

Влияние биометрических показателей подвойных и привойных сортов на совместимость сорто-подвойных комбинаций винограда

Иванченко В.И.[✉], Иванова М.И., Потанин Д.В., Замета О.Г.

Агротехнологическая академия Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное

[✉]magarach.iv@mail.ru

Аннотация. Проведён регрессионный анализ биометрических показателей виноградных лоз подвойных и привойных сортов винограда и их влияния на выход стандартного посадочного материала. Установлено, что применение многомерного кросскорреляционного анализа позволяет выбрать биометрические показатели подвойных и привойных лоз винограда, оказывающих достоверное влияние на выход привитого стандартного посадочного материала. Объектами исследований были лозы подвойных и привойных сортов винограда, из которых в дальнейшем производились привитые черенки, а также выращенные в условиях открытой грунтовой школки стандартные однолетние саженцы сорто-подвойных комбинаций винограда. При этом подбирались такие комбинации привойных и подвойных сортов, среди которых были как достоверно совместимые, так и имеющие явную несовместимость по механическому или физиологическому типам. Максимальное варьирование изучаемых параметров зафиксировано у показателя длины срезаемых лоз подвойных сортов, а также показателей площади поперечного сечения сердцевин подвойных и привойных лоз и площади поперечного сечения древесины подвойных сортов. Предложенная регрессионная модель по оценке биометрических показателей подвойных и привойных лоз позволяет выбрать показатели, оказывающие наиболее достоверное влияние по коэффициентам детерминации (r^2) на выход стандартного посадочного материала. При этом теснота связей составила 83,78%. Теоретические основы аффинитета сорто-подвойных комбинаций впервые переведены в цифровую форму в виде математических моделей. Разработанные модели могут применяться не только в научном процессе, но также и в производстве для предварительного прогноза выхода стандартного посадочного материала винограда из производственной школки ещё на этапе заготовки лоз подвоев и привоев.

Ключевые слова: виноград; сорто-подвойные комбинации; биометрические показатели; регрессионный анализ; корреляционная зависимость; выход стандартного посадочного материала.

Для цитирования: Иванченко В.И., Иванова М.И., Потанин Д.В., Замета О.Г. Влияние биометрических показателей подвойных и привойных лоз на совместимость сорто-подвойных комбинаций винограда // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2022; 24(2):112-118. DOI 10.35547/IM.2022.74.26.002

ORIGINAL RESEARCH

The effect of biometric indicators of rootstock and graft varieties on compatibility of varietal-rootstock combinations of grapes

Ivanchenko V.I.[✉], Ivanova M.I., Potanin D.V., Zameta O.G.

Agrotechnological Academy of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», Agrarnoye village, 295492 Simferopol, Republic of Crimea, Russia

[✉]magarach.iv@mail.ru

Abstract. A regression analysis of biometric indicators of vines of rootstock and graft grape varieties and their impact on the output of standard planting material was carried out. It is established that the use of multidimensional cross-correlation analysis allows you to select biometric indicators of rootstock and graft vines that have a significant impact on the output of grafted standard planting material. The objects of research were the vines of rootstock and graft grape varieties, from which grafted cuttings were subsequently produced, as well as standard annual seedlings of varietal-rootstock combinations of grapes grown in an open-earth nursery. At the same time, such combinations of graft and rootstock varieties were selected, among which there were both reliably compatible and having obvious incompatibility in mechanical or physiological types. The maximum variation of the studied parameters was recorded in the cut vine length indicator of rootstock varieties, as well as in the indicators of cross-sectional area of the rootstock and graft vine piths, and cross-sectional area of the wood of rootstock varieties. The proposed regression model for evaluation of biometric indicators of rootstock and graft vines allows you to select the indicators that have the most significant impact by the coefficients of determination (r^2) on the output of standard planting material. At the same time, the correlation ratio was 83.78%. The theoretical basis of affinity of varietal-rootstock combinations was digitized for the first time in the form of mathematical models. The developed models can be used not only in the scientific process, but also in production for a preliminary forecast of the output of standard planting material of grapes from the production nursery at the stage of harvesting vines of rootstocks and grafts.

Key words: grapes; varietal-rootstock combinations; biometric indicators; regression analysis; correlation dependence; output of standard planting material.

For citation: Ivanchenko V.I., Ivanova M.I., Potanin D.V., Zameta O.G. The effect of biometric indicators of rootstock and graft varieties on compatibility of varietal-rootstock combinations of grapes. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2022; 24(2):112-118 (in Russian). DOI 10.35547/IM.2022.74.26.002

Введение

Залогом высокой продуктивности промышленных насаждений является качественный посадочный материал [1, 2]. В виноградарстве в соответствии с действующими стандартами и нормативами на сегодня используется исключительно отечественный привитой посадочный материал, который характеризуется высокой устойчивостью к почвенной форме филлоксеры. Установлено, что, поскольку используемые подвойные сорта винограда имеют североамериканское происхождение, они могут анатомически отличаться от привойных сортов винограда, относящихся к виду *Vitis vinifera* [3, 4]. Отличия в анатомии могут приводить к несовместимости, поскольку развитие древесины и, как следствие, проводящей системы саженцев может быть неодинаковым в зависимости от подобранной сорто-подвойной комбинации [5-7].

