

УДК 634.23:632.4:632.937

UDC 634.23:632.4:632.937

DOI 10.30679/2219-5335-2022-5-77-92-104

DOI 10.30679/2219-5335-2022-5-77-92-104

**ОЦЕНКА
ПОДВОЙНЫХ ФОРМ
МЕЛКОКОСТОЧКОВЫХ
КУЛЬТУР ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ
РАЗВИТИЯ ЭНДОФИТНЫХ
МИКРООРГАНИЗМОВ**

**EVALUATION OF ROOTSTOCK
FORMS OF SMALL-STONE
CROPS BY INDICATORS
OF THE DEVELOPMENT
OF ENDOPHYTIC
MICROORGANISMS**

Маслова Марина Витальевна¹
канд. с.-х. наук
старший научный сотрудник
научно-исследовательской проблемной
лаборатории «Биофотоника»
e-mail: marinamaslova2009@mail.ru

Maslova Marina Vitalievna¹
Cand. Agr. Sci.
Senior Research Associate
Scientific Research Problem
Laboratory «Biophotonics»
e-mail: marinamaslova2009@mail.ru

Кузнецова Анна Павловна²
канд. биол. наук
зав. лабораторией
питомниководства
e-mail: anpalkuz@mail.ru

Kuznetsova Anna Pavlovna²
Cand. Biol. Sci.
Head of Nursery planting
Laboratory
e-mail: anpalkuz@mail.ru

Дрыгина Анна Игоревна²
аспирант
младший научный сотрудник
лаборатории питомниководства
e-mail: annisilent@mail.ru

Drygina Anna Igorevna²
Postgraduate student
Junior Research Associate
of Laboratory of Nursery planting
e-mail: annisilent@mail.ru

¹Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Мичуринский
государственный аграрный университет»
Мичуринск, Россия

¹Federal State Budget
Educational Organization
of Higher Education «Michurin State
Agrarian University»
Michurinsk, Russia

²Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия»
Краснодар, Россия

²Federal State Budget
Scientific Institution
«North Caucasian Federal
Scientific Center of Horticulture,
Viticulture, Wine-making»
Krasnodar, Russia

Разработка методов, способных определять адаптационную способность растений к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам среды в различных условиях возделывания, является важным направлением во многих областях науки (экологической генетики, эпигенетики, генетики количественных признаков, биохимической генетики, экологической

The development of methods for determining the adaptive ability of plants to adverse abiotic and biotic factors is an important direction in many fields of science (ecological genetics, epigenetics, genetics of quantitative traits, biochemical genetics, ecological genetics, plant immunity, physiology, phytopathology, etc.). The study of plant

генетики, иммунитета растений, физиологии, фитопатологии и др.). Аналогично исследованиям, проводимым на животных, изучение микробиоты растений позволяет осуществлять комплексную оценку их адаптивности. На состав и структуру эндофитного сообщества влияют особенности самого растения, стадия его развития, а также реакция хозяина и эндофита на изменения внешних условий. Такие сложные взаимодействия играют определенную роль в проявлении фенотипических признаков растения, в том числе его способности адаптироваться к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам. Для поддержания баланса экосистем необходимы комбинированные стратегии селекции и биоконтроля. Тестирование подвойных форм мелкокосточковых культур на наличие эндофитных микроорганизмов показало их присутствие во внутренних тканях стеблевых эксплантов. Среди выделенных бактерий доминировали представители родов *Pseudomonas* и *Bacillus*. Грибы были представлены некротрофами (*Penicillium*, *Alternaria*, *Fusarium*). Эндофитные бактерии проявляли антагонизм к выделенным патогенным грибам. Выявлено, что у генотипов с высоким уровнем адаптации к абиотическим и биотическим неблагоприятным факторам грибные патогены выделяются из внутренних тканей менее чем в 15 % от всех тестов, при этом бактерии преобладают и отмечаются более чем в половине тестов. При этом важно определить характер влияния эндофитных бактерий на растительные ткани по степени их некротизации в присутствии исследуемых микроорганизмов. По показателям развития бактериальной и грибной микробиоты, а также по степени некротизации тканей растений под влиянием эндофитных бактерий среди исследуемых подвойных форм мелкокосточковых культур были выделены наиболее перспективные генотипы: ВСЛ-2, 3-93, 5-40, 3-21, 3-110, 11-17, 5-44, 10-13 (2009-2010 гг.); Гизелла Д, Гизелла 5, 3-76 (2021 г.).

