

Влияние качества света на содержание фотосинтетических пигментов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) в культуре *in vitro*

Е.П. Мякишева¹, Г.Г. Соколова¹

¹ Алтайский государственный университет (Барнаул, Россия)

The Effect of Light Quality on the Content of Photosynthetic Pigments in Potato (*Solanum tuberosum* L.) *in vitro*

E.P. Myakisheva¹, G.G. Sokolova¹

¹ Altai State University (Barnaul, Russia)

Изучено влияние типа освещения — белого и синего света — на концентрацию фотосинтетических пигментов в листьях картофеля, культивируемых *in vitro*. В качестве объекта исследования использованы сорта картофеля, рекомендованные к выращиванию в Западно-Сибирском регионе: Кузнечанка, Ред Скарлетт, Адретта. Определение концентрации фотосинтетических пигментов хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов проводили с помощью метода спектрофотометрии. Расчет концентраций хлорофиллов *a* и *b* вели по формуле Вернона, расчет концентрации каротиноидов — по формуле Веттштейна. Увеличение синтеза фотосинтетических пигментов свидетельствует о высокой пластичности растений, способствует лучшей адаптации растений при смене условий произрастания. Полученные данные свидетельствуют о сортоспецифической реакции растений на тип освещения. Для сорта Адретта выявлено, что выращивание с использованием в освещении синего света является наилучшим вариантом. Полученные данные могут быть полезны для рекомендаций в подборе типа освещения, обеспечивающего оптимальное развитие растений-регенерантов, и проведения этапа адаптации к нестерильным условиям выращивания.

Ключевые слова: картофель, культура *in vitro*, фотосинтетические пигменты, синий свет, белый свет.

DOI 10.14258/izvasu(2014)3.2-08

Картофель является одной из основных сельскохозяйственных культур, мировое производство которого постоянно увеличивает свои объемы. На сегодняшний день нарастающие объемы производства картофеля требуют качественного посадочного материала. Использование культуры *in vitro* и приемов микроразмножения позволяет получать оздоровленные безвирусные растения, которые являются продуцентами семенных мини-клубней [1, с. 56]. В культуре *in vitro* растения картофеля культивируют в условиях

The influence of the light type — the white and the blue light — on the concentration of photosynthetic pigments in potato leaves cultivated *in vitro* has been investigated. As the objects of research potato varieties, recommended for cultivation in the Western Siberia region were used: Kuznechanka, Red Scarlett, Adretta. The concentration of photosynthetic pigments chlorophylls *a*, *b* and carotenoids was examined using the spectrophotometry method. Calculation of chlorophylls *a* and *b* concentrations was made by the Vernon formula, calculation of carotenoids concentration led by the Wettstein formula. Increased synthesis of photosynthetic pigments indicates a high plasticity of plants that contributes to a better plant adaptation under the different conditions of cultivation. The obtained data indicate sort specific plant responses to the type of lighting variety. It was revealed that growing under the blue light illumination is the best option for the Adretta. The obtained data can be used for recommendations in the lighting type selection, ensuring optimal development of regenerated plants, and providing the adaptation stage to non-sterile conditions.

Key words: potatoes, culture *in vitro*, photosynthetic pigments, blue light, white light.

искусственного освещения. В работах Р.А. Карначук, В.Ю. Дорофеева, Ю.В. Медведева показано, что свет различного спектра регулирует ростовые процессы в растениях картофеля *in vitro* [2, с. 314; 3, с. 239]. Кроме того, пигментный комплекс растений — это сложная и лабильная система, которая чутко реагирует и приспосабливается к изменению условий внешней среды в пределах своей наследственно закрепленной программы. Изучение влияния качества света на ростовые процессы и содержание фотосин-

тетических пигментов является немаловажным фактором и используется для подбора оптимального режима освещения [4, с. 133]. Содержание хлорофиллов и каротиноидов является одним из важнейших биохимических показателей реакции растений на изменения факторов внешней среды — условий освещения и качества света [5, с. 2].

Целью исследования явилось изучение влияния качества света на содержание основных фотосинтетических пигментов (хлорофиллы a , b , каротиноиды (car)), и их соотношение у сортов картофеля в культуре *in vitro*.

