



ПРОДУКТИВНОСТЬ ТЕПЛИЧНЫХ ТОМАТОВ В ПРОДЛЕННОМ ОБОРОТЕ НА СЕВЕРЕ

УДК 635.64:631.559:631.544

DOI:10.18619/2072-9146-2018-3-76-80

PRODUCTIVITY OF THE GREENHOUSE TOMATO CULTURE
IN THE LONG TURNOVER IN THE NORTH

Головко Т.К.¹ – проф., д.б.н., г.н.с. лаборатории
экологической физиологии растений

Далькэ И.В.¹ – к.б.н., врио зав. лаборатории
экологической физиологии растений

Табаленкова Г.Н.¹ – д.б.н., в.н.с. лаборатории
экологической физиологии растений

Малышев Р.В.¹ – к.б.н., н.с. лаборатории экологической физиологии растений
Григорай Е.Е.² – к.с.-х.н., генеральный директор

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН
г. Сыктывкар, 167982, ГСП-2, ул. Коммунистическая, 28
E-mail: golovko@ib.komisc.ru, dalke@ib.komisc.ru

² ООО «Пригородный»
г. Сыктывкар, 167005, ул. Тентюковская, 425,
E-mail: agriee@mail.ru

Golovko T.K.¹,

Dalke I.V.¹,

Tabalenkova G.N.¹,

Malyshev R.V.¹,

Grygoray E.E.²

¹ Laboratory of Ecological Plant Physiology,
Institute of Biology of Komi Scientific Centre
of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
Syktyvkar, 167982, Kommunisticheskaya st., 28
E-mail: golovko@ib.komisc.ru, dalke@ib.komisc.ru

² LLC «Prigorodny»
Syktyvkar, 167005, Tentjukovskaya st., 425,
E-mail: agriee@mail.ru

The data on the greenhouse tomato culture productivity in the long turnover (February - November) without application of artificial light are presented. The plants were grown using small-volume hydroponic technology on mineral wool in the industrial greenhouse of LLC "Prigorodny" (Syktyvkar, 61° 40' 35" N, 50° 48' 35" E). Tomato seeds (hybrid Starbuck F1) were sown in early December 2016. The seedlings were illuminated for 19 h daily with the high-pressure sodium-vapor reflector lamps (HPSV-400W / REFLUX) with an installed power of 130 W/m². In early February 2017 plants at the age of 42-45 days were transferred to the greenhouse and grown at density of 2 plants per square meter under natural lighting conditions. The dependence between the light intensity at leaf level and the natural light entering the greenhouse was studied. In spring sunny days, the light intensity at the level of the upper leaves did not exceed the 450-500 μmol quanta/m²s, and in cloudy weather was 2-3 times lower. It was found that the saturation of leaf CO₂-uptake by light took place at intensity of 800-1000 μmol quanta/m²s. The leaves formed under light deficiency had lowered photosynthetic activity (near 3 μmol CO₂/m²s). The maximal productivity of tomato culture was observed during maximum light levels and sunny period (June-July). The average value of tomato productivity was about 34 kg/m². The data show the possibility of producing commercial tomato yield in the first light zone without artificial lighting, which significantly reduces production costs.

Keywords: tomato, productivity, greenhouse, extended turnover, lighting, photosynthesis, North.

For citation: Golovko T.K., Dalke I.V., Tabalenkova G.N., Malyshev R.V., Grygoray E.E. PRODUCTIVITY OF THE GREENHOUSE TOMATO CULTURE IN THE PROLONGED TURN IN THE NORTH. Vegetable crops of Russia. 2018;(3):76-80. (In Russ.) DOI:10.18619/2072-9146-2018-3-76-80

Введение

Томат является ценной овощной культурой, его плоды богаты биологически активными веществами (витамины, органические кислоты, пектин, минеральные элементы, особенно железо и калий). По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН – FAO <http://www.fao.org/statistics/ru> в 2016 году мировое производство томатов составило 177 млн т, из них произведено в России 2.9 млн т [1]. В странах Восточной и Северной Европы томат занимает 70-90% тепличной площади. В России площади защищенного грунта пока невелики, около 3 тыс. га, на них выращивают четы-

ре основные культуры: томат, огурец, сладкий перец и баклажан [2]. На долю томата приходится 15-20% площади в зимне-весенном обороте и 70-80% – в летне-осеннем обороте.