microbiota allows a comprehensive assessment of their adaptability, similar to studies conducted on animals. The characteristics of the plant itself, the stage of its development, the reaction of the host and endophyte to external conditions affect the composition and structure of the endophytic community. These complex interactions play a role in the manifestation of the plant's phenotypic traits, including its ability to adapt to adverse abiotic and biotic factors. Combined breeding and biocontrol strategies are necessary to maintain the balance of ecosystems. Testing of rootstock forms of small-stone cultures showed the presence of endophytic microorganisms in the internal tissues of stem explants. Among the isolated bacteria, representatives of the genera *Pseudomonas* and *Bacillus* dominated. Fungi were represented by necrotrophs (*Penicillium*, *Alternaria*, *Fusarium*). Endophytic bacteria showed antagonism to isolated pathogenic fungi. It was revealed that in genotypes with a high level of adaptation to abiotic and biotic adverse factors, fungal pathogens are isolated from internal tissues in less than 15 % of all tests. Bacteria predominate and are detected in more than half of the tests. Therefore, it is important to determine the nature of the effect of endophytic bacteria on plant tissues by the degree of their necrotization in the presence of the studied microorganisms. According to the indicators of bacterial and fungal microbiota development, as well as the degree of necrotization of plant tissues under the influence of endophytic bacteria, the most promising genotypes were identified among the studied rootstock forms of small-stemmed cultures: VSL-2, 3-93, 5-40, 3-21, 3-110, 11-17, 5-44, 10-13 (2009 - 2010); Gisella D, Gisella 5, 3-76 (2021).

Ключевые слова: КЛОНОВЫЕ ПОДВОИ
ДЛЯ КОСТОЧКОВЫХ КУЛЬТУР,
АДАПТИВНОСТЬ, ЭНДОФИТНЫЕ
МИКРООРГАНИЗМЫ

Key words: CLONAL ROOTSTOCKS
FOR STONE CROPS,
ADAPTABILITY, ENDOPHYTIC
MICROORGANISMS.

Введение. Эндوفитами как правило считают такие микроорганизмы, которые заселяют здоровые внутренние ткани растений, не вызывая патологических изменений [1-7]. Но детальное рассмотрение данного вопроса дает основания полагать, что характер взаимодействия растения и эндوفитов имеет широкий диапазон от симбиотического до паразитического. Микроорганизмы, не оказывающие в данный момент негативного воздействия на растительные ткани, могут проявлять себя как патогены со сменой хозяина, его ниши или при неблагоприятных условиях [8-11]. Эндосфера растений при отсутствии симптомов может быть заселена патогенами человека и животных [12, 13]. В связи с этим, многие исследователи считают, что термин «эндифит» должен относиться только к среде обитания, а не к функции, и поэтому он должен быть более общим и включать микроорганизмы, которые в течение всей или части своей жизни колонизируют внутренние ткани растений [11, 14].

Некоторые эндифиты не оказывают очевидного влияния на растение, но используют метаболиты, продуцируемые им. Другие оказывают благотворное воздействие на рост хозяина, синтезируя ростостимулирующие гормоны и улучшая усвоение хозяином питательных веществ. Важным свойством эндифитных микроорганизмов является защита от фитопатогенов, осуществляемая либо через синтез веществ противомикробного действия, либо через индукцию устойчивости. В связи с этим, устойчивость к фитопатогенам проявляется не только благодаря генетическим особенностям растения, но также может быть опосредована ассоциированными с растениями микроорганизмами. Ещё одна группа эндифитов включает патогены, в том числе их скрытую форму [11, 14].

Большинство описанных эндофитов защищает растение от биотических стрессов, но некоторые могут также способствовать адаптации растений к различным негативным абиотическим факторам. Предполагаемым механизмом повышения экологической устойчивости растений, опосредованной эндофитами, является повышение уровня антиоксидантов [6, 14-17].

Состав микробных сообществ эндосферы растений определяется комплексом биотических и абиотических факторов. На их структуру влияют особенности самого растения, стадия его развития, а также реакция хозяина и эндофита на изменения внешних условий [18]. При этом важное значение имеет ценотическое окружение. В некоторых исследованиях сообщалось, что снижение разнообразия бактериальной и грибной микробиоты, взаимодействующей с растением вызывает вспышки заболеваний у них [14, 18]. Такие сложные взаимодействия влияют на проявление фенотипических признаков хозяина, в том числе на его способность адаптироваться к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам. Для поддержания баланса экосистем необходимы комбинированные стратегии селекции и биоконтроля патогенов [19].

Бактериальные и грибные эндофитные сообщества обычно исследуются отдельно, однако изучение особенностей взаимодействия между обеими группами внутри растений представляет научный и практический интерес.

Целью данной работы являлась оценка адаптационной способности подвойных форм мелкокосточковых культур по показателям развития бактериальной и грибной эндофитной микробиоты.

