https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.4.602–615
УДК 635.629:631.541.6

(cc) BY

Влияние генетического сходства, активности пероксидазы и содержания аскорбиновой кислоты в компонентах прививок тыквенных культур на их приживаемость

© 2024. С. А. Мусихин✉, Д. А. Зорин, А. В. Худякова
ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», г. Ижевск, Российская Федерация

Прививка овощных культур широко применяется в промышленном овощеводстве стран Азии и Западной Европы. Однако малоизучено влияние на приживаемость прививки генетического родства привоя и подвоя, активности пероксидазы и содержания аскорбиновой кислоты в компонентах прививки в период срастания. Объекты исследований – девять видов семейства Тыквенные (Cucurbitaceae). Изучен полиморфизм 11 таксонов на основе ISSR-ПЦР геномной ДНК. Учет приживаемости привойно-подвойных комбинаций проводили на 10-е сутки. Активность пероксидазы определена спектрофотометрическим методом, содержание аскорбиновой кислоты – по Мурри. Достоверные различия в приживаемости отмечены при прививке момордики в вариантах подвоев тыкв: крупноплодная (94,6 %) и мускатная (67,1 %). В опытах с арбузом, дыней и трихозантом влияния вида подвоя на жизнеспособность прививки не выявлено. По ISSR-спектрам таксоны разделились на два кластера, межвидовые группировки каждой клады поддерживались средними значениями бутстрепа (от 26 до 100 %). Выявлено среднее влияние (r = 0,36) степени генетического сходства привоя с подвоем на приживаемость арбуза и слабое на приживаемость дыни, момордики и трихозанта. Активность пероксидазы и содержание аскорбиновой кислоты в компонентах прививки в разных привойно-подвойных комбинациях оказывала соответственно слабое и среднее влияние на приживаемость растений. В сильной степени от содержания аскорбиновой кислоты (r = 0,7) зависела приживаемость трихозанта на различных видах подвоев. Генетическое родство, активность пероксидазы и содержание аскорбиновой кислоты оказывали слабое или среднее влияние на приживаемость растений в привойно-подвойных комбинациях.

Ключевые слова: *ISSR-маркеры, праймеры, момордика, трихозант, дыня, арбуз*

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (тема № 0427-2019-0033).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Мусихин С. А., Зорин Д. А., Худякова А. В. Влияние генетического сходства, активности пероксидазы и содержания аскорбиновой кислоты в компонентах прививок тыквенных культур на их приживаемость. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024;25(4):602–615. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.4.602-615

Поступила: 05.03.2024 Принята к публикации: 18.07.2024 Опубликована онлайн: 28.08.2024

The influence of genetic similarity, peroxidase activity and ascorbic acid content in the components of pumpkin crop grafts on their survival rate

© 2024. Sergey A. Musikhin✉, Denis A. Zorin, Anna V. Khudyakova
Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russian Federation

Grafting of vegetable crops is widely used in industrial vegetable growing in Asia and Western Europe. However, the influence of the genetic relationship of the scion and rootstock, the activity of peroxidase and the content of ascorbic acid in the components of the graft during inosculation period on graft survival has been poorly studied. The objects of the research are nine species of the pumpkin family (Cucurbitaceae). The polymorphism of 11 taxa was studied based on ISSR-PCR of genomic DNA. The record of survival rate of scion-rootstock combinations was conducted on the 10-th day. The activity of peroxidase was determined by the spectrophotometric method, the content of ascorbic acid was determined by Murri. Significant differences in survival rate were noted when grafting momordica into pumpkin rootstock variants: large-fruited (94.6 %) and nutmeg (67.1 %). In experiments with watermelon, melon and trichosanthes, the influence of the type of rootstock on the viability of the graft was not revealed. According to the ISSR spectra, the taxa were divided into two clusters; interspecific groupings of each clade were supported by average bootstrap values (from 26 to 100 %). A medium effect (r = 0.36) of the degree of genetic similarity of the scion with the rootstock on the survival rate of watermelon and a weak effect on the survival rate of melon, momordica and trichosanthes were revealed. The activity of peroxidase and the content of ascorbic acid in the grafting components in different scion-rootstock combinations had a weak and moderate effect on plant survival, respectively. The survival rate of trichosanthes on various types of rootstocks strongly depended on the content of ascorbic acid (r = 0.7). Genetic relatedness, peroxidase activity, and ascorbic acid content had a weak or moderate effect on the survival rate of plants in scion-rootstock combinations.

Keywords: *ISSR markers, primers, Momordica, Trichosanthes, melon, watermelon*

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (theme No. 0427-2019-0033).

The authors thank the reviewers for their contributions to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declared no conflict of interest.

For citations: Musikhin S. A., Zorin D. A., Khudyakova A. V. The influence of genetic similarity, peroxidase activity and ascorbic acid content in the components of pumpkin crop grafts on their survival rate. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(4):602–615. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.4.602-615

Received: 05.03.2024 Accepted for publication: 18.07.2024 Published online: 28.08.2024

Прививка – один из приемов, повышающих устойчивость растений к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам в плодоводстве, овощеводстве и декоративном садоводстве. Использование прививки на устойчивые подвои позволяет повышать экологизацию производства овощей за счет снижения пестицидной нагрузки. Данный способ размножения растений применяется на пасленовых и тыквенных культурах в промышленных масштабах и на любительском уровне. Проведение исследований по приживаемости прививок на растениях из семейства Тыквенные в СССР были начаты на дыне *Cucumis melo* L. В работах С. П. Лебедевой [1, 2, 3] отмечено, что от правильного выбора подвоя зависит, насколько успешно будет развиваться привой. Положительные результаты получены при выращивании среднеазиатских дынь с прививкой на крупноплодную и мускатную тыкву в условиях Средней полосы, меньший эффект выявлен на тыкве твердокорой.

В Западной части Балканского полуострова установили преимущество прививок дыни на тыквы твердокорую и мускатную [4]. Позднее, в условиях Южной Европы, лучшие результаты получили при прививке дыни на тыкву мускатную [5]. В опытах по прививке огурца было замечено, что растения, привитые на тыкву, ускоряли свое развитие, повышали урожайность и устойчивость к неблагоприятным факторам [1, 6]. При этом А. П. Модестов считал, что определяющим для подвоя является мощность корневой системы [7]. В результате испытания различных видов тыквенных культур в Западной части Балканского полуострова в 1940–1950-х годах XX века в качестве подвоев для арбуза *Citrullus lanatus* (Thunb.) Мацум. & Накаи рекомендовалась лагенария. По данным ряда авторов, в зависимости от вида негативного фактора арбуз рекомендуется прививать на такие подвои, как тыква фиголистная *Cucurbita ficifolia* Bouche, бенинказа *Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn. [8, 9,10].

Большая работа по изучению прививок на тыквенных культурах – арбуза, дыни и огурца в настоящее время в Российской Федерации проводится А. В. Федоровым с соавторами [11, 12]. Были получены положительные результаты, имеющие теоретическое и практическое значение: впервые научно обосновано использование тыквы фиголистной в качестве подвоя при выращивании огурца, лагенарии – при выращивании арбуза в защищенном грунте; установлено влияние сортовых особенностей привоя на эффективность применения метода прививки при выращивании дыни. Описано распространение и изучена физиологическая активность корневых систем огурца, арбуза, дыни, а также подвоев этих культур при выращивании на грунтах в зимних и весенних теплицах. Выявлены и предложены производству лучшие подвои для огурца, арбуза и дыни, физиологически активные вещества при выращивании привитых растений огурца и арбуза.

Имеются исследования по применению метода прививки и подбору подвоев для момордики и трихозанта [13, 14]. Выбор оптимального подвоя обусловлен множеством факторов. На пасленовых культурах было выявлено, что явление несовместимости в привойно-подвойных комбинациях главным образом зависит от биохимических различий видов и сортов растений, а также от анатомо-морфологических и иммунологических особенностей строения тканей компонентов, от скорости роста стеблей привоя и подвоя в толщину [15]. В опытах с огурцом и арбузом значительную роль в приживаемости играли анатомо-морфологические особенности сортов привоя и видов подвоя. В то же время в экспериментах с дыней, несмотря на отсутствие сортоспецифической реакции привоя на приживаемость, он в дальнейшем оказывал влияние на морфобиологические особенности растений, развитие и физиологическую активность корневой системы подвоя [11].

Общеизвестно, что, несмотря на значительное влияние анатомо-морфологических и физиологических особенностей на приживаемость компонентов прививки, главную роль в успешности прививок играет их ботаническое

родство [16]. Исследования генетического полиморфизма и определение генетического сходства широко представлено в коллекциях культурных растений с целью паспортизации и дальнейшего использования в селекции [17, 18, 19]. Однако слабо изучены вопросы влияния полиморфизма и генетического сходства различных таксонов при использовании метода прививки.

