

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-43-46>
УДК 635.621.3:631.527.2/.4

Г.А. Химич, И.Б. Коротцева,
А.С. Ермолаев

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр овощеводства" (ФГБНУ ФНЦО) 143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИССОК, ул. Селекционная, д. 14
himich07@mail.ru, korottseva@mail.ru, AlexeyErmolaev@vniissok.ru

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы участвовали в написании статьи: Химич Г.А. – 60%, Коротцева И.Б. – 30% и Ермолаев А.С. – 10%.

Для цитирования: Химич Г.А., Коротцева И.Б., Ермолаев А.С. Сигнальная окраска молодых листьев кабачка при отборе растений с двухцветными плодами. *Овощи России*. 2021;(1):43-46. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-43-46>

Поступила в редакцию: 15.12.2020

Принята к печати: 26.01.2021

Опубликована: 25.02.2021

Khimich, Irina B. Korottseva,
Alexey S. Ermolaev

Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC) 14, Selektsionnaya str., VNISSOK, Odintsovo district, Moscow region, Russia, 143072
himich07@mail.ru, korottseva@mail.ru, AlexeyErmolaev@vniissok.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Authors' Contribution: All authors contributed to the writing of the article: Khimich G.A. – 60%, Korottseva I.B. – 30%, Ermolaev A.S. – 10%.

For citations: Khimich G.A., Korottseva I.B., Ermolaev A.S. Signal coloration of young leaves of zucchini in the selection of plants with bi-colored fruit. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(1):43-46. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-43-46>

Received: 15.12.2020

Accepted for publication: 26.01.2021

Accepted: 25.02.2021

Сигнальная окраска молодых листьев кабачка при отборе растений с двухцветными плодами



Резюме

Актуальность. В соответствии с потребностями рынка в 2008 году был создан сорт кабачка цуккини Русские спагетти с двухцветными плодами. Еще на этапах селекционного процесса столкнулись со сложностями поддержания в популяции сорта высокого процента двухцветных форм. Для решения этой задачи изучали возможность использования маркерных признаков молодых листьев кабачка при отборе форм с различной окраской плода в технической спелости.

Материал и условия. Опыт был заложен в 2005-2018 годах в Одинцовском районе Московской области в условиях открытого грунта на базе лаборатории селекции и семеноводства тыквенных культур ФГБНУ ФНЦО. В селекционном питомнике исследования проводили ежегодно на 30 растениях. Окраску плодов учитывали только в фазе технической спелости. Лучшие растения размножали путем инцухтирования. В питомнике размножении сорта Русские спагетти проводили посев по семьям. В течение 4-х лет в каждой семье, в различные фазы развития, изучали 50-100 шт. растений по окраске плода и другим хозяйственно полезным признакам.

Результаты. В течение одиннадцати лет проводили инцухтирование и отбор на двухцветных формах кабачка Русские спагетти для достижения гомозиготности и, соответственно, выравнивания материала по окраске плодов. Закономерностей по влиянию количества инцухтирований на окраску плодов не было отмечено. Однако в процессе наблюдений удалось установить взаимосвязь между окраской плода в технической спелости и рисунком на нижних (первых) листьях. На растениях с мраморным рисунком листа завязывались преимущественно зеленые (сетчатые); с желтыми пятнами на листьях – двухцветные и с полностью желтыми листьями – желтые плоды. Отбирая на ранних стадиях, в фазу 3-4 настоящих листьев, растения с желтыми пятнами на листьях, получили возможность увеличивать в популяции сорта процент растений с двухцветными плодами до 95.5-100%. Все это в значительной степени упростило оригинальное семеноводство кабачка Русские спагетти.

Ключевые слова. Кабачок, двухцветные формы, отбор, окраска листа, сигнальный признак, семеноводство.