Объекты и методы исследований. Работа проводилась в 2009-2021 гг. в научно-исследовательской проблемной лаборатории «Биофотоника» ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ с использованием подвойных форм мелкокосточковых культур из коллекции Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный

научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»: 3-110, 11-17, 5-44, 10-13, 3- 93, 10-11, 5-40, 11-4, 3-21, 3-106, АИ1Б, АИ5Б, , 7-42, 3-107, АИ-1, 11-3, 5-34, Гизела Д, 3-76, созданных в ФГБНУ СКФНЦСВВ; ВСЛ-2 – селекции Крымской станции ВИР и Гизела 5 (Германия). Коллекционные формы произрастают в пригороде г. Краснодара в ОПХ «Центральное», на богаре, схема посадки 5x1 (17 кв.).

Тестирование подвойных форм на наличие эндофитной микробиоты проводили 1 раз в 2 месяца в течение вегетационного периода (с апреля по ноябрь). Микроорганизмы выделяли из стеблевых эксплантов после проведения поверхностной стерилизации путем погружения в 95 %-ный этанол с последующим обжигом в пламени спиртовки. Затем экспланты помещали в пробирки на скошенный картофельно-глюкозный агар. Учет и идентификацию микроорганизмов проводили по мере формирования колоний на питательной среде. Частоту тестирования бактерий и грибов выражали в процентах от общего числа тестов.

Грибы и бактерии вызывали в разной степени нарушение физиологических процессов у растений. У форм менее устойчивых к действию выделившихся эндофитных микроорганизмов происходило интенсивное накопление в тканях продуктов необратимого окисления фенолов. Они диффундировали в питательную среду и вызывали её окрашивание, интенсивность которого отражала степень некротизации тканей хозяина: 0-1,0 балл (слабая); 1,1-2,0 балла (средняя) и 2,1-3,0 (сильная).

В среду также выделялись окисленные фенолы в результате поранения, нанесенного при нарезке стеблевых эксплантов. Поэтому следует учитывать показатель интенсивности окрашивания питательного агара в пробирках без микроорганизмов. Разность между интенсивностью накопления продуктов окисления фенолов в среде, где отмечалось наличие эндофитов, и в пробирках с отрицательными тестами будет объективно отражать степень некротизации тканей экспланта, вызванной микробиотой.

При статистической обработке и анализе экспериментальных данных использовали стандартные компьютерные программы Microsoft Office Excel.

Обсуждение результатов. Тестирование подвойных форм мелкоко-сточковых культур на наличие эндофитных микроорганизмов показало их присутствие во внутренних тканях стеблевых эксплантов. Среди выделившихся бактерий доминировали представители родов *Pseudomonas* и *Bacillus*. Грибы были представлены некротрофами (*Penicillium*, *Alternaria*, *Fusarium*).

Эндофитные бактерии проявляли антагонизм к выделенным патогенным грибам, что было проверено методом двойных культур. При совместном культивировании выделившихся бактерий и патогенных грибов образовывалась значительная зона подавления роста мицелия. В некоторых случаях отмечалась его деградация и лизис [20].

Состав эндофитов специфичен для каждого генотипа в зависимости от его биологических особенностей и физиологического состояния его тканей в определенных экологических условиях. Многолетние исследования показали, что частота тестирования эндофитной бактериальной и грибной микробиоты у плодовых культур изменяется в зависимости от погодных условий. При этом выявлена закономерность: у форм и сортов, характеризующихся наибольшим уровнем адаптации к абиотическим и биотическим неблагоприятным факторам, грибные патогены выделяются из внутренних тканей менее чем в 15 % от всех тестов, при этом бактерии значительно преобладают и отмечаются более чем в половине тестов. Такие формы проявляли устойчивость к низким температурам, а также к возбудителям болезней усыхания [21, 22].

Необходимо учитывать, что находясь во внутренних тканях растений, бактерии выделяют продукты метаболизма, при этом нередко они могут оказывать фитотоксический эффект. Поэтому важно выявить характер влияния эндофитных бактерий на растительные ткани, что можно определить по степени их некротизации в присутствии исследуемых микроорганизмов.

В связи с этим в качестве перспективных следует выделять подвойные формы косточковых культур, которые характеризуются высокой частотой тестирования бактерий, подавляющих развитие грибов в эндосфере, при этом растения должны быть устойчивыми к выделившимся бактериальным изолятам.

В условиях 2009-2010 гг. частота тестирования эндофитных бактерий у исследуемых подвойных форм мелкокосточковых культур колебалась в пределах от 24,4 до 77,3 % и в среднем составила 51,8 %. Данный показатель по грибам изменялся от 0 до 28,9 %, а в среднем был равен 13,6 %.

По соотношению процента выхода бактериальной и грибной микробиоты исследуемые генотипы разбились на несколько групп. По показателям развития эндофитов, как наиболее перспективные, выделялись подвойные формы ВСЛ-2, 3-93, 5-40 и 3-21. У них частота тестирования бактерий составила 77,3; 50,6; 60,0 и 63,9 % соответственно, что позволило сдерживать развитие грибных патогенов, процент выхода которых за весь период исследования был довольно низким (9,3; 3,9; 5,9 и 14,6 % соответственно).

