

## ПРОДУКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ И СОРТОВ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА SOLANACEAE ПОД ФЛУОРЕСЦЕНТНЫМИ ПЛЕНКАМИ

Представлены результаты изучения изменения продуктивности растений семейства *Solanaceae* в защищенном грунте под флуоресцентными полиэтиленовыми пленками. Выявлен ряд общих закономерностей изменения продуктивности растений *Lycopersicon esculentum*, *Capsicum annuum* и *Solanum melongena* различных сортов. Экспериментально установлено, что повышение их продуктивности под флуоресцентными пленками связано с интенсивным развитием репродуктивных органов, сопровождающееся формированием плодов лучшего качества, и удлинением срока вегетации растений в среднем на 14 суток.

**Ключевые слова:** защищенный грунт, флуоресцентная пленка, семейство *Solanaceae*, продуктивность.

Повышение продуктивности растений при адаптации к солнечному излучению для биологической науки является одной из первостепенных задач, так как позволяет выявить потенциальные возможности растений и максимизировать урожай [1–5]. В настоящее время в практике сельского хозяйства нашли применение флуоресцентные пленки, поглощающие часть УФ радиации с генерацией энергии в узкополосное люминесцентное излучение видимой области спектра [6–11]. Результаты многочисленных исследований показали, что изменение продуктивности сельскохозяйственных культур значительно варьируется и определяется несколькими факторами, одним из которых является видовая и сортовая принадлежность растений [7, 12–15]. Однако какие-либо данные, показывающие общие закономерности изменения продуктивности растений одного крупного таксона под флуоресцентными пленками, в литературе отсутствуют.

*Целью работы* явилось выявление общих закономерностей изменения продуктивности растений семейства *Solanaceae* под флуоресцентными пленками.

*Методика.* Объектами исследований служили растения семейства *Solanaceae* трех видов, выращиваемые в регионе Западной Сибири в защищенном грунте. Использовали томат (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Ля-ля-фа, Джина, Лавина, Земляк, Агата, баклажан (*Solanum melongena* L.) Алмаз и Барон, перец овощной (*Capsicum annuum* L.) Богатырь, Калифорнийское чудо, Миусский, Слоненок, Подарок Молдовы, Гогошара.

Испытания проводили в течение 10 лет на агробиологической станции Томского государственного педагогического университета (ТГПУ) и в крестьянском (фермерском) хозяйстве М. П. Борзунова (г. Томск) путем определения морфометрических и биохимических показателей растений, выращиваемых в сооружениях защищенного грунта, укрытых полиэтиленовыми пленками с различными фотофизическими свойствами (табл. 1). В качестве контроля использовали немодифицированную

пленку, из флуоресцентных (опыт) применяли пленки, широко используемые в тепличных хозяйствах и изготовленных по патентам [16, 17].

На протяжении всего периода вегетации у растений отмечали основные фенологические фазы периодов роста: прорастание семян, всходы, появление первой пары и последующих настоящих листьев, формирование стебля, образование бутонов, цветение, появление плодов. В динамике исследовали изменения длины и диаметра главного побега растений, числа и площади листьев, сырой и сухой массы, определяли содержание аскорбиновой кислоты (АК) и сахаров в плодах растений [18], уровень фотосинтетических пигментов в листьях растений [19]. Продуктивность растений в ходе онтогенеза определяли по приросту их биомассы подсчетом и измерением веса всех снятых плодов, урожайность – на конец вегетации в пересчете на 1 кг/м<sup>2</sup>.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью программы “Excel”. Оценку достоверности результатов исследований проводили при 95 %-м уровне надежности (уровень значимости – 0.05). В таблицах и рисунках для растений приведены средние арифметические значения с двухсторонним доверительным интервалом минимум из трех независимых экспериментов, каждый из которых проведен в трех биологических повторностях минимум на 30 растениях.

*Результаты и обсуждение.* Исследования роста, развития и плодоношения *Lycopersicon esculentum* различных сортов под флуоресцентными пленками показали их разную адаптацию к световому режиму в сооружениях защищенного грунта под флуоресцентными пленками (табл. 2).

