

УДК 635.5.044:631.559:581.132

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОВОЙ ЭНЕРГИИ  
ТЕПЛИЧНОЙ КУЛЬТУРОЙ ЛИСТОВОГО САЛАТАИ.В. ДАЛЬКЭ<sup>1</sup>, А.В. БУТКИН<sup>2</sup>, Г.Н. ТАБАЛЕНКОВА<sup>1</sup>,  
Р.В. МАЛЫШЕВ<sup>1</sup>, Е.Е. ГРИГОРАЙ<sup>2</sup>, Т.К. ГОЛОВКО<sup>1</sup>(' Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии  
Коми научного центра Уральского отделения РАН, <sup>2</sup> ООО «Пригородный»)

*В целях оптимизации светокультуры в условиях закрытого грунта исследовали влияние освещенности на составляющие продукционного процесса растений листового салата (*Lactuca sativa*) сорта Афицион. Опыты проводили в производственных теплицах ООО «Пригородный» (Республика Коми, г. Сыктывкар) в ноябре-декабре. Регион относится к первой световой зоне. Поступление фотосинтетически активной радиации (ФАР) в декабре составляет в среднем ПО кал/см<sup>2</sup>, а продолжительность светового дня не превышает 6 ч. Повышение потока ФАР к ценосу до 240 мкмоль/м<sup>2</sup> по сравнению с контролем (160 мкмоль/м<sup>2</sup>с ФАР) приводило к интенсификации продукционного процесса за счет повышения скорости фотосинтеза, относительной скорости роста и формирования значительной по размерам листовой поверхности. Величина листового индекса возрастала с увеличением освещенности от 10 до 15 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. Молодые растения фотосинтезировали со скоростью 10–12 мкмоль СО<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>с, взрослые растения поглощали около 5–7 мкмоль СО<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>с. Эффективность запасаения энергии была высокой, составила в среднем 0,87 г сухой массы/моль ФАР и не зависела от условий освещения. Создание оптимальных условий обеспечивает высокие темпы накопления сухой биомассы растений в производственных теплицах. При повышении освещенности урожайность растений салата составила 9,5 кг/м<sup>2</sup>, что на 35% выше по сравнению со стандартной технологией выращивания. Повышение освещенности растений позволило сократить цикл выращивания салата более чем на неделю, повысить рентабельность производства на 40% и производить в зимние месяцы больше зеленой продукции высокого качества.*

*Ключевые слова:* *Lactuca sativa*, светокультура, фотосинтез, рост, урожай, закрытый грунт, Север.

Салат (*Lactuca sativa* L.) — широко распространенная овощная культура [14]. В Европе значительное количество салатной продукции получают в защищенном грунте с применением источников искусственного освещения. Для устойчивого развития и повышения эффективности закрытого грунта особое значение приобретают вопросы оптимизации светового режима овощных культур [17]. Биологические, технические, экономические аспекты светокультуры активно обсуждаются на регулярных Международных симпозиумах по светокультуре растений [10]. Разработка вопросов эффективности светокультуры актуальна и для северных территорий России, существенно отличающихся от других регионов по продолжительности фотопериода, количеству и качеству поступающей естественной радиации.

Целью данной работы было выявление физиолого-биохимических закономерностей продукционного процесса и влияния уровня обеспеченности растений светом на формирование урожая листового салата в защищенном грунте.

## Методика

Опыты проводили в производственных теплицах ООО «Пригородный» (Республика Коми, г. Сыктывкар) в ноябре — декабре 2012 г. Регион относится к первой световой зоне. Поступление ФАР в декабре составляет в среднем 110 кал/см<sup>2</sup>, а продолжительность светового дня не превышает 6 ч. Растения салата сорта Афицион выращивали конвейерным способом на проточной линии в горшочках с известкованным торфом (рН 5,8) при температуре 21-24 °С и относительной влажности воздуха 55-60%. Через 2 нед. после появления всходов горшочки переносили из рассадного отделения на столы, 5,5 x 1,8 м<sup>2</sup>. На 1 м<sup>2</sup> стола размещали 44 горшка по три растения в каждом. В качестве источника света использовали натриевые лампы типа ДНаЗ-400Вт/REFLUX (Россия), которые располагались на высоте 1 м от стола в два ряда по 6, 8 или 10 ламп (варианты I, II и III соответственно). Лампы включались автоматически в 0 ч и выключались в 18 ч, следовательно, в течение суток продолжительность освещения лампами составляла 18 ч. Вариант I является типовым для хозяйства.