Томат очень требователен к освещенности. Растения нуждаются в высокой интенсивности света, предпочитают прямую солнечную, а не рассеянную радиацию. Чем лучше освещение, тем скорее закладывается цветочная кисть и раньше наступает плодоношение [3]. Вместе с тем, максимальное удовлетворение потребности растений в лучистой энергии, способствуя повышению урожайности, может привести к удешевлению продукции и потере рентабельности.

Оптимальной для томата считается интенсивность света выше 400 мкмоль/м²с фотосинтетически активной радиации (ФАР), что в 1.5-2 раза превышает потребность в досвечивании культуры огурца в зимнем обороте на Севере [4]. Поэтому затраты на покупку электроэнергии для выращивания томата в зимнее время на Севере удорожают производство продукции и делают эту культуру экономически невыгодной.

Целью данной работы было проанализировать опыт культивирования томата в продленном обороте на Севере при естественном освещении в теплице и оценить уровень реализации потенциальных возможностей растений формировать урожай без применения досвечивания.

Для этого изучали микроклиматические условия, включая световое поле растений в ценозе, определяли зависимость CO₂-газообмена на листьях от освещенности и содержание в них растворимых углеводов.

Условия, объекты и методы

Опыты проводили на растениях томата в зимних теплицах ООО Пригородный (г. Сыктывкар). Теплицы производства компании «Агрисовгаз» оснащены климатическим компьютером «Sercom», капельный полив осуществляется поливочным компьютером «Vocom». Для обогрева используются системы подпоточного, шатрового, надпочвенного, подсубстратного отопления и ростовых труб. Теплицы имеют систему углекислотной подкормки отходящими газами котельной, верхний энергосберегающий и светоотражающий экраны.

Из множества гибридов, рекомендуемых для разных типов оборота в защищенном грунте, предпочтение было отдано гибридам Макарена F₁, Старбак F₁, Торреро F₁ и Таймыр F₁, отличающимся стабильной урожайностью и хорошим качеством плодов.

Посев семян проводили в начале декабря. Освещение в рассадном отделении представлено светильниками с лампами ДНаЗ – 400Вт/REFFLUX с установочной мощностью 130 Вт/м². Досвечивание рассады осуществляли круглосуточно в течение первых трех суток, затем фотoperиод уменьшали до 19 ч.

Чтобы получить устойчивые и длительно плодоносящие растения с хорошо развитой корневой системой, пригодные для продленного оборота, гибриды Макарена и Старбак прививали на гибрид Макенфорд.

Ведение взрослой культуры томата осуществляли с применением малообъемной гидропонной технологии на минеральной вате. Рассаду в возрасте 42-45 суток (конец января – начало февраля) переносили в теплицу и сажали на маты при зацветании первой кисти

у 80% растений. Плотность размещения растений в теплице 2 шт./м², на каждое растение приходилось около 3,4 л субстрата. Корректировку питательного раствора осуществляли по мере роста и плодоношения, основываясь на потребности растений в макро- и микроэлементах [5]. Особое значение для роста и развития томата имеет правильное соотношение между калием и азотом. По сравнению с азотом и калием, потребление фосфора растением невысокое. Кроме этих основных элементов, томат усваивает в довольно большом количестве магний и другие микроэлементы. pH раствора поддерживали не выше 5.5, соотношение азота и калия варьировало в пределах 1,16-1,89, содержание фосфора составляло 45-60 мг/л.

В опытах использовали растения гибрида Старбак F₁, которые были перенесены в теплицу из рассадного отделения и высажены на постоянное место в начале второй декады января. Освещенность, температуру и влажность воздуха в теплице определяли с помощью агрометеорологического регистрирующего устройства Li-1400 (Li-Cor, США) с набором датчиков. Интенсивность ФАР в разных ярусах измеряли квантовым датчиком Li-190 SA, температуру поверхности листьев – датчиком 1404-104. Для изучения CO₂-газообмена использовали портативную измерительную систему LCPro+ (ADC BioScientific Ltd., Англия). Содержание фотосинтетических пигментов определяли в ацетоновых вытяжках спектрофотометрически (UV-1700, Shimadzu, Япония). Содержание и состав растворимой фракции низкомолекулярных сахаров определяли методом ВЭЖХ.