У подвойных форм 3-110, 11-17, 5-44 и 10-13 бактерии тестировались с меньшей частотой (40,0; 40,0; 41,3 и 45,3 % соответственно), но они проявляли значительную фунгицидную активность, в связи с чем процент положительных тестов на грибы у данных генотипов составил 0; 1,3; 11,9 и 2,6 % соответственно.

Ослабление антифунгального действия было отмечено у бактерий, выделенных из внутренних тканей подвойных форм 11-4, 7-42, АИ-1 и 5-34. Они характеризовались высоким уровнем развития грибной инфекции (16,0; 17,2; 23,9 и 17,3) при частоте тестирования бактериальной микробиоты выше 50 % (53,3; 55,9; 61,3 и 68,0 % соответственно).

Процент выхода бактерий у форм 10-11, 3-106 и 11-3 был более низким по сравнению с другими исследуемыми генотипами и составил 24,4; 49,3 и 46,7 % соответственно. Ослабление бактериальных эндофитов повлекло за собой активизацию грибных патогенов, которые тестировались более чем в четверти всех тестов (26,6; 25,3 и 28,9 % соответственно) (рис. 1 а).

Ткани всех исследуемых в 2009-2010 гг. подвойных форм в присутствии бактерий не подвергались значительной деградации. Степень накопления в эксплантах темноокрашенных продуктов окисления фенолов в вариантах с бактериальными изолятами незначительно отличалась от этого же показателя у образцов в пробирках с отрицательными тестами на микробиоту (рис. 1 б).

Следовательно, выделившиеся эндофитные бактерии не оказывали существенного воздействия на ткани растений. Степень их некротизации под влиянием данных микроорганизмов охарактеризована как слабая и колебалась в пределах от 0 до 0,9 балла.

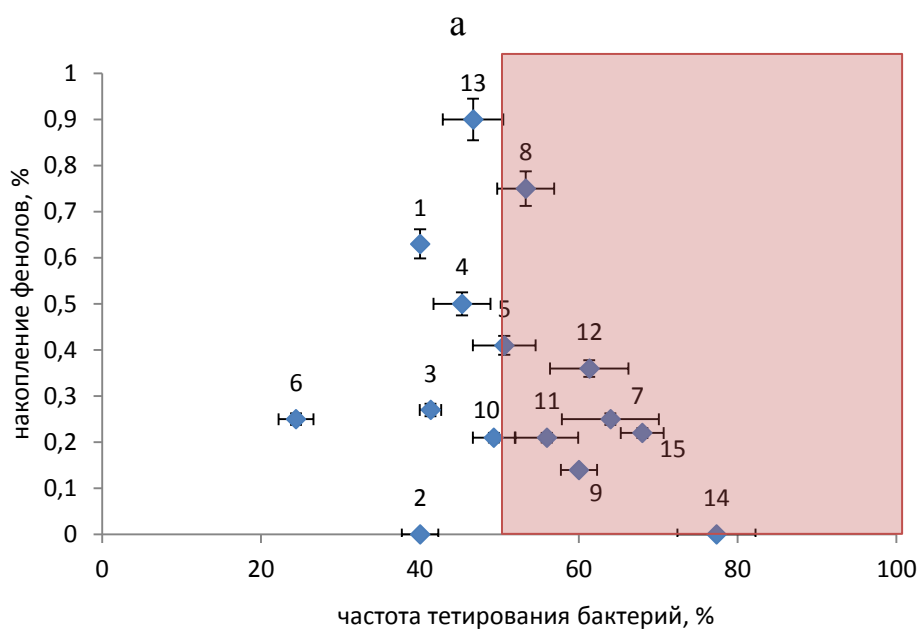
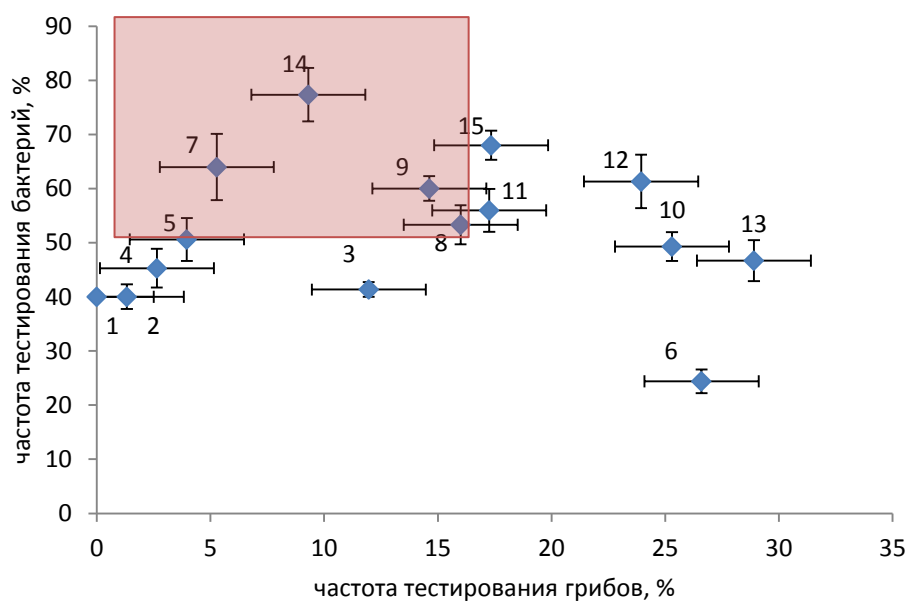
Тестирование подвойных форм мелкокосточковых культур в 2021 году показало, что бактериальная микробиота выявлялась в среднем в 65,1 %, а грибная – в 15,2 % всех образцов. Данные показатели изменялись в зависимости от генотипа в диапазоне от 36,7 до 83,6 % и от 0 до 25,9 % соответственно.