Из всех исследуемых сортов максимальную урожайность отметили у томата Агата под флуоресцентной пленкой ФЕ. Повышение урожайности томата Джина и Ля-ля-фа под флуоресцентными пленками связано с увеличением массы плода, а для сорта Земляк – с увеличением численности плодов. Для сорта Лавина достоверных изменений урожайности не установили.

Таблица 1  
Фотофизические свойства полиэтиленовых пленок [15]

Характеристики пленки	Пленка		
	контроль	ФВИ	ФЕ
Тип люминофора в пленке	—	ФВИ*	ФЕ*
Содержание люминофора, % масс.	—	0.2	0.1
Основной максимум в спектре люминесценции, нм	—	619	615
Относительная интенсивность люминесценции, %	0.0	40.1 ±	12.6 0.1
Пропускание излучения в области ФАР, %	78.6 ±	76.4 ±	78.2 ±
Пропускание электромагнитного излучения, % в областях 290–330 / 320–400 нм	65.4 / 70.4	46.7 / 56.8	60.4 / 65.4
Интегральное светопропускание, %	90.6 ±	90.1 ±	90.2 ±
Рассеивание света, %	12.0 ±	13.6 ±	---
Отражение света, %	9.4 ±	9.9 ±	9.8 ±

\* Примечание. ФВИ – фосфат-ванадат иттрия, активированный европием; ФЕ – комплекс нитрата европия с 1,10-фенантролином.

Однако для всех исследуемых сортов выявили несколько общих закономерностей развития томата под флуоресцентными пленками относительно контрольных растений. Первое, у опытных растений происходит угнетение роста главного стебля в длину и активирование его утолщения, достоверно различающиеся на 68-е – 73-и сутки вегетации томата. В качестве примера на рис. 1 приведена динамика длины и диаметра главного побега томата Ля-ля-фа.

Второе, цветение и появление плодов у контрольных и опытных растений происходит практически одновременно. Третье, под флуоресцентными пленками происходит формирование большего количества репродуктивных органов (большая часть их при формировании габитуса растений подвергается пасынкованию) вплоть до осенних заморозков. Четвертое, для всех сортов томатов отметили улучшение качества плодов – увеличение содержания в плодах АК и сахаров (табл. 2). Пятое, в опыте отметили удлинение срока вегетации растений на 10–14 сут. Это определяется тем, что под флуоресцентными пленками температура внутри сооружений защищенного грунта на 2–3 °С выше, чем в контрольных сооружениях, так как в осенний период культивационные сооружения не проветриваются. Повышенная температура в опытных сооружениях, по нашему мнению, связана с деятельностью микрофлоры почвы (температура почвы в опыте на 2–3 °С выше, чем в контроле), а не с теплоудерживающей способностью флуорес-

Таблица 2  
Урожайность, содержание АК и углеводов в плодах *Lycopersicon esculentum* Mill различных сортов при выращивании в Томском регионе под флуоресцентными пленками в период с апреля по сентябрь

Томата	Тип пленки	Разница показателей растений под флуоресцентной пленкой по отношению к растениям под немодифицированной пленкой, %				
		Кол-во плодов	Масса плода	Урожайность	АК	Углеводы
Джина	ФВИ	104.8 ± 6.8	111.9 ± 1.2	117.3 ± 7.4	108.1 ± 4.1	110.1 ± 4.2
Ля-ля-фа	ФВИ	100.0 ± 2.2	130.8 ± 4.1	130.7 ± 8.2	112.1 ± 6.2	121.2 ± 7.4
Земляк	ФЕ	120.2 ± 5.2	101.8 ± 6.8	120.2 ± 5.4	117.9 ± 3.9	128.3 ± 5.3
Лавина	ФЕ	74.5 ± 12.1	134.3 ± 8.9	100.0 ± 5.2	116.1 ± 4.8	115.0 ± 3.2
Агата	ФЕ	166.7 ± 14.1	87.1 ± 6.2	144.9 ± 7.5	112.2 ± 5.2	115.3 ± 3.9

центных пленок. Это подтверждается представленными в литературе данными изучения экранирования ИК излучения флуоресцентными пленками, в которых указывается, что флуоресцентные пленки с содержанием люминофоров от 0.05 до 5.00 % масс. не обладают теплоудерживающими свойствами [20–21].