Результаты и их обсуждение

Определение микроклиматических условий инструментальными методами показало, что в полуденные часы температура воздуха в теплице в марте варьировала от 21 до 25 °С, а относительная влажность воздуха составляла в среднем 60% (табл. 2). Световой режим растений томата поддерживался за счет естественной инсоляции (прямая и рассеянная солнечная радиация). Летом рассеянная радиация значительно меньше прямой, осенью и весной она равна ей, а зимой почти в 3 раза больше. Покрытие теплицы и внутренние конструкции снижали поступление ФАР в два раза. В ясный солнечный день освещенность в теплице достигала 500 мкмоль/м²с ФАР, в малооблачные и облачные дни была существенно ниже. Статистика метеорологических наблюдений по г. Сыктывкару показывает наличие значительного количества облачных дней [6]. В марте, например, облачность составляет около 50%. По нашим расчетам в этот период приход ФАР в теплицу за сутки менее 10 моль/м², что в 2,5 раза ниже, чем в июне (рис. 1).

Таблица 1. Характеристика питательного раствора при культивировании томата в условиях удлиненного оборота в защищенном грунте
Table 1. Characteristics of the nutrient solution for tomato plants cultivated in the winter greenhouse

Период	N:K	Ca (мг/л)	Mg (мг/л)	P (мг/л)	EC (мСм/см)	pH
Посев	1.17	180	60	50	2.0	5.2-5.5
Насыщение кубиков	1.16	280	80	50	2.5	5.0-5.5
Рассада	1.16	280	80	50	2.8-3.5	5.2-5.5
Рассада до пересадки в маты	1.19	290	85	60	3.8-4.0	5.0-5.5
Насыщение матов	1.09	285	75	70	3.0	5.0-5.5
1-3 кисть	1.42	210-220	70	50	3.5-3.8	5.2-5.5
3-5 кисть	1.66	230	65	55	3.2-3.5	5.5
5-10 кисть	1.74	230	75	50	3.0-3.3	5.5
Первый сбор	1.86	210	80	50	3.5-3.6	5.5
Период сборов	1.71-1.79	225	75	45	3.0-3.3	5.5
За 1-2 недели до прищипывания	1.67	210	90	50	3.0	5.5
После удаления верхушки растения	1.89	225	75	50-45	3.0-3.6	5.5

Примечание: EC – электропроводность питательного раствора.

Таблица 2. Микроклиматические условия в теплице (март 2017 года)
 Table 2. Microclimatic conditions in the greenhouse (March 2017)

Облачность	Интенсивность ФАР, мкмоль квантов /м ² с		Температура воздуха, °С	ОВВ, %
	снаружи	в теплице		
Сильная	248±29	124±1	21±1	63±1
Слабая	523±15	254±11	25±1	58±6
Отсутствует	888±121	437±62		

Примечание: квантовый датчик располагали на уровне поверхности пола в теплице и поверхности почвы снаружи теплицы;
 ФАР – фотосинтетически активная радиация,
 ОВВ – относительная влажность воздуха.

Таблица 3. Поступление и распределение фотосинтетически активной радиации (ФАР) в ценозе растений томата
 Table 3. The photosynthetic activity radiation distribution in the tomato plant cenosis

Ярус листьев	Наличие плодов	Интенсивность ФАР, мкмоль/м ² с	
		со стороны междурядий	внутри ряда
Верхний	нет	489±24	399±22
Средний	есть	261±16	148±11
Нижний	есть	96±7	24±3

При естественном режиме освещения листья верхнего яруса получали в 2,5 больше света, чем листья среднего яруса (табл. 3). Интенсивность ФАР на уровне листьев нижнего яруса внутри ряда была на порядок меньше, чем в верхнем ярусе. Листья всех ярусов (особенно нижние), расположенные ближе к краю полога (между рядами), получали больше света, чем листья внутри полога.