Подвойные формы Гизела Д, Гизела 5 и 3-76 отличались высоким уровнем накопления эндофитных бактерий (68,8; 83,2 и 73,7 % соответственно), которые обладали выраженной фунгицидной активностью, в связи с чем грибы тестировались в малом количестве (10,1; 0; 9,3 % соответственно).

Меньшим антифунгальным действием обладали эндофитные бактерии у следующих генотипов 11-14, АИ-1Б, 3-21, 3-20, АИ-5Б и ВСЛ-2, при этом частота их тестирования была достаточно высокой и составила 70,2; 62,1; 67,1; 61,9; 67,1 и 59,4 % соответственно. Грибные патогены у данных форм встречались в 15,7-18,5 % случаев от общего числа тестов.

У подвоя 3-107 отмечен самый низкий процент выхода на питательную среду эндофитных бактерий (36,7 %), что спровоцировало увеличение числа положительных тестов на грибы (25,9 %) (рис. 2 а).

Некротизация тканей эксплантов у 9 из 10 исследуемых генотипов в тестах с бактериями была оценена как слабая (0 – 1,0 балла). Только у формы 11-14 данный показатель был немного выше и составил 1,17 балла, что соответствует повреждению тканей средней степени (рис. 2, б).

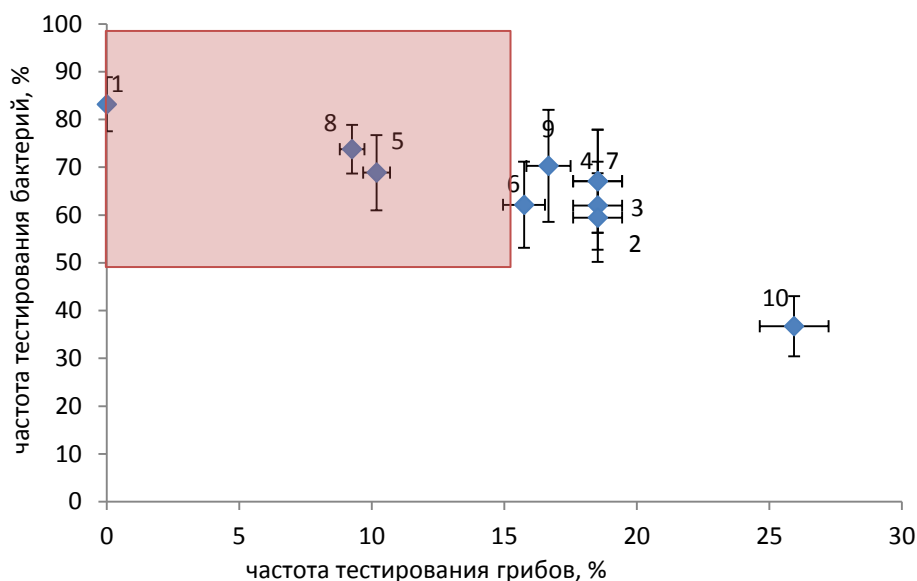


б

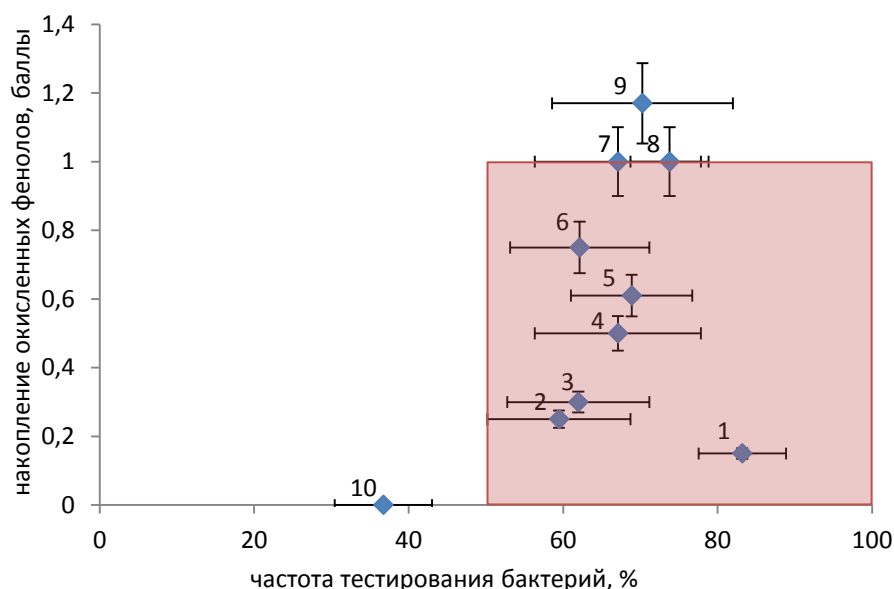
Рис. 1. Показатели развития эндофитной микробиоты и степени накопления продуктов окисления фенолов в результате некротизации растительных тканей под влиянием выделенных бактерий у подвойных форм мелкокосточковых культур в 2009-2010 гг.:

1 – 3-110; 2 – 11-17; 3 – 5-44; 4 – 10-13; 5 – 3- 93; 6 – 10-11; 7 – 5-40; 8 – 11-4; 9 – 3-21; 10 – 3-106; 11 – 7-42; 12 – АИ-1; 13 – 11-3; 14 – ВСЛ-2; 15 – 5-34.

*В выделенную зону попадают маркеры, соответствующие подвойным формам наиболее перспективным по исследуемым показателям: частота тестирования бактерий более 50 %, частота тестирования грибов менее 15 %, степень некротизации растительных тканей под влиянием эндофитных бактерий менее 1,0 балла.



а



б

Рис. 2. Показатели развития эндофитной микробиоты и степени накопления продуктов окисления фенолов в результате некротизации растительных тканей под влиянием выделенных бактерий у подвойных форм мелкокосточковых культур в 2021 гг.:
1 – Гизела 5, **2** – ВСЛ-2, **3** – 3-20, **4** – 3-21, **5** – Гизела Д, **6** – АИ-1Б,
7 – АИ - 5Б; **8** – 3-76; **9** – 11-14; **10** –3-107.

*В выделенной зоне находятся маркеры, соответствующие подвойным формам наиболее перспективным по исследуемым показателям: частота тестирования бактерий более 50 %, частота тестирования грибов менее 15 %, степень некротизации растительных тканей под влиянием эндофитных бактерий менее 1,0 балла.

