическая индукция цветения (фотопериодизм) – способность растений переходить к цветению только при определенном соотношении продолжительности дня и ночи. Фотопериодизм представляет собой приспособительную реакцию, позволяющую растениям зацвести в определенное, наиболее благоприятное время года. При этом длина дня действует на зацветание разных растений неодинаково.

Короткодневные растения зацветают при длине ночи более 12-14 ч. Для перехода их к цветению важна продолжительность темного периода, а не длина дня. Если в середине темного периода дать короткую вспышку света, то короткодневные растения к цветению уже не переходят. Представители: рис, соя, кукуруза, просо, тыквенные, перец, баклажан, многие бобовые, хризантема.

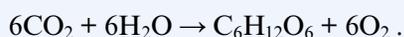
Длиннодневные растения зацветают при продолжительности дня более 12 ч. К ним относятся хлебные злаки, крестоцветные, укроп, клевер, свекла, морковь и др.

Нейтральнодневные растения зацветают при любой длине дня. Представители: некоторые сорта гречихи, гороха, хлопчатника, растения с широким ареалом и тропические виды.

В последние годы ведутся исследования в области новых сельскохозяйственных материалов, технологий, методов, в сфере микроразмножения и улучшения сортов важнейших сельскохозяйственных культур [6-9]. Для этого используют инновационные современные методы выращивания: аэропонику, гидропонику, фитотроны [10, 11].

Гидропоника и аэропоника – технологии выращивания растений без почвы на водных питательных растворах, в которых все необходимые элементы питания подаются в легкоусвояемой форме, нужных соотношениях и концентрациях. В вышеуказанных технологиях огромную роль играют питательный раствор и свет. Последний, по мнению многих исследователей, – наиважнейший фактор, влияющий на рост и развитие растений. При недостатке света у растений происходят глубокие анатомические и физиологические изменения: плохо развиваются механические ткани, устьица, не развивается столбчатая паренхима, отсутствуют хлопчатые, наблюдаются длинные междоузлия.

Как было отмечено выше, свет влияет на фотосинтез. Его суммарное уравнение:



Фотосинтез – процесс, при котором днем вода

разделяется на кислород и водород, запасается энергия, а ночью растения превращают воду и углекислый газ в органические соединения. Для этого они используют два типа хлорофилла *a* и *b* – с достаточно узким диапазоном поглощения света в красном и синем спектре (рис. 3) [12-14].

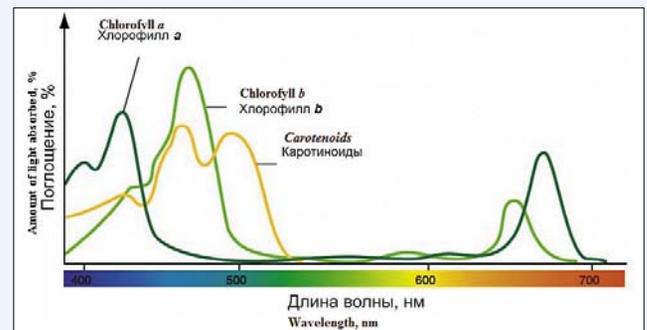


Рис. 3. Спектр поглощения света каротиноидами и хлорофиллами *a* и *b*

Fig. 3. Spectrum of light absorption by carotenoids and *a*, *b* chlorophylls

Для хлорофилла *a* характерно наличие двух пиков поглощения на длинах волн – 430 и 662 нм, для *b* – 453 и 642 нм соответственно.

В зависимости от условий освещенности растения приобретают оптимальную форму для поглощения света в конкретных условиях. Считается, что спектры синего (430-460 нм) и красного (640-660 нм) света вполне подходят для выращивания большинства растений [15]. Иногда используется длина волны 612 нм, то есть оранжевый свет, но этот свет не участвует в процессе фотосинтеза, а используется бактериями, грибами и растениями только для синтеза каротиноидов, поэтому его влияние невелико.

