

## Особенности жизнедеятельности растений земляники при длительном укрытии нетканым материалом

О.Н. Будаговская, И.И. Козлова

ФГБНУ "Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина", г. Мичуринск, Тамбовская область, Российская Федерация

*Исследованы особенности жизнедеятельности двух сортов земляники Эльсанта и Вима Ксима при длительном укрытии растений материалом "Спанбонд" белого и желтого цвета плотностью 17 г/м<sup>2</sup> в условиях умеренно континентального климата Центрально-Черноземного региона РФ. В процессе вегетации 2015-2016 гг. определяли освещенность, температуру почвы и воздуха, а также сухой вес, площадь листьев, максимальный  $F_m$  и стационарный  $F_T$  уровень флуоресценции, показатель фотосинтетической активности  $Y = (F_m - F_T)/F_m$ . Для обоих сортов характерно снижение параметра  $Y$  листьев земляники на 16-22% под белым материалом, особенно в период активной вегетации (июль – первая декада августа), и менее выраженное – под желтым (3-9%). Показано, что такая реакция обусловлена оптическими свойствами укрытий, поскольку у желтого материала коэффициент пропускания на 7,2% выше в красной области спектра и на 13,8% ниже – в синей области спектра по сравнению с белым материалом. При разработке новых агротехнологий и правильной интерпретации получаемых результатов с применением нетканых полипропиленовых укрытий «Спанбонд», особенно для длительной эксплуатации, необходим контроль и учет не только экранирующих, но и спектральных характеристик материала.*

**Ключевые слова:** земляника садовая, фотосинтетическая активность, нетканый полипропиленовый материал, светопропускание, область ФАР

Укрывные и мульчирующие материалы различного цвета и толщины широко используются при выращивании овощных и ягодных сельскохозяйственных культур для мульчирования почвы и укрытия насаждений [1, 2, 3]. Они способствуют оптимизации гидротермического режима, ограничивают рост сорных растений, обеспечивают защиту от низких температур, вредителей и грибных болезней, повышают продуктивность. В то же время укрывной материал играет роль светофильтра, модифицирующего интенсивность и спектральный состав солнечной радиации, что может вызвать специфические изменения фотосинтетической деятельности растений. Известно, что растения земляники сильно реагируют на изменение температурного и светового режима, вплоть до значительного сокращения прироста биомассы [4]. Несмотря на высокую перспективность использования укрывных материалов «Спанбонд» при разработке управляемых технологических систем возделывания земляники, в России данный вопрос изучен недостаточно полно.

**Цель исследований** – изучение особенностей жизнедеятельности растений земляники при длительном укрытии нетканым полипропиленовым материалом в условиях открытого грунта умеренно континентального климата Центрально-Черноземного региона РФ.

**Материал и методы.** Исследования проводили в 2015-2016 гг. на экспериментальных участках ФГБНУ Федерального научного Центра имени И.В. Мичурина (г. Мичуринск,

Тамбовская обл.) с растениями земляники (*Fragaria × ananassa* Duch.) двух сортов – Эльсанта и Вима Ксима. Сорта отличаются сроками созревания (средним и поздним соответственно), анатомо-морфологическими признаками (скоростью роста, цветом листьев и интенсивностью их опушения), разной устойчивостью к мучнистой росе и засухоустойчивостью.

Растения земляники располагались на грядах, замульчированных чёрной плёнкой. Почва на опытном участке характеризуется как чернозём обыкновенный, сильно выщелоченный суглинистый, тяжёлого гранулометрического состава. Полив и питание насаждений осуществляли с помощью капельных линий "Гидролайф" и специального оборудования для фертигации.

Погодные условия в целом складывались благоприятно для роста и плодоношения земляники, но имели отклонения от средне-многолетних значений по гидротермическому режиму в годы исследований. Так, в 2015 году более высокие среднемесячные температуры отмечены в июне – сентябре на +1...+8,6°C на фоне недостаточного выпадения осадков в течение вегетационного сезона, за исключением 3 декады июня и 2 декады июля (183 и 6,7% от месячной нормы (м.н.) соответственно). Температурный режим воздуха за этот же период в 2016 году отличался более высокими значениями, чем среднемесячные (+1,2...+4,2°C) на фоне избыточного увлажнения в апреле (47% от м.н.) – августе (200% от м.н.).