Выводы. Выделенные эндофитные бактерии даже в условиях *in vitro* при активном росте биомассы не оказывали существенного негативного воздействия на растительные ткани. В тоже время, при совместном культивировании с патогенными грибами данные бактерии проявляли фунгицидное действие, что свидетельствует об их способности осуществлять биоконтроль болезней, вызываемых микромицетами.

Показатели развития эндофитной микробиоты, отражают состояние растения-хозяина и являются диагностическими критериями оценки его адаптационной способности. Среди исследуемых генотипов были выделены наиболее перспективные подвойные формы мелкокосточковых культур, которые в сложившихся погодных условиях при проведении исследований показали высокий уровень активности эндофитных бактерий, подавляющих патогенные грибы и не оказывающих существенного негативного влияния на растительные ткани: ВСЛ-2, 3-93, 5-40, 3-21, 3-110, 11-17, 5-44, 10-13 (2009-2010 гг.); Гизела Д, Гизела 5, 3-76 (2021 г.). Ценность выделенных генотипов также обусловлена тем, что они в основном относятся к среднерослым формам полукарлика, кроме двух карликов 3-76 и 3-110. Это подтверждает необходимость использования оросительных систем при выращивании низкорослых подвоев для наиболее эффективной реализации потенциала в условиях юга России.

Литература

1. Эндофитные бактерии как перспективный биотехнологический ресурс и их разнообразие / В.К. Чеботарь [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2015. № 5. С. 648-654.
2. Vilhena Araújo É., Moraes Pontes J. G., Silva S. N., Silva Amaral L., Fill T.P. The chemical warfare involved in endophytic microorganisms-plant associations // Microbial Endophytes. Woodhead Publishing. 2020. P. 125-159.
3. Rovná K., Bakay L., Petrová J., Terentjeva M., Černá J., Kačániová M. Characterization of endophytic microflora of Rosa canina fruits // Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. 2021. V. 2021. P. 65-68.
4. Morelli, M., Bahar O., Papadopoulou K. K., Hopkins D. L., Obradović A. Role of endophytes in plant health and defense against pathogens // Frontiers in Plant Science. 2020. P. 1312.
5. Mercado-Blanco J., Lugtenberg B. Biotechnological applications of bacterial endophytes // Current Biotechnology. 2014. V. 3. No. 1. P. 60-75.
6. Lata R., Chowdhury S., Gond S. K., White Jr, J. F. Induction of abiotic stress tolerance in plants by endophytic microbes // Letters in applied microbiology. 2018. V. 66. No. 4. P. 268-276.