Задача установить различия биометрических показателей между подвойной и привойной частями нового привитого растения и провести оценку их влияния на выход стандартного посадочного материала зачастую решается описательными методами проведения анатомирования саженцев без проверки достоверности результатов подобного исследования [8]. Однако на сегодня любые результаты исследования должны проверяться на достоверность и репрезентативность. Это требует цифровизации полученных результатов, а также поиска наиболее достоверных факторов, оказывающих влияние на конечный результат [9, 10]. От совместимости сорто-подвойных комбинаций винограда зависит выход стандартного посадочного материала, а поиск тесноты связей определяется регрессионным анализом с выбором факторов, имеющих наибольшую тесноту связей с функцией.

Следовательно, необходимо провести регрессионный анализ биометрических факторов лоз подвойных и привойных сортов винограда и выход стандартного посадочного материала, и провести выбор по тесноте связей тех из них, которые в большей степени оказывают влияние на последний.

Цель работы

При помощи многомерного кросскорреляционного анализа выбрать биометрические показатели подвойных и привойных лоз винограда, оказывающих достоверное влияние на выход привитого стандартного посадочного материала.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в 2018–2021 гг. на базе прививочного комплекса кафедры плодовоовощеводства и виноградарства Института «Агротехнологической академии» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского». Объектами исследований были лозы подвойных и привойных сортов винограда, из которых в дальнейшем производились привитые черенки, а также выращенные согласно ГОСТ Р 53025-2008 в условиях открытой грунтовой школки стандартные однолетние саженцы сорто-подвойных комбинаций винограда, представленные техническими районированными сортами Сира, Мальбек, Каберне-Совиньон

и перспективным Вионье, привитые на районированных подвойных сортах Берландиери х Рупестрис Рюгжери 140, Берландиери х Рипариа Кобер 5ББ, Берландиери х Рипариа СО₄, Рипариа х Рупестрис 101-14 и Шасла х Берландиери 41Б.

Для проведения регрессионного анализа выбрано в качестве функции – выход стандартного посадочного материала (в % от количества высаженных в открытую грунтовую школку стратифицированных привитых черенков). Как показатели, входящие в регрессионную модель, взяты биометрические параметры лоз подвойных и привойных сортов, из которых ранее изготовлены привитые саженцы винограда. Сами показатели взяты по средним данным слепой выборки обследования партии, в соответствии с действующим ГОСТ 28181-89. Полученные результаты занесены в базу данных расчётной программы, которая разработана авторами данной статьи, и в дальнейшем осуществлён выбор оптимальной регрессионной модели по наиболее плотному коэффициенту корреляции [9].

Результаты и их обсуждение

Для проведения регрессионного анализа была разработана программа, которая способна накапливать базу данных из различных параметров, а в дальнейшем осуществлять сравнительный анализ по включённым в неё алгоритмам. В программу включена возможность осуществлять просчёт регрессий по приведенным ниже формулам.

Линейная: $Y = a_0 + a_1 * X_1 + \dots + a_n * X_n$;

обратная: $Y = a_0 + a_1 / X_1 + \dots + a_n / X_n$;

обратная 2: $Y = 1 / (a_0 + a_1 * X_1 + \dots + a_n * X_n)$;

линия степени $\frac{1}{2}$ (коренная):

$$Y = a_0 + a_1 * \sqrt{X_1} + \dots + a_n * \sqrt{X_n};$$

линия степени $\frac{1}{2}$ (коренная 2):

$$Y = \sqrt{a_0 + a_1 * X_1 + \dots + a_n * X_n};$$

логарифмическая: $Y = a_0 + a_1 * \log X_1 + \dots + a_n * \log X_n$;

экспоненциальная: $Y = \exp(a_0 + a_1 * X_1 + \dots + a_n * X_n)$;

степенная: $Y = a_0 + x_1^{a_1} + \dots + x_n^{a_n}$;

показательная: $Y = a_0 + a_1^{x_1} + \dots + a_n^{x_n}$.

В качестве функции «Y» задан выход стандартного посадочного материала (в %), а параметров модели – биометрические показатели лоз подвойных и привойных сортов винограда. Все исследования проводились в течение 2018-2021 гг., общее количество включённых в базу данных значений для расчёта составило более 1600.

Достоверность модели определялась по уровню общей корреляции. При этом программа в автоматическом режиме выбирала наиболее достоверную по уровню корреляционной зависимости модель и представляла её исследователю. Также осуществлялся расчёт коэффициентов вариации каждого из изучаемых показателей и индивидуальный коэффициент корреляции между каждым из них со значением функции.