Освещенность на уровне растений измеряли с помощью квантового датчика Li-190 SA (LICOR. Inc, США) трижды за цикл выращивания на столах. Для каждого варианта опыта было выполнено 40-45 определений ФАР. Интенсивность CO<sub>2</sub>-газообмена листьев измеряли через 5, 19 и 28 дней после размещения растений на столах с помощью портативной фотосинтетической системы LCPro<sup>+</sup> (ADC BioScientific Ltd., Англия). Зависимость скорости видимого фотосинтеза (Фв) от освещенности измеряли в диапазоне ФАР от 0 до 2000 мкмоль/м<sup>2</sup>с при концентрации CO<sub>2</sub> в воздухе 0,03-0,04%. Для получения световой кривой использовали хорошо развитые неотделенные листья 8-10 растений. Квантовый выход фотосинтеза определяли по углу наклона начального участка световой кривой Фв. Параметры кардинальных точек световой кривой находили, как описано в работах [6, 12].

Концентрацию пигментов в ацетоновых вытяжках из трех биологически независимых образцов листьев (по 250-300 мг сырой массы) измеряли спектрофотометрически (UV-1700, Shimadzu, Япония) при длинах волн 662 нм (хлорофилл а), 644 нм (хлорофилл б) и 470 нм (каротиноиды). Содержание и качественный состав растворимых углеводов анализировали методом ВЭЖХ с модификациями [3]. Долю хлорофиллов в светособирающем комплексе (ССК) рассчитывали исходя из того, что весь хлорофилл b находится в ССК, а соотношение хлорофиллов а/б в этом комплексе ССК равно примерно 1,2 [13].

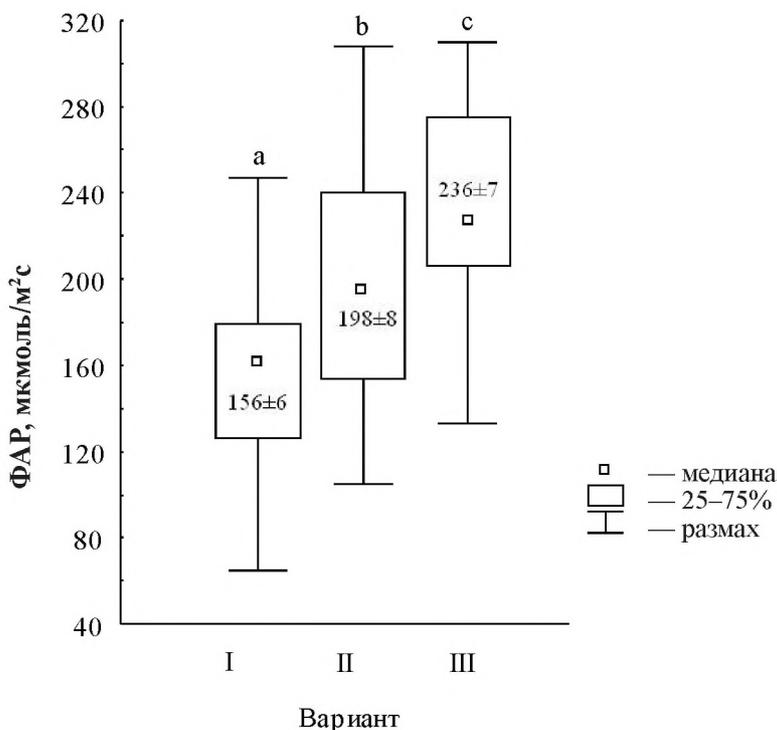
Для определения ростовых параметров рандомизированно отбирали по 20-25 растений каждого варианта. Растения разделяли на надземную и подземную части, взвешивали и высушивали при 70 °С. Для определения площади листа фотографировали, фотоснимки анализировали с помощью программы Image Tools (UTHSCSA, 1995-2002). Удельную поверхностную площадь листьев (УППЛ) рассчитывали как отношение массы листьев к их площади. Величину листового индекса (ЛИ, м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>) находили как произведение площади листьев одного растения и числа растений на 1 м<sup>2</sup> ценоза. Относительную скорость роста растений (ОСР, г/г сут.) определяли по формуле  $ОСР = (\ln M_2 - \ln M_1) / (t_2 - t_1)$ , где M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> — сухая масса надземной части растений в период времени t<sub>1</sub> и t<sub>2</sub>.