Signal coloration of young leaves of zucchini in the selection of plants with bi-colored fruit

Abstract

Relevance. In accordance with the needs of the market, in 2008, a variety of zucchini Russian spaghetti with two-colored fruits was created. We faced difficulties in maintaining a high percentage of two-color forms in the variety population. To solve this problem, we studied the possibility of using markers of young zucchini leaves in the selection of forms with different fruit colors in technical ripeness.

Material and conditions. The experience was started in 2005 to 2018 in the open ground on the basis of FSBSI FSVC. In the breeding nursery, research was conducted annually on 30 plants. The color of the fruit was taken into account only in the phase of technical ripeness. The best plants were propagated by incest. In the nursery breeding varieties of Russian spaghetti were sown by family. During 4 years in each family, at different stages of development, 50-100 plants were studied according to the color of the fruit and other economically useful characteristics.

Results. For eleven years, incuchination and selection were carried out on two-color forms of zucchini Russian spaghetti to achieve homozygosity and, accordingly, to align the material with the color of the fruit. Some regularities of the influence of the number of integrirvani on the color of the fruit has not been observed. Continuing to observe the plants, it was possible to establish a relationship between the color of the fruit in technical ripeness and the pattern on the lower (first) leaves. On plants with a marble pattern, the leaves were mostly green (reticulated); with yellow spots on the leaves – two-colored and with completely yellow leaves – yellow fruits. By selecting plants with yellow spots on the leaves in the early stages, in the phase of the 3-4-th real leaves, we were able to increase the percentage of plants with two-colored fruits in the population of the variety to 95.5-100%. All this greatly simplified the original seed production of zucchini Russian spaghetti.

Keyword. Zucchini, bicolor forms, selection, leaf color, signal sign, seed production.

Введение

Окраска плодов – важный аспект для потребителя при выборе сорта. Большим спросом пользуются сорта кабачка с ярко окрашенными плодами. По мнению Тараканова Г.И., желтоплодные и желто-зеленые овощи имеют больше каротина. Их употребление препятствует развитию сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний [1]. Особая ценность цуккини состоит в наличии в плодах каротиноида лютеина, который способствует повышению остроты зрения и защите организма от свободных радикалов. Максимальное содержание лютеина в желтоплодных кабачках, меньше – в зеленых, а в белых он практически отсутствует [2].

В связи с потребностями рынка в ФГБНУ ФНЦО был создан сорт кабачка цуккини - Русские спагетти с двухцветными – желто-зелеными плодами (рис. 1).

Этот сорт был получен путем отбора из гибридной популяции от скрещиваний образца из Франции – Ronde de Nied, имеющего сетчатые плоды, и образца из Китая- Zhang HU2 с желтыми плодами. Сорт отличался выравненностью по форме, индексу плода и другим хозяйственно полезным признакам и, в то же время, сложной структурой популяции по окраске и рисунку на поверхности коры плодов. Встречались плоды: с зеленым сетчатым рисунком; полностью желтоокрашенные и двухцветные, с различным соотношением по занимаемой площади зеленой и желтой окраски.



Рис. 1. Растение кабачка Русские спагетти
Fig. 1 Russian spaghetti squash plant

У сорта Русские спагетти окраска плодов в технической спелости варьировала даже в пределах одного растения. На одном растении можно было встретить как сетчатые, так и двухцветные, а в отдельных случаях, даже желтые плоды (рис. 2). Это явление у двухцветных тыкв, относящихся к *Cucurbita pepo* L., отмечали и другие авторы. Как объясняет O.Shifriss, двухцветные сорта (потомства) тыквы *C. pepo* обычно нестабильны генетически, и мутация, связанная с ними, обратима. Отбор растений с все большей и большей желтой площадью приводит, в конечном итоге, к развитию почти желтых потомств, при размножении которых окраска сохраняется в пределах диапазона изменчивости данного сорта. Однако трудно создать стабильные двухцветные сорта, которые размножаются как обычные, так как неотобранные биколорные потомства становятся преимущественно зелеными [3].