В качестве показателей биометрии лоз подвойных и привойных сортов винограда в модель были вклю-

Таблица. Статистический отчёт о базе данных
Table. Database statistics report

Переменная	Среднее	Медиана	Коэффициент вариации, %	Среднее квадратическое отклонение	Ошибки среднего	Минимум	Максимум	Асимметрия	Экссесс
X42	57,884	60,000	39,196	22,688	2,929	5,000	93,330	-0,532	-0,500
X12	2,566	2,620	75,688	1,891	0,244	1,150	15,590	5,363	34,595
X13	1,706	1,765	23,984	0,409	0,053	1,000	2,370	-0,174	-1,014
X14	15,029	15,020	12,752	1,916	0,247	11,520	18,480	0,028	-0,824
X15	8,980	8,115	26,367	2,368	0,306	6,580	13,980	1,058	-0,299
X16	7,486	7,600	14,484	1,084	0,140	5,740	9,060	-0,097	-1,390
X17	6,942	7,185	10,413	0,723	0,093	5,550	7,940	-0,649	-0,818
X18	2,807	2,710	24,201	0,679	0,088	1,620	4,180	0,138	-0,745
X19	2,573	2,450	22,679	0,584	0,075	1,650	3,620	0,275	-0,977
X20	2,876	2,640	32,919	0,947	0,122	1,440	4,920	0,418	-0,590
X21	2,803	2,755	19,093	0,535	0,069	2,090	3,710	0,306	-1,167
X22	44,916	45,870	28,215	12,673	1,636	25,860	64,470	0,032	-1,391
X23	38,218	40,505	19,914	7,611	0,983	24,180	49,460	-0,526	-0,910
X24	6,547	5,750	46,924	3,072	0,397	2,060	13,710	0,582	-0,288
X25	5,457	4,705	44,746	2,442	0,315	2,140	10,290	0,583	-0,796
X26	38,369	42,570	37,033	14,209	1,834	14,810	60,240	-0,163	-1,184
X27	32,759	32,210	20,521	6,723	0,868	20,550	45,070	-0,107	-0,626
X28	0,830	0,860	14,391	0,119	0,015	0,520	0,960	-1,216	0,644
X29	0,859	0,870	6,019	0,052	0,007	0,770	0,930	-0,335	-1,165
X30	92,583	92,000	2,434	2,253	0,291	90,000	98,000	1,137	0,555

ченны:

- X12 – средняя длина лозы подвоя, м;
- X13 – средняя длина лозы привоя, м;
- X14 – средняя длина междоузлий подвоев, см;
- X15 – средняя длина междоузлий привоев, см;
- X16 – средний диаметр лоз подвоев, мм;
- X17 – средний диаметр лоз привоев, мм;
- X18 – диаметр сердцевин подвоев, мм;
- X19 – диаметр сердцевин привоев, мм;
- X20 – соотношение диаметров лозы и сердцевин на подвое;
- X21 – соотношение диаметров лозы и сердцевин на привое;
- X22 – площадь поперечного сечения подвойной лозы, мм²;
- X23 – площадь поперечного сечения привойной лозы, мм²;
- X24 – Площадь поперечного сечения сердцевин у подвойной лозы, мм²;
- X25 – площадь поперечного сечения сердцевин у привойной лозы, мм²;
- X26 – площадь поперечного сечения древесины у

- подвойной лозы, мм²;
- X27 – площадь поперечного сечения древесины у привойной лозы, мм²;
- X28 – коэффициент вызревания (Кв) подвойной лозы;
- X29 – коэффициент вызревания (Кв) привойной лозы;
- X30 – качество глазков привойного сорта, %.

При выполнении расчёта формируются описательные таблицы и таблицы отчёта частной корреляции.

В ходе анализа включённых в модель параметров установлено, что наиболее всего варьировал показатель длины срезаемых лоз подвойных сортов, коэффициент вариации составил 75,69% (табл.). Также сильное варьирование отмечено у таких показателей, как площадь поперечного сечения сердцевин подвойных и привойных лоз и площадь поперечного сечения древесины подвойных сортов, коэффициент варьирования превышал 30%.