Эффективность светокультуры салата рассчитывали как отношение урожая к кумулятивным затратам энергии и выражали в г сухой массы/моль ФАР или г сухой массы/МДж.

Результаты обрабатывали, используя однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Достоверность различий между независимыми выборками оценивали с помощью t-критерия Стьюдента и критерия множественного сравнения Дункана. Во всех случаях Р-величину рассчитывали для уровня значимости  $\alpha = 0,05$ . Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Statistica 10 (StatSoft Inc., США).

### Результаты и их обсуждение

Салат формирует низкорослые посеы, листовую структуру которых можно условно рассматривать как одноярусную [11]. На рисунке 1 видно, что поступление ФАР к растениям прямо зависело от количества используемых источников света. В варианте III растения получали в среднем на 30% больше света по сравнению с вариантом I. Следует отметить высокую вариабельность освещенности отдельных участков ценоза. В зависимости от количества ламп над ценозом максимальные и минимальные значения ФАР на уровне растений отличались в 2-4 раза. Тем не менее все варианты опыта можно считать однородными по поступлению ФАР к растениям, так как значения коэффициентов вариации ( $C_v$ ) не превышали 33% [8].



**Рис. 1.** Характеристика освещенности ценозов салата сорта Афицион в зависимости от количества источников света. Обозначения: варианты I, II и III — использовали 6, 8 и 10 ламп типа ДНаЗ-400ВТ/REFLUX в расчете на площадь 5,5 к 1,8 м<sup>2</sup>. Барями отмечены минимальные и максимальные значения ФАР, прямоугольниками отграничены величины ФАР для 50% растений каждой выборки. Цифры в прямоугольниках — средняя величина ФАР и ошибка средней. Символы (a, b, c) обозначают однородность групп данных и статистическую значимость различий между вариантами опыта (ANOVA, тест Дункана, Р-величина < 0,05).

Величина  $C_v$  для варианта III составляла 17%, что в 1,6 раза меньше, чем в варианте I. Следовательно, увеличение количества источников света способствовало более равномерному поступлению ФАР к растениям.

Листья салата сорта Афицион характеризовались умеренным содержанием фотосинтетических пигментов (табл. 1). Существенных различий в накоплении хлорофилла и каротиноидов у растений, выращиваемых при разной освещенности, не было выявлено. Вместе с тем наблюдалась устойчивая тенденция повышения доли антенного хлорофилла у растений, получающих меньше ФАР, о чем свидетельствует величина ССК. К уборке урожая ЛИ посевов достигал значительной величины, при этом в варианте III он был почти на 30% больше, чем в варианте I. С возрастом растений увеличивалась в 1,6-1,8 раза УППЛ и соответственно уменьшалась величина соотношения площади листьев к их массе. С помощью УППЛ растение адаптирует структуру листьев в фитоценозах для эффективного использования световой энергии [12]. Оптимальная величина УППЛ обеспечивает максимальный газообмен листьев. Величина УППЛ зависит от вида, возраста и условий произрастания растений. Показано, что она варьирует в широких пределах — от 2 до 100 г/м<sup>2</sup>, положительно коррелирует со скоростью нетго-фотосинтеза и накоплением фитомассы [1]. Пороговая (минимальная) величина УППЛ для большинства сельскохозяйственных растений составляет 5-8 г/м<sup>2</sup> [7]. У тепличной культуры молодых растений салата сорта Афицион этот показатель был вдвое выше пороговой величины и к уборке урожая возрастал в среднем на 40%. По данным [16], величина УППЛ зрелых растений са-

