

**СПЕКТРЫ ОТРАЖЕНИЯ У ПЛОДОВ ТОМАТА (*Lycopersicon* Tournef.), МАРКИРОВАННЫХ РАЗНЫМИ ГЕНАМИ ОКРАСКИ, И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИИ**Е.Д. ЖУЖА<sup>1</sup>, Д.А. ВЫРОДОВ<sup>1</sup>, А.П. ВЫРОДОВА<sup>2</sup>

Изучали возможность использования спектральных характеристик света, отраженного интактным плодом (спектральные кривые отражения — СКО), для оценки и отбора сортообразцов томата с высоким содержанием пигментов, определяющих окраску плода. В качестве объекта исследований были взяты образцы с контролирующими окраску генами *r*, *t*, *hp*, *gs*, *gf*, *Bmo<sub>B</sub>*, *Bmo<sup>+</sup><sub>B</sub>*, *bmo<sup>+</sup><sub>B</sub>*, находящимися в гомозиготном и гетерозиготном (гибрид F<sub>1</sub>) состоянии, а также стандартный красноплодный сорт Кармин (*bbmo<sup>+</sup><sub>B</sub>bmo<sup>+</sup><sub>B</sub>*). Показано, что в селекции применение метода регистрации и анализа таких СКО как для генотипически различающихся, так и для идентичных по некоторым генам сортов томата, а также гибридов, полученных от скрещивания этих сортов, весьма эффективно. При отсутствии приборов, необходимых для регистрации спектральных кривых отражения, оценку и отбор селекционных форм можно проводить с использованием оптических светофильтров или визуально-фотоэлектрических фотометров.

**Ключевые слова:** томаты, плоды, спектры отражения, пигменты, гены окраски.

**Keywords:** tomatoes, fruits, reflection spectra, pigments, tomato color genes.

Современная селекция выступает в качестве синтетической дисциплины, широко использующей достижения физиологии, биохимии, почвоведения, микробиологии, цитогенетики, экологии и других наук (1). Свое место среди них могут и должны найти эффективные биофизические и физические методы, в частности спектральные, которые основаны на неdestructивном анализе пигментированных объектов по спектрам отражения листьев, плодов, ягод, корнеплодов и др. Наиболее распространенные физико-химические методы определения содержания пигментов требуют их извлечения из плодов полярными или неполярными растворителями (ацетон, спирт, гексан, петролейный эфир и др.) и измерения интенсивности и спектра светопоглощения полученных растворов. Неdestructивному определению содержания пигментов в органах растений посвящено ограниченное число исследований, в результате которых были предложены разные подходы для количественного определения хлорофилла, каротиноидов и антоцианов в плодах и листьях (2-4). Так, согласно теории диффузного отражения, лист представляет собой сложную структуру, элементы которой (кутикула, эпидермис, мезофилл и т.п.) имеют индивидуальные коэффициенты поглощения, преломления и отражения, и между интенсивностью отраженного света и коэффициентами его поглощения пигментами листа имеется связь.

Успешное применение спектроскопии отражения для неdestructивного анализа пигментов требует знания особенностей и динамики спектров пропускания, отражения, оптической плотности органов растений *in vivo*. Для решения этих вопросов в работах М.Н. Мерзляка с соавт. (4) были найдены спектральные полосы с преимущественным поглощением определенных пигментов, в которых отражение чувствительно к содержанию последних; построены модели, связывающие отражение при определенных длинах волн с содержанием пигмента во всем динамическом диапазоне его вариаций; предложен способ, позволяющий отделить вклад хлорофилла в общее отражение при анализе каротиноидов и антоцианов. Для оценки эффективности разрабатываемых методов использовали два следующих критерия: первый — алгоритмы должны обладать высокой селективностью

к содержанию определенного пигмента и минимально зависеть от других пигментов и морфологических особенностей тканей, второй — алгоритмы должны работать на независимо полученных данных.