Содержание сухого вещества в листьях около 10%, а их удельная поверхностная плотность (УППЛ) была в пределах 0,14–0,17 г/дм². Суммарная площадь листьев в расчете на растение не превышала 70 дм². Учитывая, что на 1 м² теплицы размещалось два растения, листовой индекс ценоза в этот период был равен примерно 1,4 м²/м².

Довольно низкие значения УППЛ и сравнительно высокое накопление зеленых пигментов (табл. 4), особенно хлорофилла б, свидетельствуют о недостаточном снабжении растений светом.

Следует также отметить низкую долю каротиноидов в фонде фотосинтетических пигментов. Каротиноиды поглощают свет в сине-фиолетовой области солнечного спектра. В облачные дни, как известно, превалирует рассеянная радиация. Содержание растворимых углеводов в образцах листовых пластинок среднего яруса листьев составляло около 40 мг/г сухой массы, в черешках было несколько выше (табл. 5).

В фазу начала плодоношения надземная сырья и сухая массы растения томата составляли 312 и 26 г соответственно. На листовые пластинки и черешки приходилось примерно 50% сырой или 60% сухой надземной массы растения. Стебли составляли около 40% сырой или 35% сухой массы. Доля генеративных органов не превышала 5%.

Для оценки потенциальной ассимиляционной способности томата, культивируемого при естественной освещенности без применения искусственных источников света, определение CO₂-газообмена листьев проводили в широком диапазоне освещенности, от 0 до 1500 мкмоль/м²с ФАР.

Как видно на рисунке 2, скорость видимого фотосинтеза листьев увеличивалась с повышением интенсивности света. Переход к полу-

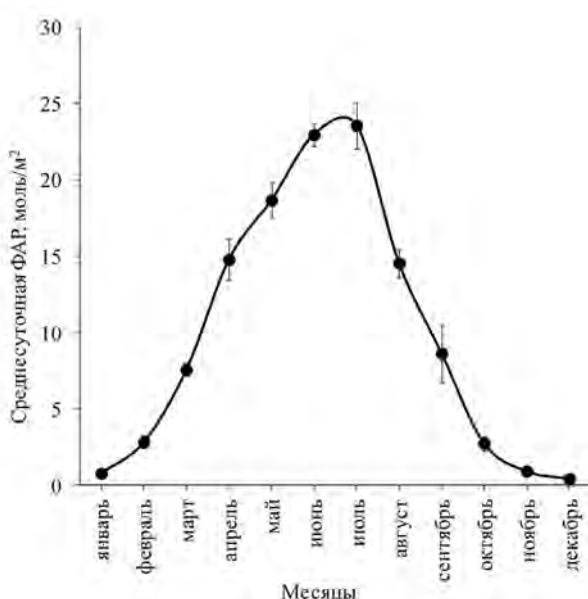


Рис. 1. Годовая динамика среднего за сутки прихода естественной (солнечной) фотосинтетически активной радиации (ФАР) в теплицу (данные 2007-2010 годы).

Fig. 1. Annual dynamics of the average daily arrival of solar photosynthetically active radiation (PAR) in the greenhouse (2007-2010).

Таблица 4. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях среднего яруса растений томата (данные 2017 года)
 Table 4. The content of photosynthetic pigments in the leaves of tomato plants (2017)

Дата	Хл (а+б)	Хл (а/б)	Каротиноиды	Хл/каротиноиды
мг/г сухой массы				
09.03	25.3±1.7	2.5±0.3	3.6±0.3	7.2±1,0
29.03	22.6±2.0	2.3±0.3	3.1±0.2	7.4±0.8
мг/дм ²				
09.03	3.5±0.1	2.5±0.3	0.5±0.0	7.2±1.0
29.03	3.5±0.1	2.3±0.1	0.5±0.0	7.4±0.4

Таблица 5. Содержание растворимых углеводов в сухой массе листьев среднего яруса растений томата, мг/г (данные 2017 года)
Table 5. The content of soluble carbohydrates in the dry biomass of tomato plant leaves, mg/g (2017)