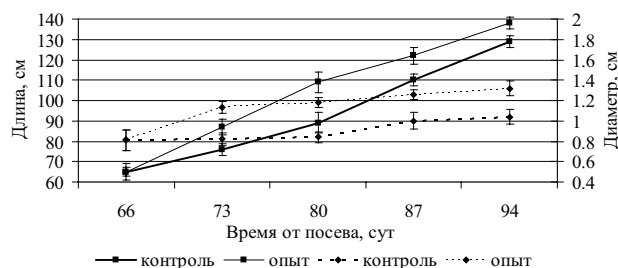


Рис. 1. Динамика длины и диаметра главного побега *Lycopersicon esculentum* Mill сорта Ля-ля-фа, выращенного в Томском регионе в период с апреля по сентябрь под немодифицированной пленкой (контроль) и флуоресцентной пленкой ФВИ (опыт)

Такое развитие томата под флуоресцентными пленками, способствующее ингибированию апикального доминирования и активному делению клеток камбия (вторичных меристем) стебля, не изменяющее начало сроков плодоношения, но улучшающее качество плодов, связано с морфогенетическими особенностями *Lycopersicon esculentum*.

Для сортов Лавина, Земляк и Агата, выращенных под флуоресцентной пленкой ФЕ, достовер-

ных изменений в содержании фотосинтетических пигментов не установили. В листьях томатов Джина и Ля-ля-фа, выращенных под флуоресцентной пленкой ФВИ, отметили повышенный уровень хлорофилла *a* (Хл *a*) и каротиноидов (Кар) на всем протяжении вегетации (рис. 3). Максимальные различия в содержании фотосинтетических пигментов установили в момент начала массового формирования плодов – в возрасте 93–95 сут. В листьях опытных растений томатов Джина отметили содержание Кар и Хл *a* выше в 1.38 раза, чем у контрольных растений, а в листьях опытных томатов Ля-ля-фа – выше в 1.31 и 1.26 раза соответственно Кар и Хл *a*.

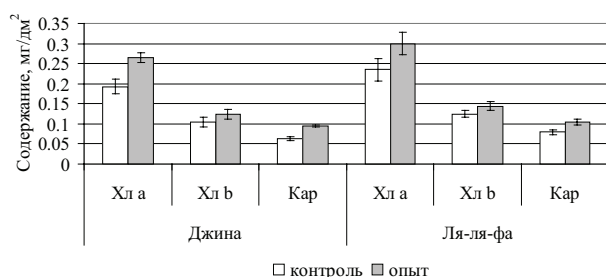


Рис. 3. Содержание фотосинтетических пигментов в 6-м листе *Lycopersicon esculentum* Mill сортов Джина и Ля-ля-фа в возрасте 94 сут, выращенных в период с апреля по сентябрь в Томском регионе под немодифицированной пленкой (контроль) и флуоресцентной пленкой ФВИ (опыт)

Различия ростовых параметров и урожайности *Lycopersicon esculentum* и отличия в уровне фотосинтетических пигментов указывают на то, что продуктивность томатов под флуоресцентными

пленками определяется их сортовыми морфогенетическими особенностями. Наше заключение подтверждают опубликованные данные других авторов, указывающие на видовую и сортовую зависимость изменения продуктивности растений под флуоресцентными пленками [7, 12].

Увеличение урожайности *Capsicum annuum* под флуоресцентными пленками отметили для пяти из шести исследуемых сортов (табл. 3). Для сорта Гогошара достоверных изменений урожайности не установили. Максимальное повышение продуктивности в опыте отметили у перца Богатырь под флуоресцентной пленкой ФВИ. Увеличение урожайности перца Миусский, Калифорнийское чудо и Подарок Молдовы под флуоресцентными пленками связано как с увеличением числа, так и массы плодов, а для сортов Слоненок и Богатырь – с увеличением их численности.