Определение количества каротиноидов, особенно в тканях и органах растений с высоким содержанием хлорофиллов, сильно затруднено. И все же некоторые из исследователей, использовавших спектрофотометрические методы в селекции (5) или для оценки качества сельскохозяйственной продукции (6, 7), на образцах с низким содержанием или отсутствием хлорофилла достигли положительных результатов. Так, Н.С. Васильчук (5) разработал способ определения степени желтизны крупки и муки у разных форм яровой твердой пшеницы с помощью спектрофотометров по отражению (без использования биохимических методов), что позволило во многих селекционных учреждениях России целенаправленно вести селекцию яровой твердой пшеницы на высокое содержание каротиноидов в зерне более дешевым и производительным методом. В.А. Кубышев и соавт. (6) предложили и применяли на практике регистрацию степени зрелости зерна пшеницы, семян петрушки и плодов лимона по спектральным кривым отражения (СКО). А.Е. Watada с соавт. (7) определяли содержание каротиноидов в плодах томата по СКО. Однако процедура оценки количества пигментов была довольно сложной, трудоемкой, требовала соответствующих математических расчетов для построения калибровочных графиков. Кроме того, большая погрешность метода не позволила авторам рекомендовать его для определения содержания пигментов, в частности  $\beta$ -каротина и ликопина, в плодах томата.

У растений томата окраска относится к важным показателям качества и биологической ценности как собственно плодов, так и продуктов их переработки. Она обусловлена наличием пигментов (хлорофиллов, каротиноидов и ксантофиллов), количество которых у разных генотипов изменяется в широком диапазоне (8, 9). Поэтому к основным задачам селекции томата на качество относится создание сортообразцов с высоким накоплением биологически важных пигментов в плодах. Содержание биологически ценных компонентов в репродуктивных органах растений (плодах, ягодах, зерне и т.д.) обычно представляет собой полигенный количественный признак. Это, в частности, справедливо в отношении хлорофиллов, каротиноидов, антоцианов в плодах овощных растений (например, в перцах, баклажанах, томатах). Для эффективного использования спектрометрических методов при получении сортов и гибридов с заданным содержанием пигментов в плодах необходимо оценить корреляции или, что предпочтительнее, функциональную зависимость между этим показателем и оптическими характеристиками плодов у разных генотипов, в том числе у родительских форм, используемых при гибридизации.

Многие имеющиеся в коллекциях образцы с генами, влияющими на окраску плода, уже детально изучены (10-12). Определены особенности проявления признака, контролируемого маркерным геном, частично изучен биохимический состав плодов (13). Однако данные о спектральных характеристиках плодов и вегетативных частей растения у генотипов с различными маркерными генами в доступной нам специальной литературе отсутствуют.

Цель нашей работы заключалась в том, чтобы продемонстрировать целесообразность использования визуально-фотометрических высокопроизводительных экспресс-методов оценки и отбора форм томата с повышенным содержанием каротиноидов в плодах при селекционно-генетических исследованиях.

**Методика.** В качестве модельных объектов и родительских форм при скрещивании использовали образцы томата из коллекции Молдавского НИИ орошаемого земледелия и овощеводства (МНИИОЗиО, г. Тирасполь) (10-11) с разной окраской плодов, контролируемой рецессивными генами *r*, *t*, *gs*, *hp*, *gf*, *mo<sub>B</sub>* и доминантным геном *B* в гомозиготном состоянии (Мо 70 — *rr*, Мо 120 — *tt*, Мо 48 — *BBmo<sub>B</sub><sup>+</sup>mo<sub>B</sub><sup>+</sup>*, сорт Каробета и маркированный образец Мо 49 — *BBmo<sub>B</sub>mo<sub>B</sub>*, Мо 112 — *hphp*, Мо 460 — *gsgs*, Мо 113 — *gfgf*, сорта Кармин и Трапеза со стандартными красными плодами — *bbmo<sub>B</sub><sup>+</sup>mo<sub>B</sub><sup>+</sup>*). Морфологическое описание проводили на растениях, выращенных в вегетационных сосудах и в полевых условиях в соответствии с агротехникой, общепринятой в Приднестровском регионе для томата (посев на рассаду — февраль—март, высадка в поле — конец апреля). В сосудах поддерживали постоянную влажность почвы с помощью установки для полива растений (14).

Спектры отражения регистрировали на спектрофотометре СФ-18 (Россия) ежедневно в течение 10-15 сут (с фазы зеленых плодов до фазы полной зрелости). Плод, наиболее типичный по окраске для анализируемой степени зрелости, помещали в нижнюю ювету сферы Ульбрихта спектрофотометра и записывали спектры отражения от участка поверхности. Из этого же участка цилиндрическим пробковым сверлом (15) вырезали навеску массой от 0,1 до 1,0 г, растирали ее в фарфоровой ступке с ацетоном, гомогенат переносили в коническую колбу и оставляли на 1-2 ч при температуре 5-8 °С. Затем гомогенат фильтровали под вакуумом на воронке Бюхнера через бумажный фильтр либо центрифугировали. Полученный экстракт спектрофотометрировали при скорости развертки 90 нм/мин. Регистрировали дифференциальные спектры оптической плотности (D) против чистого растворителя (100 % ацетон).