В опытах использовали полипропиленовый нетканый материал "Спанбонд" плотностью 17 г/м<sup>2</sup> белого и желтого цветов (Котовский завод нетканых материалов). Фотометрирование материала и оценку его светопропускной способности осуществляли с помощью люксметра Ю-115 (Россия) и портативного специализированного фотометра [5]. Фотометр представляет собой трехканальный измеритель коэффициентов пропускания тонких объектов (толщиной до 1,5 мм) в красной K<sub>R</sub> (640±18 нм), зеленой K<sub>G</sub> (550±16 нм) и синей K<sub>B</sub> (470±16 нм) областях спектра ФАР.

Насаждения земляники укрывали во второй декаде июня, когда закончилось плодоношение, с тем чтобы процесс сбора урожая не мог нарушить создавшие световой режим и микроклимат под укрытиями. О реакции растений на укрывной материал судили по изменению (относительно контроля) следующих показателей: площадь листьев на одно растение, накопление сухой биомассы листьев, относительное содержание хлорофилла, фотосинтетическая активность. Помимо этого, в 8 и 14 часов дня определяли температуру почвы (на глубине 15 см) и воздуха (на уровне корневой шейки) с помощью электронных термометров ПТ-180 и КТ-400.

В 2015 году растения были укрыты 2 месяца с середины июля, а в 2016 – 3 месяца. Параметры медленной индукции флуоресценции хлорофилла в 2015 году определяли однократно 14 августа в конце срока укрытия (через 56 дней), а в 2016 году – до укрытия и далее через 55, 73 и 87 дней пребывания под укрытием, что соответствовало следующим календарным датам: 17.06; 12.08; 30.08 и 13.09.

Определение площади листьев и сухой биомассы проводили весовым методом [6]. Фотосинтетическую активность листьев земляники оценивали по параметрам медленной индукции флуоресценции хлорофилла *a* (МИФ) – с помощью портативного хлорофилл-флуорометра LPT-3K (Россия) [7]. Флуоресценцию хлорофилла измеряли после 30-минутной темновой адаптации листьев. Регистрировали максимальный (F<sub>m</sub>) и стационарный (F<sub>T</sub>) уровни флуоресценции и рассчитывали показатель фотосинтетической активности Y [8, 9]:  $Y = (F_m - F_T)/F_m$ .

В каждом варианте опыта использовали от 6 до 15 растений. В таблицах и графиках представлены средние арифметические значения и их стандартные ошибки. Достоверность различий оценивали по критерию Стьюдента для P<0,05.

**Результаты и их обсуждение.** Длительное укрытие растений земляники тонким нетканым полипропиленовым материалом приводило к снижению фотосинтетической активности, регистрируемой по параметрам МИФ листьев на 6,7...22% (рис. 1). На белый материал отрицательная реакция фотосинтетического аппарата была более выражена, нежели чем на желтый, и эта тенденция наблюдалась и в 2015, и в 2016 гг., причем она характерна для обоих сортов.

Так, например, через 55 дней пребывания растений сорта Эльсанта в 2015 году под желтым и белым укрывным материалом значения параметра Y составили 0,674 и 0,595 отн. ед. соответственно, тогда как у контрольных растений (без укрытия) отмечали достаточно высокие значения данного параметра – на уровне 0,748 отн.ед. При этом различия между вариантами «контроль – белый материал» находятся на высоком уровне статистической значимости (вероятность О-гипотезы P<sub>Ho</sub><0,0001), а между вариантами «контроль – желтый материал» – чуть выше стандартного уровня значимости – P<sub>Ho</sub> = 0,055. Аналогично реагирует на укрытие белым и желтым укрывным материалом и сорт Вима Ксима: получена статистически достоверная разница с контролем (в сторону снижения активности ФС-2) у варианта укрытия белым материалом и малодостоверная – желтым. Следует отметить, что величина показателя фотосинтетической активности (Y) соотносится со скоростью фиксации углекислого газа на единицу хлорофилла [9] и является очень чувствительным индикатором состояния фотосистемы-2. В зависимости от климатических и агротехнических условий выращивания, а также генетических и сортовых особенностей он может варьировать в довольно широком диапазоне. Для большинства культурных растений с C<sub>3</sub> типом фотосинтеза при благоприятных условиях культивирования Y ≥ 0,7 отн. ед., и по снижению этого показателя можно судить о степени ингибирования или повреждения фотосинтетического аппарата [8, 9].

