

# Наследование интенсивности окраски мезокарпия плодов томата

Inheritance of colour intensity of mesocarp in tomato fruits

Гавриш С.Ф., Схинас М.С., Редичкина Т.А.,  
Зеленский Г.Л.

Gavrish S.F., Schinas M.S., Redichkina T.A.,  
Zelensky G.L.

## Аннотация

В статье представлены результаты изучения среднеплодных гибридов  $F_1$  томата (*Solanum lycopersicum* L.) с различной степенью окраски мезокарпия (мякоти) и их родительские линии. Научно-исследовательская работа проводилась на базе селекционного центра ООО НПО «Гавриш» (Крымский район, Краснодарский край) в условиях тепличного комплекса пятого поколения, оснащенного системой фоторегулируемого досвечивания и климат-контролем, в период 2023–2024 годов. Цель работы – изучение среднеплодных гибридов  $F_1$  томата с различной окраской мякоти плодов в условиях искусственного досвечивания, идентификация ключевых компонентов, влияющих на цвет, и определение типа наследования признака «яркая мякоть». Исследовано 86 родительских линий и 78 гибридов  $F_1$ , полученных на их основе. Разработана балльная шкала окраски мякоти плодов томата, верифицированная колориметрическим индексом a/b. Установлена сильная положительная корреляция между визуальной оценкой и данными колориметра ( $r=0,91$ ). Показано, что степень окраски мякоти тесно связана с содержанием ликопина ( $r=0,92$ ), сухим веществом ( $r=0,74$ ) и сахарами ( $r=0,70$ ). Содержание  $\beta$ -каротина и показатель общей кислотности коррелирует с цветом умеренно ( $r=0,45$  и  $r=0,50$  соответственно). Выделены перспективные гибриды ( $F_1$  Кречет (к-4146/23),  $F_1$  к-6777/23,  $F_1$  к-6817/23), сочетающие высокую пигментацию, повышенное содержание сухих веществ и ликопина. Полученные данные обосновывают необходимость комплексной оценки (визуальной и инструментальной) при селекции томата на качество плодов. Определено, что признак яркой мякоти плодов томата имеет сложный, часто рецессивный тип наследования. Анализ результатов гетерозиса выявил возможность получения гетерозисных форм гибридов, а также позволил установить, что на формирование цвета влияет не абсолютное доминирование по ликопину, а приближение к пороговому уровню содержания в совокупности с соотношением с другими пигментами.

**Ключевые слова:** среднеплодные томаты, гибриды  $F_1$ , гетерозис, колориметрические показатели, биохимический состав, ликопин,  $\beta$ -каротин.

**Для цитирования:** Наследование интенсивности окраски мезокарпия плодов томата / С.Ф. Гавриш, М.С. Схинас, Т.А. Редичкина, Г.Л. Зеленский / Картофель и овощи. 2026. №2. С. 53-60. <https://doi.org/10.25630/PAV.2026.51.59.006>

Общая площадь зимних теплиц, находящихся в эксплуатации в России, составляет около 3,3 тыс. га, из которых системами искусственного досвечивания оснащено более 2 тыс. га, причем ежегодно эта площадь продолжает увеличиваться [1].

Технология выращивания гибридов томата в условиях светокультуры предполагает круглогодичное использование тепличных комплексов [2]. Средняя урожайность томата в таких условиях до-

## Abstract

The article presents the results of a study of medium-fruited  $F_1$  hybrids of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) with different colour intensities of mesocarp and their parent line. The research work was carried out on the basis of the breeding center of NPO Gavrish LLC (Krymsky district, Krasnodar Territory) in a fifth-generation greenhouse complex equipped with a photoregulated illumination system and climate control in the period 2023-2024. The aim of the work is to study medium-fruited tomato hybrids with different fruit pulp colors under artificial illumination conditions, identify key components that affect color, and determine the type of inheritance of the «bright flesh» trait. A study was conducted on 86 parental lines and 78 hybrid combinations obtained on their basis. A point scale of colour intensity has been developed, verified by the a/b colorimetric index. A strong positive correlation was established between the visual assessment and the colorimeter data ( $r=0.91$ ). It is shown that the color intensity is closely related to the content of lycopene ( $r=0.92$ ), dry matter ( $r=0.74$ ) and sugars ( $r=0.70$ ). The beta-carotene content correlates moderately with color ( $r=0.45$ ). Promising hybrids ( $F_1$  Crechet (к-4146/23),  $F_1$  k-6777/23,  $F_1$  k-6817/23), combining high pigmentation, high content of solids and lycopene, have been identified. The data obtained substantiate the need for a comprehensive assessment (visual and instrumental) of tomato breeding for fruit quality. It has been determined that the trait of bright tomato flesh has a complex, often recessive, type of inheritance. An analysis of the results of heterosis revealed the possibility of obtaining heterosis forms of hybrids, and also allowed to establish that the formation of color is influenced not by absolute dominance of lycopene, but by approaching the threshold level of its content in conjunction with the ratio of other pigments.

**Key words:** medium-fruited tomatoes,  $F_1$  hybrids, heterosis, colorimetric parameters, biochemical composition, lycopene, beta-carotene.

**For citing:** Inheritance of colour intensity of mesocarp in tomato fruits. S.F. Gavrish, M.S. Schinas, T.A. Redichkina, G.L. Zelensky. Potato and vegetables. 2026. No2. Pp. 53-60. <https://doi.org/10.25630/PAV.2026.51.59.006> (In Russ.).

стигает 90-100 кг/м<sup>2</sup>, а у среднеплодных гибридов этот показатель может быть и больше [3].

Согласно исследованиям А.В. Кузменского [4] концентрация растворимых сахаров в плодах томата варьирует в диапазоне от 2,81 до 8,41%. При этом, селекция направлена не только на увеличение общего содержания сухих веществ и сахаров, но и на оптимизацию их соотношения с органическими кислотами. Помимо растворимых сахаров, важнейшим компонентом, напрямую свя-

занным со вкусовыми и питательными свойствами, является комплекс каротиноидных пигментов, определяющих окраску мякоти плода – ликопина и  $\beta$ -каротина [5,6]. Естественное изменение цвета плодов томата при созревании обусловлено деградацией хлорофилла и биосинтезом каротиноидных пигментов за счет перехода хлоропластов в хромопласты. Непосредственно интенсивность окраски мякоти связана с аккумуляцией ликопина, в плодах именно он имеет максимальную концентрацию (80-90% от общего содержания каротиноидов), тогда как доля  $\beta$ -каротина составляет 5-10%. Накапливаясь в основном на стадии темно-красного цвета, в среднем его концентрация находится на уровне 2,6 мг/100 г [7, 8, 9].