В вытяжке содержание хлорофиллов а, b и каротиноидов определяли без предварительного разделения, измеряя D при  $\lambda$  662, 644 нм (соответствуют максимумам поглощения хлорофиллов а и b в красной области спектра) и 440,5 нм (длина волны абсорбционного максимума каротиноидов в ацетоне). Концентрацию пигментов (C) в вытяжках из плодов, в которых присутствовали хлорофиллы, рассчитывали по уравнениям Хольма-Веттштейна, составленным на основании экспериментально полученных удельных коэффициентов поглощения для 100 % ацетона (16, 17):

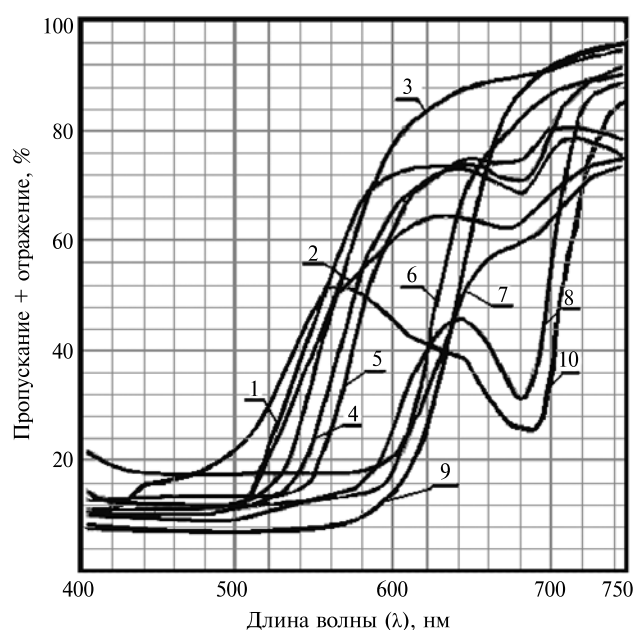
$$C_a = 9,784D_{662} - 0,99D_{644}; C_b = 21,426D_{644} - 4,65D_{662}; \\ C_{a+b} = 5,134D_{662} - 20,436D_{644}; C_{кар.} = 4,695D_{440,5} - 0,268(C_a + C_b).$$

Концентрацию  $\beta$ -каротина и ликопина в вытяжках из плодов полной биологической зрелости, в которых хлорофиллы отсутствовали, определяли способом колоночной хроматографии по И.К. Мурри (18) в модификации А.А. Жученко с соавт. (19). Рассчитав концентрацию пигмента (C) в вытяжке, определяли его содержание (A) в исследуемых плодах с учетом объема вытяжки (V) и навески (P) по формуле  $A = 0,1CV/P$ .

**Результаты.** Модельными объектами в наших исследованиях служили генотипы, которые маркированы разными генами, определяющими синтез пигментов и окраску плодов у томата. Так, ген *r* (yellow color of fruit flesh) локализован в 3-й хромосоме, контролирует желтый цвет мякоти плода. Синтез ликопина при этом ингибирован. Характерный признак образца с геном *t* (tangerine) — оранжевая окраска плода и тычинок (ген локализован в 10-й хромосоме). Ген *gs* (green stripe) проявляется в виде неравномерных радиальных полос желто-зеленого цвета у незрелых плодов. При созревании в этих полосах длительное время сохраняется хлорофилл, у полностью созревшего плода они бледнеют. Изменения ограниче-