Для перца овощного, как и для томата, отметили несколько общих закономерностей развития растений под флуоресцентными пленками относительно контрольных растений. Первое, у растений перца в опыте происходит угнетение развития зеленой массы (стебля и листьев) и интенсивное образование репродуктивных органов, не связанное с изменением уровня фотосинтетических пигментов в листьях растений. Второе, в опытных плодах перца всех сортов отметили увеличение на 6–10 % содержания АК относительно контроля. Третье, под флуоресцентными пленками наблюдали два пика активного плодоношения. Первый пик (3–4 недели) приходится на начало плодоношения. Это связано с тем, что образование репродуктивных органов и начало плодоношения под флуоресцентными пленками происходит на 6–7 сут раньше, чем под немодифицированной пленкой. Второй пик приходится на конец августа – начало сентября (2–3 недели). У всех сортов перца овощного (кроме Гогошара) до этого периода установили увеличение продуктивности в пределах 15–18 % (для сорта Богатырь – около 35 %). В конце вегетации в опытных сооружениях защищенного грунта наблюдали обильное цветение растений и развитие плодов (отметили удлинение вегетации в опыте на 14–20 сут), а в контрольных культивационных сооружениях – отмирание растений, что связано с микроклиматом внутри опытных сооружений.

Таким образом, у растений перца овощного, как и у томата, наблюдается видовая и сортовая (индивидуальная) особенности продуктивности под флуоресцентными пленками, а также некоторые схожие различия в изменении вегетации и плодоношения.

Для растений *Solanum melongena* сортов Алмаз и Барон отметили схожую динамику развития растений и их урожайности (табл. 4).

Таблица 3

Урожайность и содержание АК в плодах *Capsicum annuum* L. различных сортов при выращивании в период апрель–сентябрь в Томском регионе под флуоресцентными пленками

Перец	Тип пленки	Разница показателей растений под флуоресцентной пленкой по отношению к растениям под немодифицированной пленкой, %			
		Кол-во плодов	Масса плода	Урожайность	АК
Гогошара	ФЕ	110.2 ± 8.1	90.4 ± 2.6	97.5 ± 8.2	106.6 ± 3.0
Миусский	ФЕ	124.0 ± 12.0	110.3 ± 6.0	133.1 ± 10.8	108.4 ± 5.0
Подарок Молдовы	ФЕ	112.8 ± 7.1	112.5 ± 4.5	126.9 ± 7.3	107.8 ± 3.3
Калифорнийское чудо	ФЕ	110.8 ± 5.7	114.5 ± 7.3	126.9 ± 8.2	105.9 ± 3.1
Слоненок	ФЕ	128.8 ± 10.3	99.1 ± 5.5	130.1 ± 9.9	110.0 ± 4.9
Богатырь	ФВИ	147.5 ± 12.2	100.4 ± 4.9	148.1 ± 14.3	109.5 ± 4.4

Таблица 4  
Урожайность *Solanum melongena* L. различных сортов при выращивании в период апрель-сентябрь в Томском регионе под флуоресцентными пленками

Баклажан	Тип пленки	Разница показателей растений под флуоресцентной пленкой по отношению к растениям под немодифицированной пленкой, %		
		Кол-во плодов	Масса плода	Урожайность
Алмаз	ФЕ-0.1	145.4 ± 11.6	100.9 ± 6.7	146.7 ± 13.7
	619-0.2	145.5 ± 15.2	100.4 ± 8.1	146.1 ± 10.3
Барон	ФЕ-0.1	131.5 ± 7.9	99.7 ± 5.8	131.2 ± 7.8
	619-0.2	126.2 ± 8.0	101.0 ± 5.3	127.3 ± 9.1
	626-0.2	122.4 ± 6.8	100.6 ± 6.2	123.0 ± 8.4

Для баклажана обоих исследуемых сортов установили увеличение урожайности под флуоресцентными пленками относительно контрольных растений, причем только за счет повышения числа плодов. Более продуктивным под флуоресцентными пленками явился баклажан Алмаз. Повышение продуктивности баклажана Барон и Алмаз не связаны с изменением уровня фотосинтетических пигментов в листьях растений.

По литературным данным, уменьшение доли УФ излучения в световом потоке на 5 % за счет применения пленок, адсорбирующих его, повышает урожайность баклажанов до 20 %, причем в основном за счет увеличения размера плодов [22]. Это указывает на то, что при использовании флуоресцентных пленок повышение урожайности баклажана, связанное с увеличением количества, а не размера плодов, достигается не столько поглощением части УФ излучения (уменьшения его интенсивности) пленками, сколько их люминесцентным излучением.