В 2016 году участки вновь были укрыты полипропиленовым материалом, но на более длительный срок, перед укрытием определяли исходное состояние растений, с тем чтобы исключить случайную флуктуацию данных. Исходный уровень параметров МИФ, отражающих активность ФС-2 всех вариантов сорта Эльсанта был практически одинаковым, что подтверждается высокой вероятностью О-гипотезы (более 0,5). Варьирование данного

параметра у сорта Вима Ксима было хоть и несколько выше, но недостоверно ( $P_{Ho} > 0,05$ ), что позволяет утверждать, что перед проведением опыта стартовое состояние фотосинтетической активности растений всех сортов и вариантов

было практически однородным. Это же утверждение справедливо и для параметра Fm (максимальный уровень флуоресценции), для которого характерны еще меньшие различия между вариантами ( $P_{Ho} > 0,38$ ).

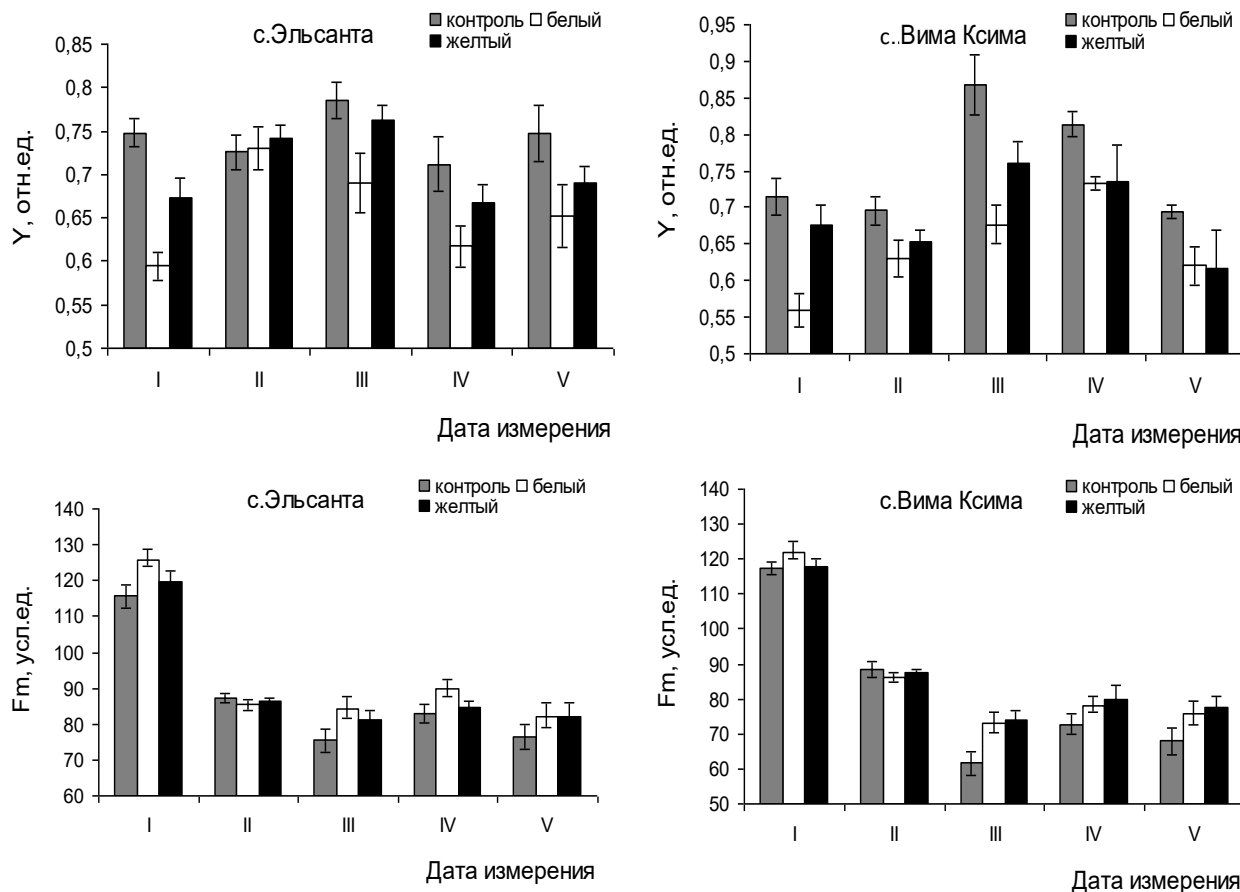


Рис. 1. Изменение показателей Y и Fm листьев растений земляники в зависимости от длительности укрытия и даты измерения: I – 14.08.2015 (56 дней); II – 17.06.2016 (до укрытия); III – 12.08.2016 (55 дней); IV – 30.08.2016 (73 дня); V – 13.09.2016 (87 дней)