ны эпидермисом. Признак лучше всего проявляется в рецессивном состоянии, хотя у гетерозигот часто отмечают бледные полосы на зрелых плодах. Ген *gs* локализован в 7-й хромосоме. Основным признаком образца с геном *hp* (high pigment) в 8-й хромосоме — усиление пигментации, то есть повышенное содержание хлорофилла и каротиноидов в листьях и плодах. Маркерный признак хорошо выражен. Стебель у таких растений темно-зеленого цвета, опушенный, слабоветвистый, лист обыкновенный, темно-зеленый. Образец с геном *gf* (green flesh) отличается от других тем, что хлорофилл накапливается в зрелых плодах и придает им лилово-кофейный цвет. Маркерный ген расположен в 8-й хромосоме. Ген *B* (beta-orange) обуславливает повышенное содержание  $\beta$ -каротина в плодах. У генотипа *BBto<sub>B</sub>to<sub>B</sub>* плоды оранжевого цвета и содержат 6,14 мг%  $\beta$ -каротина и 0,40 мг% ликопина. Ген *to<sub>B</sub>* (modifier of *B*) — модификатор *B*, увеличивает содержание  $\beta$ -каротина в присутствии гена *B*. Ген *B* локализован в 6-й хромосоме; *B* и *to<sub>B</sub>* наследуются независимо.

Сравнив результаты определения содержания пигментов (хлорофиллов,  $\beta$ -каротина и ликопина) в плодах томата и СКО их поверхности (или мякоти), мы попытались найти параметры, с помощью которых можно определять величину этого показателя по спектрам отражения. При оценке количества пигментов в плодах наиболее информативными параметрами спектральных кривых отражения служат интервал длин волн, соответствующий началу и концу переднего фронта кривой, длина волны при максимальной крутизне участка СКО, значение коэффициента отражения на этом участке и наибольший коэффициент отражения для каждой кривой.



**Рис. 1.** Спектральные кривые отражения плодов, полученные у образцов томата с разным генотипом по признаку окраски плода: 1 — Мо 70 (*rr*), 2 — Мо 120 (*tt*), 3 — Мо 48 (*BBto<sup>+</sup>to<sup>+</sup>to<sup>+</sup>B*), 4, 5 — Мо 49 (*BBto<sub>B</sub>to<sub>B</sub>*), 6 — Мо 112 (*hphp*), 7 — Мо 460 (*gsgs*), 8 — Мо 113 (*gfgf*), 9 — стандартный красный плод (*bbto<sup>+</sup>to<sup>+</sup>to<sup>+</sup>B*), 10 — зеленый плод.

Из полученных в наших опытах спектрограмм (рис. 1) видно, что коэффициенты отражения у плодов анализируемых генотипов очень сильно различались во всем диапазоне оптического спектра. В варианте с желтой окраской, обусловленной рецессивным состоянием аллелей *rr*, спектральные кривые сдвигались в левую (коротковолновую) область спектра (кривая 1). Максимальная крутизна кривой приходилась на область 500-530 нм. Причем даже у полностью созревших плодов спектрограмма имела заметный провал в области резонансного поглощения хлорофилла (680 нм). Он был особенно велик у

генотипа *gfgf*, у которого хлорофилл содержится в зрелых плодах, придавая им грязно-красную или лилово-кофейную окраску.

СКО поверхности зрелых плодов у всех образцов мало отличались друг от друга в диапазоне 400-480 нм. Абсолютные значения коэффициентов отражения в этом диапазоне лежали в пределах от 8 до 12 %. Исключение составлял генотип *gsgs* (см. рис. 1, кривая 7), у которого коэффициент отражения в указанном диапазоне равнялся 18-20 %. Возможно, причина заключается в том, что во время созревания в радиальных полосах плодов сохраняется хлорофилл, а при полном созревании эти полосы приобретают более бледный цвет.

Спектральные кривые отражения у незрелых, а особенно зеленых плодов (см. рис. 1, кривая 10) имели совсем иной характер. Коэффициент отражения у этих плодов начинал увеличиваться с 400-420 нм, достигая максимума при 550-560 нм, затем снижался до минимума, обусловленного поглощением хлорофиллов а и b при длине волны 680-690 нм.

В таблице приведены разности между значениями коэффициентов отражения, соответствующими двум соседним длинам волн на СКО. Эти разности характеризуют крутизну кривых отражения в спектральном диапазоне от 500 до 650 нм и дают возможность определить, какая длина волны наиболее информативна для оценки содержания пигментов.