Таблица 1

**Содержание фотосинтетических пигментов  
и структурные параметры листьев салата при разном освещении**

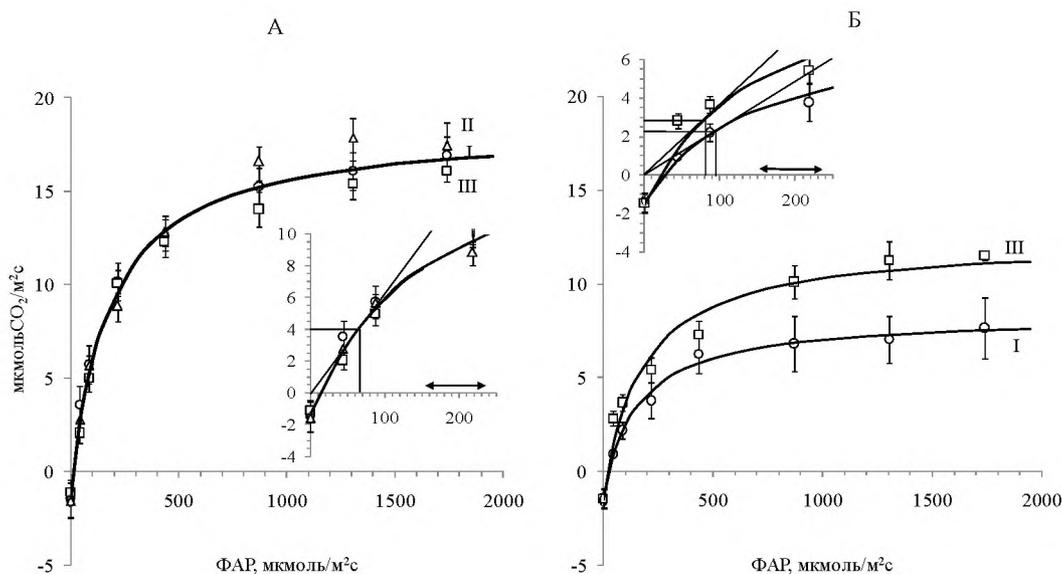
Вариант	Пигменты, мг/г сухой массы		Хл а/б	ССК, %	ЛИ, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	УППЛ, г/м <sup>2</sup>
	хл а + б	каротиноиды				
<i>20 дней после всходов (5 дней от начала опыта)</i>						
I	7,93 ± 0,15	2,13 ± 0,07	4,43 ± 0,25	43	1,1 ± 0,04	16 ± 1
II	6,17 ± 0,29	1,82 ± 0,05*	4,71 ± 0,34	37	1,1 ± 0,06	16 ± 1
III	6,93 ± 0,14	1,98 ± 0,05	4,63 ± 0,16	39	0,9 ± 0,06	16 ± 1
<i>34 дня (19 дней от начала опыта)</i>						
I	7,54 ± 0,33	1,87 ± 0,08	3,93 ± 0,10	46	8,8 ± 0,7	18 ± 1
II	7,07 ± 0,29	1,82 ± 0,05	4,01 ± 0,15	45	8,4 ± 0,6	28 ± 1
III	7,25 ± 0,14	1,77 ± 0,07	3,74 ± 0,21	47	9,7 ± 0,6	26 ± 1
<i>43 дня (28 дней от начала опыта)</i>						
I	6,27 ± 0,38	1,32 ± 0,08	3,21 ± 0,09	53	10,4 ± 0,6	29 ± 1
II	7,33 ± 0,53	1,66 ± 0,14	3,49 ± 0,08	47	13,7 ± 1,6	29 ± 1
III	6,48 ± 0,31	1,45 ± 0,09	3,32 ± 0,15	48	15,2 ± 1,2*	25 ± 1

**Примечание.** I, II и III, как на рисунке 1; ССК — светособирающий комплекс; ЛИ — листовой индекс; УППЛ — удельная поверхностная плотность листа. \* — различия по сравнению с вариантом I статистически значимы (t — критерий Стьюдента, P — величина < 0,05).

лата сорта Саладин, выращиваемого в апреле — мае на делянках овощеводческой научно-исследовательской станции в Англии, составляла около 40 г/м<sup>2</sup>, а ЛИ равнялся 13 кг/кг. Причем только 50% листовой поверхности получало прямой солнечный свет.