Значительно важнее для развития растений правильное соотношение красного и синего спектров [14]. Существует также мнение, что наиболее эффективен диффузный свет. Интенсивность света от вертикального источника сильно снижается после прохождения через лист. Верхний лист получает 100% света, лист, находящийся под верхним – 20%, третий – всего 4%. При искусственном освещении рекомендуется располагать источники света так, чтобы излучение падало под различными углами, что можно осуществить в контролируемых условиях [15]. Таким образом, в аэропонных установках, фитотронах, когда световые параметры можно задавать и регулировать, повышение эффективности выращивания растений может быть достигнуто путем создания оптимального светового режима.

Для активации цветения и плодоношения важно задавать суточный ритм, близкий к природному для данного растения, с достаточным количеством энергии света. Фитотрон позволяет прове-

сти эксперимент в замкнутой системе от фазы посева до созревания колоса (максимальный результат). При этом важно поддерживать оптимальные условия по температуре воздуха, влажности почвы, аэрации – системы газообмена с внешней средой, светового режима.

Одна из наиболее часто исследуемых культур – пшеница. Как известно, ее развитие проходит несколько фаз (рис. 4) [16].

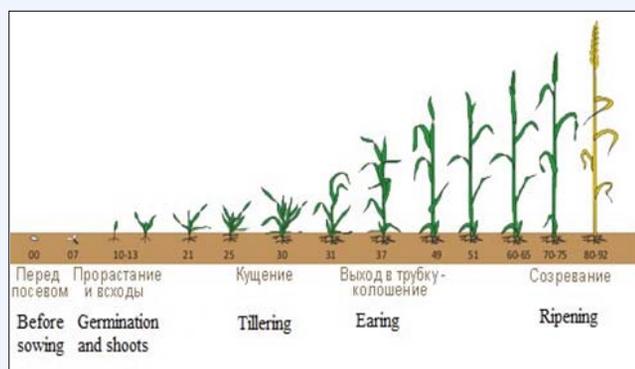


Рис. 4. Фазы развития пшеницы (по Задоксу)
Fig. 4. Phases of wheat growth (by Zadoks)

При изучении влияния красного света на процессы роста пшеницы сорта Белорусская 80 выявлено, что красный свет, проходя через фитохромную систему, значительно усиливает процессы роста, морфогенеза, мобилизации питательных веществ семени и зеленения. Данные представлены в таблице 1.

№ опыта № exper.	Контроль Control	Красный свет Red light
1	0	13
2	8	16
3	11	12
4	8	26
Среднее значение Average value	7	17
%	100	242

Подсвечивание красным светом способствует фазе прорастания пшеницы и значительно увеличивает выход 1-го листа – в 2,5 раза. Исследование показало также влияние красного света на развитие корней: сухая масса корней оказалась выше для растений, которые подвергались его воздействию.

Установлена взаимосвязь между спектральным составом света и урожайностью мини-клубней кар-

тофеля [17]. Мини-клубни картофеля сорта Невский, полученные в аэропной установке, высаживали в 5-литровые сосуды, наполненные почвенным субстратом, после чего помещали под различные источники света. Использовали натриевые лампы ДНАТ-600 и светодиодные (СД) облучатели: красный (660 нм) + синий (450 нм) спектры в соотношении 40:20 (1 Вт/1 СД) и красный (630 нм) + синий (470 нм) свет в соотношении 48:24 (1 Вт/1 СД). Наблюдали влияние света на фазы развития мини-клубней картофеля. В конце вегетации в условиях светодиодного облучения в режиме 630+470 нм масса клубней с одного растения составляла 18,6 г, в режиме 660+450 нм – 176,1 г. Под действием натриевых ламп ДНАТ-600 выход клубней составил 183,6 г. Из этих данных следует, что светодиодные лампы в режиме 660+450 нм могут заменить энергоемкие натриевые.

Влияние светодиодных ламп на рост и развитие капусты брокколи (*Brassica oleracea L.*) и салата (*Lactuca sativa L.*) изучали в исследовании [18]. Показано влияние СД высокой интенсивности на процессы роста растений.

Авторы работы исследовали влияние света, а также влияние его интенсивности на рост китайской капусты (*Brassica chinensis L.*) сорта Веснянка (табл. 2) [19]. Была выбрана интенсивность освещения 400 и 100 мкмоль/(м²с), определены морфологические параметры и содержание сахаров при вышеуказанных интенсивностях, а также при переходе освещения от 100 к 400 мкмоль/(м²с). В ходе эксперимента было определено, что на 27-й день вегетации содержание сахаров растений под натриевыми лампами (НЛ) в 1,2 раза превышало содержание сахаров растений, выращенных под светодиодами.