Подобная изменчивость наблюдалась и у функции – выходе стандартных саженцев – варьирование

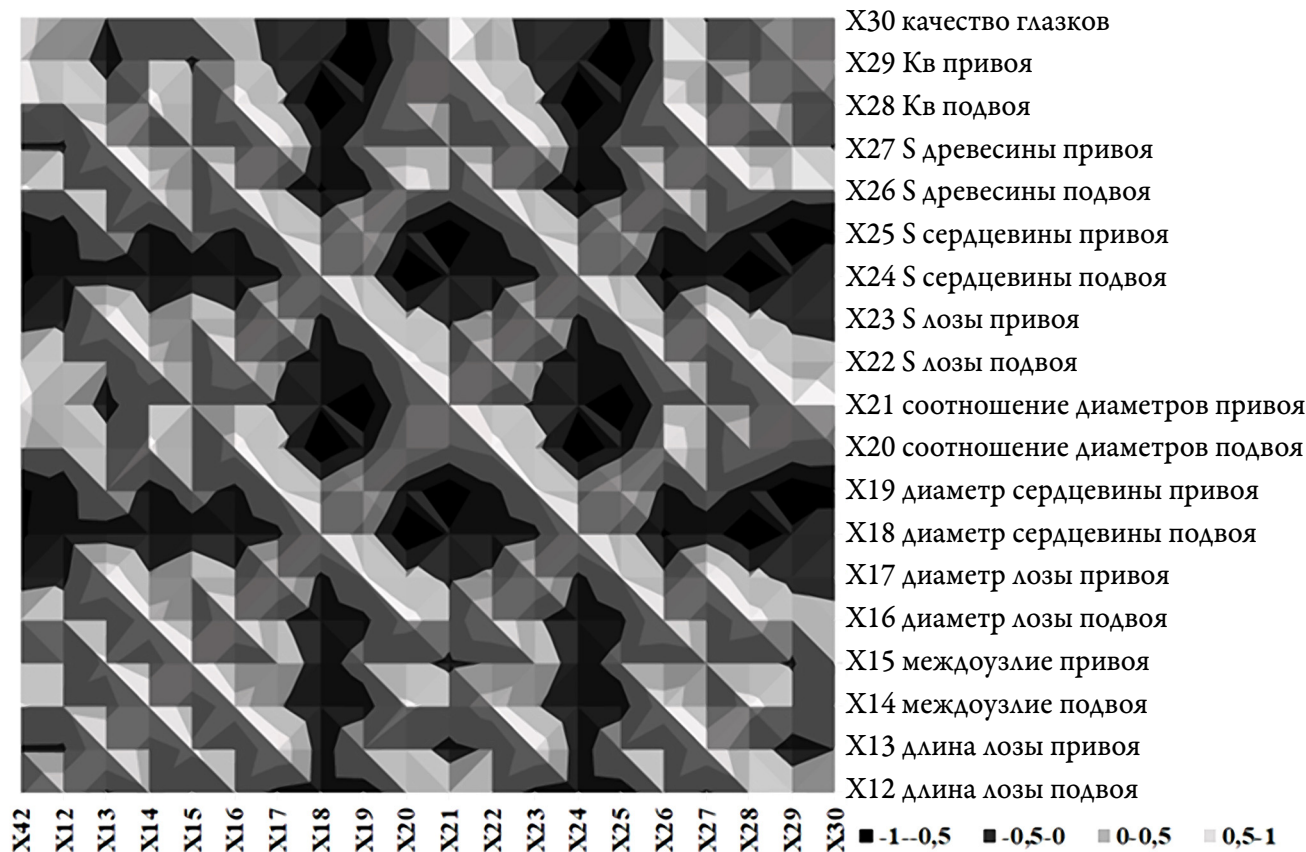


Рис. Корреляционная матрица регрессионной модели влияния биометрических показателей лозы подвойных и привойных сортов винограда на выход стандартного привитого посадочного материала

Fig. Correlation matrix of regression model of the effect of biometric indicators of the rootstock and graft grape varieties on the output of standard grafted planting material

составило 39,2%. Выход стандартного посадочного материала варьировал от 5,00% до 93,33%, при этом в базу были включены варианты как совместимых сорто-подвойных комбинаций, так и явно несовместимых. Это позволяет утверждать, что разрабатываемая модель может применяться для прогноза для всех сорто-подвойных комбинаций винограда вне зависимости от уровней совместимости.

Общее уравнение регрессии при коэффициенте множественной корреляции 0,9211 является линейным и имеет вид:

$$X_{42} = 357.4005 - 41.3040 \cdot X_{12} + 26.8101 \cdot X_{13} + 0.8729 \cdot X_{14} - 0.0897 \cdot X_{15} - 167.5078 \cdot X_{16} - 2.2856 \cdot X_{17} - 67.2270 \cdot X_{18} + 241.2006 \cdot X_{19} + 5.4360 \cdot X_{20} + 87.2190 \cdot X_{21} - 43.9514 \cdot X_{22} + 379.4694 \cdot X_{23} + 78.7906 \cdot X_{24} - 432.6260 \cdot X_{25} + 59.9514 \cdot X_{26} - 383.6187 \cdot X_{27} + 294.7470 \cdot X_{28} - 581.2279 \cdot X_{29} + 1.6742 \cdot X_{30}. \quad (1)$$

Корреляционная матрица показателей, включённых в модель, представлена в виде объёмной поверхностной диаграммы (рис.). Следует отметить, что длина лозы и междуузлия, диаметр, площадь сечения и древесины лозы привойного сорта не оказали существенного влияния на выход стандартного посадочного материала, поскольку корреляционная связь с ним была менее 30%. Эти показатели могут быть исключены из учёта математической модели при уточнении тесноты регрессионного моделирования как

«цифровой шум» [11].