Через 55 дней пребывания под укрытиями ситуация существенно изменилась: фотосинтетическая активность растений под белым материалом достоверно упала по отношению к контролю ( $P_{Ho} = 0,0042$  для сорта Эльсанта и  $P_{Ho} = 0,04$  для сорта Вима Ксима). Если у контрольных растений за период с середины июня до середины августа фотосинтетическая активность повышалась (у сорта Эльсанта – на 8,4% и у сорта Вима Ксима – 24,3%), то у растений, находящихся под белым укрывным материалом этот процесс менее выражен.

Анализ изменения фотосинтетической функции растений под желтым материалом позволил выявить следующую особенность – она также уменьшается по отношению к контролю, но в меньшей степени, чем в варианте укрытия белым нетканым материалом и, как правило, недостоверно ( $P_{Ho} > 0,05$ ).

Следует также отметить тенденцию к повышению параметра Fm в вариантах с укрытием относительно контроля – от 3,2 до 26%. Прирост максимального уровня флуоресценции (Fm) не всегда имеет высокую достоверность, но характерен для обоих сортов и особенно значимо проявляется в фазу активной вегетации. Возможно, это результат включения известного компенсаторного механизма увеличения содержания хлорофилла при недостаточной освещенности [10].

Характер изменения площади листьев и накопления сухих веществ в них, которые являются морфофизиологическими критериями фотосинтетических процессов, оказался более сложный и имеет сортовую специфику. Для сорта Вима Ксима характерно отсутствие значимых различий по площади листьев и содер-

жанию сухого вещества в вариантах укрытия нетканым материалом по сравнению с контролем через 55 дней укрытия (рис. 2). Более длительное пребывание под нетканым материалом приводит к приросту площади листьев и сухого вещества, которое сохраняется и через 30 дней

после снятия укрытия. У сорта Эльсанта в фазу активной вегетации накопление сухих веществ и прирост площади листьев были более интенсивными у контрольных растений и только через 30-40 дней после снятия укрытия эти показатели выходили на один уровень.