Одним из наиболее эффективных инструментов оценки генетического полиморфизма являются микросателлиты, которые относятся к высокополиморфным маркерам растительных геномов [20]. Межмикросателлитные последовательности окружают многие гены и могут использоваться как якорные последовательности при подборе праймеров к ним, что составляет основу метода ISSR-типирования (Inter Simple Sequence Repeat), который начал развиваться в 1994 г. [20], а к настоящему времени получил широкое распространение, особенно в исследованиях генофондов различных видов растений. В работах [21, 22, 23] рассмотрены следующие особенности этого метода.

Основные свойства ISSR-метода:

1. Используется один или несколько праймеров длиной 15–24 нуклеотида.

2. Праймеры состоят из тандемных коротких 2–4 нуклеотидных повторов и одного селективного нуклеотида на 3'-конце праймера (например, 5'-CA CA CA CA CA CA CA CA G).

3. Продукты ISSR-амплификации содержат на флангах инвертированную микросателлитную последовательность праймера.

4. Относительно высокая точность и улучшенная воспроизводимость результатов по сравнению с RAPD в связи с бóльшей длиной праймера и более высокой температурой отжига.

5. Локализация в геноме неизвестна.

6. Маркеры данного типа используются для выявления генетической идентичности, родословной, дифференциации клонов, микроклонов и линий, таксономии близкородственных видов.

Преимущества ISSR-анализа:

1. Для создания маркеров не требуется знание нуклеотидной последовательности.

2. Не требует предварительного клонирования фрагментов для подбора праймеров.

3. Полилокусность – наличие большого количества продуктов амплификации.

4. Выявляемый полиморфизм с помощью ISSR, как правило, выше и более четко воспроизводим, чем в RAPD.

5. Метод удобен для генетического анализа, т. к. в геномах растений количество микросателлитных повторов очень велико.

6. Предполагается их относительно равномерное распределение по длине генома.

7. Дает четко воспроизводимые и стабильные результаты;

8. Дешевизна и простота.

Недостатки ISSR-анализа:

1. Необходимо подбирать последовательность ISSR-праймеров более строго и использовать в анализе только "яркие" продукты ISSR-амплификации.

2. Доминантный тип наследования, что не позволяет различать гомо- и гетерозиготы.

3. Эффект реамплификации – повторная амплификация, ведущая к увеличению количества ампликонов, вследствие изменения условий реакции, например, температуры отжига.

Цель исследования – оценка влияния генетического сходства видов тыквенных, используемых в качестве подвоя и привоя, а также активности пероксидазы и содержания аскорбиновой кислоты в тканях растений на их приживаемость.

Научная новизна – состоит в кластерном анализе генетического сходства на основе полиморфизма межмикросателлитных маркеров ISSR (Inter Simple Sequence Repeats – межмикросателлитный полиморфизм) тыквенных культур (Cucurbitaceae Juss.).

Материал и методы. Работа выполнена в лаборатории диагностики и контроля качества картофеля Удмурского НИИСХ. Для анализа полиморфизма растений, относящихся к разным таксономическим группам, были отобраны ISSR-маркеры, обладающие высокой полиморфностью по результатам предшествующих исследований [24, 25]. Объектами изучения служили девять видов семейства Тыквенные: тыква твердокорая (*Cucurbita pepo* L.); тыква крупноплодная (*Cucurbita maxima* Duch.); арбуз шерстистый (*Citrulus lanatus* L.); трихозант змеевидный (*Trichosanthes cucumerina* L.); тыква фиголистная (*Cucurbita ficifolia* Bouche.); бенинказа (*Benincasa hispida* (Tunb.) Cogn.; дыня (*Cucumis melo* L.); лагенария (*Lagenaria siceraria* (Molina) Standl.); момордика харанция (*Momordica charantia* L.).

Проращивание семян осуществляли в небольших парниках при 16-часовом световом периоде. ДНК выделяли из листьев, массой 100 мг, 14-дневных проростков СТАВ-методом по мето-

дике С. Роджерса и А. Бендиха (S. O. Rogers, A. J. Bendich) [26] с модификациями Кота-Санчесс и совт. (Cota-Sánchez et al.) [27]. Для нивелирования внутривидового полиморфизма каждый образец представлял собой смесь ДНК трех индивидуальных генотипов. Молекулярно-генетический анализ осуществляли с использованием 11 ISSR-праймеров (ООО «ЕврогенЛаб», Россия).

Амплификацию проводили с помощью термоциклера «Терцик» (Россия) в объеме 25 мкл. Для приготовления ПЦР-образцов использовали смесь Screen Mix-HS (5x) (ООО «ЕврогенЛаб», Россия). В каждую пробирку добавляли каплю минерального масла. ПЦР на амплификаторе «Терцик». Условия проведения реакции: предварительная денатурация при температуре 94 °С, 120 сек.; первые пять циклов – 94 °С, 20 сек.; температура отжига, 10 сек.; цикл элонгации при температуре 72 °С, 10 сек.; в следующих 35 циклах – 94 °С, 5 сек.; температура отжига, 5 сек.; цикл элонгации при температуре 72 °С, 5 сек. Последний цикл элонгации длится 2 минуты при температуре 72 °С. Продукты амплификации разделяли электрофорезом в 1,7%-ом агарозном геле, окрашенном бромистым этидием (0,5 мкг/мл). Для определения размера амплифицированных фрагментов использовали маркер молекулярных масс (100 + bpDNALadder) (ООО «ЕврогенЛаб», Россия) [28].

Для анализа полиморфизма арбуза, дыни, момордики и трихозанта различных подвоев использовали следующие статистические параметры – величина информационного полиморфизма (PIC), которую вычисляли отдельно для каждого праймера:

$$\mathrm{PIC} = 1 - 1/L\sum p_i^2, \quad (1)$$

где L – общее количество аллелей,

p_i – частота i-го аллеля;

разрешающая способность (Rp):

$$\mathrm{Rp} = \sum Ib_i, \quad (2)$$

где $Ib_i = 1 - [2 \times |0{,}5 - p_i|]$ – информативность ампликона, p_i – доля особей, у которых выявлен i-й аллель [29, 30].

Для количественной оценки степени полиморфизма и определения уровня различий между изучаемыми объектами полученные данные были представлены в виде бинарной матрицы. На основании созданной матрицы по ISSR-спектрам в компьютерной программе Treecon v. 1.3 [31] с помощью иерархической кластеризации невзвешенным парно-групповым методом (UPGMA) строили дендрограмму, отражающую степень родства изучаемых видов.

Учёты приживаемости привоев на виды подвоев проводили с прививкой арбуза и дыни (2010–2014 гг.), с прививкой момордики и трихозанта (2017–2020 гг.). Количество растений – 60 штук по каждому варианту прививок. Варианты подвоев: 1 – тыква твердокорая; 2 – тыква крупноплодная; 3 – тыква мускатная; 4 – тыква фиголистная; 5 – бенинказа; 6 – лагенария. В исследованиях прививки момордики и трихозанта подвой бенинказа был исключен из опытов в виду слишком большого несоответствия диаметров гипокотиля подвоя и привоев. У бенинказы по сравнению с момордикой и трихозантом диаметр гипокотиля в период появления всходов, когда проводится прививка, значительно меньше, что сильно затрудняет проведение прививки.

Прививку проводили на 3–5-е сутки после всходов (полное раскрытие семядолей) способом сближения с язычком. На 7-е сутки после прививки надземную часть подвоя удаляли. Приживаемость привойно-подвойных комбинаций учитывали спустя 10 суток после прививки.

Для определения активности пероксидазы в период срастания на 2, 4, 6, 8-е сутки после прививки в рассадный период были проведены анализы спектрофотометрическим методом[1] в надземной части привоя и у подвоя до момента его удаления. Метод основан на измерении оптической плотности продуктов реакции, образовавшихся при окислении гваякола за определённый промежуток времени.

Содержание аскорбиновой кислоты определяли титриметрическим методом (по Мурри)[2] в момент срастания (2, 4, 6, 8-е сутки после проведения прививки) в рассадный период.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием стандартных пакетов компьютерных программ Microsoft Office XP Excel и STATISTICA 6.0. Рассчитывали среднеарифметическое значение и его ошибку. Оценку достоверности различий при сравнении выборок осуществляли с помощью t-критерия Стьюдента.