Биометрические показатели лоз подвойных и привойных сортов винограда со средней теснотой связей с функцией имеют как положительную, так и отрицательную корреляцию. Негативно влияющими на выход стандартного посадочного материала являются показатели с отрицательным коэффициентом: диаметр и площадь сердцевины лоз подвойных и привойных сортов в месте изготовления прививки [12]. Показатели, в том числе и расчётные, имеющие положительную корреляционную зависимость, влияют на увеличение выхода стандартного посадочного материала положительно. Это совпадает с мнением учёных, изучающих вопросы совместимости у винограда: чем больше сердцевина у лоз, тем ниже приживаемость привитых растений, а также слабее их рост, что напрямую влияет на выход стандартного посадочного материала [13-15].

Для выбора биометрических показателей, более точно оказывающих влияние на выход стандартного посадочного материала винограда, нами отобраны такие, индивидуальный коэффициент детерминации ($d=r^2$) которых превышает 0,32. При таком коэффициенте теснота связей между показателем и функцией является средней. Средней теснотой связей характеризуются следующие показатели:

- диаметр сердцевины привойной лозы $d=0,349$;
- соотношение диаметров древесины и сердцевины

ны привойной лозы $d=0,340$;

- площадь сердцевинной подвойной лозы $d=0,346$;
- площадь сердцевинной привойной лозы $d=0,340$;
- площадь древесины подвойной лозы $d=0,327$;
- качество вызревания подвойной лозы $d=0,404$;
- качество глазков на привойной лозе $d=0,355$.

Уравнение регрессии с этими показателями имеет коэффициент множественной корреляции 0,8378, что свидетельствует о высокой точности разработанной модели и имеет вид:

$$X_{42} = 356.8829 + 381.5640/X_{19} + 24.0757/X_{21} - 39.0101/X_{24} - 266.3588/X_{25} + 27.7843/X_{26} - 62.1946/X_{28} - 29651.0548/X_{30}. \quad (2)$$

В отличие от предыдущей общей регрессионной модели, которая была показательной, данная является обратной функцией.

Показатели, вошедшие в эту функцию, позволяют объяснить влияние особенностей анатомии лоз и биометрических параметров, объективно сложившихся на момент изготовления прививок, которые подвержены влиянию именно от качества лоз подвойных и привойных сортов винограда на выход стандартного привитого посадочного материала [16].

Так, качество глазков привойных лоз влияет на стандартность, поскольку невыполненные, пораженные вследствие плохой перезимовки или по иным причинам глазки, которые не развились, не позволяют получать какой бы то ни было привитой посадочный материал. Сердцевина у подвойных и привойных лоз является неживой частью лозы, не несущей проводящую и восстановительную функцию [17]. В случае, если сердцевина одного из компонентов привитого черенка в месте прививки будет стыковаться с древесиной другого прививочного компонента, то она также не сможет выполнить свои репарационные функции и в этом месте не будут сформированы проводящая система между подвоем и привоем и совместные каллусные ткани, обеспечивающие прочность срастания [18]. Площадь древесины подвойной лозы и качество вызревания подвойных лоз определяются моделью как важные, поскольку именно эти факторы оказывают существенное влияние на питание привойной части растения в самом начале срастания компонентов (чем больше проводящей системы со стороны подвойной части растения стыкуется с привойной, тем лучше транспортируются влага и питательные вещества) [19]. Это обеспечивает улучшение восстановительных процессов, существенно ускоряет каллусообразование и формирование проводящей системы между привойной и подвойной частями растения. При завершении процессов срастания большая площадь древесины подвойной части обеспечивает её рост за счёт питания водой и необходимыми элементами. Подвойная часть значительно интенсифицируется сразу после формирования прямых проводящих пучков между привоем и подвоем [20].

Нами были переведены в цифровую форму в виде математической модели положения из теорий по аф-

финитету [14, 21, 22]. Подобное математическое моделирование не было найдено ни в отечественной, ни в доступной зарубежной литературе, связанной с аффинитетом у винограда.

Разработанные модели могут применяться не только в научном процессе, но также и в производстве для предварительного прогноза выхода стандартного посадочного материала винограда из производственной школки ещё на этапе заготовки лоз подвоев и привоев. Это даст возможность производителю определить себестоимость производства привитого посадочного материала относительно качественных биометрических показателей лоз. В случае, если в доступности имеется ограниченное количество лоз для изготовления привитых компонентов, можно спрогнозировать предельный верхний показатель выхода стандартного посадочного материала при формировании портфеля фьючерских заказов на его реализацию.