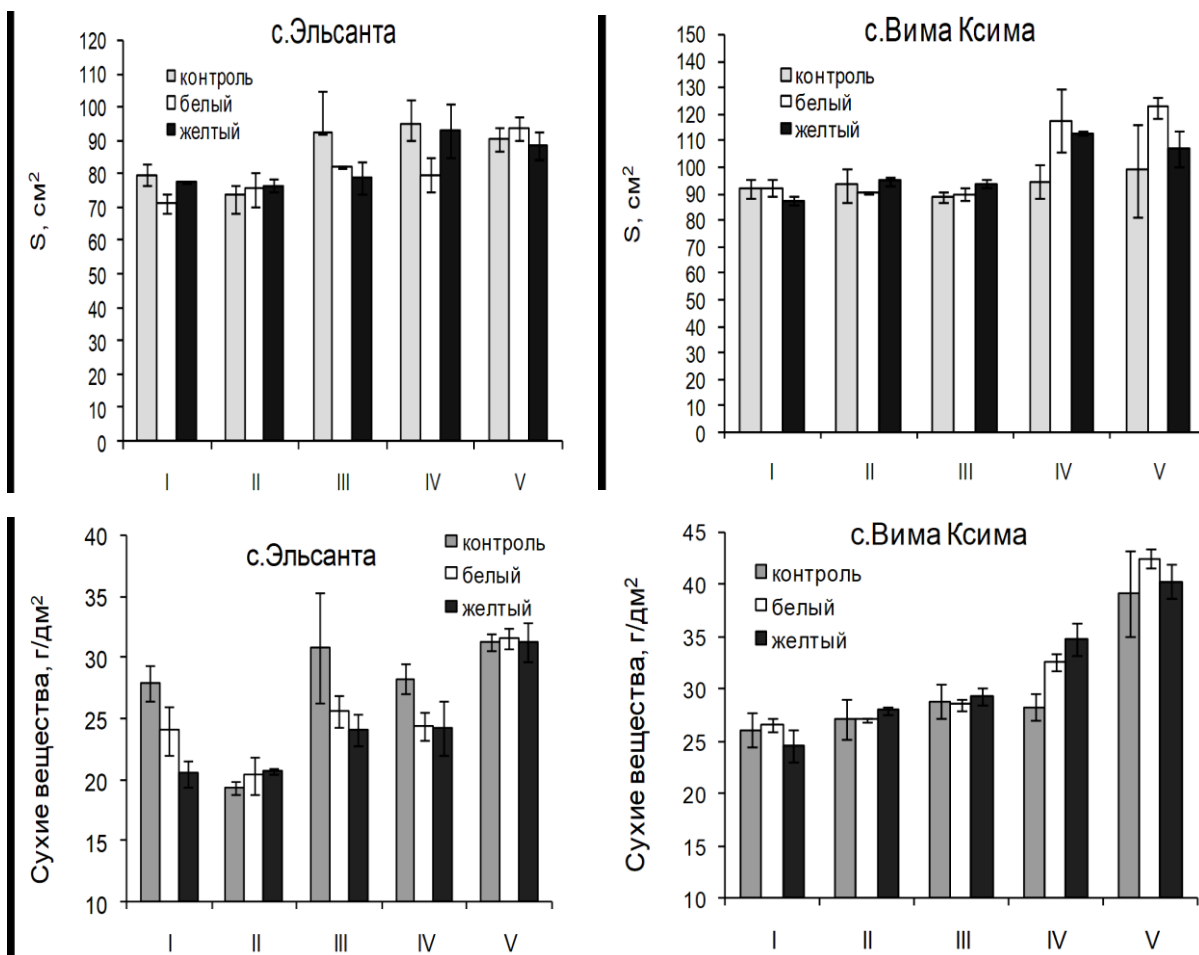


Рис. 2. Площадь листьев земляники на одно растение (S) и содержание сухого вещества в них в зависимости от длительности укрытия и даты измерения: I – 14.08.2015 (56 дней укрытия); II – 24.09.2015 (40 дней после снятия укрытия); III – 12.08.2016 (55 дней укрытия); IV – 14.09.2016 (87 дней укрытия); V – 14.10.2016 (30 дней после снятия укрытия).

Анализ параметров МИФ позволяет утверждать, что влияние желтого и белого материала "Спанбонд" на фотосинтетическую активность растений земляники существенно различается, и представляет интерес выявить причины этого отличия. Обсудим следующие варианты: изменение температурного режима, освещенности и спектрального состава светового потока, падающего на растения под укрытиями.

Установлено, что общее ослабление светового потока укрытиями для белого материала составило 9,8%, для желтого – 14,3%. Поэтому снижение фотосинтетической активности ли-

стьев земляники (более чем на 10%) в вариантах с укрывным материалом по сравнению с контрольными вполне закономерно и объясняется этим небольшим, но постоянным экранированием солнечного излучения в течение длительного времени.

Земляника относится к светолюбивой культуре, для ее нормального роста и развития необходимы уровни освещенности в диапазоне от 250 до 300 Вт/м<sup>2</sup> (~500-600 мкМ·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>) ФАР в течение 12-16 часов, с тем чтобы набрать необходимый минимум 10-12 Моля квантов/м<sup>2</sup> в сутки. Точка светового насыщения фотосинтеза земляники садовой при оп-

тимальных температурах и концентрации  $\text{CO}_2$  составляет  $1000-1400 \text{ мкМ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  ( $\sim 495-690 \text{ Вт/м}^2$ ) [11]. В средних широтах такая освещенность бывает только в солнечные и малооблачные дни. В период наблюдений общее число пасмурных дней составило более 40% в 2015 и более 46% в 2016 г. Таким образом, даже контрольные растения испытывали дефицит света, который усугубился в опытных вариантах с укрытием полипропиленовым нетканым материалом. Тем не менее, остается нерешенным вопрос, почему активность фотосинтетического аппарата земляники под жел-

тым материалом достоверно выше, чем под белым, несмотря на то, что он в большей степени экранирует свет?

Температура почвы и воздуха под белым материалом, как правило, незначительно больше, чем под желтым, и поэтому фактор температуры не может играть решающую роль в решении данной проблемы (табл. 1). Следует также уточнить, что укрытия сглаживают перепады температуры, но ни в 2015, ни в 2016 годах за период наблюдений температура и в опыте, и в контроле не выходила за рамки физиологически активных.