Молодые растения салата сорта Афицион не отличались по скорости фотосинтеза (рис. 2). С возрастом проявлялось влияние световых условий культивирования на способность листьев ассимилировать CO<sub>2</sub>. При высокой освещенности скорость Фв была достоверно выше у листьев варианта III, сформированных в лучших световых условиях. Зависимость скорости CO<sub>2</sub>-газообмена от освещенности хорошо описывается уравнением Михаэлиса-Ментен с изменениями [6]. Судя по наклону начального участка световой кривой Фв (tg α 0.040-0.047), для восстановления одного моля CO<sub>2</sub> листья молодых растений салата использовали в среднем 20 моль квантов ФАР, тогда как листьям зрелых растений (tg α 0.020-0.023) требовалось вдвое больше световой энергии. Это обусловлено онтогенетическими факторами снижения фотосинтетической активности листьев [9].

Х.Г. Тооминг (1984), анализируя световую кривую CO<sub>2</sub>-газообмена листьев, выделил и обосновал две кардинальные точки: 1) интенсивность радиации приспособления (ИРП) — плотность потока ФАР, при которой КПД газообмена максимален; 2) интенсивность газообмена листа в ценозе при ИРП. Для листьев салата величина ИРП составляла 60-80 мкмоль/ч-гс ФАР, что в 2,5-3,5 раза ниже ФАР на уровне ценоза. С возрастом растений ИРП листьев увеличивалось на 25-30%. У молодых растений скорость Фв листьев при ИРП составляла около 4 мкмоль CO<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>с, что



**Рис. 2.** Зависимость скорости CO<sub>2</sub>-газообмена листьев растений салата от освещенности. Кривые описаны уравнением Михаэлиса-Ментен со статистически значимым коэффициентом детерминации > 0,94 при уровне значимости α = 0,05. Обозначения: I, II и III, как на рисунке 1; А — обобщенная кривая для листьев молодых растений варианта I, II и III, врезка — начальный участок кривой; Б — кривые для листьев зрелых растений варианта I и III, врезка — начальный участок кривой для листьев зрелых растений варианта I и III, стрелками на врезках показан общий диапазон ФАР, в котором выращивали растения

в 3-4 раза ниже, чем при насыщающей Фв освещенности, и в 2 раза ниже, чем при ФАР в эксперименте. У листьев зрелых растений скорость Фв при ИРП была в 1,3—1,5 раза ниже, чем у молодых. Как видно на рисунке 2, скорость Фв листьев растений варианта I была ниже по сравнению с листьями варианта III как при ИРП, так и при ФАР в эксперименте, что является следствием адаптации растений варианта III к более высокой освещенности.

Скорость темнового дыхания (Дт) листьев варьировала в диапазоне 1,1-1,8 мкмоль  $\text{CO}_2/\text{м}^2\text{с}$ . Статистически значимых различий между вариантами опыта не выявлено. Однако с возрастом растений величина соотношения Фв/Дт уменьшалась, главным образом из-за снижения фотосинтетической активности листьев. При этом у растений, получавших меньше света, эта закономерность проявлялась сильнее, чем у растений, выращенных при более высоком световом довольствии.

Уровень ФАР оказал влияние на фонд неструктурных углеводов, обеспечивающих процессы роста восстановленным углеродом и энергией (табл. 2). Хотя по сумме растворимых сахаров варианты опыта достоверно не отличались, надземная масса растений варианта III накапливала больше ди- и олигосахаров и меньше моносахаров. Как известно, сахароза является транспортной формой ассимилированного при фотосинтезе углерода, а олигосахара выполняют функцию запасаания.

Т а б л и ц а 2

**Содержание растворимых сахаров в надземной сухой биомассе салата  
в период уборки, мг/г сухой массы**

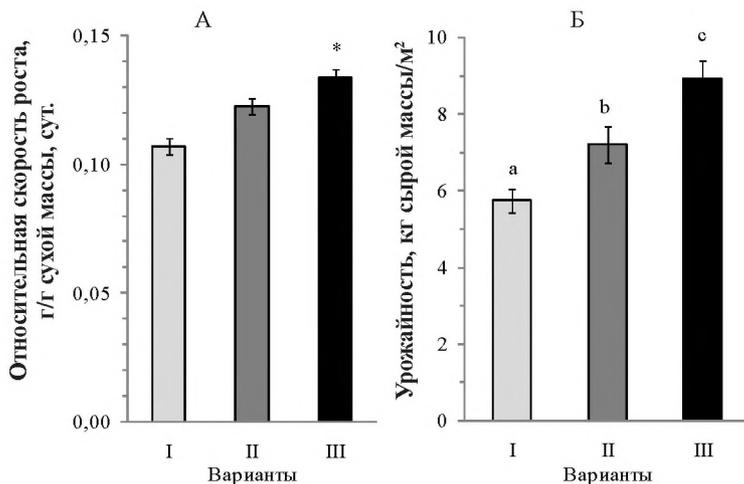
Вариант	Моносахара	Дисахара	Олигосахара	Сумма сахаров
I	89,9 ± 1,7	19,3 ± 0,8	7,1 ± 0,4	116,3 ± 1,9
II	79,5 ± 3,9*	29,3 ± 1,4*	10,2 ± 0,8*	119,0 ± 4,2
III	76,3 ± 2,6*	34,1 ± 1,0*	11,2 ± 0,3*	121,6 ± 2,8