[1]Физиологические и биохимические методы анализа растений: практикум. Калининград. ун-т. Авт.-сост. Г. Н. Чупахина. Калининград, 2000. 59 с. URL: https://studfile.net/preview/414659/

[2]Методы биохимического исследования растений. Под ред. А. И. Ермакова 3 изд., перераб. и доп. Л.: Агропромиздат. Ленинградское отделение. 1987. С. 429. URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01007371300

Результаты и их обсуждение. В экспериментах по изучению полиморфизма ДНК *Cucurbita pepo* L., *Cucurbita maxima* Duch., *Citrulus lanatus* L., *Trichosanthes cucumerina* L., *Cucurbita ficifolia* Bouche., *Benincasa hispida* (Tunb.) Cogn., *Cucumis melo* L., *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl., *Momordica charantia* L. было апробировано 11 ISSR-праймеров. Для всех видов определены собственные ISSR-спектры, различающиеся числом ампликонов, их размерами и степенью выраженности на электрофореграммах [32, 33]. На основании полученных спектров представлена краткая характеристика используемых праймеров (табл. 1).

Таблица 1 – **Информативность ISSR-праймеров /**
Table 1 – **Informativeness of ISSR primers**

Обозначение праймера / Primer designation	*Нуклеотидная последовательность (5'→3') / Nucleotide sequence (5'→3')*	*Размеры фрагментов ДНК, пн / Sizes of DNA fragments, bp*	*Среднее число ISSR-маркеров / Average number of ISSR markers*	*Среднее число ISSR-маркеров на образец / Average number of ISSR markers per sample*
I-1	$(CA)_8T$	180-3000	9	3,0
I-4	$(AC)_8G$	180-2500	17	5,5
I-11	$(GTG)_5AG$	200-3000	11	2,6
I-15	$(CT)_8AC$	500-2500	4	1,2
P1	$GAG(CAA)_5$	110-900	18	3,5
P2	$CTG(AG)_8$	180-900	17	5,1
UBC808	$(AG)_8C$	140-3000	20	6,7
UBC818	$(CA)_8G$	190-900	16	3,2
UBC840	$(GA)_8CTT$	210-920	19	4,1
UBC849	$(GT)_8CG$	180-1200	14	3,0
UBC867	$(GGC)_6$	210-1000	9	2,9

Среди 11 рассмотренных ISSR-праймеров только праймеры I-15 и UBC867 не дали четких воспроизводимых полос. Остальные праймеры как ди-, так и тринуклеотидные были достаточно информативными, они инициировали в среднем от 2,6 (I-11) до 6,7 (UBC808) ДНК-бэндов на образец.

Из общего числа фрагментов выявлено от 4 до 20 четко воспроизводимых в повторностях ISSR-фрагментов. Для этих праймеров определен 100%-й уровень полиморфизма.

При использовании в ПЦР праймеров I-15 и UBC867 получили слабые немногочисленные ДНК-бэнды, что указывает на дефицит особых классов ДНК-фрагментов в геноме изученных видов.

Праймеры I-1 и I-11 обладали сходными характеристиками. По-видимому, с их использованием амплифицируются фрагменты ДНК, определяющие родовую принадлежность. Тыквы крупноплодная, твердокорая и мускатная обладали схожими профилями ДНК при использовании этих праймеров в реакции.

При дальнейшем анализе использовали данные только по семи наиболее информативным праймерам – I-4, P1, P2, UBC808, UBC818, UBC840, UBC849. Были проведены расчеты на основе полученных ISSR-спектров и данных о полиморфизме ДНК-фрагментов.

Коэффициенты попарных генетических различий у разных видов изменялись от 0,48 до 0,96 [34].

Для использованных в анализе праймеров провели статистические расчеты и определили уровень информационного полиморфизма (табл. 2). Величина информационного полиморфизма (PIC) для этих праймеров была сопоставима между собой и характеризовалась высокими значениями.

Таблица 2 – **Статистический анализ праймеров /**
Table 2 – **Statistical analysis of primers**

Праймер / Primer	*PIC*	*Rp*
I-4	0,93	6,4
P1	0,95	7,0
P2	0,88	8,6
UBC808	0,95	8,0
UBC818	0,92	5,2
UBC840	0,93	7,2
UBC849	0,93	5,2

Индекс разрешающей способности (Rp) используется для оценки способности молекулярных систем различать большинство видов растений. В ходе проведенного нами исследования выяснилось, что не все праймеры имеют высокое разрешение. Например, праймеры UBC818 и UBC849 были охарактеризованы величиной Rp 5,2, что является низким показателем.

На основе данных, полученных в результате исследований геномной ДНК представителей семейства Тыквенные, методом невзвешенных парных групп (UPGMA) была построена дендрограмма на основе 76 полученных аллелей, отражающая степень родства тестируемых растений по спектрам ISSR (рис. 1).

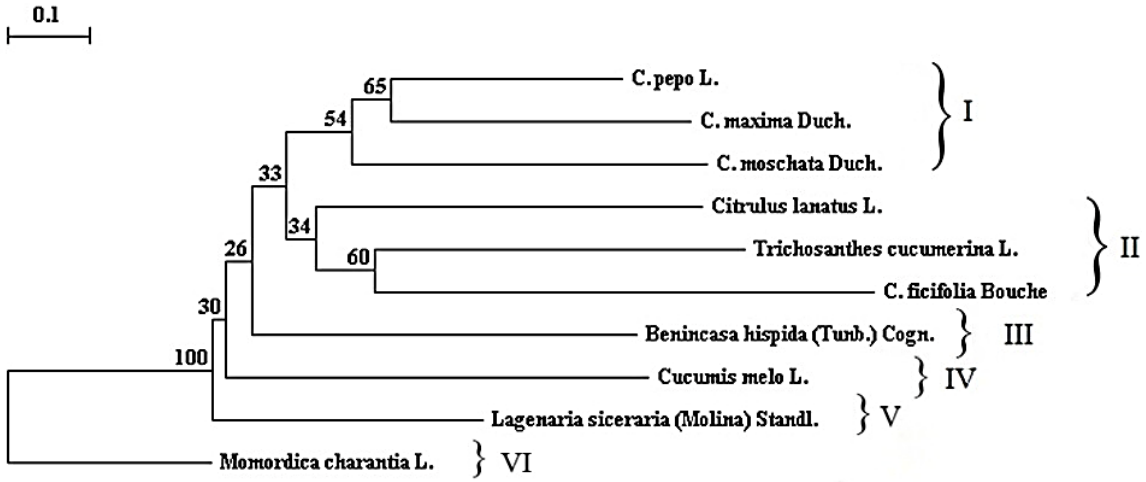

Рис. 1. **Дендрограмма генетического сходства видов семейства Тыквенные, построенная на основании анализа 76 полиморфных амплифицированных ISSR-фрагментов (значения бутстреп в %) /**

Fig. 1. **Dendrogram of genetic similarity of species of the Cucurbitaceae family, constructed based on the analysis of 76 polymorphic amplified ISSR-fragments (bootstrap values in %)**

На дендрограмме все исследуемые генотипы сгруппированы в два больших кластера с высокой степенью надежности порядка ветвления (индекс бутстрепа – 100 %). В первый кластер были отнесены группы I-IV, во второй – V-группа (лагенария) и VI-группа (момордика). Группы I и II представлены тремя видами, с III по VI – по 1 виду. Большинство видов тыкв, кроме фиголистной, находились в первой группе внутри кластера с высокой бутстреп-поддержкой – 65 и 54 %. Объединение тыквы фиголистной (*C. Ficifolia* Bouche.) с трихозантом змеевидным в одну группу также характеризовалось высоким значением бутстрепа в узле (60 %), тогда как арбуз шерстистый примыкал к ним с более низкой вероятностью (34 %).

Проведенные учеты приживаемости момордики и трихозанта при прививке на различные виды подвоев (5 видов) показали, что в среднем за период исследований (2017–2020 гг.) она отмечена выше у трихозанта – 84,4 %, и меньше у момордики – 79,8 %. В зависимости от года проведения исследований выявлены различия в успешности приживаемости: у трихозанта по годам изменилась от 74,3 до 100 %, у момордики – от 50,0 до 100 % (табл. 3). Следует отметить, что в успешности прививок, срастаемости компонентов прививки, кроме генетического родства растений и их физиологической совместимости, большую роль играют квалификация прививальщика, а также микроклиматические условия. В опыте с момордикой были отмечены достоверные различия по приживаемости растений в 2018 и 2020 гг. – 88,0 и 71,4 %, а также в 2019 и 2020 гг. – 87,5 и 71,4 % соответственно. В опыте с прививкой трихозанта достоверные различия по приживаемости выявлены в 2019 и 2020 гг. – 91,3 и 75,0 % соответственно, что свидетельствует о существенном влиянии условий года.

В среднем по прививкам момордики были выявлены достоверные различия по приживаемости между вариантами используемого подвоя – тыква крупноплодная, обеспечившая самую высокую приживаемость в исследованиях, в среднем – 94,6 %, и тыква мускатная, на которой приживаемость составляла всего 67,1 % (рис. 2). Остальные варианты подвоев – тыква твердокорая, тыква фиголистная и лагенария обеспечивали средний уровень приживаемости – 73,9–84,2 %.