Таблица 1

**Суммарные температуры воздуха и почвы по результатам 30 измерений в 8 утра в период с 22.06 по 18.08, °C**

Материал укрытия (цвет)	2015 г.		2016 г.	
	воздух	почва	воздух	почва
Сорт Эльсанта				
Белый	644,7	638,5	697,2	672,9
Желтый	634,6	621,8	687,3	685,9
Сорт Вима Ксима				
Белый	645,6	630,8	675,9	667,1
Желтый	640,9	631,6	655,9	668,6

Таким образом, общий уровень освещенности под материалами, температура воздуха и почвы не могут быть причиной более благоприятной реакции фотосинтезирующего аппарата листьев растений земляники на материал желтого цвета. Источник расхождений следует

искать в различных спектральных свойствах материала, так как у желтого полипропиленового материала коэффициент пропускания на 7,2% выше в красной области спектра и на 13,8% ниже – в синей области спектра по сравнению с белым материалом (табл. 2).

Таблица 2

**Коэффициент пропускания полипропиленового укрывного материала в области ФАР, %**

Цвет и плотность укрывного материала	$K_R$ (красный)	$K_G$ (зеленый)	$K_B$ (синий)
Желтый, $17 \text{ г/м}^2$	$93,5 \pm 1,04$	$88,0 \pm 1,08$	$76,5 \pm 1,66$
Белый, $17 \text{ г/м}^2$	$87,25 \pm 0,75$	$86,0 \pm 0,91$	$88,75 \pm 0,48$

По своим спектральным свойствам желтый материал более близок к идеальному соотношению спектрального состава света для фотосинтеза высших растений. Принято, что для эффективной работы хлоропластов является такая пропорция спектра ФАР, которая соответствует спектру поглощения интактного листа. Известно несколько общепринятых версий оптимального спектра ФАР с общей оценкой соотношения доли красных, зеленых и синих квантов примерно как 10: 3-4: 6-7 соответственно [12, 13]. Солнечный свет имеет далеко не

оптимальные пропорции спектра ФАР [13], которые белый материал не меняет, а желтый несколько «корректирует». Именно поэтому, даже в условиях общего снижения интенсивности света, желтый материал обеспечивает «поддержание» фотосинтетической активности листьев практически на контрольном уровне. Листья растений земляники под желтым нетканым материалом получали большее количество квантов света в оранжево-красной части спектра, которые играют важную роль в светоиндуцированном изменении активности фитохро-

мов, скорости синтеза ферментов и эндогенных гормонов [14]. Известно, что красный свет индуцирует переход фитохрома *B* в физиологически активную форму, которая поддерживает структуру и активность хлоропластов во время старения листьев, а также предохраняет хлорофилл от деградации [13, 14, 15].

**Выводы.** В условиях умеренно континентального климата Центрально-Черноземного региона РФ длительное (более 50 дней) укрытие вегетирующих растений земляники сортов Эльсанта и Вима Ксима укрывным материалом типа "Спанбонд" плотностью 17 г/м<sup>2</sup> вызывает специфические изменения жизнедеятельности. Для обоих сортов характерно снижение показателя фотосинтетической активности листьев на 16-22% под белым материалом, особенно в период активной вегетации (июль-первая декада августа), и менее выраженное – под желтым (3-9%). Показано, что такая реакция обусловлена оптическими свойствами укрытий, поскольку у желтого материала коэффициент пропускания на 7,2% выше в красной области спектра и на 13,8% ниже – в синей области спектра по сравнению с белым. При выборе типа материала, как средства обеспечения оптимального гидро-термического режима или для защиты растений от вредителей, необходимо учитывать и экранирующие и спектральные свойства укрытия. В тех случаях, когда предполагается работа в условиях повышенной солнечной инсоляции, при интенсивностях ФАР, близких к точке насыщения или выше нее, решающим является выбор плотности материала, с тем чтобы он обеспечил достаточную степень затенения и защиту фотосинтезирующего аппарата от фотоингибирования. Когда вегетация растений происходит в условиях дефицита света, необходимо выбирать укрывные материалы минимальной плотности и со спектральной характеристикой, максимально близкой к оптимальному спектру ФАР.

#### Список литературы

1. Gimenez C., Otto R.F., Castilla N. Productivity of leaf and root vegetable crops under direct cover // *Scientia Horticulturae*. 2002. Vol. 94. №1/2. P. 1-11.
2. Wadas W., Kosterna E. Effect of perforated foil and polypropylene fibre covers on development of

early potato cultivars // *Plant, Soil and Environment*. 2007. Vol.53. №3. P. 136-141.