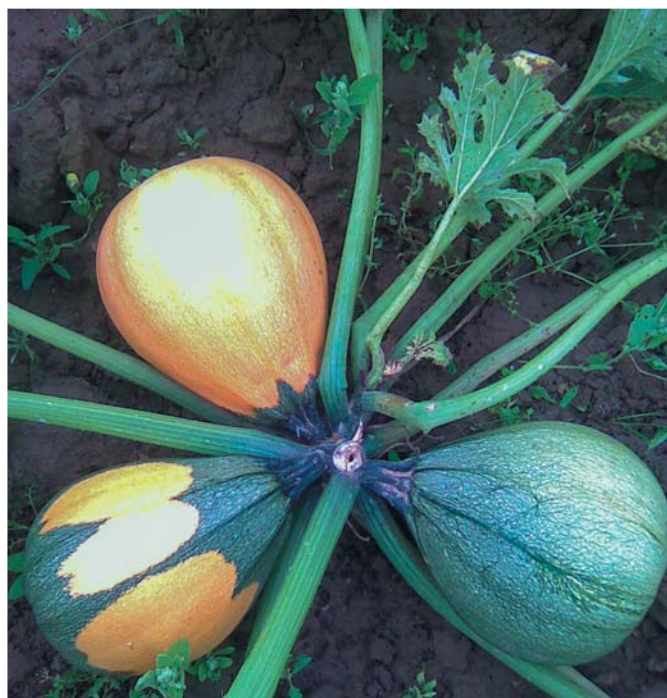


Рис. 2. Плоды кабачка сорта Русские спагетти
Fig. 2. Fruits of Russian spaghetti squash

В настоящее время идентифицировано более дюжины генов, влияющих на цвет плодов *Cucurbita pepo* L., некоторые из которых являются многоаллельными [4]. Интенсивный цвет обусловлен комплементарными доминантными аллелями L-1 и L-2 [5]. Переход от декоративной тыквы к кабачку гена В, который придает желтый фруктовый оттенок, привел к созданию сортов, имеющих особенно яркий желтый цвет [6]. Ген В может вызвать желтую пигментацию даже в присутствии "у" аллеля, определяющего зеленый цвет, и не зависит от контролирующих пигмент факторов: W, Y и L. Как указывает O.Shifriss (1955) поверхность плода гомозиготы ВВ почти равномерно желтая, зеленый цвет ограничен небольшим участком вокруг верхушки плода или полностью отсутствует. Плоды гетерозиготы Вв могут быть либо преждевременно желтыми, как доминантная гомозигота, либо чрезвычайно изменчивыми в зависимости от остальной части генотипа. Внешне присутствие В, по-видимому, связано с преждевременным распадом хлорофиллов. Двухцветный рисунок рассматривается как случай вариации окраски и, очевидно, определяется генотипом Bb [3]. В дальнейших исследованиях O.Shifriss (1981) указывает, что линии ВВ дают только желтые плоды в одних условиях и двухцветные – в других. Ген В может быть стабилен у одних и не стабилен у других линий, а также оказывать побочное влияние на рост, выраженность пола и качество плодов, иногда отрицательное, из-за блокирования синтеза хлорофилла [10].

Как указывает O. Shifriss, ген В, вызывающий раннее пожелтение плодов у тыквы, у части растений также может вызвать раннее пожелтение листьев, обусловленное разрушением хлорофилла [7]. Техановичем Г.А. и Елацковой А.Г. было отмечено, что признак желто-зеленой окраски листа иногда проявляется у тыквы твердокорой, но в большинстве своем он летальный. У тыквенных культур встречается также другой тип отклонения в окраске листовой пластинки – желто-зеленая пятнистость листьев, которая проявляется у молодых

растений в виде мозаики. Такая окраска листа относится к типу «виресценс» (позеленение) и контролируется геном «v». Она характерна для некоторых сортов кабачка: Желтоплодный, Золотой, Буратино [8]. Елацковой А.Г. была выделена форма кабачка с плодами кремово-желтого цвета и генетическим маркером – зеленовато-желтой окраской листьев. Этот признак проявляется на ранней фазе развития растений, начиная с первого настоящего листа. У другого гибрида с ярко-оранжевыми плодами, зеленовато-желтая пятнистость проявлялась начиная с третьего листа [9].