При прививке трихозанта змеевидного между разными вариантами подвоя достоверных различий выявлено не было. Приживаемость трихозанта змеевидного на разных видах тыквы и лагенарии была на одинаковом уровне – 73,8–88,9 %, что свидетельствует об отсутствии влияния вида подвоя на данный показатель.

Таблица 3 – **Приживаемость момордики харанция и трихозанта змеевидного на различных подвоях, % /**
Table 3 – **Survival rate of momordica charantia and trichosanthes serpentine on various rootstocks, %**

Вариант подвоя, вид тыквы / Rootstock variant, pumpkin species	*Момордика / Momordica*					*Трихозант / Trichozant*				
	2017 г.	*2018 г.*	*2019 г.*	*2020 г.*	*2017–2020 гг.*	*2017 г.*	*2018 г.*	*2019 г.*	*2020 г.*	*2017–2020 гг.*
На тыкву твердокорую / On a hard-barked pumpkin	62,5±0,4	86,7±0,7	87,5±1,0	81,5±0,7	79,6±5,9	75,0±0,2	90,3±0,2	100,0±0,02	75,0±0,2	85,1±6,1
На тыкву крупноплодную / On a large-fruited pumpkin	100,0±0,1	100,0±0,0	100,0±0,03	78,5±0,9	94,6±5,4 **C**	87,5±0,6	100,0±0,1	87,5±0,6	62,5±0,4	84,4±7,9
На тыкву мускатную / On a nutmeg pumpkin	50,0±3,9	86,7±1,2	75,0±0,6	56,5±0,6	67,1±8,4 **D**	62,5±0,4	70,3±0,1	75,0±0,4	87,5±0,7	73,8±5,2
На тыкву фиголистную / On a fig-leaved pumpkin	87,5±0,6	90,0±0,3	81,3±0,7	78,0±0,4	84,2±2,8	87,5±0,6	90,0±0,3	93,8±0,7	68,8±0,5	85,0±5,6
На лагенарию / To lagenaria	62,5±0,4	76,8±0,4	93,8±0,7	62,5±0,2	73,9±7,4	100,0±0,0	74,3±0,5	100,0±0,03	81,3±0,4	88,9±6,6
Среднее по подвоям / Average for rootstocks	72,5±9,2	88,0±3,7 **A**	87,5±4,4 **A**	71,4±5,0 **B**	79,9±4,7	82,5±6,4	85,0±5,5	91,3±4,7 **a**	75,0±4,4 **b**	83,4±2,5

Примечание: Во всех случаях достоверные различия (p<0,05) отмечены разными буквами / Note: In all cases, significant differences (p<0.05) are marked with different letters

Таблица 4 – **Приживаемость арбуза и дыни на различных подвоях, % /**
Table 4 – **Survival rate of watermelon and melon on various rootstocks, %**

Вариант подвоя, вид тыквы / Rootstockvariant, pumpkin species	*Арбуз / Watermelon*						*Дыня / Melon*					
	2010 г.	*2011 г.*	*2012 г.*	*2013 г.*	*2014 г.*	*2010–2014 гг.*	*2010 г.*	*2011 г.*	*2012 г.*	*2013 г.*	*2014 г.*	*2010–2014 гг.*
На тыкву твердокорую / On a hard-barked pumpkin	42,9±1,8	48,8±0,8	68,7±0,5	88,4±1,7	89,9±1,1	67,7±9,7	27,3±0,8	71,2±0,9	93,4±1,3	96,9±0,5	97,5±1,4	77,3±13,4
На тыкву крупноплодную / On a large-fruited pumpkin	30,0±1,2	77,7±1,2	65,8±0,7	83,8±1,1	80,0±0,1	67,5±9,8	16,7±0,7	47,2±1,3	69,7±2,3	77,8±1,4	80,0±1,2	58,3±11,9
На тыкву мускатную / On a nutmeg pumpkin	7,1±0,5	35,6±0,6	74,3±1,8	88,1±2,6	94,2±2,3	59,9±16,7	25,0±0,7	91,6±1,0	76,8±1,2	82,1±0,9	76,5±1,4	70,4±11,7
На тыкву фиголистную / On a fig-leaved pumpkin	20,0±1,2	66,0±0,6	64,2±0,8	76,6±0,7	97,1±1,5	64,8±12,6	27,8±0,6	66,0±0,8	54,6± 0,7	75,0± 0,9	95,3± 1,4	63,7± 11,2
На бенинказу / To benincasa	30,0±1,7	52,9±1,0	51,0±1,2	76,9±1,5	90,0±1,7	60,2±10,5	38,9±0,6	71,9±0,7	58,4±1,0	81,4± 0,3	82,5± 0,5	66,6± 8,2
На лагенарию / To lagenaria	60,0±0,8	63,3±0,9	80,3±1,0	98,2±1,1	99,5±0,4	80,4±8,4	50,0±2,7	35,6±0,7	62,3±0,8	73,7± 0,7	88,9± 0,8	62,1± 9,2
Среднее по подвоям / Average for rootstocks	31,7±7,5 **A**	57,4±6,0 **B**	67,4±4,1 **B**	85,3±3,3 **C**	91,9±2,9 **C**	66,8±3,1	31,0±4,8 **a**	63,9±8,1 **b**	69,2±5,8 **b**	81,2±3,4 **bc**	86,8±3,5 **c**	66,4±2,7

Примечание: Во всех случаях достоверные различия (p<0,05) отмечены разными буквами / Note: In all cases, significant differences (p<0.05) are marked with different letters

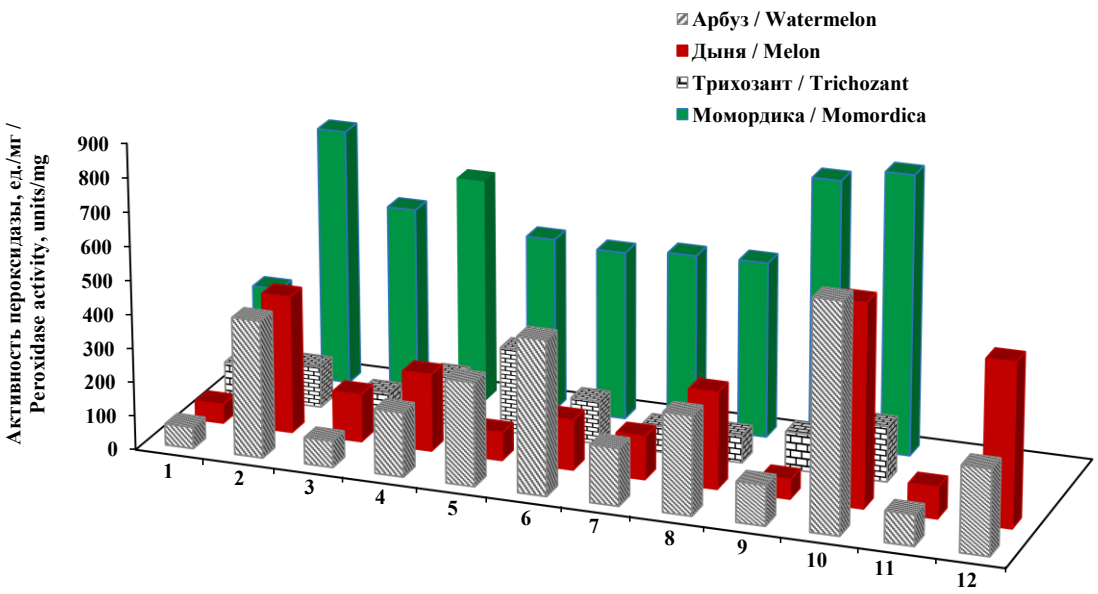

Рис. 2. **Активность пероксидазы в компонентах прививки в период срастания в зависимости от привойно-подвойных комбинаций, ед./мг: 1 – на тыкву твердокорую (привой); 2 – на тыкву твердокорую (подвой); 3 – на тыкву крупноплодную (привой); 4 – на тыкву крупноплодную (подвой); 5 – на тыкву мускатную (привой); 6 – на тыкву мускатную (подвой); 7 – на тыкву фиголистную (привой); 8 – на тыкву фиголистную (подвой); 9 – на лагенарию (привой); 10 – на лагенарию (подвой); 11 – на бенинказу (привой); 12 – на бенинказу (подвой)**

Fig. 2. **Peroxidase activity in the grafting components during inosculation period depending on the -rootstock combinations, units/g: 1 – on a hard-barked pumpkin (graft); 2 –on a hard-barked pumpkin (rootstock); 3 – on a large-fruited pumpkin (graft); 4 – on a large-fruited pumpkin (rootstock); 5 – on a nutmeg pumpkin (graft); 6 – on a nutmeg pumpkin (rootstock); 7 – on a fig-leaved pumpkin (graft); 8 – on a fig-leaved pumpkin (rootstock); 9 – to lagenaria (graft); 10 – to lagenaria ((rootstock); 11 – to benincasa (graft); 12 – to benincasa (rootstock)**

В исследованиях по изучению приживаемости арбуза и дыни на разных видах подвоев было выявлено, что в среднем у арбуза высокая приживаемость отмечена в варианте прививки на лагенарию – 80,4 %, а наименьшая – на тыкву мускатную – 59,9 % (табл. 4). Остальные варианты подвоев обеспечивали средний в опыте уровень приживаемости – 60,2–67,7 %.