Дата	Части листа	Моносахара	Дисахара	Сумма сахаров
09.03	Черешок	42.4±4.1	8.2±2.4	50.6±3.2
09.03	Пластина	17.7±2.3	19.2±1.7	36.9±2.2
29.03	Пластина	24.5±1.4	18.1±0.8	42.6±0.9

жительному газообмену, когда скорость фотосинтетического поглощения CO_2 листьями начинает превышать выделение образуемой при дыхании CO_2 , осуществляется при интенсивности ФАР 25-30 мкмоль /м²с. Скорость нетто-фотосинтеза увеличивалась почти линейно по мере повышения интенсивности ФАР до 400-500 мкмоль/м²с. Насыщение фотосинтеза листьев светом наблюдалось при 800-1000 мкмоль квантов/м²с ФАР. Скорость фотосинтеза листьев в условиях высокой освещенности достигала 30 мг CO_2 /г сухой массы в ч или в пересчете на единицу площади листа около 3 мкмоль CO_2 /м²с. Следует заметить, что при культивировании томата без применения светильников для дополнительного освещения интенсивность ФАР в теплице вдвое меньше, чем снаружи, и даже в ясный солнечный день существенно ниже 800 мкмоль квантов /м²с (табл. 2). Следовательно, фотосинтетическая деятельность листьев осуществлялась при значительном дефиците световой энергии. Другими словами, реальная скорость нетто-фотосинтеза листьев среднего яруса растений томата в теплице в 1.5-2 раза ниже величин, наблюдаемых в области светового насыщения.

По данным литературы максимальная скорость фотосинтеза листьев томата составляла 25-30 мкмоль CO_2 /м²с [7], а средние значения находились в пределах 8-10 мкмоль CO_2 /м²с [8, 9]. У исследуемых нами растений эти величины были в несколько раз ниже. В расчете на единицу хлорофилла (ассимиляционное число, АЧ) скорость видимого фотосинтеза листьев томата в теплице составляла около 0.6 мг CO_2 /(мг Хл ч). Известно, что величина этого показателя, характеризующая ассимиляционную активность единицы хлорофилла, видо- и сортоспецифична, зависит от многих факторов (свет, температура, уровень минерального питания, доступность влаги) [10]. У большинства полевых культур значения АЧ варьируют в пределах 1-5 мг CO_2 /(мг Хл ч) [11]. Низкие значения АЧ у тепличного томата обусловлены недостатком света. Низкое поступление световой энергии (20-30% от полной солнечной) ограничивает ассимиляцию CO_2 . Чтобы компенсировать недостаток света растения вынуждены накапливать больше хлорофилла б, входящего в состав светособирающих комплексов. Об этом свидетельствуют полученные нами данные о соотношении Хл (а/б) (табл. 4). У листьев томата этот показатель не превышал 2,5, тогда как у хорошо освещаемых растений его величина обычно не ниже 3,5.

О недостаточном освещении может свидетельствовать также динамика формирования урожая плодов в течение удлиненного оборота. Максимум плодоношения наблюдался в наиболее светлый и солнечный период (июнь-июль) (табл. 6). Так, по многолетним данным продолжительность солнечного сияния в июле в 2-3 раза больше, чем в марте-апреле, и составляет 292 ч. К растениям в теплице ежесуточно поступает фотосинтетически активной радиации свыше 20 моль квантов/м². Благодаря этому повышается не только урожайность, но и качество плодов. По нашим данным в зрелых плодах томата Старбак F₁ содержание сухого вещества составляло 5%, кон-

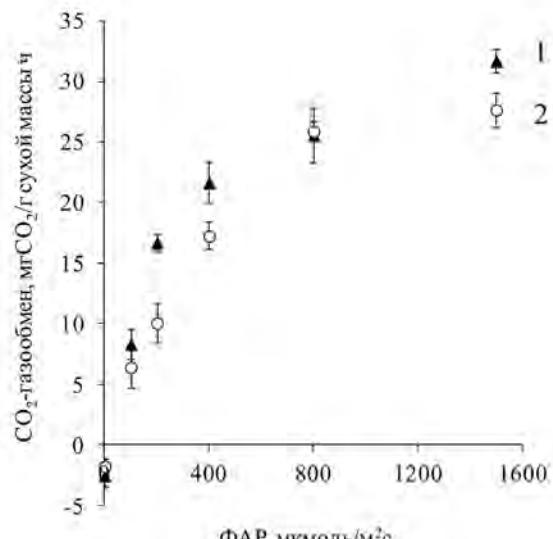


Рис. 2. Зависимость CO_2 -газообмена листьев томата Старбак F₁ от интенсивности света. Определения проведены в первой (1) и последней (2) декадах марта 2017 года.