**Примечание.** I, II и III, как на рисунке 1; \* — различия по сравнению с вариантом I статистически значимы (t — критерий Стьюдента, P — величина < 0,05).

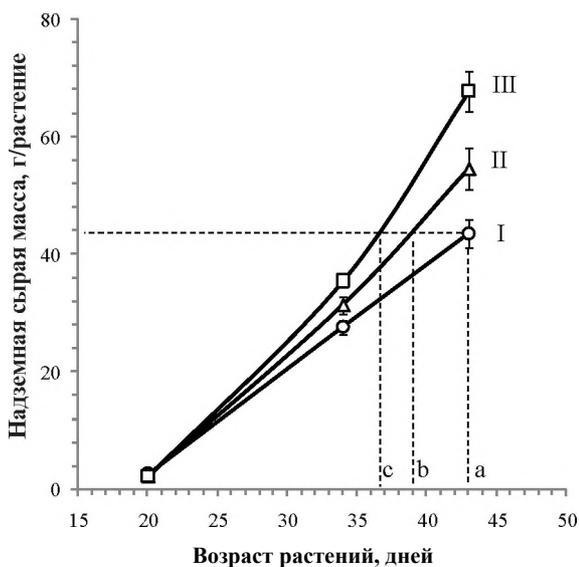
Увеличение освещенности оказывало положительный эффект на относительную скорость роста растений и продуктивность ценоза салата (рис. 3). За цикл выращивания величина ОСР в варианте III была достоверно выше (на 20%), чем в варианте I. Продуктивность салатной линии возрастала с увеличением количества поступающей к растениям ФАР на 25 и 35%. Как видно на рисунке 4, растения варианта III накапливали за 15 сут. такое же количество сырой массы, что и растения варианта I за 23 сут.

Ранее нами было установлено, что увеличение продолжительности искусственного освещения с 16 до 24 ч оказало слабый положительный эффект на урожайность салата сорта Лифли и снижало выход товарной продукции [2]. Повышение интенсивности потока фотосинтетически активной радиации (ФАР) на 35-50% при 16-часовом освещении способствовало увеличению продуктивности салата в осенне-зимних оборотах.

В данном эксперименте за цикл выращивания на столах (28 сут.) к ценозам поступило от 290 (вариант I) до 430 (вариант III) моль ФАР/м<sup>2</sup>. Расчеты показали, что условия освещения не оказали заметного влияния на эффективность запасаания световой энергии в биомассе растений. Величина коэффициента эффективности



**Рис. 3.** Относительная скорость роста (А) и урожайность салата сорта Афицион (Б), культивируемого при различной освещенности. Обозначения: I, II и III, как на рисунке 1; OCR рассчитана для периода выращивания на столах (23 дня); \* — различия статистически значимы по сравнению с вариантом I, символы (a, b, c), как на рисунке 1



**Рис. 4.** Рост и накопление биомассы салата сорта Афицион, культивируемого при различной освещенности. Обозначения: I, II и III, как на рисунке 1; строчными символами показан возраст растений стандартного варианта (I) во время уборки урожая (a) и возраст растений вариантов с повышенным уровнем освещения (b, c), набравших такую же биомассу раньше стандарта (I)