Выводы

Применение многомерного кросскорреляционного анализа позволяет выбрать биометрические показатели подвойных и привойных лоз винограда, оказывающих достоверное влияние на выход привитого стандартного посадочного материала.

Максимальное варьирование изучаемых параметров зафиксировано у показателей: длина срезаемых лоз подвойных сортов, площадь поперечного сечения сердцевинной подвойных лоз, площадь поперечного сечения сердцевинной привойных лоз и площадь поперечного сечения древесины подвойных сортов.

Предложенная регрессионная модель по оценке биометрических показателей подвойных и привойных лоз позволяет выбрать показатели, оказывающие наиболее достоверное влияние по коэффициентам детерминации (r^2) на выход стандартного посадочного материала. При этом теснота связей составила 83,78%.

Теоретические основы аффинитета сорто-подвойных комбинаций впервые переведены в цифровую форму в виде математических моделей. Разработанные модели могут применяться не только в научном процессе, но также и в производстве для предварительного прогноза выхода стандартного посадочного материала винограда из производственной школки ещё на этапе заготовки лоз подвоев и привоев.

Источник финансирования

Работа выполнена при поддержке гранта Государственного Совета Республики Крым молодым ученым Республики Крым в номинации «Сельскохозяйственные науки» проект «Разработка универсальных способов ранней диагностики совместимости сорто-подвойных комбинаций винограда» на основании Постановления Президиума Государственного Совета Республики Крым № п66-2/20 от 04.02.2020 г.

Financing source

The work was supported by a grant of the State Council of the Republic of Crimea to young scientists of the Republic of Crimea in the nomination "Agricultural

Sciences" project "Development of universal methods for early diagnosis of compatibility varietal-rootstock combinations of grapes" on the basis of Decree of the State Council of the Republic of Crimea Presidium No. p66-2/20 dated 04.02. 2020.

Конфликт интересов

Иванова М.И. – проведение научно-исследовательских работ при поддержке гранта Государственного Совета Республики Крым молодым ученым Республики Крым в номинации «Сельскохозяйственные науки» проект «Разработка универсальных способов ранней диагностики совместимости сорто-подвойных комбинаций винограда» на основании Постановления Президиума Государственного Совета Республики Крым № п66-2/20 от 04.02.2020г., другие авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

Ivanova M.I. – carrying out research work supported by a grant of the State Council of the Republic of Crimea to young scientists of the Republic of Crimea in the nomination "Agricultural Sciences" project "Development of universal methods for early diagnosis of compatibility varietal-rootstock combinations of grapes" on the basis of Decree of the State Council of the Republic of Crimea Presidium No. p66-2/20 dated 04.02. 2020.

Список литературы

- Ollat N., Bordenave L., Tandonnet J.P., Boursiquot J.M., Marguerit E. Grapevine rootstocks: Origins and perspectives. *Acta Hortic.* 2016;1136:11–22.
- Waite H., Whitelaw-Weckert M., Torley P. Grapevine propagation: Principles and methods for the production of high-quality grapevine planting material. *N. Zeal. J. Crop. Hortic. Sci.* 2015;43:144–161.
- Cookson S.J., Ollat N. Grafting with rootstocks induces extensive transcriptional re-programming in the shoot apical meristem of grapevine. *BMC Plant Biol.* 2013;13:147. DOI 10.1186/1471-2229-13-147.
- Mudge K., Janick J., Scofield S., Goldschmidt E.E. A history of grafting. *Hortic. Rev.* 2009;35:437–493.
- Assunção M., Santos C., Brazão J., Eiras-Dias J.E., Feveiro P. Understanding the molecular mechanisms underlying graft success in grapevine. *BMC Plant Biol.* 2019;19:396. DOI 10.1186/s12870-019-1967-8.
- Berger M.M., Gallusci P., Teyssier E. Roles of epigenetic mechanisms in grafting and possible applications. *Advances in Botanical Research.* 2018;88:203–246. DOI 10.1016/bs.abr.2018.10.003.
- Gaut B.S., Miller A.J., Seymour D.K. Living with two genomes: grafting and its implications for plant genome-to-genome interactions, phenotypic variation, and evolution. *Annual Review of Genetics.* 2019;53:195–215. DOI 10.1146/annurev-genet-112618-043545.
- Hartmann H.T., Kester D.E. *Plant propagation: principles and practices.* New Jersey, NJ: Prentice-Hall. 2002:1-808.
- Иванченко В.И., Замета О.Г., Потанин Д.В., Зотиков А.Ю., Иванова М.И., Корниенко П.С. *Питомниководство. Определение степени аффинитета (совместимости) сорто-подвойных комбинаций у винограда и плодово-ягодных культур: учебное пособие / Симферополь: Полипринт. 2021:29-38.*
- Bianchi D., Grossi D., Tincani D.T.G., Di Lorenzo G.S., Brancadoro L., Rustioni L. Multi-parameter characterization

of water stress tolerance in Vitis hybrids for new rootstock selection. *Plant Physiol. Biochem.* 2018;132:333–340. DOI 10.1016/j.plaphy.2018.09.018.