Как видим и другими авторами была отмечена связь между окраской листа и плода у кабачка. Сигнальные признаки листьев обеспечивают эффективный отбор растений с окрашенными плодами на начальных этапах их развития и позволяют браковать ненужные формы.

Условия проведения опыта и материал.

Исследования проводили в 2005-2018 годах в Одинцовском районе Московской области в условиях открытого грунта на базе ФГБНУ ФНЦО. Технология выращивания кабачка – общепринятая для данной зоны. Посев проводили семенами в грунт с 23 мая по 5 июня по схеме 70 x 70 см. В селекционном питомнике ежегодно изучали не менее 30 растений, проводили все необходимые учеты и наблюдения. Окраску плодов учитывали только в фазе технической спелости. Лучшие растения размножали путем инцухтирования. Накануне распускания цветков, с вечера, на одном растении с помощью пергаментных колпачков изолировали бутоны мужских и женских цветков. Опыление женских цветков проводили рано утром, до 8-9 часов. Один женский цветок опыляли двумя-тремя мужскими цветками. Опыленный цветок снова изолировали.

В питомнике размножения сорта Русские спагетти посев проводили по семьям. В течение 4-х лет в каждой семье в различные фазы развития изучали 50-100 шт. растений по окраске плода и другим хозяйственно полезным признакам. Проводили индивидуальные отборы двухцветных форм (около 30%).

Результаты и обсуждение

Для выравнивания материала посредством перевода в гомозиготное состояние, растения кабачка с двухцветными плодами инцухтировали в течение 11 лет.

Следует отметить, что депрессии по основным хозяйственно полезным признакам в результате многочисленных самоопылений не наблюдалось. Как видно из таблицы 1, выровнять по окраске плодов изучаемый материал, полученный даже в результате одиннадцати инцухтирований, не удалось. Количество растений с двухцветными плодами составляло от 15 до 57% в общей сортопопуляции. Каких-то закономерностей по влиянию количества инцухтирований на окраску плодов отмечено не было.

Таким образом, отбор растений с двухцветными плодами в фазу технической спелости не позволил популяции сорта Русские спагетти стать преимущественно зеленой (сетчатой) окраски, о чем предупреждал O.Shifriss, однако и сильно увеличить процент двухцветных плодов, по отношению к зеленым и желтым, не удавалось. Различия по окраске плодов очень бросались в глаза в период апробации семеноводческих посевов, что затрудняло их оценку по сортовой чистоте. Однако при наступлении биологической спелости все плоды приобретали желтую окраску и были не отличимы друг от друга.

Продолжая наблюдать за растениями сорта Русские спагетти в течение всего периода вегетации удалось установить взаимосвязь между окраской плода в технической спелости и рисунком на нижних (3-4-й) листьях. На растениях с мраморным рисунком листа завязывались зеленые (сетчатые); с желтыми пятнами – двухцветные и с полностью желтыми листьями – желтые плоды. В таблице 2 прослеживается четкая взаимосвязь рисунка на нижних листьях и окраски плода в различные фазы развития. Анализу подвергались только двухцветные семьи в семеноводческих посевах кабачка Русские спагетти.