Работа проводилась в 2013–2014 гг. на кафедре экологии, биохимии и биотехнологии Алтайского государственного университета. Объектами исследования стали растения-регенеранты сортов картофеля: Адретта (Германия), Кузнечанка (Кемеровский НИИСХ и ВНИИКХ), Ред Скарлетт (Голландия). Данные сорта поддерживались в активно растущем состоянии *in vitro* на агаризованной питательной среде по прописи Мурасиге и Скуга, дополненной α -нафтилуксусной кислотой в концентрации 0,5 мкМ. Длительность пассажа составляла 20–25 дней, растения культивировали при температуре $+24 \pm 1^\circ\text{C}$, фотопериоде 16/8 часов свет/темнота. В качестве экспериментальных источников освещения использовали люминесцентные лампы марок Chamelion и Philips с максимумом излучения в синей области спектра и лампы белого света (контроль). Лампы не нагреваются, поэтому их можно располагать достаточно близко к растениям. Величина излучения лучистой энергии в процессе культивирования картофеля *in vitro* варьировала от 800 лк (синий) до 3000 лк (белый контроль).

Определение содержания фотосинтетических пигментов проводили методом спектрофотометрии, основанном на способности пигментов поглощать лучи определенной длины волны с помощью спектрофотометра Shimadzu-UV-1800. Для измерения готовили вытяжки пигментов из листьев картофеля в 70% спирте. Отбирали листья с хорошо развитых растений-регенерантов в середине дня, когда содержание пигментов в растениях максимальное. Исследуемые листья растений взвешивали, тщательно измельчали, заливали 70% этиловым спиртом и помещали в темное место, для того чтобы исследуемые пигменты не разрушались на свету. Каротиноиды определяли при $\lambda = 440,5$ нм, хлорофилл a — при $\lambda = 665$ нм, хлорофилл b — при $\lambda = 649$ нм. Измерение каждой вытяжки пигментов проводили в десятикратной повторности.

Концентрации хлорофиллов a и b в вытяжке рассчитывали по формуле Вернона [6, с. 13]:

$$Ca \text{ (мг/л)} = 11,63 \cdot D665 - 2,39 \cdot D649;$$

$$Cb \text{ (мг/л)} = 20,11 \cdot D649 - 5,18 \cdot D665,$$

где Ca , Cb — концентрации хлорофиллов a и b , мг/л.

Для определения концентрации каротиноидов (мг/л) в суммарной вытяжке пигментов использовали формулу Веттштейна [6, с. 13; 7, с. 82]:

$$Скар = 4,695 \cdot D440,5 - 0,268 (Ca + b),$$

где $Ca + b$ — суммарное содержание хлорофиллов a , b в растворе, мг/л.

Содержание пигментов в вытяжке определяли в исследуемом материале с учетом объема вытяжки и навески пробы по следующей формуле:

$$A = V \cdot C / (P \cdot 1000),$$

где C — концентрация пигментов, мг/л; V — объем вытяжки, мл; P — навеска растительного материала, г; A — содержание пигмента в растительном материале, мг/г сырой массы.

Обработку данных проводили с использованием пакета программ Microsoft Office Excel. Полученные данные достоверны при $p < 0,05$.

В результате проведенных исследований для сортов картофеля получена информация, свидетельствующая о влиянии качества света на содержание фотосинтетических пигментов (рис. 1–3). Характер изменения концентраций хлорофиллов и каротиноидов в зависимости от типа освещения оказался различным.

Для сорта Адретта при культивировании на синем свете отмечено увеличение концентрации хлорофилла a до 82 мг/г по сравнению с растениями, культивируемыми при белом свете, где концентрация хлорофилла a составила 53,7 мг/г. У сорта Ред Скарлетт концентрация хлорофилла a выше при культивировании на белом свете на 0,9 мг/г, а у сорта Кузнечанка содержание хлорофилла a в зависимости от типа освещения практически не изменяется.

При культивировании растений картофеля на синем свете отмечено увеличение концентрации хлорофилла b до 33,5 мг/г для сорта Адретта и до 32,2 мг/г для сорта Кузнечанка по сравнению с контролем на белом свете, где концентрация хлорофилла b составила 22,5 мг/г (сорт Кузнечанка) и 28 мг/г (сорт Адретта). Для сорта Ред Скарлетт наибольшая концентрация хлорофилла b 31,3 мг/г получена при культивировании растений на контрольном белом свете.

Концентрация каротиноидов у сорта Адретта при культивировании на синем свете — 16,2 мг/г, и у сорта Кузнечанка при культивировании на белом свете — 19,6 мг/г. Для сорта Ред Скарлетт концентрации каротиноидов и при синем, и при белом освещении оказались примерно на одном уровне (17,2 мг/г белый свет, 17,3 мг/г синий свет).