составляла (г сухой массы/моль ФАР):  $0,84 \pm 0,05$  (вариант I),  $0,88 \pm 0,06$  (вариант II) и  $0,88 \pm 0,05$  (вариант III), что эквивалентно 4,1; 4,5 и 4,5 г сухой массы/МДж соответственно. По данным литературы [18], коэффициент эффективности для высокопродуктивной культуры салата в коммерческих теплицах составлял 0,8 г сухой массы /моль ФАР при среднесуточном приросте сухой биомассы около 13 г/м². В замкнутых биологических системах эти показатели были вдвое ниже. В полевых опытах коэффициент эффективности запасаения световой энергии ценозами салата составлял 2,4 г сухой массы/МДж [16]. В целом для листовых овощей этот показатель несколько ниже по сравнению с овощными культурами, урожай которых представлен корнеплодами, луковицами или клубнями [16]. Одной из основных причин является то, что формирование и

поддержание листовой поверхности требует больших затрат субстрата на дыхание, чем накопление биомассы запасующих органов [4, 5, 16].

Полученные нами результаты свидетельствуют о высокой эффективности запасаения энергии в биомассе салата сорта Афицион. Создание оптимальных условий обеспечивает высокие темпы накопления сухой биомассы растений в производственных теплицах. Короткий цикл культивирования салата позволяет избежать дыхательных затрат на поддержание уже созданной биомассы.

### Заключение

Нами выявлены закономерности влияния уровня ФАР на фотосинтетическую деятельность и урожайность тепличной культуры листового салата. Увеличение освещенности на 35% по сравнению со стандартом (160 мкмоль/м<sup>2</sup>с) приводило к интенсификации продукционного процесса за счет повышения скорости фотосинтеза, относительной скорости роста и формирования значительной по размерам листовой поверхности. При стандартном световом режиме за 4 нед. культивирования на столах урожайность салата составила 5,7 кг/м<sup>2</sup>. При использовании дополнительных ламп такое же количество продукции можно получить за более короткое время. Это позволяет повысить рентабельность салатной линии на 40% и поставить потребителю в зимние месяцы больше зеленой продукции.

### Библиографический список

1. Беденко В.П., Коломейченко В.В. Фото синтетическая деятельность и продуктивность агрофитоценозов озимой пшеницы // Сельскохозяйственная биология. 2005. № 1. С. 59-64.
2. Буткин А.В., Григорий Е.Е., Головки Т.К., Табаленкова Г.Н., Далькэ И.В. Культивирование салата в условиях защищенного грунта на севере // Аграрная наука. 2011. № 8. С. 24-26.
3. Гляд В.М. Определение моно-, ди- и олигосахаридов в одной растительной пробе методом высокоэффективной жидкостной хроматографии // Физиология растений. 2002. Т. 49. №2. С. 311-316.
4. Головки Т.К. Дыхание растений (физиологические аспекты). СПб.: Наука. 1999. 204 с.
5. Головки Т.К. Затраты на дыхание клубней картофеля // Физиология растений. 1986. Т. 32. № 2. С. 387-390.
6. Кайбейнен Э.Л. Параметры световой кривой фотосинтеза у *Salix dasyclados* и их изменение в ходе вегетации // Физиология растений. 2009. Т. 56. № 4. С. 490-499.
7. Каллис А., Сыбер А., Тооминг Х. Связь фотосинтеза и проводимости CO<sub>2</sub> с удельной плотностью листьев и селекция сортов с максимальной продуктивностью // Экология. 1974. № 2. С. 5-9.
8. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1973. 343 с.
9. Мокройосов А.Т. Онтогенетический аспект фотосинтеза. М., 1981. 194 с.
10. Тараканов П.Г. Современное состояние и перспективы развития светокультуры растений по материалам V Международно го симпозиума по светокультуре растений в Лиллехаммере, Норвегия, 21-24 июня 2005 г. //Гавриш. 2005. № 6. С. 34-38.
11. Тихомиров А.Л., Шарупич В.П., Лисовский Г.М. Светокультура растений: биофизические и биотехнологические основы. Новосибирск.: Изд-во СО РАН, 2000. 213 с.
12. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. М.: Гидрометеоздат, 1984. 363 с.
13. Dchtenthaler H.K. Chlorophyll and carotenoids — pigments of photosynthetic biomembranes //Methods in Enzymology. 1987. Vol. 148. P. 350-382.
14. Mou B. Handbook of Plant Breeding, Vol. I, Vegetables I, Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, and Cucurbitaceae, J. Prohens and F. Nuez, ed. Springer. New York. P. 75-116.
15. Penning de Vries EWT, Jansen DM., ten Berge H.F.M., Bakema A. Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual crops. Wageningen: Pudoc, 1989. 271 p.