Отбор растений с сетчатыми плодами по мраморному рисунку на нижних листьях дал следующий результат: «В четырех из семи семей 100% растений с мраморным рисунком имели сетчатые плоды, в трех других семьях – 96,7-97,5% растений были с сетчатыми плодами». Хорошие результаты дал отбор двухцветных и желто-окрашенных форм по окраске первых листьев. В трех из семи семей было отмечено 100% совпадение при отборе по сигнальным признакам листа. В других четырех семьях лишь у 2,5-4,5% растений с желтыми пятнами на листьях были не двухцветные плоды и у 1,2-

Таблица 1. Характеристика потомства одного растения по окраске плода (семеноводческие посевы кабачка Русские спагетти), растений, %

Table 1. Characteristics of the offspring of one plant by fruit color (seed crops of zucchini Russian spaghetti), plants %

Год	Число инцухтов	Окраска плода в технической спелости		
		темно-зеленая сетка	двухцветная	желтая
2005	6	1,4	38,9	41,7
2006	7	37,5	42,5	20,0
2007	8	16,7	56,7	26,6
2008	9	53,8	15,5	30,7
2009	10	28,6	28,6	42,8
2010	11	11,1	55,6	33,3
2018	11	48,7	38,4	10,6
Сред.		30,8	39,4	29,4

Таблица 2. Характеристика семей кабачка сорта Русские спагетти по окраске первых листьев и плодов в технической спелости (среднее за 4 года), растений %.

Table 2. Characteristics of Russian spaghetti squash families by color of the first leaves and fruits in technical ripeness (average for 4 years), plants %.

Пос. №	Фаза развития	Рисунок и окраска листа			Рисунок и окраска плода		
		мраморный рисунок	желтые пятна	желтый лист	сетчатый	2-х цветный	желтый
111	бутонизация	81,6	18,4	0	81,6	18,4	0
	техническая спелость	81,6	18,4	0	81,6	18,4	0
112	бутонизация	40,0	40,0	20,0	40,0	40,0	20,0
	техническая спелость	37,5	42,5	20,0	37,5	42,5	20,0
113	бутонизация	19,4	41,7	38,9	19,4	41,7	38,9
	техническая спелость	19,4	38,9	41,7	19,4	38,9	41,7
114	бутонизация	20,0	52,2	27,8	20,0	52,2	27,8
	техническая спелость	16,7	56,7	26,6	16,7	56,7	26,6
115	бутонизация	23,1	43,6	33,3	23,1	43,6	33,3
	техническая спелость	20,5	41,0	38,5	20,5	41,0	38,5
116	бутонизация	23,5	53,0	23,5	23,5	53,0	23,5
	техническая спелость	23,5	53,0	23,5	23,5	53,0	23,5
138	бутонизация	18,7	31,3	50,0	18,7	31,3	50,0
	техническая спелость	18,7	31,3	50,0	18,7	31,3	50,0

5,2% растений с желтыми листьями – плоды другой окраски, двухцветные или сетчатые. Таким образом, отбирая на ранних стадиях, в фазу 3-4 настоящих листьев, растения с желтыми пятнами на листьях, получили возможность увеличивать в популяции сорта процент растений с двухцветными плодами до 95,5-100%. Все это в значительной степени упростило оригинальное семеноводство кабачка Русские спагетти.

Коэффициент корреляции между окраской завязи в фазу бутонизации и окраской плода в технической спелости был очень высок и составил 0,98.

В последние годы в лаборатории селекции и семеноводства тыквенных культур делается упор на селекцию желтоплодных форм кабачка. Полученный из кабачка F₁ Голд Раш методом *in vitro* удвоенный гаплоид, представляющий гомозиготную линию, также имеет равномерно желтую окраску плода с небольшим участком зеленого цвета на его верхушке. Желтая окраска плода этого образца коррелирует с желтой окраской листьев в фазе шатрика. Сигнальный признак первых настоящих листьев позволяет облегчить прочистку и вовремя избавиться от ненужных форм.