3. Kozlova I. Influence of polypropylene colored covering material on resistance to low and high temperature stressors the uterine plantings of strawberries // *Russian Journal of Horticulture*. 2015. Vol.2. № 1. P. 19-28.

4. Wright C.J., Sandrang A.K. Efficiency of light utilization in the strawberry (*Fragaria x ananassa*) // *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 1995. Vol.70. №5. P. 705-711.

5. Будаговская О.Н., Козлова И.И., Гончаров С.А. Простое устройство для экспресс-оценки светопропускной способности укрывных материалов в области фотосинтетической активной радиации. Полезная модель РФ №156626 // *Изобретения, полезные модели*. 2015. №31. С. 1-8.

6. Овсянников А.С., Жидёхина Т.В., Скрипникова М.К. Оценка фотосинтетической деятельности плодовых, ягодных и нетрадиционных культур в связи с формированием урожая. Воронеж: Кварт, 2010. 52 с.

7. Будаговский А.В., Будаговская О.Н., Будаговский И.А. Парадоксы оптических свойств зеленых клеток и их практическое применение // *Фотоника*. 2010. №6. С. 22-28.

8. Maxwell K., Johnson G.N. Chlorophyll fluorescence - a practical guide // *Journal of Experimental Botany*. 2000. Vol.51. P. 659-668.

9. Веселовский В.А., Веселова Т.В. Люминесценция растений. Теоретические и прикладные аспекты. М.: Наука, 1990. 200 с.

10. Тютерева Е.В., Войцеховская О.В. Реакции лишнего хлорофилла *b* мутанта ячменя *chlorina 3613* на пролонгированное снижение освещенности. I. Динамика содержания хлорофиллов, роста и продуктивности // *Физиология растений*. 2011. Т. 58. №1. С. 3-11.

11. Miyazawa Y., Hikosaka S., Goto E., Aoki T., Effects of light conditions and air temperature on the growth of everbearing strawberry during the vegetative stage // *Acta Horticulturae*. 2009. Vol.842. P. 817-820.

12. Протасова Н.Н. Светокультура как способ выявления потенциальной продуктивности растений // *Физиология растений*. 1987. Т.34. №4. С.812-822.

13. Hart, J.W. Light and plant growth. London: Unwin Hyman, 1988. 206 p.

14. Kosobryukhov A.A., Kreslavski V.D., Khramov R. N., Bratkova L.R., Shchelokov R.N. Effect of additional low intensity luminescence radiation 625 nm on plant growth and photosynthesis of plants // *Biotronics*. 2000. №29. P. 1-6.

15. Конев С.В., Волотовский И.Д. Фотобиология. Минск: БГУ, 1979. 377 с.

#### Сведения об авторах:

Будаговская Ольга Николаевна, доктор техн. наук, ведущий научный сотрудник,  
Козлова Ирина Ивановна, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник  
ФГБНУ «Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина», ул. Мичурина, 30, г. Мичуринск, Тамбовская область, Российская Федерация, 393774, e-mail: info@fnc-mich.ru

**Characteristics of vital features of strawberry plants by long-term covering with non-woven material****O.N. Budagovskaya, I.I. Kozlova***FSSI "I.V. Michurin Federal Science Centre", Michurinsk, Tambov Region, Russian Federation*

The vital features of Elsanta and Vima Xima strawberry varieties by long-term covering with white and yellow "Spunbond" fabric of 17 g/m<sup>2</sup> density in the moderate continental climate of the Central Black Earth Region of the Russian Federation were studied. In 2015-2016 during the process of vegetation light intensity, soil and air temperature as well as dry weight, leaf area, maximum  $F_m$  and stationary  $F_T$  fluorescence level, photosynthetic activity index  $Y = (F_m - F_T)/F_m$  were determined. Both varieties are characterized by a decrease in the  $Y$  parameter of strawberry leaves by 16-22% under white material, especially during active vegetation (July - first decade of August), which is less evident under yellow fabric (3-9 %). It is shown that such a reaction is due to the optical properties of the cover, as the yellow material transmission index is 7.2% higher in the red region of the spectrum and 13.8% lower in the blue region of the spectrum as compared to white fabric. By the development of new agricultural technologies and correct interpretation of the received results with the use of non-woven polypropylene cover material "Spunbond", especially for long-term operation, it is necessary to control and take into account not only the shielding but also the spectral characteristics of the material.