16. *Tei Scaife A., Aikncm D.P.* Growth of Lettuce, Onion, and Red Beet. 1. Growth Analysis, Light Interception, and Radiation Use Efficiency // *Annals of Botany*. 1996. Vol. 78. № 5. P. 633-643.

17. *Van Echte E.* Sustainable use of artificial lighting in horticulture // Scientific meeting «Cutting the costs: towards energy efficient controlled environments» Proceedings of the UK Controlled Environment Users' Group. 2007. Vol. 18. P. 22-26.

18. *Wheeler R.M., Mackowiak C.L., Stutte G.W., Yorio N.C., Ruffe L.M., Sager J.C., Prince R.P., Knott W.M.* Crop productivities and radiation use efficiencies for bioregenerative life support // *Advances in Space Research*. 2008. Vol. 41. № 5. P. 706-713.

## RADIATION USE EFFICIENCY OF LETTUCE GROWN IN THE GREENHOUSE

I.V. DALKE<sup>1</sup>, A.V. BUTKIN<sup>2</sup>, G.N. TABALENKOVA<sup>1</sup>, R.V. MALYSHEV<sup>1</sup>,  
E.E. GRIGORAY<sup>2</sup>, T.K. GOLOVKO<sup>1</sup>

C Federal State Budget Organization of Science Institute of Biology  
of the Komi Science Centre of the Ural Division RAS.<sup>2</sup> «Prigorodnyi» Ltd.)

*Optimization of light conditions is required for the increasing of the efficiency of vegetable growing under glass-house production in the North-East of the European part of Russia which differs significantly from other regions by its cold climate and unique light regime. In our experiments with *Lactuca sativa* var. *Aficion RZ* plant, growth and productivity under three lighting levels was studied in greenhouse of LLC «Prigorodnyi» (Komi Republic, Syktyvkar) in November-December. The increase in crop supply with the photosynthetic active radiation (PAR) from 160 to 240  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  resulted in the increased photosynthetic and growth activity. The crop leaf area index (LAI) amounted to 15  $\text{nr}/\text{nr}$  under better lighting conditions. The leaf photosynthetic rate of the young actively-growing plants was 10–12  $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$  and about 5–7  $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$  in mature plants. At harvesting period the fresh biomass of lettuce grown under better lighting was near 9.5  $\text{kg}/\text{m}^2$ , which was by 35% higher compared to plants cultivated under light deficiency conditions. It should be noted that lettuce crops did not differ in the radiation use efficiency, and this value was near 0.87 g dry weight/mol PAR under all lighting levels. The economic efficiency of the lettuce production in glass-house increased by 40% due to the improved lighting regime.*

*Key words: *Lactuca sativa*, supplementary light, photosynthesis, growth, yield, greenhouse, North.*

**Далью Игорь Владимирович** — к. б. н., с. н. с. лаборатории экологической физиологии растений (167982, г. Сыктывкар, ГСП-2. ул. Коммунистическая, 28. Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН; раб. тел.: (8212) 24-96-87; e-mail: dalke@ib.komisc.ru).

**Буткин Алексей Васильевич** — ООО «Пригородный» (г. Сыктывкар, ул. Тентюковская, 425; тел.: (8212) 51-48-09; e-mail: alexeybutkin@gmail.com).

**Табаленкова Галина Николаевна** — д. б. н., в. н. с. лаборатории экологической физиологии растений Института биологии (г. Сыктывкар; тел.: (8212) 24-96-87; e-mail: tabalenkova@ib.komisc.ru).

**Малышев Руслан Владимирович** — к. б. н., н. с. лаборатории экологической физиологии растений Института биологии (г. Сыктывкар; тел.: (8212) 24-96-87; e-mail: malrus@ib.komisc.ru).

**Григорай Евгений Евгеньевич** — заместитель генерального директора по производству ООО «Пригородный» (г. Сыктывкар, ул. Тентюковская, 425; тел.: (8212) 51-48-09; факс: (8212) 22-47-81; e-mail: ooorprigorod@list.ru).

**Головко Тамара Константиновна** — д. б. н., проф., зав. лабораторией экологической физиологии растений Института биологии (г. Сыктывкар; тел.: (8212) 24-96-87; e-mail: golovko@ib.komisc.ru).