Интенсивность окраски мезокарпия (мякоти) плодов — важный качественный показатель, на который в настоящее время ориентируется конечный потребитель. За счет повышенного содержания каротиноидов такие плоды имеют более привлекательный внешний вид и обладают высокими органолептическими свойствами. Содержание ликопина в плодах с яркой мякотью в 1,5-3 раза больше, нежели чем в плодах стандартной продукции [10]. Концентрация и соотношение этих пигментов определяют выраженность признака «яркая мякоть» (Internal Red) [5, 6]. В настоящее время на следование яркой окраски мякоти плода остается малоизученным. Создание новых среднеплодных гибридов томата, сочетающих в себе высокую продуктивность, привлекательный внешний вид, яркую, интенсивно окрашенную мякоть и адаптированных к условиям светокультуры, представляет собой актуальное направление в современной селекции.

Цель работы: изучение среднеплодных гибридов  $F_1$  томата с различной окраской мякоти плодов в условиях искусственного досвечивания, идентификация ключевых компонентов, влияющих на цвет, и определение типа наследования признака «интенсивность яркости мякоти».

### Условия, материалы и методы исследований

Исследования проводили на базе СЦ ООО НПО «Гавриш», расположенного в Крымском районе Краснодарского края, в условиях теплицы V поколения с системой искусственного досвечивания и регулируемым микроклиматом.

Объектом исследования стали красноплодные гибриды  $F_1$  томата (*Solanum lycopersicum* L.) селекционной фирмы «Гавриш». Материал был отобран в 2022-2023 годах на участке первичного сортоиспытания на основе комплекса хозяйственно ценных признаков. В качестве стандартов использовали гибриды зарубежной селекции  $F_1$  Bountice (De Ruiters Seeds) с насыщенной окраской мякоти и  $F_1$  Сантиана (Rijk Zwaan) со стандартным цветом мякоти.

Томат выращивали рассадным методом. Посев проводился в первой декаде августа, пикировка - на стадии формирования второго настоящего листа, через 5-8 дней после появления первых всходов. По мере достижения рассады 6-7 настоящих листьев (30-35 дней от посева) осуществлялась высадка растений на постоянное место в теплицу с системой автоматического регулирования микроклимата Ultra Clima. Интенсивность и продолжительность досвечивания варьировала в зависи-

мости от стадии развития растений и естественного светового дня: для рассады – 7-8 тыс. люкс, для взрослых растений - около 15 тыс. люкс при фотопериоде 18 часов. В качестве грунта использовался кокосовый субстрат фирмы Speland. Уход за растениями осуществлялся согласно общепринятой агротехнологии для индетерминантных томатов в условиях искусственного досвечивания.

Однофакторный опыт был заложен репрезентативно в двух повторностях по 12 растений, с размещением вариантов в систематическом порядке. Плотность посадки составляла 3 растения/м<sup>2</sup>, сформированных в один стебель, площадь учетной делянки - 4 м<sup>2</sup>.

Исследования и ботанико-морфологическое описание проводились согласно «Методическим указаниям по селекции сортов и гибридов томата для открытого и защищенного грунта» [11] и «Методическим основам селекции растений» [12].

Учет урожая проводили при появлении первых зрелых плодов с последующей регистрацией два раза в неделю в соответствии с ГОСТ [13]. Плоды с каждой повторности собирали отдельно. Все данные фиксировали в селекционном журнале, отмечая дату сбора, количество и массу стандартной и нестандартной продукции. Статистическую обработку данных осуществляли с использованием Microsoft Office 2013 и Statistica 9.0.

Фенологические и биометрические измерения выполняли систематически по методике государственного сортоиспытания [12, 14].

С целью создания среднеплодных гибридов томата с насыщенной окраской мякоти изучены 86 родительских линий, из которых отобраны 25, сочетающих высокую продуктивность, устойчивость к заболеваниям и оптимальные биометрические показатели. Доноры яркой мякоти использовались как в качестве материнских, так и в качестве отцовских форм. Всего получено 78 гибридов  $F_1$  с различной окраской мякоти.

Для упрощения и повышения точности определения яркости мякоти плодов в полевых условиях разработана шкала интенсивности пигментации мезокарпия (мякоти). Оценку осуществляли как визуально (в баллах), так и с помощью колориметра Линшан (отношения числовых показателей яркости a/b; модель - LS171, страна производитель – Китай, Евротест (CE)). Разработанная шкала представляет собой набор эталонных образцов мякоти с различной степенью выраженности окраски, что позволяет проводить визуальную оценку и классифицировать мезокарпий по трем уровням пигментации.

1 балл – минимальная, светлая окраска мякоти плода; 2 балла – средняя, окрашенная мякоть плода; 3 балла – интенсивная, яркая окраска мякоти плода.

Для этого плоды исследуемых родительских линий и гибридов  $F_1$ , полученных в результате их скрещиваний, были разрезаны и оценены. Корреляционный анализ между визуальной оценкой насыщенности окраски мякоти и показателями, регистрируемыми колориметром, подтвердил объективность данного метода, демонстрируя прямо пропорциональную зависимость. Разработанная методика направлена на повышение объективности и сопоставимости результатов исследований в полевых условиях.

Определение биохимических параметров выполнено на кафедре физиологии и биохимии растений Кубанского ГАУ в лабораторных условиях. Пробы отбирали в фазе полной биологической спелости [10].

Содержание сахаров определяли по Бертрану (ГОСТ 8756.13-87) [15], растворимые сухие вещества – рефрактометрически (ATAGO PAL-1, Япония), общую кислотность - по ГОСТ 25555.0-82 [16] в пересчете на лимонную кислоту.

Истинный гетерозис (гетеробельтиоз) вычислялся по следующей формуле:

$$\text{Нист} = F_1 - \text{Рл} / \text{Рл} \times 100\%,$$

где  $F_1$  – значение показателя у гибрида, Рл - значение лучшего родителя исследуемого гибрида.

Статистическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову с использованием Microsoft Excel [11].

### Результаты исследований

Для установления наследования признака насыщенной окраски мякоти плодов у гибридов  $F_1$  томата, было проведено исследование их родительских линий. При этом для получения репрезентативных данных использовался комбинированный подход, включающий как инструментальные колориметрические измерения, так и балльную оценку интенсивности пигментации. Повторяющиеся родительские компоненты были исключены из общего массива данных. Результаты исследований представлены в **таблице 1**.

Определение биохимических параметров показало, что содержание сухих веществ в плодах родительских линий было в диапазоне от 3,1% у  $\text{♀к-2665/22}$  до 5,1% у  $\text{♀к-6817/23}$ .

Концентрация ликопина в материнских линиях была в диапазоне от 4,3мг/100г ( $\text{♀к-}$

6746/23) до 13,5мг/100г ( $\text{♀к-4146/22}$ ), в отцовских – от 4,6мг/100г ( $\text{♂к-4183/23}$ ) до 8,9мг/100г ( $\text{♂к-6746/23}$ ).

Анализ визуальной оценки яркости мякоти плодов выявил, что у 89% материнских линий преобладала интенсивная окраска (3 балла), и лишь 11% имели стандартный цвет (1 балл). В свою очередь, 45% отцовских форм имели интенсивную пигментацию мезокарпия (3 балла), у 22% прослеживался средний окрас (2 балла) и у 33% - наблюдался стандартный оттенок (1 балл).

Данные колориметрической оценки насыщенности окраса мякоти материнских линий находились в диапазоне от 1,3 до 8,7 (max –  $\text{♀к-4146/22}$ ,  $\text{♀к-4148/23}$  и  $\text{♀к-6777/23}$ , min –  $\text{♀к-6746/23}$ ). Значения отцовских линий изменялись от 1,5 до 6,1 (max -  $\text{♂к-4146/22}$ ,  $\text{♂к-6777/23}$ , min –  $\text{♂к-4183/23}$ ,  $\text{♂к-2665/22}$ ,  $\text{♂к-4154/23}$ ).

Концентрация сахаров в плодах родительских линий томата имела широкий диапазон числовых значений и колебалась в пределах от 2,5% до 4,7% в материнских формах (среднее значение – 3,8%) и от 1,8% до 4,1% в отцовских линиях (среднее значение - 3,3%).

Исследование общей кислотности показывает, что диапазон числовых значений в материнских линиях изменялся от 46,3 мэкв/л до 63,4 мэкв/л со средним значением равном 55,2 мэкв/л. В свою очередь, показатели отцовских форм варьировал от 32,8 мэкв/л до 69,2 мэкв/л при среднем значении - 53,4 мэкв/л.

Средняя концентрация  $\beta$ -каротина в плодах материнских линий томата была в пределах 1,6мг/100г (max значение зафиксировано у  $\text{♀к-4146/22}$  - 2,4мг/100г, min – у  $\text{♀к-6746/23}$  - 1,1мг/100г), в отцовских линиях - 1,3мг/100г

**Таблица 1. Показатели биохимического состава и колориметрические характеристики плодов родительских линий среднеплодных томатов (Крымский селекционный центр «Гавриш», 2023-2024 годы)**

Наименование образца	Содержание сухого вещества, %	Общая кислотность, мэкв/л	Содержание сахаров, Brix%	Содержание $\beta$ -каротина, мг/100 г сырого вещ-ва	Содержание ликопина, мг/100 г сырого вещ-ва	Визуальная оценка яркости мякоти, балл	Колориметрическая оценка яркости мякоти, а/б
St. $F_1$ Bountice	3,4	62,5	3,3	1,6	8,7	3	3,8
$\text{♀к-4146/22}$	5,0	56,1	4,7	2,4	13,5	3	8,7
$\text{♂к-4146/22}$	4,7	69,2	4,1	1,3	9,0	3	6,1
$\text{♀к-4148/23}$	4,2	53,4	3,4	1,4	11,6	3	8,7
$\text{♂к-4148/23}$	3,7	47,5	3,1	1,1	7,8	3	4,6
$\text{♀к-6777/23}$	4,8	63,4	4,1	1,8	10,9	3	8,7
$\text{♂к-6777/23}$	4,7	69,2	3,5	1,3	9,0	3	6,1
$\text{♀к-6817/23}$	5,1	57,3	4,7	1,5	11,4	3	4,8
$\text{♂к-6817/23}$	4,8	54,5	4,1	1,7	10,6	3	4,9
$\text{♀к-4154/23}$	4,3	50,5	3,8	1,7	9,9	3	5,1
$\text{♂к-4154/23}$	4,4	54,6	3,5	1,4	5,9	1	1,5
$\text{♀к-4165/23}$	4,1	59,3	3,6	1,2	1,7	3	4,9
$\text{♂к-4165/23}$	3,4	51,5	2,4	1,2	5,3	2	2,5
St. $F_1$ Сантиана	2,9	58,4	2,3	1,6	5,2	1	1,3
$\text{♀к-2665/22}$	3,9	57,1	2,5	1,5	12,7	3	4,3
$\text{♂к-2665/22}$	3,1	53,3	1,8	0,9	4,7	1	1,5
$\text{♀к-2746/23}$	4,9	53,7	3,8	1,1	4,3	1	1,3
$\text{♂к-6746/23}$	4,1	48,3	3,6	1,7	8,9	2	3,5
$\text{♀к-4183/23}$	4,2	46,3	3,2	1,6	12,3	3	4,6
$\text{♂к-4183/23}$	4,7	32,8	3,3	1,1	4,6	1	1,5
НСР <sub>05</sub>	1,2	0,7	1,4	1,1	0,9	0,8	0,7

(max ♂к-6817/23 и ♂к-6746/23-1,7мг/100г, min - ♂к-2665/22-0,9мг/100г).

Анализ корреляционной зависимости родительских линий подтвердил, что интенсивность окраски мякоти плодов, выраженная колориметрическим индексом а/б, преимущественно определяется концентрацией ликопина. Данное предположение подтверждается наличием сильной положительной корреляционной связи: коэффициент корреляции Спирмена между содержанием ликопина и значением а/б для родительских линий составил 0,71.