При прививке дыни приживаемость на разных видах тыквы варьировала и изменялась в среднем за годы исследований в пределах 62,1–70,4 %, максимальный показатель получен в варианте прививки на тыкву твердокорую – 77,3 %, минимальный – на тыкву крупноплодную – 58,3 %.

Расчёт (по t-критерию Стьюдента) достоверности влияния года исследований на приживаемость арбуза и дыни различий не выявил.

Для оценки влияния генетических особенностей видов подвоя на приживаемость арбуза, дыни, момордики и трихозанта был проведен корреляционный анализ зависимости приживаемости привоев от степени генетического сходства (табл. 5).

Полученные результаты показали, что только у арбуза имелась средняя зависимость приживаемости от значения степени генетического сходства с видами подвоев. На успешность приживаемости дыни, момордики и трихозанта на разные виды подвоев степень генетического родства значительного влияния не оказывала.

На совместимость в привойно-подвойных комбинациях большое влияние может оказывать уровень содержания в тканях привоя и подвоя различных ферментов. Предполагается, что ведущую роль в подавлении свободно-радикального окисления играет антиоксидантная система защиты растительного организма, состоящая из высокомолекулярных и низкомолекулярных антиоксидантов. К ферментам, которые оказывают влияние на совместимость компонентов прививки, относится пероксидаза [35].

С целью установления влияния фермента пероксидазы на приживаемость привоев, в зависимости от вида подвоя в прививочных опытах, на пятые сутки после прививки провели анализы её активности в период срастания компонентов прививки как в привое, так и в надземной части подвоя до момента её удаления (рис. 2). В результате проведенных исследований выявлены существенные колебания показателя активности пероксидазы в надземной части привоев в зависимости от варианта используемого вида подвоя.

Таблица 5 – **Приживаемость привоев и степень их генетического сходства с видами подвоев /**
Table 5 – **Survival rate of scions and the degree of their genetic similarity with rootstock species**

Вариант подвоя, вид тыквы / Rootstockvariant, pumpkin species	*Вид привоя / Scion type*							
	Арбуз / Watermelon		*Дыня / Melon*		*Момордика / Momordica*		*Трихозант / Trichozant.*	
	приживаемость, % / survival rate, %	*степень генетического сходства, % / degree of genetic similarity, %*	*приживаемость, % / survival rate, %*	*степень генетического сходства, % / degree of genetic similarity, %*	*приживаемость, % / survival rate, %*	*степень генетического сходства, % / degree of genetic similarity, %*	*приживаемость, % / survival rate, %*	*степень генетического сходства, % / degree of genetic similarity, %*
На тыкву твердокорую / On a hard-barked pumpkin	67,7±9,7	32,8	77,3±13,4	24,2	79,6±5,9	25,9	85,1±6,1	25,0
На тыкву крупноплодную / On a large-fruited pumpkin	67,5±9,8	20,7	58,3±11,9	22,2	94,6±5,4	31,4	84,4±7,9	18,9
На тыкву мускатную / On a nutmeg pumpkin	59,9±16,7	31,0	70,4±11,7	12,7	67,1±8,4	15,7	73,8±5,2	22,6
На тыкву фиголистную / On a fig-leaved pumpkin	64,8±12,6	9,8	63,7±11,2	4,3	84,2±2,8	11,8	85,0±5,6	22,2
На бенинказу / To benincasa	60,2±10,5	23,5	66,6±8,2	25,0	-	-	-	-
На лагенарию / To lagenaria	80,4±8,4	34,0	62,1±9,2	37,9	73,9± 7,4	39,1	88,9±6,6	25,0
r	0,36		-0,09		0,15		0,23	

Так, в опытах с момордикой минимальное значение активности пероксидазы в привое было отмечено при прививке на тыкву твердокорую – 257,3 ед./мг, максимальное на лагенарию – 782,9 ед./мг, в опытах с трихозантом соответственно на тыкве крупноплодной – 69,5 ед./мг и тыкве мускатной – 249,6 ед./мг, в опытах с арбузом на тыкве твердокорой – 63,0 ед./мг и тыкве мускатной – 305,3 ед./мг, в опытах с дыней на тыкве твердокорой – 55,4 ед./мг и тыкве фиголистной –127,0 ед./мг.

Следует отметить, что в период срастания компонентов прививки была выявлена сильная положительная зависимость активности пероксидазы привоя арбуза от активности пероксидазы используемых подвоев (r = 0,90), средняя отрицательная в опыте с дыней (r = -0,55). В остальных привойно-подвойных опытах данная зависимость была слабая и коэффициент корреляции составил: с трихозантом – 0,31 и арбузом – 0,21.

Расчет корреляции приживаемости момордики при прививке на различные подвои от активности пероксидазы выявил слабую положительную зависимость приживаемости от активности пероксидазы как в привое (r = 0,25), так и от активности пероксидазы в подвое (r = 0,24).

Расчеты корреляции приживаемости трихозанта при прививке на различные подвои от активности пероксидазы выявил слабую отрицательную зависимость приживаемости от активности пероксидазы в привое (r = -0,20) и практически нулевую зависимость от активности пероксидазы в подвое (r = 0,03).

В исследованиях с арбузом приживаемость привоя на подвое слабо зависела от активности фермента пероксидазы в привое (r = 0,13) и в средней степени – от активности пероксидазы в подвое (r = 0,49). В исследованиях с дыней ее приживаемость слабо зависела от активности пероксидазы в привое и подвое, коэффициент корреляции составил соответственно -0,29 и 0,03.

Еще одним эндогенным фактором, который может оказывать влияние на приживаемость и совместимость компонентов прививки, является содержание в тканях растений аскорбиновой кислоты. С целью выявления влияния содержания аскорбиновой кислоты на приживаемость момордики, трихозанта, арбуза и дыни на разных подвоях были проведены анализы ее содержания в компонентах прививки в период срастания (рис. 3).

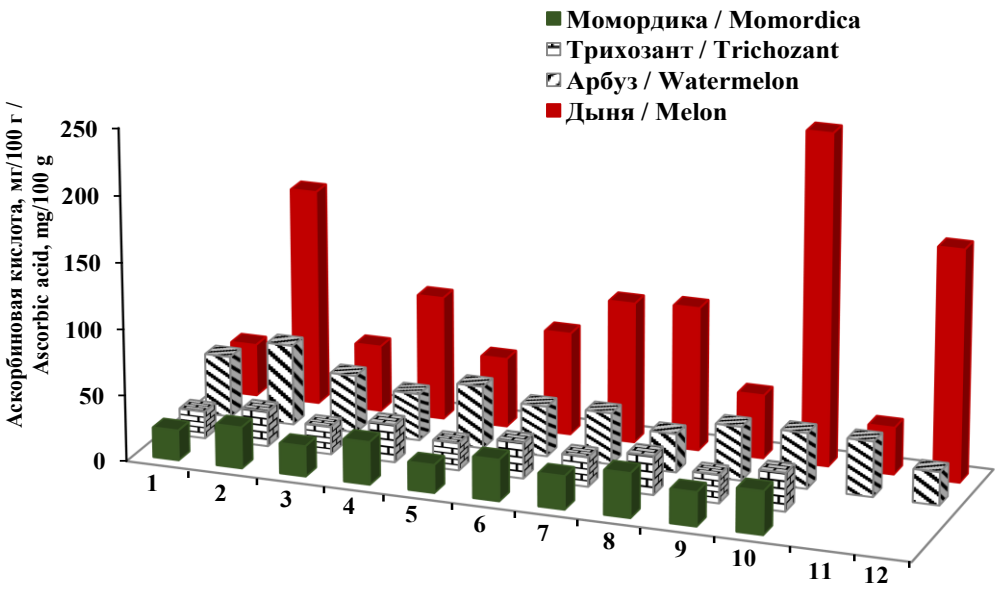

Рис. 3. **Содержание аскорбиновой кислоты в компонентах прививки в период срастания в зависимости от привойно-подвойных комбинаций, мг/100 г: 1 – на тыкву твердокорую (привой); 2 – на тыкву твердокорую (подвой); 3 – на тыкву крупноплодную (привой); 4 – на тыкву крупноплодную (подвой); 5 – на тыкву мускатную (привой); 6 – на тыкву мускатную (подвой); 7 – на тыкву фиголистную (привой); 8 – на тыкву фиголистную (подвой); 9 – на лагенарию (привой); 10 – на лагенарию (подвой); 11 – на бенинказу (привой); 12 – на бенинказу (подвой) /**