- Елисеєва И.И., Юзбашев М.М. *Общая теория статистики: Учебник / Под ред. И.И. Елисеєвой. 4-е издание, переработанное и дополненное. М.: Финансы и Статистика, 2002:1-480.*
- Moreno M.J.C., Hevin C., Ollat N., Cookson S.J. Developments at the graft interface in homo-and heterografts: gene expression and histological changes during the first month after grafting. *Plant Signal. Behav.* 2014;9:2997–3008. DOI 10.4161/psb.28852.
- Жуков А.И., Перов Н.Н., Ильяшенко Н.Н. *Привитая культура винограда. М.: Росагропромиздат. 1989:1–160.*
- Осадчий И.Я. *Анатомия и морфология настольной виноградной прививки. Новочеркасск: Лик. 2011:1–86.*
- Dogra K., Kour K., Kumar R., Bakshi P., Kumar V. Graft-Incompatibility in Horticultural Crops. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.* 2018;7(2):1805–1820. DOI 10.20546/ijcmas.2018.702.218.
- Vršič S., Pulko B., Kocsis L. Factors influencing grafting success and compatibility of grape rootstocks. *Scientia Horticulturae.* 2015;181:168–173. DOI 10.1016/j.scienta.2014.10.058.
- Spicer R., Groover A. Evolution of development of vascular cambium and secondary growth. *New Phytol.* 2010;186:577–592. DOI 10.1111/j.1469-8137.2010.03236.x.
- Peccoux A., Loveys B., Zhu J., Gambetta G.A., Delrot S., Vivin P., Schultz H.R. et al. Dissecting the rootstock control of scion transpiration using model-assisted analyses in grapevine. *Tree Physiol.* 2018;38(7):1026–1040. DOI 10.1093/treephys/tpx153.
- Santarosa E., de Souza P.V.D., de Araujo Mariath J.E., Lourosa G.V. Physiological interaction between rootstock-scion: effects on xylem vessels in Cabernet-Sauvignon and Merlot grapevines. *Am. J. Enol. Viticult.* 2016;67:65–76. DOI 10.5344/ajev.2015.15003.
- Tedesco S., Pina A., Feveiro P., Kragler F. A phenotypic search on graft compatibility in grapevine. *Agronomy.* 2020;10(5):706. DOI 10.3390/agronomy10050706.
- Asahina M., Satoh S. Molecular and physiological mechanisms regulating tissue reunion in incised plant tissues. *J Plant Res.* 2015;128:381–388. DOI 10.1007/s10265-015-0705-z.
- Pina A., Cookson S.J., Calatayud A., Trinchera A., Errea P. Physiological and molecular mechanisms underlying graft compatibility. *Vegetable Grafting Principles and Practices.* 2017:132–154. DOI 10.1079/9781780648972.0132.

References

- Ollat N., Bordenave L., Tandonnet J.P., Boursiquot J.M., Marguerit E. Grapevine rootstocks: Origins and perspectives. *Acta Hortic.* 2016;1136:11–22.
- Waite H., Whitelaw-Weckert M., Torley P. Grapevine propagation: Principles and methods for the production of high-quality grapevine planting material. *N. Zeal. J. Crop. Hortic. Sci.* 2015;43:144–161.
- Cookson S.J., Ollat N. Grafting with rootstocks induces extensive transcriptional re-programming in the shoot apical meristem of grapevine. *BMC Plant Biol.* 2013;13:147. DOI 10.1186/1471-2229-13-147.
- Mudge K., Janick J., Scofield S., Goldschmidt E.E. A history of grafting. *Hortic. Rev.* 2009;35:437–493.
- Assunção M., Santos C., Brazão J., Eiras-Dias J.E., Feveiro P. Understanding the molecular mechanisms underlying graft success in grapevine. *BMC Plant Biol.* 2019;19:396. DOI 10.1186/s12870-019-1967-8.