Концентрация сухих веществ и β-каротина играет важную, но менее значимую роль в формировании цвета мякоти. Это подтверждают умеренные положительные корреляционные зависимости между этими показателями и колориметрическим индексом а/б у гибридов F<sub>1</sub> и их родителями (r=0,47 и r=0,32 соответственно). В свою очередь, анализ корреляции между колориметрическими данными и концентрацией сахаров установил слабую отрицательную связь (r=-0,06), что может говорить об отсутствии физиологической связи между накоплением сахаров и синтезом пигментов в изученных образцах.

В рамках экспериментальной работы проведена комплексная оценка интенсивности окраски мякоти плодов и биохимических показателей у гибридов F<sub>1</sub> томата (табл. 2). Несмотря на принципиальное различие в методах сравнительного анализа – визуального (органолептического) и колориметрического (инструментального) – они демонстрировали существенную взаимозависимость.

Визуальная оценка, выраженная в баллах, базируется на сенсорном восприятии человека и поз-

воляет быстро сгруппировать образцы по категориям качества. В эксперименте опираясь на данную методику гибриды были подразделены на три группы: с яркой (3 балла, 47% образцов), средней (2 балла, 26,5% образцов) и стандартной (1 балл, 26,5% образцов) окраской. Однако визуальный метод имеет существенные ограничения, связанные с его субъективностью и пороговой чувствительностью цветового восприятия.

Колориметрический метод оперирует безразмерным коэффициентом а/б, представляющим собой отношение интенсивности красного спектра к синему и зеленому (цветовая модель RGB). Этот показатель обеспечивает непрерывную шкалу измерения и высокую разрешающую способность, что подтверждается значениями наименьшей существенной разницы (НСР<sub>05</sub> = 1,1). По интенсивности окраски мякоти колориметрия выявляет скрытую гетерогенность внутри визуально однородных групп. Например, в группе, оцененной визуально с яркой окраской мезокарпия (3 балла) инструментальные значения варьируют от 3,7 у образца F<sub>1</sub> к-6762/23 до 6,2 у F<sub>1</sub> к-4146/23.

Статистический анализ выявил сильную положительную корреляцию (r=0,83) между результатами балльной оценки и объективными колориметрическими измерениями. Данная зависимость подтверждается четкой градацией значений индекса а/б в соответствии с визуальными группами: гибриды с оценкой 3 балла демонстрировали диапазон а/б от 3,7 до 6,2; образцы с оценкой 2 балла - от 2,3 до 3,4; а гибриды с оценкой 1 балл - от 1,1 до 1,9. Однако сопоставление данных также выявляет зону неопределенности визуального метода на границах градаций. Так, образец F<sub>1</sub> к-4193/23 из группы со средней окраской (2 балла) имеет зна-

**Таблица 2. Показатели биохимического состава и колориметрические характеристики плодов среднеплодных гибридов F<sub>1</sub> томата (Крымский селекционный центр «Гавриш», 2023-2024 годы)**

Наименование образца	Содержание сухого вещества, %	Общая кислотность, мэкв/л	Содержание сахаров, °Brix, %	Содержание β-каротина, мг/100 г сырого вещ-ва	Содержание ликопина, мг/100 г сырого вещ-ва	Визуальная оценка яркости мякоти, балл	Колориметрическая оценка яркости мякоти, а/б
красноплодные гибриды F <sub>1</sub> с интенсивной окраской мякоти							
St. F <sub>1</sub> Bountice	3,4	62,5	3,3	1,6	8,7	3	3,8
к-2657/22	4,5	66,7	3,5	2,1	9,6	3	3,8
F <sub>1</sub> Кречет (к-4146/23)	4,4	65,1	3,7	2,4	14,5	3	6,2
к-4148/23	4,1	69,1	3,4	2,1	9,5	3	5,3
к-6762/23	4,4	72,2	3,6	1,5	10,1	3	3,7
к-6764/23	4,3	60,1	3,3	2,2	12,5	3	4,4
к-6777/23	4,6	68,5	3,5	1,4	11,5	3	4,9
к-6817/23	3,9	63,7	3,5	2,6	10,8	3	5,3
красноплодные гибриды F <sub>1</sub> со средней окраской мякоти							
к-2745/22	4,3	63,3	3,4	1,7	9,4	2	3,4
к-4154/23	3,6	62,5	3,6	1,4	7,7	2	2,3
к-4165/23	3,9	55,8	3,4	2,1	8,1	2	2,9
к-4193/23	4,4	69,8	3,2	1,5	9,2	2	3,2
красноплодные гибриды F <sub>1</sub> с минимальной окраской мякоти							
St. F <sub>1</sub> Сантиана	2,9	58,4	2,3	1,6	5,2	1	1,3
к-2665/22	3,6	41,5	2,5	1,2	6,1	1	1,5
к-6746/23	3,3	66,5	2,1	2,3	6,3	1	1,3
к-4183/23	3,4	62,4	2,2	1,8	6,5	1	1,9
к-2667/22	3,5	54,5	3,1	1,7	5,3	1	1,1
НСР <sub>05</sub>	1,1	4,8	0,9	1,1	1,5	-	1,1

чение а/б 3,2, приближающееся к нижней границе «яркой» группы. Это указывает на то, что порог перехода от средней к яркой окраске лежит в районе значений а/б около 3,5, однако из-за ступенчатости балльной шкалы этот нюанс нивелируется.

Установленная надежность методики позволила провести анализ взаимосвязи между показателем «яркая мякоть плода» и биохимическим составом.

Согласно полученным данным, выявлена выраженная вариабельность по содержанию сухих веществ, среди изученных гибридов: максимальное значение (4,6%) зафиксировано у гибрида F<sub>1</sub> к-6777/23, минимальное (3,3%) - у F<sub>1</sub> к-6746/23. Разделение материала по группам пигментации показало четкую градацию данного показателя: в группе с интенсивной окраской среднее содержание сухих веществ составило 4,3%, в группе со средней окраской - 4,1%, тогда как в группе со стандартной окраской данный параметр не превышал 3,5%. Корреляционный анализ подтвердил наличие сильной положительной связи (r=0,74) между содержанием сухих веществ и колориметрическими показателями, что согласуется с данными, полученными Liana Maria Alda et al. (2009) и Куриной А.Б. с соавт. (2021) [5,17], которые также отмечают прямую зависимость между интенсивностью окраски мезокарпия и биохимическим составом плодов. В совокупности проведенный анализ позволяет заключить, что колориметрический индекс а/б служит надежным индикатором не только визуальной привлекательности, но и общей биохимической ценности плода, что делает его незаменимым инструментом при отборе гено-

типов с высоким качеством плодов для селекционных программ.