Fig. 3. **The content of ascorbic acid in the components of the graft during inosculation period, depending on the graft-rootstock combinations, mg/100 g: 1 – on a hard-barked pumpkin (graft); 2 –on a hard-barked pumpkin (rootstock); 3 – on a large-fruited pumpkin (graft); 4 – on a large-fruited pumpkin (rootstock); 5 – on a nutmeg pumpkin (graft); 6 – on a nutmeg pumpkin (rootstock); 7 – on a fig-leaved pumpkin (graft); 8 – on a fig-leaved pumpkin (rootstock); 9 – to lagenaria (graft); 10 – to lagenaria ((rootstock); 11 – to benincasa (graft); 12 – to benincasa (rootstock)**

В исследованиях с момордикой, трихозантом и арбузом не было выявлено значительных различий по содержанию аскорбиновой кислоты в привое и подвое между вариантами. Содержание аскорбиновой кислоты у момордики в привое в зависимости от варианта изменялось в пределах 21,1–25,7 мг/100 г, а в различных видах подвоя в период срастания до удаления надземной части составило 31,0–33,6 мг/100 г. В привое трихозанта в период срастания содержание аскорбиновой кислоты находилось в пределах 20,5–22,6 мг/100 г, а в различных вариантах подвоя – 26,6–29,4 мг/100 г. В период срастания арбуза в тканях надземной части содержание аскорбиновой кислоты было в пределах 38,7–46,9 мг/100 г, а в его подвоях он изменялся – от 25,0 мг/100 г у бенинказы до 60,4 мг/100 г у тыквы твердокорой.

Более значительные колебания значения показателя аскорбиновой кислоты в прививаемых компонентах в зависимости от варианта отмечены в исследованиях с дыней. В привое дыни минимальное значение в опыте содержания аскорбиновой кислоты отмечено в варианте с прививкой на тыкву твердокорую – 39,1 мг/100 г, максимальное на тыкву фиголистную – 105,7 мг/100 г. При этом в используемых видах подвоев значение содержания аскорбиновой кислоты изменялось от 77,0 мг/100 г у тыквы мускатной до 249,5 мг/100 г у лагенарии.

Также следует отметить, что на содержание аскорбиновой кислоты в привое момордики, трихозанта и арбуза влияло её содержание в подвое, взаимосвязь была положительной и средней, коэффициент корреляции составил 0,47, 0,69 и 0,54 соответственно. Зависимость содержания аскорбиновой кислоты в привое дыни от ее содержания в подвое была слабой (r = 0,17).

Расчеты корреляционной зависимости показателя приживаемости от содержания аскорбиновой кислоты при прививке момордики на различные виды тыкв не выявили существенной взаимосвязи.

Зависимость показателя приживаемости при прививке трихозанта на различные виды тыкв от показателя содержания аскорбиновой кислоты в привое выявлена слабая (r = 0,30), и от ее показателя в подвое – средняя (r = 0,48).

В исследованиях с арбузом приживаемость была слабо сопряжена с содержанием аскорбиновой кислоты в привое (r = 0,19) и в средней степени зависела от ее содержания в подвое (r = 0,31). На приживаемость дыни

содержание аскорбиновой кислоты в привое и подвое не оказывало влияния, коэффициент корреляции составил -0,08 и 0,08 соответственно.

Корреляция Пирсона между активностью пероксидазы привоя и активностью пероксидазы подвоя составила в опытах: по момордике – сильная (r = 0,9); трихозанту – умеренная (r = 0,3); по арбузу – слабая (r = 0,2); дыне – средняя отрицательная (r = -0,6).

Корреляционная зависимость показателя приживаемости прививки от содержания аскорбиновой кислоты в привое и подвое в период срастания в опытах получена: с момордикой и арбузом – средняя (r = 0,5); с трихозантом – сильная (r = 0,7); с дыней – слабая (r = 0,2).

Заключение. Таким образом, среди 11 изученных праймеров выявлены 7 достаточно информативных для изучения межвидового полиморфизма тыквенных культур. По ISSR-спектрам таксоны разделились на 2 кластера, межвидовые группировки каждой клады поддерживались средними значениями бутстрепа (от 26 до 100 %).

При прививке момордики выявлены достоверные различия по приживаемости в зависимости от вида используемого подвоя. Максимальная приживаемость обеспечивалась при прививке на тыкву крупноплодную – 94,6 %, а самая низкая – при прививке на тыкву мускатную – 67,1 %. В исследованиях с прививкой арбуза, дыни и трихозанта достоверной роли видов подвоев на привой не выявлено.

В исследованиях с прививкой арбуза на различные виды подвоев установлено среднее влияние степени генетического сходства с подвоем на его приживаемость (r = 0,36). При прививках дыни, момордики и трихозанта на различные виды подвоев из других родов семейства Тыквенные степень генетического сходства на успешность приживаемости оказывала слабое влияние.

Активность пероксидазы в компонентах прививки в период срастания оказывала слабое влияние на приживаемость момордики, трихозанта и дыни на разных видах подвоев. Приживаемость арбуза слабо зависела от активности пероксидазы в привое, в средней степени – в подвое.

Приживаемость момордики, арбуза на разных видах подвоя была в слабой степени обусловлена содержанием аскорбиновой кислоты в привое и в средней степени зависела от её содержания в подвое. Отмечена сильная корреляция приживаемости трихозанта на различных видах подвоев с содержанием аскорбиновой кислоты (r = 0,7). У арбуза приживаемость слабо зависела от содержания аскорбиновой кислоты в привое и в средней степени от ее содержания в подвое. На приживаемость дыни содержание аскорбиновой кислоты в привое и подвое не оказывало действия.

Список литературы

1. Лебедева С. П. Внедрение культуры дыни в северные районы СССР. М.: Сельхозгиз, 1944. С. 64. Режим доступа: https://search.rsl.ru/ru/record/01005354062?ysclid=ltmpjevsft685488377

2. Лебедева С. П. Опыты по трансплантации тыквенных. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1930:23(3):521–532.

3. Лебедева С. П. Трансплантация у тыквенных. Сад и огород. 1937;(6):9–15.

4. Георгиев Хр. Прививки тепличных культур на устойчивые подвои: промышленное производство овощей в теплицах. М., София: Колос, Земиздат, 1977. С. 152–156.

5. Traka-Mavrona E., Koutsika-Sotiriou M., Pritsa T. Response of squash (Cucurbita spp.) as rootstock for melon (*Cucumis melo* L.). Scientia Horticulturae. 2000;83(3-4):353–362. DOI: https://doi.org/10.1016/s0304-4238(99)00088-6

6. Каратаев Е. С., Борак Сихам С. Рост и развитие растений огурца, привитого на тыкву. Применение регуляторов роста и пленочных материалов в овощеводстве: сб. тр. Ленинградского СХИ. Л., 1986. С. 60–65.

7. Модестов А. П. Трансплантация в растениеводстве. М.: Цикологич. станция ВАСХНИЛ, 1932. С. 35.

8. Iwasaki M., Inaba T. Effect of Different Cucurbit Rootstocks on Incidence of Viral Wilt in Grafted Cucumber Plants. Japanese Journal of Phytopathology. 1990;56(5):674–676. DOI: https://doi.org/10.3186/jjphytopath.56.674

9. Jung-Myng Lee. Cultivation of Grafted Vegetables I. Current Status, Grafting Methods, and Benefits. HortScience. 1994;29(4):235–239. DOI: https://doi.org/10.21273/HORTSCI.29.4.235

10. Oda M. New grafting methods for fruit–bearing vegetables in Japan. Japan Agricultural Research Quarterly. 1995;(2):187–198. URL: https://www.semanticscholar.org/paper/New-grafting-methods-for-fruit-bearing-vegetables-Oda/aa18182ab7d9fc1c8d39c00bcf7b52145bbd462f

11. Федоров А. В., Ардашева О. А. Биологические и технологические основы применения прививки при выращивании тыквенных культур в сооружениях защищенного грунта. Ижевск: «Шелест», 2017. С. 222–257.

12. Федоров А. В., Тутова Т. Н., Папонов А. Н., Применение прививки и физиологически активных веществ при выращивании огурца: монография. Ижевск: Ижевская ГСХА, 2006. С. 113.