**Изменение коэффициента R в зависимости от длины волны  $\lambda$  ( $\pm\Delta R/\Delta\lambda$ ), характеризующее крутизну спектральных кривых отражения плодов у образцов томата с разным генотипом по признаку окраски плода**

$\lambda$ , нм	1	2	3	4, 5	6	7	8	9	10
500	+4,0	+0,0	+0,5	+0,0	+0,5	+0,0	+0,0	+0,5	+5,5
510	+7,5	+1,0	+2,0	+0,0	+0,5	+0,0	+0,0	+0,5	+8,5
520	+5,5	+0,5	+3,5	+0,0	+0,5	+0,0	+0,0	+0,5	+6,5
530	+5,0	+1,5	+6,0	+2,0	+0,5	+0,0	+2,0	+0,5	+2,5
540	+4,0	+3,5	+7,0	+4,0	+0,3	+0,0	+4,0	+0,3	+1,0
550	+3,0	+5,5	+8,0	+6,5	+0,2	+0,0	+6,5	+0,2	+0,5
560	+2,5	+7,0	+8,0	+9,0	+0,5	+2,0	+9,0	+0,5	-2,0
570	+1,5	+8,0	+7,0	+7,0	+1,0	+1,5	+7,0	+1,0	-3,5
580	+2,0	+7,5	+5,0	+7,0	+1,5	+2,5	+7,0	+1,5	-3,0
590	+1,5	+6,5	+5,0	+5,5	+2,0	+4,5	+5,5	+2,0	-0,5
600	+1,0	+5,5	+3,0	+4,0	+7,5	+9,5	+4,0	+7,5	-2,5
610	+1,0	+4,0	+2,5	+2,5	+10,0	+8,5	+2,5	+10,0	-1,5
620	+0,0	+3,0	+1,5	+2,0	+12,0	+8,5	+2,0	+12,0	-2,0
630	-1,0	+2,0	+1,0	+1,5	+9,0	+5,5	+1,5	+9,0	-0,5
640	-1,5	+2,0	+1,5	+1,5	+4,0	+3,0	+0,0	+4,0	-3,5
650	-2,5	+1,0	+0,5	+0,5	+5,5	+1,5	-0,5	+5,5	-3,5

Примечание. 1 — Мо 70 (*rr*), 2 — Мо 120 (*tt*), 3 — Мо 48 (*BB mo<sup>+</sup> bmo<sup>+</sup> b*), 4, 5 — Мо 49 (*BB mo bmo b*), 6 — Мо 112 (*hphp*), 7 — Мо 460 (*gsgs*), 8 — Мо 113 (*gfgf*), 9 — стандартный красный плод (сорт Кармин, *bb mo<sup>+</sup> bmo<sup>+</sup> b*), 10 — зеленый плод.

Все СКО поверхности у плодов (см. рис. 1) составляли две группы, сдвинутые друг относительно друга по оси длин волн. Наибольший сдвиг в коротковолновую область наблюдали у генотипа *rr*, мякоть плодов которого имеет желтую окраску. Максимальная крутизна переднего фронта СКО здесь приходилась на 550 нм, а начало и конец фронта — соответственно на 510 и 590 нм. В плодах у этого генотипа удалось обнаружить лишь следы  $\beta$ -каротина и ликопина. Низким содержанием указанных пигментов характеризовался и генотип *tt* (танжериновая окраска плода). Максимальную крутизну фронта СКО у этого образца отмечали при длине волны 570 нм, начало и конец фронта — соответственно при 510 и 600 нм.

У генотипа *B mo<sup>+</sup> b* кривая была сдвинута в сторону больших длин волн с максимальной крутизной при  $\lambda = 560$  нм, а начало и конец фронта приходились соответственно на 520 и 610 нм. Генотипы, у которых ген *B* находится в доминантном состоянии и совмещен с геном *mo b*, имели оранжевую окраску плодов и содержание  $\beta$ -каротина от 4 до 6 мг/100 г сырой массы. СКО поверхности плодов у этих генотипов (см. рис. 1, кри-

вые 4 и 5) были еще больше сдвинуты в длинноволновую область. Максимальная крутизна переднего фронта указанных кривых соответствовала 560-570 нм, начало и конец фронта — 530 и 630 нм. При этом наблюдался незначительный провал кривой на длине волны 680 нм (поглощение хлорофиллов), хотя визуально обнаружить наличие хлорофилла в зрелых плодах не удавалось. Отметим, что у исследованных образцов гены, определяющие цвет плода ( $B$  и  $to_B$ ), находятся в одинаковом аллельном состоянии, однако в остальном их генетическая природа различна.