Об авторах:

Галина Александровна Химич – старший научный сотрудник лаб. селекции и семеноводства тыквенных культур, himich07@mail.ru

Ирина Борисовна Коротцева – кандидат с.-х. наук, зав. лаб. селекции и семеноводства тыквенных культур, korottseva@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5108-3289>

Алексей Станиславович Ермолаев – младший научный сотрудник лаб. репродуктивной биотехнологии в селекции сельскохозяйственных растений, AlexeyErmolaev@vniissok.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7433-5271>

About the authors:

Galina A. Khimich – Senior Researcher of the laboratory of selection and seed production of pumpkin crops, himich07@mail.ru

Irina B. Korotseva – Cand. Sci. (Agriculture), head of the laboratory of selection and seed production of pumpkin crops, korottseva@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5108-3289>

Alexey S. Ermolaev – Junior Researcher of laboratory of reproductive biotechnology in crop breeding, AlexeyErmolaev@vniissok.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7433-5271>

Литература

1. Тарakanov Г.И. Селекция овощных культур на повышение продуктивности. Биология. Селекция и продуктивность сортов. 1986;(12):43-62.
2. Кириллова О.А., Бухаров А.Ф. Сортимент кабачка для Центральной России. Картофель и овощи. 2014;(6):35-36.
3. Shifriss O. Genetics and origin of the bicolor gourds. *Journal of Heredity*. 1955;46(5):213-222.
4. Paris H.S., Nelson B.R. The genes of Pumpkin and Squash. *J. Hort Science*. 2005;40(6):1620-1630.
5. Paris H., Nelson R. Effect of fruit color on harvest speed of zucchini. *Canadian Journal of Plant Science*. 1986;(66):811-815. DOI: 10.4141/cjps86-101
6. Shifriss O. On the emergence of B cultivars in squash. *HortScience*. 1988;(23):237-238.
7. Shifriss O. Identification of selective suppressor gene in *Cucurbita pepo*. *HortScience*. 1982;17(4):637-638.
8. Теханович Г.А., Елацкова А.Г. Генетическая коллекция желто-зеленых форм бахчевых культур. Селекция и семеноводство овощных культур. 2015;(46):542-546.
9. Елацкова А.Г. Ботанико-географическое изучение коллекции тыквы и выявление источников селекционно-ценных признаков. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2012;(140):237-245.
10. Shifriss O. Origin, expression and significance of gene B in *Cucurbita pepo* L. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 1981;106(2):220-232.

References

1. Tarakanov G.I. Selection of vegetable crops to increase productivity. *Biology. Selection and productivity of varieties*. 1986;(12):43-62. (In Russ.)
2. Kirillova O.A., Bukharov A.F. Sortiment zucchini for Central Russia. *Potatoes and vegetables*. 2014;(6):35-36. (In Russ.)
3. Shifriss O. Genetics and the origin of two-color pumpkins. *Journal of Heredity*. 1955;46(5):213-222. (In Russ.)
4. Paris H., Nelson R. Effect of fruit color on harvest speed of zucchini. *Canadian Journal of Plant Science*. 1986;(66):811-815. DOI: 10.4141/cjps86-101
5. Paris H., Nelson R. Effect of fruit color on harvest speed of zucchini. *Canadian Journal of Plant Science*. 1986;(66):811-815. DOI: 10.4141/cjps86-101
6. Shifriss O. On the emergence of B cultivars in squash. *HortScience*. 1988;(23):237-238.
7. Shifriss O. Identification of selective suppressor gene in *Cucurbita pepo*. *HortScience*. 1982;17(4):637-638.
8. Tehanovich G.A., Elatskova A.G. Genetic collection of yellow-green forms of melon crops. *Selection and seed production of vegetable crops*. 2015;(46):542-546. (In Russ.)
9. Elatskova A.G. Botanical and geographical study of the pumpkin collection and identification of sources of breeding and valuable traits. *Works on applied botany, genetics and breeding*. 2012;(140):237-245.
10. Shifriss O. Origin, expression and significance of gene B in *Cucurbita pepo* L. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 1981;106(2):220-232.