Fig. 2. Dependence of CO_2 -gas exchange on the light intensity in tomato hybrid Starbuck F₁ leaves. The measurements were carried out in the first (1) and last (2) decades of March 2017.

центрация растворимых углеводов достигала 3%, каротиноидов – 0,6%. Снижение продуктивности в сентябре – октябре обусловлено не только старением растений. В этот период значительно сокращается световой день и резко (в 5 раз) падает продолжительность солнечного сияния. Среднесуточное поступление ФАР к растениям немногим больше 5 моль/м². Урожайность культуры за весь оборот варьировала в пределах 30,5-37,5 кг/м², что на 30-35% ниже потенциально возможной продуктивности.

Таким образом, в первой световой зоне возможно получение товарной продукции продленного оборота томата без применения досвечивания, что существенно сокращает производственные затраты. Листья, сформированные в условиях недостатка света, характеризовались пониженной фотосинтетической способностью. Для активизации ростовых процессов и получения ранней продукции необходимо использовать искусственное освещение, особенно в дни со сплошной облачностью. Средняя за три года урожайность составила в наших опытах около 34 кг/м². По данным FAO средняя урожайность томата в России в 2016 году равнялась 25 кг/м², в Европейском Союзе – 67 кг/м² [1].

Таблица 6. Урожайность томата по годам и месяцам, кг/м²
Table 6. Yield of tomato fruits in different years and months, kg/m²

Годы	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Сумма
2009	0.0	0.7	3.1	5.3	6.4	5.2	4.8	3.9	1.1	30.5
2012	0.1	3.2	4.6	6.7	7.7	6.5	4.6	3.0	1.1	37.5
2017	0.1	2.6	4.5	5.7	6.4	5.9	4.6	3.4	0.6	33.7



Растения томата Старбак F₁ в условиях светокультуры (ООО «Пригородный», г.Сыктывкар) 9 марта 2017 года: А – ряды растений в теплице, Б – система капельного полива, В – плоды томата, Г – определение CO₂-газообмена листьев томата с помощью портативной фотосинтетической системы ADC LCPro + (ADC, Англия); 29 марта 2017 года: Д – ряды растений в теплице, Е – плоды.

Tomato plants Starbuck F₁ in conditions of light culture (Prigorodny Ltd., Syktyvkar), March 9, 2017: A – rows of plants in the greenhouse, B – drip irrigation system, C – tomato fruit, D – determination of CO₂ exchange of tomato leaves with the help of portable photosynthetic system ADC LCPro + (ADC, England); March 29, 2017: D – rows of plants in the greenhouse, E – fruits.