Суммарное содержание сахаров в 15-дневном возрасте в вариантах НЛ и СД составляло, соответственно, 174,9±31,2 и 86,2±8,9 мг/г сухой массы, а также 256,4±12,9 и 213,4±15,5 мг/г сухой массы в 27-дневном возрасте. При этом доля растворимых сахаров от общего объема сахаров у растений НЛ – варианта составила около 50%, а при освещении СД была близка к 100%.

Что касается содержания растворимого белка, то существенных различий между вариантами не наблюдалось. Содержание белка во втором снизу листе у 15-дневных растений составило 16,4±1,0 и 17,4±0,8 мг/г сырой массы для вариантов НЛ и СД соответственно.

Полученные экспериментальные данные позволяют говорить о том, что при уровне освещения 350-400 мкмоль/(м²с) светильник на основе красных и синих светодиодов, при соотношении красной и синей составляющих излучения 7:1, по плотности потока фотонов в целом обеспечивает адекватные условия освещения.

Table 2		Таблица 2		
ДЕЙСТВИЕ СВЕТОДИОДНОГО СВЕТИЛЬНИКА ПО СРАВНИЕНИЮ С НАТРИЕВОЙ ЛАМПОЙ (СД/НЛ, %) НА ИССЛЕДУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ КИТАЙСКОЙ КАПУСТЫ СОРТА ВЕСНЯНКА НА 27-й ДЕНЬ ВЫРАЩИВАНИЯ				
EFFECT OF LIGHT EMITTING DIODE (LED) COMPARED WITH SODIUM LAMP (SL) ON THE STUDIED PARAMETERS OF BRASSICA CHINENSIS VESNYANKA CULTIVAR ON THE 27-TH DAY OF CULTIVATION (LED/ SL, %)				
Параметры, % Parameters, %	400*	100**	100→400***	
Масса сухого вещества Dry matter weight	66,7	50,5	53,3	
Масса побега/масса корня по сухой массе Shoot/ root on a dry matter basis	231,1	133,8	61,2	
Суммарное содержание сахаров в расчете на массу сухого вещества Total sugar content on a dry matter basis	83,2	50,4	38,7	
Содержание растворимых сахаров в расчете на массу сухого вещества Soluble sugars content on a dry matter basis	182,6	46,8	52,0	
*400 – интенсивность освещения около 400 мкмоль/(м ² с); **100 – интенсивность освещения около 100 мкмоль/(м ² с); ***100 → 400 – интенсивность освещения 100 мкмоль/(м ² с) в первые 12 дней вегетации, далее – интенсивность освещения 400 мкмоль/(м ² с) *400 – intensity of illumination of about 400 mcM/(m ² s); **100 – intensity of illumination of about 100 mcM/(m ² s); ***100 → 400 – intensity of illumination of about 100 mcM/(m ² s) during 12 days of vegetation period, after 12 days – intensity of illumination of about 400 mcM/(m ² s).				

Выводы

1. Обзор исследовательских работ позволяет заключить, что интенсивность освещения и спектральный состав света играют ключевую роль в процессе роста и развития растений, а также оказывает влияние на биохимический состав выращиваемых культур. Синий свет с длинами волн 430-460 нм способствует укреплению растений, развитию корневой системы. Красный свет необходим для цветения и плодоношения. Спектры 430-460 нм для синего и 640-660 нм для красного света подходят для выращивания большинства растений.

2. Анализ экспериментальных данных показывает, что светодиодные лампы в режиме 660+450 нм могут заменить энергоемкие натриевые, так как значения массы клубней картофеля при освещении СД и НЛ оказались близки – 176,1 и 183,6 граммов соответственно. Кроме того, подсвечивание красным светом ускоряет выход 1-го листа пшеницы в 2,5 раза.