**Key words:** garden strawberry, photosynthetic activity, non-woven polypropylene material, light transmission, PAR region

**References**

1. Gimenez C., Otto R.F., Castilla N. Productivity of leaf and root vegetable crops under direct cover. *Scientia Horticulturae*. 2002. Vol.94. no. 1/2. pp. 1-11.
2. Wadas W., Kosterna E. Effect of perforated foil and polypropylene fibre covers on development of early potato cultivars. *Plant, Soil and Environment*. 2007. Vol. 53. no. 3. pp. 136-141.
3. Kozlova I. Influence of polypropylene colored covering material on resistance to low and high temperature stressors the uterine plantings of strawberries. *Russian Journal of Horticulture*. 2015. Vol.2. no. 1. pp. 19-28.
4. Wright C.J., Sandrang A.K. Efficiency of light utilization in the strawberry (*Fragaria x ananassa*). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 1995. Vol.70. no. 5. pp. 705-711.
5. Budagovskaya O.N., Kozlova I.I., Goncharov S.A. *Prostoe ustroystvo dlya ekspress-otsenki svetopropusknoy sposobnosti ukryvnykh materialov v oblasti fotosinteticheskoy aktivnoy radiatsii. Poleznaya model' RF №156626*. [A simple device for rapid assessment of the light transmission capacity of covering materials in the field of photosynthetically active radiation. Useful model of Russian Federation no.156626]. *Izobreteniya, poleznye modeli*. 2015. no.31. C.1-8.
6. Ovsyannikov A.S., Zhidekhina T.V., Skripnikova M.K. *Otsenka fotosinteticheskoy deyatel'nosti plodovykh, yagodnykh i netraditsionnykh kul'tur v svyazi s formirovaniem urozhaya*. [Evaluation of photosynthetic activity of fruit, berry and non-traditional crops in connection with the formation of the crop]. Voronezh: Kvarta, 2010. 52 p.
7. Budagovskiy A.V., Budagovskaya O.N., Budagovskiy I.A. *Paradoxy opticheskikh svoystv zeleznykh kletok i ikh prakticheskoe primeneniye*. [Paradoxes of optical properties of green cells and their practical applications]. *Fotonika*. 2010. no. 6. pp. 22-28.
8. Maxwell K., Johnson G.N. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany*. 2000. Vol.51. pp.659-668.
9. Veselovskiy V.A., Veselova T.V. *Lyuminesentsiya rasteniy. Teoreticheskie i prikladnye aspekty*. [Luminescence of plants. Theoretical and applied aspects]. Moscow: Nauka, 1990. 200 p.
10. Tyutereva E.V., Voytsekhovskaya O.V. *Reaktsii lishennogo khlorofilla b mutanta yachmenya chlorina 3613 na prolongirovannoe snizhenie osveshchennosti. I. Dinamika soderzhaniya khlorofillov, rosta i produktivnosti*. [Responses of chlorophyll b-free 3613 barley mutant to a prolonged decrease in illuminance: 1. Dynamics of chlorophyll content, growth, and productivity]. *Fiziologiya rasteniy*. 2011. Vol. 58. no. 1. pp. 3-11.
11. Miyazawa Y., Hikosaka S., Goto E., Aoki T. Effects of light conditions and air temperature on the growth of everbearing strawberry during the vegetative stage. *Acta Horticulturae*. 2009. Vol. 842. pp. 817-20.
12. Protasova N.N. *Svetokul'tura kak sposob vyyavleniya potentsial'noy produktivnosti rasteniy*. [Light culture as a way to identify the potential productivity of plants]. *Fiziologiya rasteniy*. 1987. Vol.34. no. 4. pp. 812-822.
13. Hart J.W. Light and plant growth. London: Unwin Hyman, 1988. 206 p.
14. Kosobryukhov A.A., Kreslavski V.D., Khramov R.N., Bratkova L.R., Shchelokov R.N. Effect of additional low intensity luminescence radiation 625 nm on plant growth and photosynthesis of plants. *Biotronics*. 2000. no. 29. pp. 1-6.
15. Konev S.V., Volotovskiy I.D. *Fotobiologiya*. [Photobiology]. Minsk: BGU, 1979. 377 p.

**Information about the authors:**

O.N. Budagovskaya, Doctor in Engineering, leading researcher,  
I.I. Kozlova, PhD in Agriculture, leading researcher

Federal State Scientific Institution "I.V. Michurin Federal Scientific Center", 30, Michurin St., Michurinsk, Tambov Region, Russian Federation, 393774, e-mail: info@fnc-mich.ru