Для растений *Solanum melongena*, как и для растений томата и перца овощного, также выявили некоторые общие закономерности жизнедеятельности под флуоресцентными пленками. Первое, для опытных растений баклажана относительно контроля отметили интенсивное развитие зеленой массы (стебля и листьев) и формирование репродуктивных органов, не связанное с изменением уровня фотосинтетических пигментов. Начало цветения опытных растений по сравнению с контрольными происходит раньше на 7–10 сут, начало плодоношения – на 3–3.5 нед.

Второе, под флуоресцентной пленкой у опытных растений баклажана относительно контроля повышение продуктивности сопровождалось весь период плодоношения. У баклажана, как и у перца овощного, под флуоресцентными пленками выявили два пика увеличения продуктивности – начало плодоношения (3–4 недели) и окончание плодоношения (конец августа), при этом отметили удлинение сроков вегетации растений в опыте по отношению к контролю на 10–14 дней.

**Заключение.** Для растений семейства Solanaceae под флуоресцентными пленками установили видовую и сортовую особенности роста, развития и плодоношения, что связано с их морфогенетической индивидуальностью. Относительно контроля для всех исследуемых видов и сортов растений семейства Пасленовые установлен ряд общих закономерностей изменения жизнедеятельности под флуоресцентными пленками – интенсивное развитие репродуктивных органов, сопровождающееся формированием плодов лучшего качества, и удлинение сроков вегетации растений в среднем на 14 сут.

### Список литературы

1. Клешнин А. Ф. Роль света в жизни растений. М.: Знание, 1955. 32 с.
2. Розен Р. Принципы оптимальности в биологии. М.: Мир, 1969. 116 с.
3. Шульгин И. А. Растение и солнце. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 252 с.
4. Тооминг Х. Г. Экологические принципы максимальной продуктивности. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 264 с.
5. Devlin P. F., Christie J. M., Terry M. J. Many hands make light work // J. of Experimental Botany. 2007. Vol. 58 (12). P. 3071–3077.
6. Щелоков Р. Н. Полисветаны и полисветановый эффект // Изв. АН СССР. 1986. № 10. С. 50–55.
7. Kusnetsov S. I., Lepianin S. V., Murinov U. I., Tshelokov R. N., Karasyov V. E., Tolstikov G. A. «Polisvetan», a high performance material for cladding greenhouses // Plasticulture. 1989. № 3. Vol. 83. P. 13–20.
8. Карасев В. Е. Полисветаны – новые полимерные светотрансформирующие материалы для сельского хозяйства // Вестн. Дальневост. отд-я РАН. 1995. № 2. С. 66–73.
9. Минич А. С. Физико-химические свойства систем полиэтилен: люминофор на основе аддуктов редкоземельных элементов: дис. ... канд. хим. наук. Томск, 1995. 211 с.
10. Райда В. С., Толстиков Г. А. Проблемы и перспективы использования и применения фотолуминесцентных полимерных пленок // Мир теплиц. 2001. № 7. С. 62–64.
11. Ivanitskiy A. E., Raida V. S., Ivlev G. A. Research of properties of photoluminescent films at excitation by a solar radiation // Вестн. Томского гос. пед. ун-та (Tomsk State Pedagogical University Bulletin). 2011. Issue 8 (110). P. 119–124.

