

Элиминация вируса скручивания листьев винограда GLRaV-1 методом термотерапии

Котляр В.К.✉

Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, Краснодар, Краснодарский край, Россия

✉mayyyiva@gmail.com

Аннотация. Приведены результаты исследований влияния различных температурных режимов на процесс элиминации вируса скручивания винограда 1-ого серотипа (Grapevine leafroll-associated virus, GLRaV-1) в однолетних черенках сорта Красностоп АЗОС. Целью данного исследования было изучение эффективности термотерапии для элиминации GLRaV-1 у сорта винограда Красностоп АЗОС, а также оценка влияния различных температурных режимов на рост и развитие вегетирующих саженцев винограда, которую проводили методом измерения новообразовавшихся побегов и корней с повторной молекулярно-генетической идентификацией методом ПЦР в реальном времени. В ходе исследования были использованы черенки винограда, зараженные GLRaV-1, которые подвергались термотерапии при температурах от 30 до 60 °C с различной продолжительностью обработки (от 10 до 50 минут). Для оценки эффективности метода применялась ПЦР в реальном времени с использованием специфических TaqMan-зондов. Результаты показали, что оптимальные условия для элиминации вируса достигаются при температуре 45 °C и времени обработки 40–50 минут, при этом сохраняется высокая жизнеспособность глазков у черенков винограда. Более высокие температуры (55 и 60 °C) приводили к гибели растений, особенно при длительной обработке. Термотерапия при умеренных температурах (40–45 °C) способствует активному побегообразованию и развитию корневой системы, что важно для дальнейшего выращивания здоровых саженцев. Полученные данные подчеркивают важность тщательного подбора параметров термотерапии для достижения максимальной эффективности в борьбе с вирусными инфекциями на разных стадиях ее развития, даже если визуальные признаки еще не проявились. Результаты работы имеют практическое значение для виноградарства, предлагая экологически безопасный метод оздоровления посадочного материала, что способствует повышению устойчивости виноградников и улучшению качества продукции. Дальнейшие исследования могут быть направлены на оптимизацию условий термотерапии и изучение влияния других факторов, таких как влажность и освещение, на процесс оздоровления растений.

Ключевые слова: черенки винограда; вегетативное размножение; молекулярно-генетические исследования; оздоровленный посадочный материал.

Для цитирования: Котляр В.К. Элиминация вируса скручивания листьев винограда GLRaV-1 методом термотерапии. // «Магарах». Виноградарство и виноделие. 2025;27(2):133-139. EDN IVGSEG.

ORIGINAL RESEARCH

Elimination of GLRaV-1 grapevine leafroll-associated virus by thermotherapy method

Kotlyar V.K.✉

North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking, Krasnodar, Krasnodar Territory, Russia

✉mayyyiva@gmail.com

Abstract. The results of studies of the effect of various temperature conditions on the process of eliminating grapevine leafroll-associated virus of the 1st serotype (Grapevine leafroll-associated virus, GLRaV-1) from annual cuttings of the variety 'Krasnostop AZOS' are presented. The purpose of this study was to research the effectiveness of thermotherapy for elimination of GLRaV-1 from the variety 'Krasnostop AZOS', as well as to evaluate the effect of various temperature regimes on the growth and development of vegetative grape seedlings, which was performed by measuring newly developed shoots and roots with repeated real-time molecular genetic identification by PCR. Grapevine cuttings infected with GLRaV-1, which were subjected to thermotherapy at temperatures from 30 °C to 60 °C with varying treatment duration (from 10 to 50 minutes), were used in the course of study. Real-time PCR using specific TaqMan probes was used to evaluate the effectiveness of the method. The results showed that optimal conditions for virus elimination are achieved at a temperature of 45 °C and a processing time of 40-50 minutes, while maintaining high viability of the eyes of grapevine cuttings. Higher temperatures (55 °C and 60 °C) led to the loss of plants, especially during prolonged processing. Thermotherapy at moderate temperatures (40-45 °C) promotes active shoot formation and root system development, which is important for the further cultivation of healthy seedlings. The data obtained emphasize the importance of careful selection of thermotherapy parameters in order to achieve maximum effectiveness in the fight against viral infections at different stages of viral infection development even with no visual signs appeared. The results of the work are of practical importance for viticulture, offering an environmentally friendly method of improving planting material, which helps to increase the sustainability of vineyards, and improve product quality. Further research may be aimed at optimizing the conditions of thermotherapy and studying the influence of other factors, such as humidity and lighting, on the process of healing plants.