Показатель общей кислотности находился в пределах от 72,2 мэв/л до 41,5 мэв/л. Средние значения данного параметра в группе с яркой окраской мякоти находилось на уровне 66,5 мэв/л, наибольшее показатель прослеживается у F<sub>1</sub> к-6762/23 (72,2 мэв/л.); в группе со средним цветом мякоти – 62,9 мэв/л (max значение у F<sub>1</sub> к-4193/23 – 69,8 мэв/л); в группе со стандартным цветом – 56,2 мэв/л (max значение у F<sub>1</sub> к-6746/23 – 66,5 мэв/л.). Показатели общей кислотности, также как и концентрация сухого вещества снижались, в зависимости от интенсивности пигментации мякоти плода. Значение корреляции в этом случае составило r=0,50, что говорит об умеренно положительной связи.

Максимальное значение концентрации сахаров зафиксировано у гибрида F<sub>1</sub> к-4146/23 – 3,7%, минимальное – у гибрида F<sub>1</sub> к-6746/22 – 2,1%. Так, в первом кластере средние значение данного показателя находилось на уровне 3,5%, во втором – 3,4%, в третьем – 2,5%. Корреляционный анализ выявил сильно положительную связь между содержанием сахаров и колориметрическими показателями яркости мякоти (r=0,70).

Содержание β-каротина в исследуемых гибридах находилось в диапазоне от 1,2 мг/100г до 2,6 мг/100г. Максимальное значение наблюдалось у гибрида F<sub>1</sub> к-6817/23 и превысило показатель стандарта на 1,0 мг/100г, минимальное – F<sub>1</sub> к-2665/22. Корреляционный анализ выявил умеренно положительную связь между данным показателем и колориметрическими данными яркости мякоти (r=0,45).

**Таблица 3. Эффект гетерозиса среднеплодных гибридов F<sub>1</sub> томата с интенсивной окраской мякоти относительно среднего значения показателей родительских форм (Крымский селекционный центр «Гавриш», 2023-2024 годы)**

Наименование образца	Визуальная оценка яркости мякоти, балл	Колориметрические значения		Ликопин	
		показатель колориметра, а/б	гетерозис, Нист, %	содержание в плодах, мг/100 г сырого вещ-ва	гетерозис, Нист, %
Красноплодные гибриды F <sub>1</sub> с интенсивной окраской мякоти и их родительские линии					
F <sub>1</sub> к-2657/22	3	3,8	-46,5	9,6	-21,9
♀к-2657/22	3	5,9		12,3	
♂к-2657/22	3	7,1		11,7	
F <sub>1</sub> Кречет (к-4146/22)	3	6,2	-28,7	14,5	7,4
♀к-4146/22	3	8,7		13,5	
♂к-4146/22	3	6,1		9	
F <sub>1</sub> к-4148/23	3	5,3	-39,1	9,5	-18,1
♀к-4148/23	3	8,7		11,6	
♂к-4148/23	3	4,6		7,8	
F <sub>1</sub> к-6762/23	3	3,7	-39,3	10,1	6,3
♀к-6762/23	3	4,5		9,5	
♂к-6762/23	3	6,1		9	
F <sub>1</sub> к-6764/23	3	4,4	-20	12,5	17,9
♀к-6764/23	3	5,5		9,5	
♂к-6764/23	3	4,1		10,6	
F <sub>1</sub> к-6777♀23	3	4,9	-43,7	11,5	5♂5
♀к-6777/23	3	8,7		10,9	
♂к-6777/23	3	6,1		9	
F <sub>1</sub> к-6817/23	3	5,3	8,2	10,8	-5,3
♀к-6817/23	3	4,4		11,4	
♂к-6817/23	3	4,9		10,6	

Результаты биохимического анализа показали, что группа красноплодных кистевых томатов с яркой окраской мякоти плодов (3 балла) имела максимальные числовые показатели концентрации ликопина (от 9,5 мг/100г до 14,5 мг/100г) и колориметрических измерений (3,7-6,2). Наивысшие значения наблюдались у гибрида F<sub>1</sub> к-4146/23.

Диапазон числовых значений содержания ликопина в гибридах F<sub>1</sub> со средним окрасом мякоти (2 балла) находился в пределах от 7,7 мг/100г до 9,4 мг/100г, данные колориметра варьировали от 2,3 до 3,4. Максимальное значение было зафиксировано у гибрида F<sub>1</sub> к-2745/22.

Кластер гибридов F<sub>1</sub> со стандартным цветом мякоти (1 балл) имел как минимальные значения ликопина (5,3-6,5 мг/100г), так и данные колориметра (1,1-1,9). Стоит отметить гибрид F<sub>1</sub> к-4183/23, выделившийся на основании данных измерений.

Результаты корреляционного анализа демонстрируют тесную положительную связь между уровнем ликопина в образцах плодов томата и значениями, полученными с помощью колориметрии (r=0,92).

Для установления типа наследования признака насыщенной окраски мякоти и оценки величины эффектов гетерозиса (истинного гетерозиса, или гетеробельтиоза) проведено исследование, результаты которого представлены в **таблицах 3 и 4**.

Анализ эффектов гетерозиса по содержанию ликопина и колориметрическому показателю а/б

у изучаемых гибридов F<sub>1</sub> в сравнении с их родительскими формами позволяет сделать ряд важных выводов о характере наследования этого признака и их связью с итоговой визуальной оценкой гибридов.