● Литература

1. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations) / [Электронный ресурс] / 2018. – Режим доступа: // http://www.fao.org/statistics/ru Проверено 14.03.2018.
2. Петухова В.В. Анализ производства овощей защищенного грунта в сельскохозяйственных организациях Саратовской области // Овощи России. – 2013. – № 2. – С. 69-72. DOI:10.18619/2072-9146-2013-2-69-72
3. Овощеводство защищенного грунта / Г.И. Тараканов, Н.В. Борисов, В.В. Климов; Под ред. Г.И. Тараканова. – М.: Колос, 1982. – 303 с.
4. Григорай Е.Е., Головко Т.К., Далярэ И.В., Табаленкова Г.Н. Продуктивность культуры огурца при разных режимах досвечивания в условиях защищенного грунта на севере России // Гавриш. – 2011. – № 3. – С. 20-24.
5. Рекомендации по применению удобрений под овощные культуры в защищенном грунте / Всесоюз. произв.-науч. об-ние по агроном. обслуж. сел. хоз-ва, Центр. ин-т агроном. обслуж. сел. хоз-ва. – М.: ЦНИАО, 1987. – 110 с.
6. Архив метеоданных [Электронный ресурс] / 2018. – Режим доступа: https://rp5.ru Проверено 14.03.2018.
7. Kotiranta S. The effect of light quality on tomato (*Solanum lycopersicum* L. cv "Efialto") growth and drought tolerance. Master's thesis University of Helsinki Department of Agricultural Sciences Horticulture. – 2013. – 84 p. URL: http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-201507212177 Проверено 14.03.2018.
8. Wu Q., Su N., Shen W., Cui J. Analyzing photosynthetic activity and growth of *Solanum lycopersicum* seedlings exposed to different light qualities // *Acta Physiologiae Plantarum*. – 2014. – V. 36. № 6. – P. 1411-1420.
9. Growth and photosynthetic response of tomato to nutrient solution concentration at two light levels / Schwarz D., Kldring H.-P., van Iersel M.W., Ingram K.T. // *Journal of the American Society for Horticultural Science*. – 2002. – V.127. – № 6. – P. 984-990.
10. Golovko T., Tabalenkova G. Pigments and productivity of the crop plants // Photosynthetic pigments – chemical structure, biological function and ecology / Eds. T.K. Golovko, W.I. Gruszeski, M.N.V. Prasad, K. Strzalka. Syktyvkar. – 2014. – P. 207-220.
11. Куренкова С.В. Пигментная система культурных растений в условиях подзоны средней тайги европейского Северо-Востока. Екатеринбург. – 1998. УрО РАН. – 114 с.

● References

1. FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations / [Electronic resource] / 2018. – URL: // http://www.fao.org/statistics/ru
2. Petukhova V.V. Analysis of greenhouse vegetable production in agricultural organizations of Saratov region. Vegetable crops of Russia. 2013; (2):69-72. (In Russ.) DOI:10.18619/2072-9146-2013-2-69-72
3. Vegetable -growing of protected ground / G.I. Tarakanov, N.V. Borisov, V.V. Klimov; Ed. G.I. Tarakanov. – Moscow: Kolos, 1982. – 303 p.
4. Grigorai E.E., Golovko T.K., Dalke I.V., Tabalenkova G.N. Productivity of cucumber culture under different lighting regimes in protected ground conditions in the north of Russia // Gavriish. – 2011. – № 3. – P. 20-24.
5. Recommendations for the application of fertilizers for vegetable crops in protected ground / All-Union industrial and scientific association for agrochemical services for agriculture, Central Institute of Agrochemical Services for Agriculture. – Moscow, 1987. – 110 p.
6. Archive of weather data [Electronic resource] / 2018. – URL: https://rp5.ru
7. Kotiranta S. The effect of light quality on tomato (*Solanum lycopersicum* L. cv "Efialto") growth and drought tolerance. Master's thesis University of Helsinki Department of Agricultural Sciences Horticulture. – 2013. – 84 p. URL: http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-201507212177
8. Wu Q., Su N., Shen W., Cui J. Analyzing photosynthetic activity and growth of *Solanum lycopersicum* seedlings exposed to different light qualities // *Acta Physiologiae Plantarum*. – 2014. – V. 36. № 6. – P. 1411-1420.
9. Growth and photosynthetic response of tomato to nutrient solution concentration at two light levels / Schwarz D., Kldring H.-P., van Iersel M.W., Ingram K.T. // *Journal of the American Society for Horticultural Science*. – 2002. – V.127. – № 6. – P. 984-990.
10. Golovko T., Tabalenkova G. Pigments and productivity of the crop plants // Photosynthetic pigments – chemical structure, biological function and ecology / Eds. T.K. Golovko, W.I. Gruszeski, M.N.V. Prasad, K. Strzalka. Syktyvkar. – 2014. – P. 207-220.
11. Kurenkova S.V. Pigment system of cultivated plants in the subzone of the middle taiga of the European North-East. Ekaterinburg. – 1998. UB RAS. – 114 p.