Key words: grapevine cuttings; vegetative propagation; molecular genetic research; healthy planting material.

For citation: Kotlyar V.K. Elimination of GLRaV-1 grapevine leafroll-associated virus by thermotherapy method. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2025;27(2):133-139. EDN IVGSEG (in Russian).

Введение

Виноградарство является одной из важнейших отраслей сельского хозяйства, имеющей большое экономическое и культурное значение во многих

регионах мира. Однако выращивание винограда сталкивается с рядом проблем, среди которых особое место занимают вирусные заболевания [1]. Одним из наиболее распространенных и вредоносных вирусов, поражающих виноградную лозу, является вирус скручивания листьев винограда

(Grapevine leafroll-associated virus, GLRaV) [2–5]. Этот вирус приводит к значительному снижению урожайности, ухудшению качества ягод и ослаблению растений, что в конечном итоге наносит существенный ущерб виноградарству [6, 7].

Традиционные методы борьбы с вирусными заболеваниями, такие как химическая обработка или удаление зараженных растений, зачастую оказываются недостаточно эффективными или экономически невыгодными [8, 9]. В связи с этим все большее внимание уделяется разработке и внедрению альтернативных методов, среди которых особый интерес представляет термотерапия [10–14]. Термотерапия – это метод, основанный на использовании повышенных температур для подавления вирусной инфекции в растениях. Этот подход демонстрирует высокую эффективность в элиминации вирусов, при этом сохраняя жизнеспособность и продуктивность растений. Болезнь скручивания листьев винограда (Grape leaf-roll disease или GLRD) – это синдром сложной этиологии, впервые описанный в Калифорнии в 1958 г. [15] и распространенный в настоящее время во всех регионах производства винограда по всему миру [16].

Целью данной работы является изучение возможностей применения термотерапии для элиминации вируса скручивания листьев винограда GLRaV-1, а также оценка влияния данного метода на рост и развитие виноградных черенков. В рамках исследования будут рассмотрены оптимальные температурные режимы, продолжительность обработки и их воздействие на вирусную нагрузку, а также предложены рекомендации для практического применения термотерапии в виноградарстве.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью разработки эффективных и экологически безопасных методов борьбы с вирусными заболеваниями винограда, что позволит повысить устойчивость виноградников и обеспечить стабильное производство высококачественной продукции.

На базе ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» с 2023 по 2024 гг. проводились исследования в области термотерапии с целью элиминации вируса скручивания листьев и адаптации методики к сорту отечественной селекции Красностоп АЗОС [17, 18]. Молекулярно-генетические исследования проводились на оборудовании ЦКП (Центр коллективного пользования) технологичным оборудованием по направлениям: геномные и постгеномные технологии; физиолого-биохимические и микробиологические ис-

следования; почвенные, агрохимические и экотоксикологические исследования; пищевая безопасность) при селекционно-биотехнологической лаборатории.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования выступил возбудитель заболевания скручивания листьев – вирус GLRaV-1. В качестве материала для анализа использовались черенки винограда сорта Красностоп АЗОС (происхождение: гибрид филлоксероустойчивого сорта Джемте и Красностоп Анапского), характеризующегося широким спектром агрономически значимых признаков [19–21]. Визуальная диагностика поражения вирусом скручивания листьев осуществлялась в полевых условиях в соответствии с методикой, разработанной Мулюкиной Н.А. и соавторами [22]. Отбор образцов винограда, демонстрирующих симптомы вирусной инфекции, проводился в летний период. Ежегодно в исследование включалось 3 черенка на один вариант.