Высокие визуальные оценки яркости мякоти у гибридов (3 балла) зачастую не всегда коррелируют с проявлением гетерозиса по содержанию ликопина. В группе с яркой окраской наблюдается разнонаправленный характер наследования: у гибридов F<sub>1</sub> Кречет (к-4146/22), F<sub>1</sub> к-6762/23, F<sub>1</sub> к-6764/23, и F<sub>1</sub> к-6777/23 зафиксирован положительный эффект гетерозиса по содержанию ликопина (7,4%, 6,3%, 17,9% и 5,5% соответственно), что указывает на возможность получения форм, превосходящих лучшего родителя по данному биохимическому показателю. Однако у других гибридов этой же группы, например у F<sub>1</sub> к-4148/23, F<sub>1</sub> к-6817/23 и F<sub>1</sub> к-2657/22 наблюдается депрессия признака (отрицательный гетерозис: -18,1%, -5,3% и 21,9% соответственно). Это свидетельствует о том, что для достижения максимальной визуальной яркости (3 балла) критически важным является не абсолютное доминирование по ликопину, а скорее достижение определенного порогового уровня его содержания и, возможно, оптимального соотношения с другими пигментами, поскольку даже при снижении содержания ликопина относительно среднего родительского показателя гибриды сохраняли высший визуальный балл.

**Таблица 4. Эффект гетерозиса среднеплодных гибридов F<sub>1</sub> томата с контрастной окраской мякоти относительно среднего значения показателей родительских форм (Крымский селекционный центр «Гавриш», 2023-2024 годы)**

Наименование образца	Визуальная оценка яркости мякоти, балл	Колориметрические значения		Ликопин	
		показатель колориметра, а/б	гетерозис, Нист, %	содержание в плодах, мг/100 г сырого вещества	гетерозис, Нист, %
красноплодные гибриды F <sub>1</sub> со средней окраской мякоти и их родительские линии					
F <sub>1</sub> к-2745/22	2	3,4	-29,2	9,4	-25,4
♀к-2745/22	3	4,7		8,7	
♂к-2745/22	3	4,8		12,6	
F <sub>1</sub> к-4154/23	2	2,3	-54,9	7,7	-22,2
♀к-4154/23	3	5,1		9,9	
♂к-4154/23	1	1,5		5,9	
F <sub>1</sub> к-4165/23	2	2,9	-40,8	8,1	-30,7
♀к-4165/23	3	4,9		11,7	
♂к-4165/23	2	2,5		5,3	
F <sub>1</sub> к-4193/23	2	3,2	-47,5	9,2	1,1
♀к-4193/23	3	3,6		8,9	
♂к-4193/23	3	6,1		9,1	
красноплодные гибриды F <sub>1</sub> с минимальной окраской мякоти и их родительские линии					
F <sub>1</sub> к-2665/22	1	1,5	-65,1	6,1	-51,9
♀к-2665/22	3	4,3		12,7	
♂к-2665/22	1	1,5		4,7	
F <sub>1</sub> к-6746/23	1	1,3	-62,9	6,3	-29,2
♀к-6746/23	1	1,3		4,3	
♂к-6746/23	2	3,5		8,9	
F <sub>1</sub> к-4183/23	1	1,9	-58,7	6,5	-47,2
♀к-4183/23	3	4,6		12,3	
♂к-4183/23	1	1,5		4,6	
F <sub>1</sub> к-2667/22	1	1,1	-73,8	5,3	-54,3
♀к-2667/22	3	4,2		11,6	
♂к-2667/22	2	3,2		4,3	

Анализ гетерозиса по колориметрическому показателю  $a/b$  установил, что практически у всех гибридов (за исключением  $F_1$  к-6817/23), наблюдается резко отрицательный эффект гетерозиса по этому признаку. Так, у гибридов  $F_1$  к-2657/22,  $F_1$  к-6777/23,  $F_1$  к-4148/23 с яркой окраской гетерозис составил -46,5%, -43,7% и -39,1% соответственно. Это означает, что значение индекса  $a/b$  у гибридов в подавляющем большинстве случаев значительно ниже, чем среднее арифметическое значение лучшего из родителей. Единственным исключением является гибрид  $F_1$  к-6817/23, который показал положительный гетерозис по показателю  $a/b$  (+8,2%). Представленные результаты указывают на сложный характер наследования колориметрического показателя, который, вероятно, определяется не только суммарным содержанием ликопина, а взаимодействием с другими каротиноидами, приводящими к нелинейному суммированию родительских признаков у потомства, что требует дальнейшего изучения для более четкого понимания и анализа.

Анализ гибридов со средней и стандартной окраской мякоти выявляет еще более глубокую депрессию по изучаемым признакам. В группе со средней окраской (2 балла) все гибриды демонстрируют отрицательный гетерозис как по ликопину (от -22,2% до -30,7%, за исключением  $F_1$  к-4193/23 с околонулевым значением 1,1%), так и по колориметрии (от -29,2% до -54,9%). Особый интерес представляет гибрид  $F_1$  к-4154/23, родители которого контрастны по окраске: мать имеет 3 балла и высокий  $a/b$  (5,1), а отец - 1 балл и низкий  $a/b$  (1,5). Гибрид  $F_1$  занял промежуточное положение (2 балла,  $a/b=2,3$ ), однако с сильным отрицательным гетерозисом.

В группе гибридов со стандартным цветом (1 балл) отмечается экстремально высокая степень депрессии по содержанию ликопина: значения гетерозиса колеблются от -29,2% у  $F_1$  к-6746/23 до -54,3% у  $F_1$  к-2667/22. По колориметрическому показателю ситуация аналогична: отрицательный гетерозис достигает -73,8% у  $F_1$  к-2667/22. Данная группа гибридов стабильно демонстрирует слабую экспрессию признаков, связанных с окраской и синтезом ликопина, значительно уступая родителям. Все это еще раз подчеркивает, что визуаль-

ная оценка интегрирует более широкий комплекс признаков, чем простое соотношение  $a/b$ .