Увеличение синтеза фотосинтетических пигментов у растений картофеля в культуре *in vitro* является благоприятным следствием. Растения, длительно культивируемые *in vitro*, имеют преимущественно гетеротрофный тип питания и необходимые органические вещества получают из питательной среды [8, с. 21].

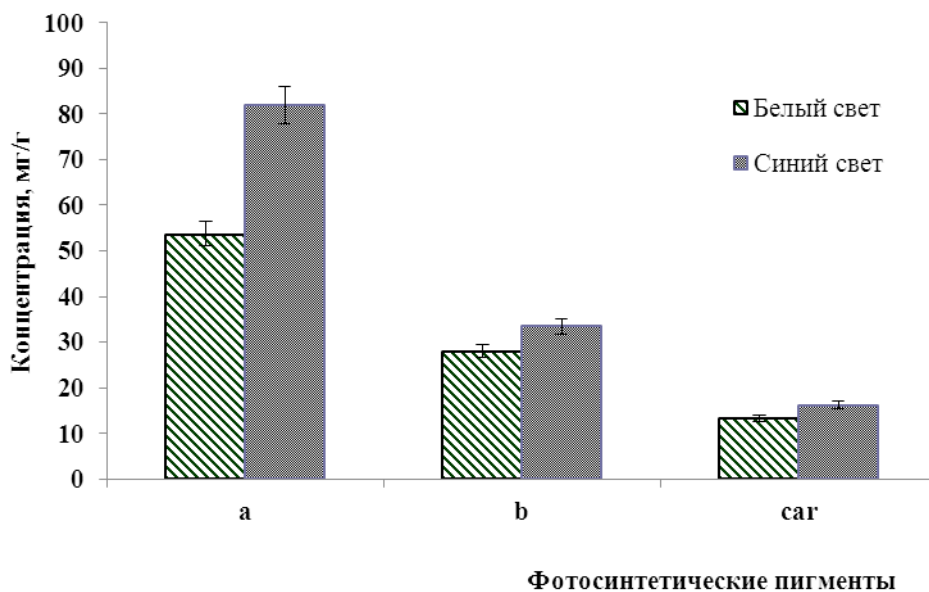


Рис. 1. Влияние качества света на концентрацию фотосинтетических пигментов картофеля сорта Адретта

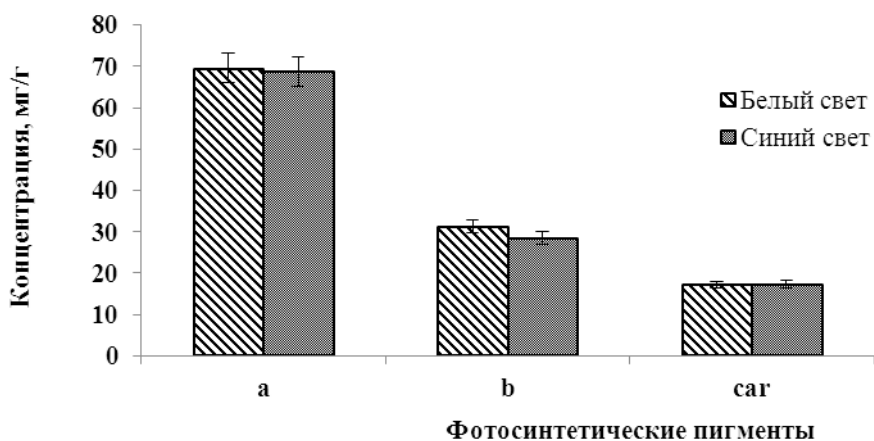


Рис. 2. Влияние качества света на концентрацию фотосинтетических пигментов картофеля сорта Ред Скарлетт