7. Wu W., Chen W., Liu S., Wu J., Zhu Y., Qin L., Zhu B. Beneficial relationships between endophytic bacteria and medicinal plants //Frontiers in plant science. 2021. V. 12. P. 758.
8. Воронина Е.Ю. Микоризы и их роль в формировании сообществ // Вестник Московского университета. Сер. 16, Биология. 2006. №. 4. С. 17-26.
9. Брындина Л.В., Арнаут Ю.И., Алыкова О.И. Микоризообразующие грибы в формировании биогеоценозов: аналитический обзор // Лесотехнический журнал. 2022. Т. 12. №. 1. С. 5-20.
10. Kogel K.H., Franken P., Hückelhoven R. Endophyte or parasite—what decides? // Current opinion in plant biology. 2006. V. 9. No. 4. P. 358-363.
11. Mengistu A.A. Endophytes: colonization, behaviour, and their role in defense mechanism //International Journal of Microbiology. 2020. V. 2020.
12. Маркова Ю.А., Романенко А.С., Игумнова Е.К., Саляев Р.К. Растения как возможные резервуары бактерий, патогенных для человека и животных // Доклады Академии наук. ФГБУ «Российская академия наук». 2002. Т. 386. №. 2. С. 277-279.
13. Пушкарева В. И. Бактериальные патогены: миграция от их естественных резервуаров человеку // Успехи современной биологии. 2019. Т. 139. №. 5. С. 457-465.
14. Hardoim P. R. et al. The hidden world within plants: ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes // Microbiology and molecular biology reviews. 2015. V. 79. No. 3. P. 293-320.
15. Ogbe A. A., Finnie J. F., Van Staden J. The role of endophytes in secondary metabolites accumulation in medicinal plants under abiotic stress //South African Journal of Botany. 2020. V. 134. P. 126-134.
16. Положительное влияние колонизации сахарной свеклы метилотрофными бактериями на систему антиоксидантной защиты растений / С.В. Пиголева [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. 2011. №. 3. С. 210-219.
17. Курамшина З. М., Смирнова Ю. В., Хайруллин Р. М. Влияние *Bacillus subtilis* на рост и активность антиоксидантных ферментов растений *Triticum aestivum* при Cd-стрессе // Вестник Башкирского университета. 2014. Т. 19. №. 3. С. 835-839.
18. Berg G., Köberl M., Rybakova D., Müller H., Grosch R., Smalla K. Plant microbial diversity is suggested as the key to future biocontrol and health trends // FEMS microbiology ecology. 2017. V. 93. No. 5.
19. Кузнецова А.П., Ленивцева М.С., Шестакова В.В., Соколов О.А. Выделение эффективных источников устойчивости к коккомикозу из форм подвоев для мелкокосточковых селекции СКЗНИИСИВ // Плодоводство и ягодоводство России. 2012. Т. 34. № 1. С. 407-413.
20. Maslova M., Grosheva E., Shamshin I., Kuznetsova A., Fedorenko A. The impact of *Pseudomonas syringae* bacteria on the plant pathogenic fungi and cherry plants // BIO Web of Conferences. EDP Sciences, 2020. V. 21. P. 00019.
21. Маслова М. В. Сравнительная характеристика форм вишни с различной степенью усыхания по показателям эндофитной микробиоты // Актуальные проблемы садоводства России и пути их решения. 2007. С. 211-215.
22. Маслова М. В., Богданов О. Е., Юшков А. Н., Кузнецова А. П. Особенности развития эндофитной микробиоты у новых подвойных форм косточковых культур / Л. А. Ищенко [и др.] // Сибирский вестник с.-х. науки. 2010. №. 6. С. 57-60.

References

1. Endofitnye bakterii kak perspektivnyj biotekhnologicheskij resurs i ih raznoobrazie / V.K. Chebotar' [i dr.] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2015. №. 5. S. 648-654.
2. Vilhena Araújo É., Moraes Pontes J. G., Silva S. N., Silva Amaral L., Fill T. P. The chemical warfare involved in endophytic microorganisms-plant associations // Microbial Endophytes. Woodhead Publishing. 2020. P. 125-159.