Вторая группа СКО поверхности плодов для красноплодных образцов оказалась значительно сдвинутой в длинноволновую область. Начало фронта для этих кривых приходилось на 580-600, конец — на 660-680 нм. Максимальную крутизну кривых у генотипов *hphp*, *gsgs* и *gfgf* наблюдали соответственно на 630, 630 и 610 нм. У образца с генотипом *hphp* на СКО провал в области резонансного поглощения хлорофилла (680-690 нм) отсутствовал, начало и конец фронта соответствовали 600 и 700 нм. У генотипа *gsgs* кривая сдвигалась в длинноволновую область еще сильнее. Наибольшая крутизна ее фронта приходилась на 620 нм, начало и конец фронта — на 590 и 660 нм. У генотипа *gfgf* с лилово-кофейным цветом зрелых плодов, обусловленным накоплением хлорофилла, СКО имела максимум крутизны фронта при 600 нм, начало и конец фронта — соответственно при 580 и 640 нм, при  $\lambda = 680$  нм (поглощение хлорофилла) отмечался явный провал. Наибольший сдвиг в сторону больших длин волн наблюдали у эталонного красноплодного образца, в качестве которого был взят сорт Кармин.

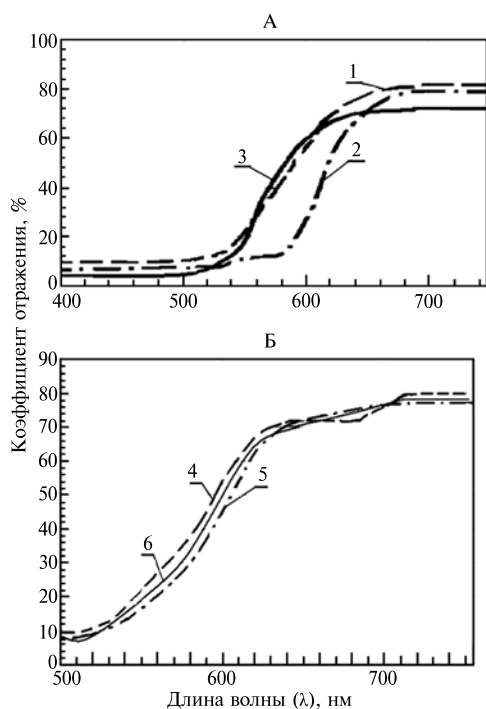


Рис. 2. Спектральные кривые отражения плодов у родительских сортов томата с разными генотипами и аллельными состояниями по генам, определяющим синтез пигментов и окраску плодов, и их гибридов  $F_1$ : А — сорт Каробета,  $BB\ to_B\ to_B$  (1), сорт Трапеза,  $bb\ to^+_B\ to^+_B$  (2) и их гибрид,  $Bb\ to_B\ to^+_B$  (3); Б — сорт Алекс,  $BB\ to_B\ to_B$  (4), сорт Золотая пуля,  $BB\ to_B\ to_B$  (5) и их гибрид,  $BB\ to_B\ to_B$  (6).

Мы сравнили СКО поверхности плодов у сортов томата с разным и одинаковым аллельным состоянием генов  $B$  и  $to_B$ , а также их гибридов (рис. 2, А). У сорта Каробета с гомозиготным состоянием ( $BB\ to_B\ to_B$ ) связана оранжевая окраска кожицы плода, у растений сорта Трапеза ( $bb\ to^+_B\ to^+_B$ ) цвет плодов красный. СКО поверхности плодов у этих родительских форм отстояли на оси длин волн на значительном расстоянии. Разность длин волн, соответствующих наибольшей

крутизне СКО у родительских сортов, составляла около 50 нм. У их гибрида  $F_1$  на большем участке длин волн СКО совпадали с таковыми у оранжевоплодного сорта Каробета, что вполне соответствует его генотипу (гены  $B$  и  $to_B$  находятся в гетерозиготном состоянии, и ввиду доминантного действия гена  $B$  окраска плода у гибрида близка к наблюдаемой у оранжевоплодного родителя). Таким образом, использование СКО для оценки се-

лекционного эффекта может быть достаточно результативным.

Еще у одной пары родительских сортов (см. рис. 2, Б), окраска которых определяется генами *B* и *то<sub>B</sub>*, находящимися в одинаковом аллельном состоянии, СКО отстояли на оси длин волн незначительно (разность длин волн, соответствующих наибольшей крутизне СКО, составляла около 10 нм). У их гибрида кривая располагалась между кривыми, полученными для родительских форм, то есть наблюдалось промежуточное фенотипическое проявление анализируемого признака. Поскольку генотипы родителей и их гибрида по локусам, определяющим окраску плода, идентичны, наблюдаемое различие СКО, по-видимому, можно объяснить действием других генов, оказывающих плеiotропный эффект на этот признак.