3. Красно-синие СД при оптимальной интенсивности освещения позволяют успешно выращивать растения, однако детальное изучение состояния фотосинтетического аппарата (ФСА) этих растений и их реакции на варьирование интенсивности освещения показывает наличие особенностей функционирования ФСА и освещения. Такие особенности предстоит исследовать в дальнейшем на различных зерновых и овощных культурах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- URL: [http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/ad932ea9-1c22-4702-b3f4-6b31de89e260/\[BI6ZD_7-04\]_\[IL_03\]-k.jpg](http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/ad932ea9-1c22-4702-b3f4-6b31de89e260/[BI6ZD_7-04]_[IL_03]-k.jpg).
- URL: <http://bcoreanda.com/Images/Articles/Spectrum.jpg>.
- Тихомиров А.А., Шарупич В.П., Лисовский Г.М. Светокультура растений: биофизические и биотехнологические основы. Новосибирск: СО РАН, 2000. 213 с.
- Goggin D.E., Steadman K.J. Blue and green are frequently seen: responses of seeds to short- and mid-wavelength light. *Seed Science Research*. 2012; 22: 27-35.
- Василенко В.Ф., Кузнецов Е.Д. Физиологические и экологические аспекты использования химической и световой регуляции роста растений // Вестник сельскохозяйственной науки. 1990. N7. С. 63-68.
- Шибряева Л.С., Тертышная Ю.В., Пальмина Д.Д., Левина Н.С. Биодegradируемые полимеры как материалы для высевы семян зерновых культур // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. N 6. С. 14-18.
- Möglich A., Moffat K. Engineered photoreceptors as novel optogenetic tools. *Photochemical & photobiological sciences*. 2010; 9: 1286-1300.
- Sahebamei H., Abdolmaleki P., Ghanati F. Effects of Magnetic Field on the Antioxidant Enzyme Activities of Suspension-Cultured Tobacco Cells. *Bioelectromagnetics*. 2007; 24: 42-47.
- Мартыросян Ю.Ц., Мартыросян В.В., Зернов В.Н. Новые технологии в производстве оздоровленного семенного картофеля // Аграрный вопрос. 2012. N5. С. 18-19.
- Измайлов А.Ю., Гришин А.А., Гришин А.П. Аэропонный модуль для фитотронов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. N5. С. 20-22.
- Гришин А.П. Приложения принципов синергетики для моделирования процесса орошения в фитотроне // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2011. N5. С. 20-23.
- URL: <http://www.aqa.ru/assets/images/docs201008/photosintez2.png>.
- Pfeiffer A., Kunkel T., Hiltbrunner A., Neuhaus G., Wolf I., Speth V., Adam E., Nagy F., Schafer E. A cell-free system for light-dependent nuclear import of phytochrome. *Plant Journal*. 2009; 57: 680-689.
- Muneer S., Kim E.J., Park J.S., Lee J.H. Influence of green, red and blue light emitting diodes on multiprotein complex proteins and photosynthetic activity under different light intensities in lettuce leaves (*Lactuca sativa* L.). *International journal of molecular sciences*. 2014; 15: 4657-4670.
- Тихомиров А.А., Лисовский Г.М., Сидько Ф.Я.



Спектральный состав света и продуктивность растений. Новосибирск: Наука, 1991. 168 с.

16. URL: http://files.studfiles.ru/2706/271/html_7rgXS8r7hG.zNUg/htmlconvd-NlqrdL_html_m19574cb5.jpg.

17. Мартиросян Ю.Ц., Полякова М.Н., Диловарова Т.А., Кособрюхов А.А. Фотосинтез и продуктивность растений картофеля в условиях различного спектрального облучения // Сельскохозяйственная биология. 2013. №1. С. 107-112.

18. Pardo G.P., Aguilar C.H., Martínez F.R., Canseco

M.M. Effects of light emitting diode high intensity on growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and broccoli (*Brassica oleracea* L.) seedlings. *Annual Research & Review in Biology*. 2014; 19: 2983-2994.

19. Аверчева О.В., Беркович Ю.А., Ерохин А.Н., Жигалова Т.В., Погосян С.И., Смолянина С.О. Особенности роста и фотосинтеза растений китайской капусты при выращивании под светодиодными светильниками // Физиология растений. 2009. Т. 56. №1. С. 17-26.