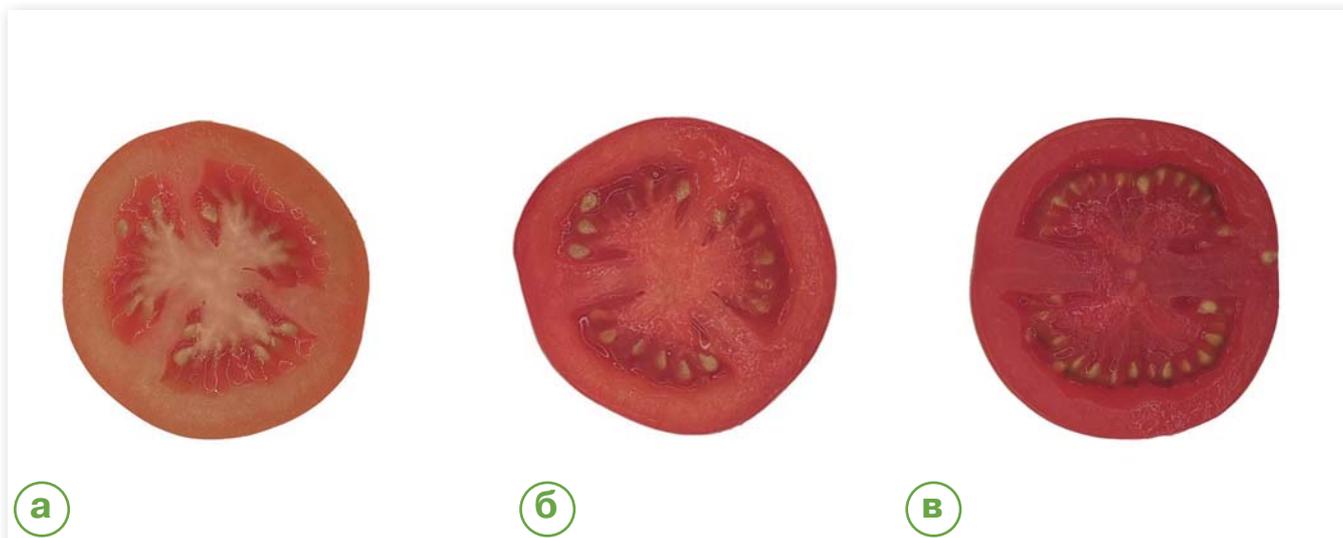
Данные таблиц 3 и 4 демонстрируют, что наследование колориметрического показателя  $a/b$  носит преимущественно депрессивный характер (отрицательный гетерозис) даже в тех комбинациях, где по содержанию ликопина наблюдается положительный гетерозис. Эффекта гетерозиса как по значениям колориметра, так и по содержанию ликопина не наблюдается. Это может указывать на преимущественно рецессивный тип наследования признака яркой окраски мякоти плодов томата.

### Выводы

Выявлены гибриды  $F_1$  томата, сочетающие интенсивную окраску мякоти и визуальную яркость (3 балла) с высокими биохимическими показателями:  $F_1$  Кречет (к-4146/23) (ликопин 14,5 мг/100г,  $a/b = 6,2$ ),  $F_1$  к-6777/23 (ликопин 11,5 мг/100г,  $a/b = 4,9$ ) и  $F_1$  к-6817/23 (уникален положительным гетерозисом по  $a/b +8,2\%$ ).

Установлено, что доминирующим пигментом, определяющим интенсивность окраски мякоти, является ликопин (корреляция с показателями  $a/b$  у гибридов  $F_1$   $r=0,92$ ). Содержание сухих веществ также тесно связано с цветом ( $r=0,74$ ), что подтверждает сопряженность пигментации мезокарпия с общей биохимической ценностью плода. Концентрация сахаров коррелирует с цветом на уровне  $r=0,70$ , а  $\beta$ -каротина – умеренно ( $r=0,45$ ), общая кислотность проявляет умеренно положительную связь ( $r=0,50$ ).

Определено, что признак яркой мякоти плодов томата имеет сложный, часто рецессивный тип наследования. В некоторых случаях возможно неполное доминирование этого признака. Анализ результатов гетерозиса выявил возможность получения гибридов томата, превосходящих лучше из родителей по содержанию ликопина (н-р,  $F_1$  к-2657/22,  $F_1$  Кречет (к-4146/23) и др.). Также позволил установить, что на формирование цвета влияет не абсолютное доминирование по ликопину, а приближение к пороговому уровню его содержания в совокупности с соотношением с другими пигментами.



Шкала интенсивности пигментации мезокарпия плодов томата: а) минимальная, светлая окраска мякоти плода; б) средняя, окрашенная мякоть; в) интенсивная, яркая окраска мякоти

## Библиографический список

1. Основные аспекты, требующие внимания // Гавриш Медиа. [Электронный ресурс] URL: <https://gavrishmedia.ru/gavrish/osnovnie-aspekti-trebuyushtie-vnimaniya>. Дата обращения: 25.07.2025.
2. Гавриш С. Ф. 100 лет селекции томата защищенного грунта России 1920-2020 // Гавриш. 2024. №2. С. 324–349.
3. Гавриш С. Ф. Между наукой и производством – большое расстояние // Гавриш. 2020. №11. С. 8–11.
4. Кузёмский А. В. Селекционно-генетические исследования мутантных форм томата. Харьков, 2004. 392 с.
5. Lycopene content of tomatoes and tomato products. L.M. Alda, I. Gogoşă, D.M. Bordean, I. Gergen, S. Alda, C. Moldovan. Journal of Agroalimentary Processes and Technologies. 2009. Vol.15. No.4. Pp. 540–542.
6. Evaluation of tomatoes fruits flesh colour, beta-carotene and lycopene content M. Soyong, P.R. Guevarra, J.M.C. Mateo, H.F. Galvez. International Journal of Agricultural Technology. 2021. Vol.17. No.2. Pp. 727–736.
7. Илич С. Зоран, Капулас Николаос и Шунич Любомир. Исследование: органические томаты содержат больше каротиноидов, минералов, меньше тяжелых металлов, нитратов. Союз органического земледелия. [Электронный ресурс] URL: <https://www.intechopen.com/chapters/46456>. Дата обращения: 11.08.2025.
8. Роль томатов и продуктов из них в здоровом питании человека Е. В. Ших, Е. В. Елизарова, А. А. Махова, Т. В. Брагина // Вопросы питания. 2021. Т.90. №4. С. 129–137. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-4-129-137>.
9. Shumskaya M., Wurtzel E.T. The carotenoid biosynthetic pathway: thinking in all dimensions // Plant Science. 2013. Vol.208. Pp. 58–63. DOI: 10.1016/j.plantsci.2013.03.012.
10. Количественная тонкослойная хроматография в оценке каротиноидного состава томата *Solanum lycopersicum* / Н. А. Голубкина, А. В. Молчанова, М. М. Тареева, О. Г. Бабак, Н. А. Некрашевич, И. Ю. Кондратьева // Овощи России. 2017. №5. С. 96–99. DOI: 10.18619/2072-9146-2017-5-96-99.
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 382 с.
12. Гончаров Н. П. Методические основы селекции растений. 2-е изд. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2016. Под ред. Шумного В. К. ISBN 978-5-9747-0169-6.
13. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. Москва: Россельхозакадемия, 2011. С. 254–255.
14. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. первый. Общая часть. Москва, 2019.
15. ГОСТ 8756.13-87. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров. М.: Стандартинформ, 2010. 10 с.
16. ГОСТ 25555.0-82. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения титруемой кислотности. М.: Стандартинформ, 2010. 3 с.
17. Биохимический состав плодов томата различной окраски / А. Б. Курина, А. Е. Соловьева, И. А. Храпалова, А. М. Артемьева // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т.25. №5. С. 514–527.