13. Мусихин С. А., Федоров А. В., Ардашева О. А. Динамика активности пероксидазы в основные фазы развития в растениях *Trichosanthes cucumerina* L. при прививке на разные виды подвоев Cucurbita. Пермский аграрный вестник. 2021;(4(36)):59–65. DOI: https://doi.org/10.47737/2307-2873_2021_36_59 EDN: CPNOGE

14. Мусихин С. А., Федоров А. В., Ардашева О. А. Результаты интродукции *Momordica charantia* L. при прививке на виды тыкв в условиях Среднего Предуралья. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021;(1(53)):112–116. DOI: https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-1-112-116 EDN: UMMMSG

15. Кружилин А. С. Физиология срастания и взаимовлияния привоя и подвоя растений. Физиология сельскохозяйственных растений. М.: изд-во МГУ, 1968. 272 с.
Режим доступа: https://search.rsl.ru/ru/record/01006231203?ysclid=ltmpo3zt6u998041555

16. Кренке Н. П. Трансплантация растений. М.: Наука, 1966. С. 337.
Режим доступа: https://reallib.org/reader?file=1426957&ysclid=ltmiy2dcsb546114568

17. Чесноков Ю. В. Генетические маркеры: сравнительная классификация молекулярных маркеров. Овощи России. 2018;(3(41)):11–15. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35295161 EDN: XTXEFN

18. Ильницкая Е. Т., Макаркина М. В., Степанов И. В., Супрун И. И., Токмаков С. В., Айба В. Ш., Авидзба М. А., Котляр В. К. Генетический полиморфизм аборигенных абхазских сортов винограда. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021;(25(8)):797–804. DOI: https://doi.org/10.18699/VJ21.092 EDN: TSIOLZ

19. Канукова К. Р., Газаев И. Х., Сабанчиева Л. К., Боготова З. И., Аппаев С. П. ДНК-маркеры в растениеводстве. Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2019;(6(92)):220–232.
DOI: https://doi.org/10.35330/1991-6639-2019-6-92-220-232 EDN: CKFLHI

20. Zietkiewicz E., Rafalski A., Labuda D. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification. Genomics. 1994;20(2):176–183. DOI: https://doi.org/10.1006/geno.1994.1151

21. Сухарева А. С., Кулуев Б. Р. ДНК-маркеры для генетического анализа сортов культурных растений. Биомика. 2018;10(1):069–084. DOI: https://doi.org/10.31301/2221-6197.bmcs.2018-15 EDN: XRLWSL

22. Guliyev N., Sharifova S., Ojaghi J., Abbasov M., Akparov Z. Genetic diversity among melon (*Cucumis melo* L.) accessions revealed by morphological traits and ISSR markers. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2018;42(6):393–401. DOI: https://doi.org/10.3906/tar-1707-18

23. Singh D. K., Rajni Tewari, Singh N. K., Shanshank Singh S. Genetic Diversity Cucumber Using Inter Simple Sequence Repeats (ISSR). Transcriptomics. 2016;4(1):1000129. DOI: https://doi.org/10.4172/2329-8936.1000129

24. Henareh M., Dursun A., Abdollahi Mandoulakani B., Haliloğlu K. Assessment of genetic diversity in tomato landraces using ISSR markers. Genetika. 2016;48(1):25–35. DOI: https://doi.org/10.2298/GENSR1601025H

25. Onamu R., Legaria J., Rodríguez J. L., Sahagùn J., Pèrez J. Molecular characterization of potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes using random amplified polymorphic DNA (RAPD) and inter simple sequence repeat (ISSR) markers. African Journal of Biotechnology. 2016;15(22):1015–1025. DOI: https://doi.org/10.5897/AJB11.2656

26. Rogers S. O., Bendich A. J. Extraction of DNA from milligram amounts of fresh, herbarium and mummified plant tissues. Plant Molecular Biology. 1985;5(2):69–76. DOI: https://doi.org/10.1007/bf00020088

27. Cota-Sánchez J. H., Remarchuk K., Ubayasena K. Ready-to-use DNA extracted with a CTAB method adapted for herbarium specimens and mucilaginous plant tissue. Plant Molecular Biology Reporter. 2006;24(2):161–167.
DOI: https://doi.org/10.1007/BF02914055

28. Боронникова С. В., Кокаева З. Г., Гостимский С. А., Дрибноходова О. П., Тихомирова Н. Н. Анализ ДНК-полиморфизма реликтового вида Урала наперстянки крупноцветковой (*Digitalis grandiflora* Mill.) с помощью RAPD- и ISSR-маркеров. Генетика. 2007;43(5):653–659. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=9535705 EDN: IARKSV

29. Payel D., Mala P., Sunita S. Inter-genus variation analysis in few members of Cucurbitaceae based on ISSR markers. Biotechnology and Biotechnological Equipment. 2015;29(5):882–886. DOI: https://doi.org/10.1080/13102818.2015.1052760

30. Чесноков Ю. В., Артемьева А. М. Оценка меры информационного полиморфизма генетического разнообразия. Сельскохозяйственная биология. 2015;50(5):571–578. DOI: https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.5.571rus EDN: UXSRIX

31. Van de Peer Y., De Wachter R. TREECON for Windows: a software package for the construction and drawing of evolutionary trees for the Microsoft Windows environment. Bioinformatics. 1994;10(5):569–570.
DOI: https://doi.org/10.1093/bioinformatics/10.5.569

32. Akash M., Awad N., Kasrawi M. Genetic diversity among snake melon landraces (Cucumis Melo Var. Flexuosus) using molecular descriptors. Plant Biosystems – An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology. 2020;154(2):206–212. DOI: https://doi.org/10.1080/11263504.2019.1587536

33. Pratami M. P., Chikmawati T., Rugayah. Genetic diversity of Cucumis and Mukia (Cucurbitaceae) based on ISSR markers. SABRAO Journal of Breeding and Genetics. 2020;52(2):127–143.
URL: https://sabraojournal.org/wp-content/uploads/2020/06/SABRAO-J-Breed-Genet-522-127-143Pratami.pdf

34. Nei M., Li W. H. Mathematical Model for Studying Genetic Variation in Terms of Restriction Endonucleases. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 1979;76(10):5269–5273.
DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.76.10.5269

35. Тимофеев М. А., Шатилина Ж. М., Бедулина Д. С., Протопопова М. В., Грабельных О. И., Побежимова Т. П., Колесниченко А. В. Стрессовые белки в механизмах стресс-адаптации Байкальских амфипод, сопоставление с палеарктическими видами. Журнал стресс-физиологии и биохимии. 2006;2(1):41–50.
Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11715841 EDN: JWJVGR

References

1. Lebedeva S. P. The introduction of melon culture in the northern regions of the USSR. Moscow: *Sel'khozgiz*, 1944. p. 64. URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01005354062?ysclid=ltmpjevsft685488377

2. Lebedeva S. P. Pumpkin transplantation experiments. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 1930:23(3):521–532. (In Russ.).

3. Lebedeva S. P. Transplantation in pumpkin plants. *Sad i ogorod*. 1937;(6):9–15. (In Russ.).

4. Georgiev Khr. Inoculation of greenhouse crops on sustainable rootstocks: industrial production of vegetables in greenhouses. Moscow, Sofiya: *Kolos, Zemizdat*, 1977. pp. 152–156.

5. Traka-Mavrona E., Koutsika-Sotiriou M., Pritsa T. Response of squash (Cucurbita spp.) as rootstock for melon (*Cucumis melo* L.). Scientia Horticulturae. 2000;83(3-4):353–362. DOI: https://doi.org/10.1016/s0304-4238(99)00088-6

6. Karataev E. S., Borak Sikham S. The growth and development of cucumber plants grafted on pumpkin. The use of growth regulators and film materials in vegetable growing: collection of articles of Leningrad Agricultural Institute. Leningrad, 1986. pp. 60–65.

7. Modestov A. P. Transplantation in crop production. Moscow: *Tsikologich. stantsiya VASKhNIL*, 1932. pp. 35.

8. Iwasaki M., Inaba T. Effect of Different Cucurbit Rootstocks on Incidence of Viral Wilt in Grafted Cucumber Plants. Japanese Journal of Phytopathology. 1990;56(5):674–676. DOI: https://doi.org/10.3186/jjphytopath.56.674

9. Jung-Myng Lee. Cultivation of Grafted Vegetables I. Current Status, Grafting Methods, and Benefits. HortScience. 1994;29(4):235–239. DOI: https://doi.org/10.21273/HORTSCI.29.4.235

10. Oda M. New grafting methods for fruit–bearing vegetables in Japan. Japan Agricultural Research Quarterly. 1995;(2):187–198. URL: https://www.semanticscholar.org/paper/New-grafting-methods-for-fruit-bearing-vegetables-Oda/aa18182ab7d9fc1c8d39c00bcf7b52145bbd462f

11. Fedorov A. V., Ardasheva O. A. Biological and technological bases of inoculation application in the cultivation of pumpkin crops in protected ground structures. Izhevsk: *«Shelest»*, 2017. pp. 222–257.