REFERENCES

1. URL: [http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/ad932ea9-1c22-4702-b3f4-6b31de89e260/\[BI6ZD_7-04\]_\[IL_03\]-k.jpg](http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/ad932ea9-1c22-4702-b3f4-6b31de89e260/[BI6ZD_7-04]_[IL_03]-k.jpg).

2. URL: <http://bcoreanda.com/Images/Articles/Spectrum.jpg>.

3. Tikhomirov A.A., Sharupich V.P., Lisovskiy G.M. Svetokul'tura rasteniy: biofizicheskie i biotekhnologicheskie osnovy [Photoculture of plants: biophysical and biotechnological bases]. Novosibirsk: SO RAN, 2000: 213. (In Russian)

4. Goggin D.E., Steadman K.J. Blue and green are frequently seen: responses of seeds to short- and mid-wavelength light. *Seed Science Research*. 2012; 22: 27-35. (In English)

5. Vasilenko V.F., Kuznetsov E.D. Physiological and ecological aspects of use of chemical and light regulation of plants growth. *Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*. 1990; 7: 63-68. (In Russian)

6. Shibryaeva L.S., Tertyshnaya Yu.V., Pal'mina D.D., Levina N.S. Biodegraded polymers as materials for sowing of grain crops seeds. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2015; 6: 14-18. (In Russian)

7. Möglich A., Moffat K. Engineered photoreceptors as novel optogenetic tools. *Photochemical & photobiological sciences*. 2010; 9: 1286-1300. (In English)

8. Sahebamei H., Abdolmaleki P., Ghanati F. Effects of Magnetic Field on the Antioxidant Enzyme Activities of Suspension-Cultured Tobacco Cells. *Bioelectromagnetics*. 2007; 24: 42-47. (In English)

9. Martirosyan Yu.Ts., Martirosyan V.V., Zernov V.N. New technologies in production of revitalized seed potatoes. *Agrarnyy vopros*. 2012; 5: 18-19. (In Russian)

10. Izmaylov A.Yu., Grishin A.A., Grishin A.P. Aeroponic module for phytolithons. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2013; 5: 20-22. (In Russian)

11. Grishin A.P. Synergetics principles applications for modeling of irrigation process in phytolithon. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2011; 5: 20-23. (In Russian)

12. URL: <http://www.aqa.ru/assets/images/docs201008/photosintez2.png>.

13. Pfeiffer A., Kunkel T., Hiltbrunner A., Neuhaus G., Wolf I., Speth V., Adam E., Nagy F., Schafer E. A cell-free system for light-dependent nuclear import of phytochrome. *Plant Journal*. 2009; 57: 680-689. (In English)

14. Muneer S., Kim E.J., Park J.S., Lee J.H. Influence of green, red and blue light emitting diodes on multiprotein complex proteins and photosynthetic activity under different light intensities in lettuce leaves (*Lactuca sativa* L.). *International journal of molecular sciences*. 2014; 15: 4657-4670. (In English)

15. Tikhomirov A.A., Lisovskiy G.M., Sid'ko F.Ya. Spektral'nyy sostav sveta i produktivnost' rasteniy. Novosibirsk: Nauka, 1991: 168. (In Russian)

16. URL: http://files.studfiles.ru/2706/271/html_7rgXS8r7hG.zNUg/htmlconvd-NlqrdL_html_m19574cb5.jpg.

17. Martirosyan Yu.Ts., Polyakova M.N., Dillovarova T.A., Kosobryukhov A.A. Photosynthesis and productivity of potato in conditions of various spectral radiation. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. 2013; 1: 107-112. (In Russian)

18. Pardo G.P., Aguilar C.H., Martínez F.R., Canseco M.M. Effects of light emitting diode high intensity on growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and broccoli (*Brassica oleracea* L.) seedlings. *Annual Research & Review in Biology*. 2014; 19: 2983-2994. (In English)

19. Averkheva O.V., Berkovich Yu.A., Erokhin A.N., Zhigalova T.V., Pogosyan S.I., Smolyanina S.O. Features of growth and photosynthesis of plants of *Brassica chinensis* at cultivation with LED lamps use. *Fiziologiya rasteniy*. 2009. V. 56; 1; 17-26. (In Russian)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.