12. Толстикова Г. А. Полисветан – фоторедуцирующие полимерные материалы для покрытия вегетационных сооружений // Светокорректирующие пленки для сельского хозяйства / под. ред. В. С. Райды. Томск: Изд-во «Спектр» Института оптики атмосферы СО РАН, 1998. С. 3–4.
13. Головацкая И. Ф., Райда В. С., Лещук Р. И., Карначук Р. А., Минич А. С., Большакова М. А., Приходько С. А. и др. Физиолого-биохимические особенности роста и продуктивности овощных культур при выращивании под светокорректирующими пленками // Сельскохозяйственная биология. 2002. № 5. С. 47–51.
14. Минич А. С., Минич И. Б., Зеленьчукова Н. С. и др. Особенности роста растений и продуктивность у гибридов огурца при выращивании под фотолюминесцентной и гидрофильной пленками // Там же. 2010. № 1. С. 81–85.
15. Минич А. С. Экологические и морфо-физиологические особенности продуктивности растений под флуоресцентными пленками: дис. ... докт. биол. наук. Томск, 2011. 325 с.
16. Патент 2059999 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> C08L 23/02, C08K 5/00. Полимерная композиция для светотрансформирующего полимерного материала / Р. Н. Щелоков, Н. П. Социн, Л. Н. Зорина и др.; заявитель и патентообладатель Р. Н. Щелоков, Л. Р. Браткова. – опубл. 10.07.96. Бюл. № 19. 12 с.
17. Патент №2435363 C1 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> A01G 9/22, C08J 5/18, C09K 5/00. Светокорректирующая полимерная пленка и композиция для ее получения / И. Г. Климов, Э. А. Майер, А. С. Минич и др.; заявитель и патентообладатель ООО «Томскнефтехим». – опубл. 10.12.11. Бюл. № 34. 8 с.
18. Ермаков А. И., Арасимович И. Б. Методы биохимического исследования растений. Л.: Колос, 1972. 456 с.
19. Шлык А. А. Биосинтез хлорофилла и формирование фотосинтетических систем // Теоретические основы фотосинтетической продуктивности: сб. М.: Наука, 1972. 460 с.
20. Минич А. С., Райда В. С., Майер Р. А. Светокорректирующие теплоудерживающие пленки для выращивания сельскохозяйственных культур в условиях закрытого грунта // Тез. докл. науч.-практ. конф. «Химия в интересах успешного развития региона». Иркутск, 1998 а. С. 36–37.
21. Фотохимия и электронная архитектура комплексных соединений р- и f-элементов – молекулярно-энергетических антенн светорегулирующих материалов: отчет о НИР (заключительный) / Институт химии нефти СО РАН; коорд. Г. А. Толстикова; испол.: В. С. Райда и др. Томск, 2005. 173 с.
22. Kittas C., Tchamitchian M., Katsoulas N. et al. Effect of two UV-absorbing greenhouse-covering films on growth and yield of an eggplant soilless crop // Scientia Horticulturae. 2006. Vol. 110. P. 30–37.

Минич А. С., доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры.

**Томский государственный педагогический университет.**

Ул. Киевская, 60, Томск, Россия, 634061.

E-mail: minich@tspu.edu.ru

Минич И. Б., кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры.

**Томский государственный педагогический университет.**

Ул. Киевская, 60, Томск, Россия, 634061.

E-mail: minich@tspu.edu.ru

Пермякова Н. Л., магистрант.

**Томский государственный педагогический университет.**

Ул. Киевская, 60, Томск, Россия, 634061.

E-mail: bhf@tspu.edu.ru

*Материал поступил в редакцию 15.05.2012.*

*A. S. Minich, I. B. Minich, N. L. Permyakova*

**PRODUCTIVITY OF DIFFERENT PLANTS SPECIES AND VARIETIES OF FAMILY SOLANACEAE  
UNDER FLUORESCENT FILMS**

Change of plants productivity of family Solanaceae in the conditions of protected cultivation under fluorescent polyethylene films was studied. A number of general laws of plants productivity change of different varieties of *Lycopersicon esculentum*, *Capsicum annuum* and *Solanum melongena* was revealed. It has been found experimentally that increase of their productivity under fluorescent films is connected with intensive reproductive organs development, accompanied by formation of better quality fruits, and increase of plants vegetation at the average by 14 days.

**Key words:** *protected cultivation, fluorescent film, family Solanaceae, productivity.*

Minich A. S.

**Tomsk State Pedagogical University.**

Ul. Kievskaya, 60, Tomsk, Russia, 634061.

E-mail: minich@tspu.edu.ru

Minich I. B.

**Tomsk State Pedagogical University.**

Ul. Kievskaya, 60, Tomsk, Russia, 634061.

E-mail: minich@tspu.edu.ru

Permyakova N. L.

**Tomsk State Pedagogical University.**

Ul. Kievskaya, 60, Tomsk, Russia, 634061.

E-mail: bhf@tspu.edu.ru