В заключение отметим, что метод регистрации спектральных кривых отражения при отсутствии необходимых для его применения приборов может быть заменен оценкой и отбором селекционных форм с использованием оптических светофильтров (20, 21) или визуально-фотоэлектрических фотометров, например ФМ-58 (Россия).

Итак, сравнение спектральных кривых отражения поверхности плода, проведенное на наборе модельных образцов томата, маркированных разными генами, определяющими синтез пигментов и окраску плодов, а также на родительских формах, несущих некоторые из этих генов, и их гибридах, свидетельствует, что спектрометрическая регистрация может использоваться для оценки проявления признака пигментации плодов не только у генотипически различающихся, но даже у идентичных по некоторым генам форм и быть весьма эффективным приемом в селекции.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция). Пушино, 1994.
2. Merzlyak M.N., Gitelson A.A., Chivkunova O.B., Rakitin V.Yu. Non-destructive optical detection of leaf senescence and fruit ripening. *Physiologia Plantarum*, 1999, 106: 135-141.
3. Соловченко А.Е., Чивкунова О.Б., Мерзляк М.Н., Решетникова И.В. Спектрофотометрический анализ пигментов в плодах яблони. *Физиология растений*, 2001, 48: 801-808.
4. Мерзляк М.Н., Гительсон А.А., Чивкунова О.Б., Соловченко А.Е., Погосян С.И. Использование спектроскопии отражения в анализе пигментов высушенных растений. *Физиология растений*, 2003, 50(5): 785-792.
5. Васильчук Н.С. О селекции пшеницы на высокое содержание каротиноидных пигментов в зерне. *Селекция и семеноводство*, 2004, 4: 7-10.
6. Кубышев В.А., Никулин В.И., Гаршин В.С. и др. Способ определения степени спелости плодов и семян. А.с. № 1033066 СССР А 01 G 7/00/№ 330334444/30-15. Заявл. 11.06.81. Оpubл. 07.08.83, Бюл. № 29, 1983, № 29.
7. Wata da A.E., Norris K.H., Worthington J.T., Massie D.R. Estimation of chlorophyll and carotenoid contents of whole tomato by light absorbance technique. *J. Food Sci.*, 1976, 41(2): 329-332.
8. Жученко А.А., Андрущенко В.К., Король М.М., Корочкина С.К., Тярина В.С., Медведев В.В., Выродова А.П., Диденко И.В., Сыроватская А.П., Нестеров В.С., Король А.Б., Нютин Ю.И., Выродов Д.А., Маслова Н.Ф., Иванова Г.С., Добрянский В.А., Грати В.Г. Изменчивость и наследование хозяйственно ценных признаков у томатов. Кишинев, 1973.
9. Gould W.A. *Tomato production, processing and quality evaluation*. Westport, Connecticut, 1974.
10. Жученко А.А. *Генетика томатов*. Кишинев, 1973.
11. Жученко А.А., Андрущенко В.К., Балашова Н.Н., Король М.М., Грати В.Г., Сокова С.А., Ануховская Г.А. Комплексная оценка генофонда рода *Lycopersicon* Tougn. в условиях орошаемого земледелия Молдавии. Кишинев, 1973.
12. Кузёмский А.В. Взаимодействие генов *gf* (green flesh) и *B* (Beta-carotene), мо-