12. Fedorov A. V., Tutova T. N., Paponov A. N., The use of vaccinations and physiologically active substances in cucumber cultivation: monograph. Izhevsk: *Izhevskaya GSKhA*, 2006. pp. 113.

13. Musikhin S. A., Fedorov A. V., Ardasheva O. A. Dynamics of peroxidase activity in the main phases of development in *Trichosanthes cucumerina* L. plants when grafting on different types of Cucurbita rootstocks. *Permskiy agrarnyy vestnik* = Perm Agrarian Journal. 2021;(4(36)):59–65. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.47737/2307-2873_2021_36_59

14. Musikhin S. A., Fedorov A. V., Ardasheva O. A. Results of introduction of *Momordica charantia* L. when grafting on pumpkin varieties in the conditions of the middle Cis-Ural region. *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2021;(1(53)):112–116. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-1-112-116

15. Kruzhilin A. S. The physiology of inosculation and mutual influence of the scion and rootstock of plants. Physiology of agricultural plants. Moscow: *izd-vo MGU*, 1968. 272 p. URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01006231203?ysclid=ltmpo3zt6u998041555

16. Krenke N. P. Plant transplantation. Moscow: *Nauka*, 1966. pp. 337. URL: https://reallib.org/reader?file=1426957&ysclid=ltmiy2dcsb546114568

17. Chesnokov Yu. V. Genetic markers: comparative classification of molecular markers. *Ovoshchi Rossii* = Vegetable crops of Russia. 2018;(3(41)):11–15. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35295161

18. Ilnitskaya E. T., Makarkina M. V., Stepanov I. V., Suprun I. I., Tokmakov S. V., Ayba V. Sh., Avidzba M. A., Kotlyar V. K. Genetic polymorphism of local abkhazian grape cultivars. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii* = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2021;(25(8)):797–804. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.18699/VJ21.092

19. Kanukova K. R., Gazaev I. Kh., Sabanchieva L. K., Bogotova Z. I., Appaev S. P. DNA markers in crop production. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN* = Izvestia of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V. M. Kokov. 2019;(6(92)):220–232. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.35330/1991-6639-2019-6-92-220-232

20. Zietkiewicz E., Rafalski A., Labuda D. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification. Genomics. 1994;20(2):176–183. DOI: https://doi.org/10.1006/geno.1994.1151

21. Sukhareva A. S., Kuluev B. R. DNA markers for genetic analysis of crops. *Biomika* = Biomics. 2018;10(1):069–084. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.31301/2221-6197.bmcs.2018-15

22. Guliyev N., Sharifova S., Ojaghi J., Abbasov M., Akparov Z. Genetic diversity among melon (*Cucumis melo* L.) accessions revealed by morphological traits and ISSR markers. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2018;42(6):393–401. DOI: https://doi.org/10.3906/tar-1707-18

23. Singh D. K., Rajni Tewari, Singh N. K., Shanshank Singh S. Genetic Diversity Cucumber Using Inter Simple Sequence Repeats (ISSR). Transcriptomics. 2016;4(1):1000129. DOI: https://doi.org/10.4172/2329-8936.1000129

24. Henareh M., Dursun A., Abdollahi Mandoulakani B., Haliloğlu K. Assessment of genetic diversity in tomato landraces using ISSR markers. Genetika. 2016;48(1):25–35. DOI: https://doi.org/10.2298/GENSR1601025H

25. Onamu R., Legaria J., Rodríguez J. L., Sahagùn J., Pèrez J. Molecular characterization of potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes using random amplified polymorphic DNA (RAPD) and inter simple sequence repeat (ISSR) markers. African Journal of Biotechnology. 2016;15(22):1015–1025. DOI: https://doi.org/10.5897/AJB11.2656

26. Rogers S. O., Bendich A. J. Extraction of DNA from milligram amounts of fresh, herbarium and mummified plant tissues. Plant Molecular Biology. 1985;5(2):69–76. DOI: https://doi.org/10.1007/bf00020088

27. Cota-Sánchez J. H., Remarchuk K., Ubayasena K. Ready-to-use DNA extracted with a CTAB method adapted for herbarium specimens and mucilaginous plant tissue. Plant Molecular Biology Reporter. 2006;24(2):161–167. DOI: https://doi.org/10.1007/BF02914055

28. Boronnikova S. V., Kokaeva Z. G., Gostimskiy S. A., Dribnokhodova O. P., Tikhomirova N. N. Analysis of DNA polymorphism in a relict uralian species, large-flowered foxglove (*Digitalis grandiflora* Mill.), using RAPD and ISSR markers. *Genetika* = Russian Journal of Genetics. 2007;43(5):653–659. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=9535705

29. Payel D., Mala P., Sunita S. Inter-genus variation analysis in few members of Cucurbitaceae based on ISSR markers. Biotechnology and Biotechnological Equipment. 2015;29(5):882–886. DOI: https://doi.org/10.1080/13102818.2015.1052760

30. Chesnokov Yu. V., Artemeva A. M. Evaluation of the measure of polymorphism information of genetic diversity. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2015;50(5):571–578. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.5.571rus

31. Van de Peer Y., De Wachter R. TREECON for Windows: a software package for the construction and drawing of evolutionary trees for the Microsoft Windows environment. Bioinformatics. 1994;10(5):569–570. DOI: https://doi.org/10.1093/bioinformatics/10.5.569

32. Akash M., Awad N., Kasrawi M. Genetic diversity among snake melon landraces (Cucumis Melo Var. Flexuosus) using molecular descriptors. Plant Biosystems – An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology. 2020;154(2):206–212. DOI: https://doi.org/10.1080/11263504.2019.1587536

33. Pratami M. P., Chikmawati T., Rugayah. Genetic diversity of Cucumis and Mukia (Cucurbitaceae) based on ISSR markers. SABRAO Journal of Breeding and Genetics. 2020;52(2):127–143. URL: https://sabraojournal.org/wp-content/uploads/2020/06/SABRAO-J-Breed-Genet-522-127-143Pratami.pdf

34. Nei M., Li W. H. Mathematical Model for Studying Genetic Variation in Terms of Restriction Endonucleases. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 1979;76(10):5269–5273. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.76.10.5269

35. Timofeev M. A., Shatilina Zh. M., Bedulina D. S., Protopopova M. V., Grabel'nykh O. I., Pobezhimova T. P., Kolesnichenko A. V. Comparison of stress proteins participation in adaptation mechanisms of Baikalian and palearctic amphipod species. *Zhurnal stress-fiziologii i biokhimii* = Journal of Stress Physiology & Biochemistry. 2006;2(1):41–50. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11715841

Сведения об авторах

✉ **Мусихин Сергей Александрович**, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник, ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», г. Ижевск, Российская Федерация, ул. Татьяны Барамзиной, д. 34, г. Ижевск, Российская Федерация, 426067, e-mail: ugniish-nauka@yandex.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0162-7839**, e-mail: musihin.sergei87@yandex.ru

Зорин Денис Александрович, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник, ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», г. Ижевск, Российская Федерация, ул. Татьяны Барамзиной, д. 34, г. Ижевск, Российская Федерация, 426067, e-mail: udnc@udman.ru, **ORCID**: **https://orcid.org/ 0000-0001-9489-708X**

Худякова Анна Валерьевна, кандидат биол. наук, научный сотрудник, ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», г. Ижевск, Российская Федерация, ул. Татьяны Барамзиной, д. 34, г. Ижевск, Российская Федерация, 426067, e-mail: ugniish-nauka@yandex.ru, **ORCID**: **https://orcid.org/0000-0002-0125-9335**

Information about the authors

✉ **Sergey A. Musikhin**, PhD in Agricultural Science, researcher, Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, st. Tatyana Baramzina, 34, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, 426067, e-mail: ugniish-nauka@yandex.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0162-7839**, e-mail: musihin.sergei87@yandex.ru

Denis A. Zorin, PhD in Biological Science, researcher, Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, st. Tatyana Baramzina, 34, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, 426067, e-mail: udnc@udman.ru, **ORCID**: **https://orcid.org/ 0000-0001-9489-708X**

Anna V. Khudyakova, PhD in Biological Science, researcher, Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, st. Tatyana Baramzina, 34, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, 426067, e-mail: ugniish-nauka@yandex.ru, **ORCID**: **https://orcid.org/0000-0002-0125-9335**

✉ – Для контактов / Corresponding author