6. Berger M.M., Gallusci P., Teyssier E. Roles of epigenetic mechanisms in grafting and possible applications. *Advances in Botanical Research*. 2018;88:203–246. DOI 10.1016/bs.abr.2018.10.003.
7. Gaut B.S., Miller A.J., Seymour D.K. Living with two genomes: grafting and its implications for plant genome-to-genome interactions, phenotypic variation, and evolution. *Annual Review of Genetics*. 2019;53:195–215. DOI 10.1146/annurev-genet-112618-043545.
8. Hartmann H.T., Kester D.E. *Plant propagation: principles and practices*. New Jersey, NJ: Prentice-Hall. 2002:1–808.
9. Ivanchenko V.I., Zameta O.G., Potanin D.V., Zotikov A.Yu., Ivanova M.I., Kornienko P.S. Nursery breeding. Determination of the affinity degree (compatibility) of varietal-rootstock combinations in grapes and fruit and berry crops: a textbook. Simferopol: Polyprint. 2021:29–38 (*in Russian*).
10. Bianchi D., Grossi D., Tincani D.T.G., Di Lorenzo G.S., Brancadoro L., Rustioni L. Multi-parameter characterization of water stress tolerance in *Vitis* hybrids for new rootstock selection. *Plant Physiol. Biochem.* 2018;132:333–340. DOI 10.1016/j.plaphy.2018.09.018.
11. Eliseeva I.I., Yuzbashev M.M. *General theory of statistics: a textbook*. Edited by I. I. Eliseeva. 4th edition, revised and expanded. M.: Finances and Statistics. 2002:1–480 (*in Russian*).
12. Moreno M.J.C., Hevin C., Ollat N., Cookson S.J. Developments at the graft interface in homo- and heterografts: gene expression and histological changes during the first month after grafting. *Plant Signal. Behav.* 2014;9:2997–3008. DOI 10.4161/psb.28852.
13. Zhukov A.I., Perov N.N., Ilyashenko N.N. *Grafted grape culture*. M.: Rosagropromizdat. 1989:1–160 (*in Russian*).
14. Osadchy I.Ya. *Anatomy and morphology of table grape grafting*. Novocheerkassk: Lik. 2011:1–86 (*in Russian*).
15. Dogra K., Kour K., Kumar R., Bakshi P., Kumar V. Graft-Incompatibility in Horticultural Crops. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2018;7(2)1805–1820. DOI 10.20546/ijcmas.2018.702.218.
16. Vršič S., Pulko B., Kocsis L. Factors influencing grafting success and compatibility of grape rootstocks. *Scientia Horticulturae*. 2015;181:168–173. DOI 10.1016/j.scienta.2014.10.058.
17. Spicer R., Groover A. Evolution of development of vascular cambia and secondary growth. *New Phytol.* 2010;186:577–592. DOI 10.1111/j.1469-8137.2010.03236.x.
18. Peccoux A., Loveys B., Zhu J., Gambetta G.A., Delrot S., Vivin P., Schultz H.R. et al. Dissecting the rootstock control of scion transpiration using model-assisted analyses in grapevine. *Tree Physiol.* 2018;38(7):1026–1040. DOI 10.1093/treephys/tpx153.
19. Santarosa E., de Souza P.V.D., de Araujo Mariath J.E., Lourosa G.V. Physiological interaction between rootstock-scion: effects on xylem vessels in Cabernet-Sauvignon and Merlot grapevines. *Am. J. Enol. Viticult.* 2016;67:65–76. DOI 10.5344/ajev.2015.15003.
20. Tedesco S., Pina A., Fevereiro P., Kragler F. A phenotypic search on graft compatibility in grapevine. *Agronomy*. 2020;10(5):706. DOI 10.3390/agronomy10050706.
21. Asahina M., Satoh S. Molecular and physiological mechanisms regulating tissue reunion in incised plant tissues. *J Plant Res.* 2015;128:381–388. DOI 10.1007/s10265-015-0705-z.
22. Pina A., Cookson S.J., Calatayud A., Trinchera A., Errea P. Physiological and molecular mechanisms underlying graft compatibility. *Vegetable Grafting Principles and Practices*. 2017:132–154. DOI 10.1079/9781780648972.0132.

Информация об авторах

Вячеслав Иосифович Иванченко, д-р с.-х. наук, профессор кафедры плодовоощеводства и виноградарства; e-мэйл: magarach.iv@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8545-4233>;

Маргарита Игоревна Иванова, аспирант кафедры плодовоощеводства и виноградарства; e-мэйл: imi_2712@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3749-9525>;

Дмитрий Валериевич Потанин, канд.с.-х. наук, доцент кафедры плодовоощеводства и виноградарства; e-мэйл: potanin.07@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3724-8758>;

Олег Григорьевич Замета, канд. с.-х. наук, доцент кафедры плодовоощеводства и виноградарства; e-мэйл: zameta_oleg@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7449-2840>.

Information about authors

Vyacheslav I. Ivanchenko, Dr. Agric. Sci., Professor of the Department of Horticulture and Viticulture; e-mail: magarach.iv@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8545-4233>;

Margarita I. Ivanova, Postgraduate Student of the Department of Horticulture and Viticulture; e-mail: imi_2712@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3749-9525>;

Dmitriy V. Potanin, Cand. Agric. Sci., Associate Professor of the Department of Horticulture and Viticulture; e-mail: potanin.07@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3724-8758>;

Oleg G. Zameta, Cand. Agric. Sci., Associate Professor of the Department of Horticulture and Viticulture; e-mail: zameta_oleg@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7449-2840>.

Статья поступила в редакцию 13.04.2022, одобрена после рецензии 21.04.2022, принята к публикации 20.05.2022