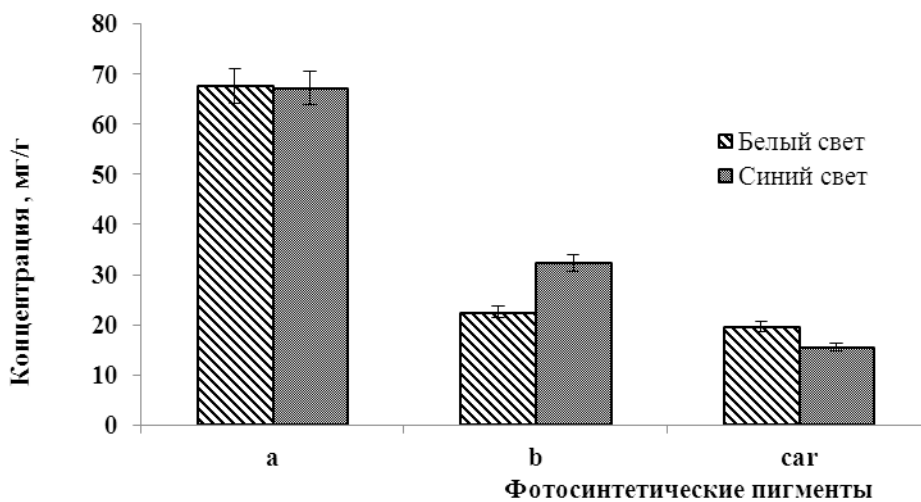


Рис. 3. Влияние качества света на концентрацию фотосинтетических пигментов картофеля сорта Кузнечанка

При адаптации растений к нестерильным условиям выращивания *in vivo* происходит переход на основное автотрофное питание. Высокие концентрации фотосинтетических пигментов в листьях растений обеспечивают достаточно высокую пластичность растений, более быстрый и стабильный переход от гетеро- к автотрофному питанию, растения будут лучше и быстрее адаптироваться к нестерильным условиям выращивания, следовательно меньше растений будет выбраковываться в процессе адаптации.

Хорошо сформированный фотосинтетический аппарат растений-регенерантов обеспечивает активный синтез углеводов, от содержания которых зависит формирование мини-клубней [4, с. 143].

Изменение содержания фотосинтетических пигментов у сортов картофеля при различных типах освещения объясняется и влиянием генотипа, т.е. закреплено в пределах наследственной программы сорта. Так, у картофеля сорта Ред Скарлетт концентрация фотосин-

тетических пигментов в зависимости от качества света не претерпевала серьезных изменений, благодаря которым можно было бы делать вывод о выборе наилучшего типа освещения. У картофеля сорта Адретта при культивировании на синем свете происходило увеличение хлорофиллов *a, b* и каротиноидов, что свидетельствует о целесообразности выращивания растений-регенерантов *in vitro* этого сорта при освещении синим светом. При выращивании растений картофеля сорта Кузнечанка *in vitro* целесообразно применять комбинированное освещение синего и белого света, так как при разных типах освещения в концентрациях фотосинтетических пигментов происходили резкие скачки.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено влияние качества света на количество и концентрацию фотосинтетических пигментов в листьях картофеля в культуре *in vitro*, составлены рекомендации о выборе типа освещения для культивирования и адаптации растений-регенерантов.

Библиографический список

1. Гусева К.Ю., Бородулина И.Д., Мякишева Е.П., Таварткиладзе О.К. Укоренение *in vitro* сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) // Известия Алт. гос. ун-та. — 2013. — №3/1 (79).
2. Карначук Р.А., Дорофеев В.Ю., Медведева Ю.В. Фоторегуляция роста и продуктивности растений картофеля при размножении *in vitro* // VII Съезд общества физиологов растений России. Междунар. конф. «Физиология растений — фундаментальная основа экологии и инновационных биотехнологий». — Н. Новгород, 2011.
3. Дорофеев В.Ю., Медведева Ю.В., Карначук Р.А. Оптимизация светового режима при культивировании оздоровленных растений картофеля *in vitro* с целью повышения продукционного процесса // Материалы VI Москов. междунар. конгресса «Экспо-биохим-технологии». — М., 2011.
4. Головацкая И.Ф., Дорофеев В.Ю., Медведева Ю.В. и др. Оптимизация условий освещения при культивировании *Solanum tuberosum* L. микроклонов сорта Луговской *in vitro* // Вестник Томс. гос. ун-та. — 2013. — №4.
5. Маляровская В.И., Коломиец Т.М., Соколов Р.Н., Самарина Л.С. Влияние спектрального состава света на рост и развитие *Lilium caucasicum* в условиях культуры *in vitro* // Научный журнал КубГАУ. — 2013. — №94 (10).
6. Трифонов С.В. Определение содержания основных пигментов фотосинтетического аппарата в листьях высших растений : методические указания. — Красноярск, 2011.
7. Федотова Ю.К. К вопросу о содержании основных пигментов фотосинтетического аппарата у *Geranium sanguineum* флоры центрального предкавказья // Вестник №1 МГОУ. — 2009. — №20.
8. Астахова Н.В., Дерябин А.Н., Синькевич М.С., Трунова Т.И. Длительное микроклональное размножение растений картофеля изменяет морфометрические характеристики хлоропластов // Материалы II Всеросс. научно-практ. конф. «Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира». — Волгоград, 2010.