- дифицирующих биогенез  $\beta$ -каротина. Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів, 2008, 6(1): 65-72.
13. В ы р о д о в а А.П. Изменчивость и наследование содержания каротиноидов в плодах томатов. Канд. дис. Тирасполь, 1976.
  14. В ы р о д о в Д.А., В ы р о д о в а Е.Д. Устройство полуавтоматического полива растений. А.с. № 1586622 СССР, МКИ<sup>3</sup>. А 01. G 31/02/№ 4494910/30-15. Заявл. 18.10.89. Оpubл. 23.08.90. Бюл. № 31, 1990, № 31.
  15. В ы р о д о в Д.А., В ы р о д о в а А.П. Устройство для отбора проб. А.с. № 940732 СССР, МКИ<sup>3</sup> А 23 N 15/02/№ 3003232/25-26. Заявл. 04.11.80. Оpubл. 07.07.82. Бюл. № 25, 1982, № 25.
  16. В а с и л ь е в а В.Е. Изучение оптических свойств пигментов *in vivo*. В сб.: Методы биохимического анализа растений /Под ред. В.В. Полевого, Г.Б. Максимова. Л., 1978: 90-101.
  17. Практикум по физико-химическим методам в биологии /Под ред. Ф.Ф. Литвина. М., 1981.
  18. М у р р и И.К. Биохимия проса. В кн.: Биохимия культурных растений. М.-Л., 1958, Т. 1: 512-588.
  19. Ж у ч е н к о А.А., А н д р ю щ е н к о В.К., Ф а й н ш т е й н З.Р., В ы р о д о в а А.П. О методах определения  $\beta$ -каротина и ликопина в томатах. Физиология и биохимия культурных растений, 1974, 6(4): 434-438.
  20. В ы р о д о в Д.А., В ы р о д о в а А.П., Л а б у н с к и й В.В. Способ определения степени зрелости плодов томатов. А.с. № 1490726 СССР, МКИ<sup>3</sup> А 01 G 7/00/№ 4275415/30-13. Заявл. 06.07.87. Для служебного пользования. Зарегистр. в Гос. реестре изобр. СССР 01.03.1989.
  21. В ы р о д о в Д.А., В ы р о д о в а А.П., Л а б у н с к и й В.В., Х р и п у н о в С.З., Н и к о л а е в Ю.П. Очки для сортировки плодов. А.с. № 1830756 СССР, МКИ<sup>3</sup> А 01 G 7/00/№ 4686060/10. Заявл. 30.03.89. Для служебного пользования. Зарегистр. в Гос. реестре изобр. СССР 13.10.1992.

<sup>1</sup>Приднестровский государственный университет  
им. Т.Г. Шевченко,  
MD-3300 Приднестровская Молдавская Республика,  
г. Тирасполь, ул. 25 Октября, 107-118,  
e-mail: dav1@idknet.com;

<sup>2</sup>Приднестровский НИИ сельского хозяйства,  
MD-3300 Приднестровская Молдавская Республика,  
г. Тирасполь, ул. Мира, 50,  
e-mail: pniish@yandex.ru

Поступила в редакцию  
17 февраля 2010 года

## REFLECTION SPECTRA OF TOMATO FRUITS, MARKED BY DIFFERENT COLOURATION GENES AND THEIR USE IN BREEDING

*E.D. Zhuzha<sup>1</sup>, D.A. Vyrodov<sup>1</sup>, A.P. Vyrodova<sup>2</sup>*

### S u m m a r y

The possibility of the use of spectral crooked reflections (SCR) of surface of tomato fruit for estimation and selection of sorts with high contents of pigment, defining coloration of fruit was studied. The objects of the studies were of the samples of tomato with gene of coloration of fruit: *r*, *t*, *hp*, *gs*, *gf*, *Вmo<sub>B</sub>*, *Вmo<sup>+</sup><sub>B</sub>*, *bmo<sup>+</sup><sub>B</sub>* presented in homo- and heterozygous state ( $F_1$  hybrid), and the Carmine (*bb mo<sup>+</sup><sub>B</sub> mo<sup>+</sup><sub>B</sub>*) as a standard sample with red fruits. It was shown, that the use in breeding of the fixation and analysis methods of SCR fruit's surface both in different and identical genetically sorts and also hybrids, obtained by crossing of these sorts, is quite efficiently. Instead of fixation of SCR during the estimation and the selection of breeding form the authors suggest using the optical color filter or the visual photoelectric photometry.

### Новые книги

Глушецкая Л.С., Гладков Е.А. **Генеральное планирование и основы строительных решений**. М.: изд-во МГУИЭ, 2011, 56 с.

В учебном пособии особое внимание уделяется озеленению городов и населенных пунктов. Наряду с этим рассматриваются общие сведения о проектировании, генеральные планы предприятий, архитектурно-строительные и объемно-планировочные решения, решения по инженерно-техническим се-

тям и коммуникациям, видам транспорта на территории предприятия, по озеленению территории предприятия. Предназначено для студентов, обучающихся по специальности «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов», бакалаврам по направлениям «Техносферная безопасность», «Биотехнология», «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».