Выделение вирусной РНК из растительного материала (инфицированных листьев и стеблей) выполнялось с использованием модифицированного метода, предложенного Санчес-Наварро и соавторами [23]. Для верификации наличия вирусной инфекции было проведено молекулярно-генетическое исследование методом ПЦР в реальном времени с использованием специфических TaqMan-зондов [24].

Результаты и их обсуждение

В период исследования с 2023 по 2024 гг. нами было отобрано 210 образцов лозы винограда сорта Красностоп АЗОС, пораженных вирусом скручивания листьев как в латентной форме, так и с явно выраженной симптоматикой.

Масштабное молекулярно-генетическое исследование с применением специфических TaqMan-зондов с высокой достоверностью подтвердило наличие вируса скручивания листьев GLRaV-1 во всех образцах, которые были включены в исследование.

Пораженные вирусом черенки перед началом термотерапии в сухожаровом шкафу вымачивали в чистой воде в течение 24 часов, чтобы уменьшить вероятности гибели черенков в процессе обработки высокими температурами.

Схема опыта: обработка черенков паром при 30 °C в течение 10, 20, 30, 40, 50 минут (контроль); обработка черенков паром при 35 °C в течение 10, 20, 30, 40, 50 минут; обработка черенков паром при 40 °C в течение 10, 20, 30, 40, 50 минут; обработка черенков паром при 45 °C в течение 10, 20, 30, 40, 50 минут; обработка черенков паром

при 50 °С в течение 10, 20, 30, 40, 50 минут; обработка черенков паром при 55 °С в течение 10, 20, 30, 40, 50 минут; обработка черенков паром при 60 °С в течение 10, 20, 30, 40, 50 минут.

После окончания процесса обработки высокими температурами черенки были помещены в свободное от вирусного и бактериального заражения помещение, в котором они проходили процесс проращивания.

Когда корневая система начала формироваться, саженцы сажали в закрытый грунт и проводили повторный молекулярно-генетический анализ ПЦР в реальном времени для подтверждения результата оздоровления и исключения повторного заражения. Результаты можно увидеть в таблице. Каждый тур термотерапии был выполнен в трех повторностях для более точных данных и разнообразия выборки.

Температуры варьируются от 30 до 60 °С с шагом в 5 °С. В таблице указаны температуры: 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 °С.

Время варьируется от 10 до 50 минут с шагом в 10 минут. В таблице указаны временные интервалы: 10, 20, 30, 40, 50 минут.

Время воздействия 10 и 20 минут показали низкую эффективность при всех перечисленных выше активных температурах, что может быть показателем того, что это время воздействия недостаточно для элиминации вируса скручивания листьев винограда в черенках сорта Красностоп АЗОС. При этом в 2024 г. вирус оказался более термолабильным и хуже поддавался термотерапии при 30 и 35 °С.

При 30 °С количество оздоровленных черенков было минимально. На 40 минутах наблюдается 2 оздоровленных черенка в 2023 г., но на остальных интервалах 2024 г. (10, 20, 30, 40, 50 минут) оздоровленных черенков не наблюдалось. Можно сделать предварительный вывод о том, что при 30 °С вирус активен на большинстве временных интервалов, что приводит к низкому количеству оздоровленных черенков.

При 35 °С вирус менее активен, чем при 30 °С, что позволяет достичь небольшого количества оздоровленных черенков. В 2023 г. наилучшие результаты достигаются при 30 и 50 минутах воз-

Таблица. Результаты идентификации вируса GLRaV-1 после термотерапии
Table. The results of GLRaV-1 virus identification after thermotherapy

GLRaV-1																																						
Т, °С	2023 г.										2024 г.																											
	временной интервал, мин																																					
	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50																												
30	+	+	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
35	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
40	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
50	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	x	x	x	+	+	+	-	-	+	+	+	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
55	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	-	-	+	+	+	+	-	-	+	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
60	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	x	x	x	x	+	+	+	-	-	+	+	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Примечание. Символ «+» указывает на наличие заражения при данной температуре и времени; символ «-» указывает на отсутствие заражения после термотерапии; символом «х» помечены те варианты, при которых черенки в дальнейшем не проявили признаков вегетации и погибли

действия.