## References

1. Gavrish S.F. Key aspects requiring attention. Gavrish Media [Web resource]. URL: <https://gavrishmedia.ru/gavrish/osnovnie-aspekti-trebuyushtie-vnimaniya>. Access date: 25.07.2025 (In Russ.).
2. Gavrish, S.F. 100 years of breeding tomato for protected ground in Russia 1920-2020. Gavrish. 2024. No2. Pp. 324–349 (In Russ.).
3. Gavrish, S.F. Between science and production – a great distance. Gavrish. 2020. No11. Pp. 8–11 (In Russ.).
4. Kuzyemensky A.V. Breeding and genetic studies of mutant forms of tomato. (Monograph). Kharkov. 2004. 392 p. (In Russ.).
5. Lycopene content of tomatoes and tomato products. L.M. Alda, I. Gogoşă, D.M. Bordean, I. Gergen, S. Alda, C. Moldovan. Journal of Agroalimentary Processes and Technologies. 2009. Vol.15. No.4. Pp. 540–542.
6. Evaluation of tomatoes fruits flesh colour, beta-carotene and lycopene content M. Soyong, P.R. Guevarra, J.M.C. Mateo, H.F. Galvez. International Journal of Agricultural Technology. 2021. Vol.17. No.2. Pp. 727–736.
7. Ilic, S.Z., Kapoulas, N., & Shunic, L. Research: organic tomatoes contain more carotenoids, minerals, less heavy metals, nitrates. Union of Organic Agriculture. [Web resource]. URL: <https://www.intechopen.com/chapters/46456>. Access date: 11.08.2025. (In Russ.).
8. The role of tomatoes and tomato products in human healthy nutrition. E.V. Shikh, E.V. Elizarova, A.A. Makhova & T.V. Bragina. Problems of Nutrition. 2021. 90(4). Pp. 129–137. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-4-129-137> (In Russ.).
9. Shumskaya M., Wurtzel E.T. The carotenoid biosynthetic pathway: thinking in all dimensions. Plant Sci. 2013. 208. Pp. 58–63. DOI: 10.1016/j.plantsci.2013.03.012.
10. (2017). Quantitative thin-layer chromatography in the assessment of carotenoid composition of tomato (*Solanum lycopersicum*). N.A. Golubkina, A.V. Molchanova, M.M. Tareeva, O.G. Babak, N.A. Nekrashevich & I.Yu. Kondratyeva. Vegetable Crops of Russia. No5. Pp. 96–99. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-5-96-99>
11. Dospelkhov B.A. Methods of field experiment. Moscow. 1985. Agropromizdat. 382 p.
12. Goncharov, N.P. (2016). Methodological foundations of plant breeding (2nd ed.). Novosibirsk: Publishing House of SB RAS.
13. Litvinov S.S. Methods of field experiment in vegetable growing. Moscow. Russian Agricultural Academy. 2011. Pp. 254–255.
14. Methods of state variety testing of agricultural crops. Issue one. General part. (2019). Moscow.
15. GOST 8756.13-87. Processed fruit and vegetable products. Methods for determination of sugars. (2010). Moscow: Standartinform. 10 p.
16. GOST 25555.0-82. Processed fruit and vegetable products. Methods for determination of titratable acidity. (2010). Moscow: Standartinform. 3 p.
17. Biochemical composition of tomato fruits of different colors. A.B. Kurina, A.E. Solovyeva, I.A. Khrapalova & A.M. Artemyeva. Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2021. No25(5). Pp. 514–527.

## Об авторах

Гавриш Сергей Федорович, доктор с.-х. наук, профессор, председатель совета директоров «ГАВРИШ»

Схинас Мария Сергеевна (ответственный за переписку), н.с. ООО «НПО «Гавриш», соискатель КубГАУ. E-mail: [marusuy32@inbox.ru](mailto:marusuy32@inbox.ru)

Редичкина Татьяна Александровна, канд. с.-х. наук, директор ООО «НИИСОК»

Зеленский Григорий Леонидович, доктор с.-х. наук, профессор кафедры генетики, селекции и семеноводства КубГАУ

## Authors' details

Gavrish S.F., D.Sci. (Agr.), professor, Chairman of the Board of Directors of GAVRISH

Schinass M.S., (corresponding author), research fellow at NPO Gavrish, Kuban State Agrarian University (KubSAU) applicant. E-mail: [marusuy32@inbox.ru](mailto:marusuy32@inbox.ru)

Redichkina T.A., Cand. Sci. (Agr.), Director of NIISOK LL  
Zelensky G.L., D.Sci. (Agr.), professor at the Department of Genetics, Breeding and Seed Production at KubGAU



Подписано к печати 16.03.26. Формат А4. Бумага глянцевая мелованная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 7.4. Заказ №486. Отпечатано в ГБУ РО «Рязанская областная типография» 390023, г. Рязань, ул.Новая, д 69/12. Сайт: [www.ryazanskaya-tipografiya.ru](http://www.ryazanskaya-tipografiya.ru). рф. E-mail: [ryazan\\_tip@bk.ru](mailto:ryazan_tip@bk.ru). Телефон: +7 (4912) 44-19-36