3. Rovná K., Bakay L., Petrová J., Terentjeva M., Černá J., Kačániová M. Characterization of endophytic microflora of *Rosa canina* fruits // *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2021. V. 2021. P. 65-68.
4. Morelli, M., Bahar O., Papadopoulou K. K., Hopkins D. L., Obradović A. Role of endophytes in plant health and defense against pathogens // *Frontiers in Plant Science*. 2020. P. 1312.
5. Mercado-Blanco J., Lugtenberg B. Biotechnological applications of bacterial endophytes // *Current Biotechnology*. 2014. V. 3. No. 1. P. 60-75.
6. Lata R., Chowdhury S., Gond S. K., White Jr, J. F. Induction of abiotic stress tolerance in plants by endophytic microbes // *Letters in applied microbiology*. 2018. V. 66. No. 4. P. 268-276.
7. Wu W., Chen W., Liu S., Wu J., Zhu Y., Qin L., Zhu B. Beneficial relationships between endophytic bacteria and medicinal plants // *Frontiers in plant science*. 2021. V. 12. P. 758.
8. Voronina E.Yu. Mikorizy i ih rol' v formirovanii soobshchestv // *Vestnik Moskovskogo universiteta*. Ser. 16, Biologiya. 2006. № 4. S. 17-26.
9. Bryndina L.V., Arnaut Yu.I., Alykova O.I. Mikorizooobrazuyushchie griby v formirovanii biogeocenzov: analiticheskij obzor // *Lesotekhnicheskij zhurnal*. 2022. T. 12. № 1. S. 5-20.
10. Kogel K. H., Franken P., Hüchelhoven R. Endophyte or parasite—what decides? // *Current opinion in plant biology*. 2006. V. 9. No. 4. P. 358-363.
11. Mengistu A. A. Endophytes: colonization, behaviour, and their role in defense mechanism // *International Journal of Microbiology*. 2020. V. 2020.
12. Markova Yu. A., Romanenko A. S., Igumnova E. K., Salyaev R. K. Rasteniya kak vozmozhnye rezervuary bakterij, patogennyh dlya cheloveka i zhivotnyh // *Doklady Akademii nauk*. FGBU «Rossijskaya akademiya nauk». 2002. T. 386. № 2. S. 277-279.
13. Pushkareva V. I. Bakterial'nye patogeny: migraciya ot ih estestvennyh rezervuarov cheloveku // *Uspekhi sovremennoj biologii*. 2019. T. 139. № 5. S. 457-465.
14. Hardoim P. R. et al. The hidden world within plants: ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes // *Microbiology and molecular biology reviews*. 2015. V. 79. No. 3. R. 293-320.
15. Ogbe A. A., Finnie J. F., Van Staden J. The role of endophytes in secondary metabolites accumulation in medicinal plants under abiotic stress // *South African Journal of Botany*. 2020. V. 134. P. 126-134.
16. Polozhitel'noe vliyanie kolonizacii saharnoj svekly metilotrofnymi bakteriyami na sistemu antioksidantnoj zashchity rastenij / S.V. Pigoleva [i dr.] // *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta*. Estestvennye nauki. 2011. № 3. S. 210-219.
17. Kuramshina Z. M., Smirnova Yu. V., Hajrullin R. M. Vliyanie *Bacillus subtilis* na rost i aktivnost' antioksidantnyh fermentov rastenij *Triticum aestivum* pri Sd-stresse // *Vestnik Bashkirskogo universiteta*. 2014. T. 19. № 3. S. 835-839.
18. Berg G., Köberl M., Rybakova D., Müller H., Grosch R., Smalla K. Plant microbial diversity is suggested as the key to future biocontrol and health trends // *FEMS microbiology ecology*. 2017. V. 93. No. 5.
19. Kuznecova A.P., Lenivceva M.S., Shestakova V.V., Sokolov O.A. Vydelenie effektivnyh istochnikov ustojchivosti k kokkomikozu iz form podvoev dlya melkokostochkovykh selekcii SKZNIISIV // *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2012. T. 34. № 1. S. 407-413.
20. Maslova M., Grosheva E., Shamshin I., Kuznetsova A., Fedorenko A. The impact of *Pseudomonas syringae* bacteria on the plant pathogenic fungi and cherry plants // *BIO Web of Conferences*. EDP Sciences, 2020. V. 21. R. 00019.
21. Maslova M. V. Sravnitel'naya harakteristika form vishni s razlichnoj stepen'yu usyhaniya po pokazatelyam endofitnoj mikrobioty // *Aktual'nye problemy sadovodstva Rossii i puti ih resheniya*. 2007. S. 211-215.
22. Maslova M. V., Bogdanov O. E., Yushkov A. N., Kuznecova A. P. Osobennosti razvitiya endofitnoj mikrobioty u novykh podvoynykh form kostochkovykh kul'tur / L. A. Ishchenko [i dr.] // *Sibirskij vestnik s.-h. nauki*. 2010. № 6. S. 57-60.