Для температуры 40 °С были характерны следующие особенности: при непродолжительном времени (10 минут) воздействия высокой температуры вирус не успевал достигнуть точки инактивации и полученные саженцы не избавились от заражения. Наибольшая эффективность этой температуры наблюдалась при 20, 30 и 40 минутах за оба года исследования.

При 40 °С вирус активен на большинстве интервалов, но на 40 минутах достигается небольшое количество оздоровленных черенков без вреда для будущих саженцев.

Длительное воздействие (50 минут) может привести к негативному воздействию на ростовые процессы и гибели черенков.

Для опыта при температуре 45 °С отмечались следующие тенденции. При 45 °С вирус менее активен, чем при более низких температурах, что позволяет достичь большего количества оздоровленных черенков. Наилучшие результаты достигаются при 40 и 50 минутах воздействия.

Влияние температуры 50 °С на всех промежуточных не показало значительного результата из-за низкого выхода оздоровленных саженцев, поскольку 10 и 20 минут было недостаточно для элиминации вируса скручивания листьев винограда, а при более долгой продолжительности наблюдалась гибель черенков. На 40 минутах наблюдается 2 оздоровленных черенка в 2023 г., но однолетние черенки 2024 г. не выдержали высокой температурной нагрузки. При 50 °С вирус активен на большинстве интервалов, но на 40 минутах достигается небольшое количество оздоровленных черенков. Длительное воздействие (50 минут) приводит к гибели черенков.

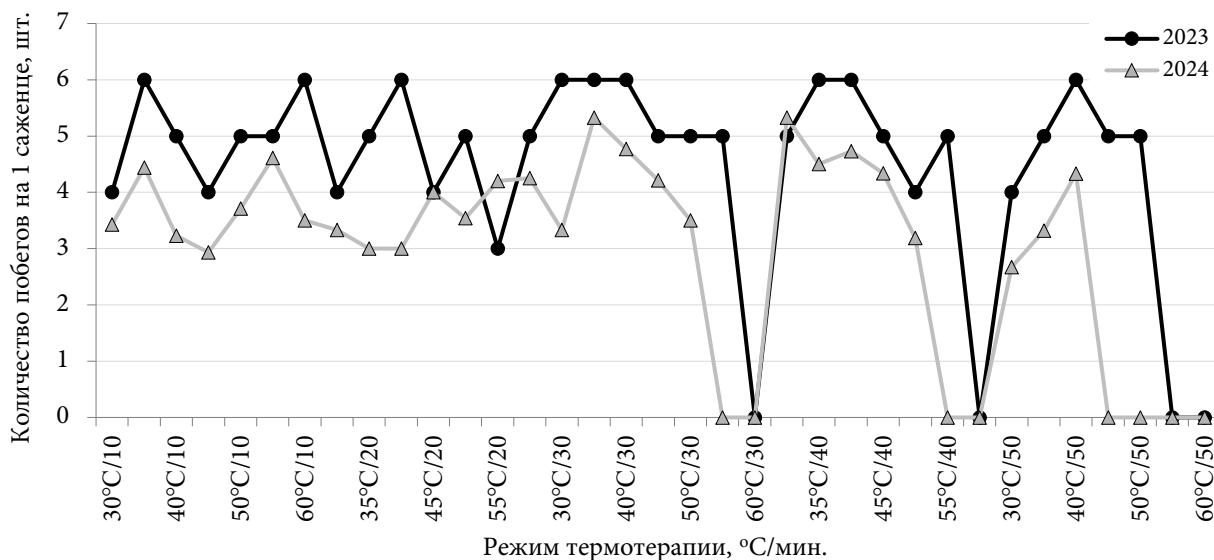


Рис. 1. График изменения количества побегов в зависимости от режима термотерапии
Fig. 1. Graph of changes in the number of shoots depending on the thermotherapy regime

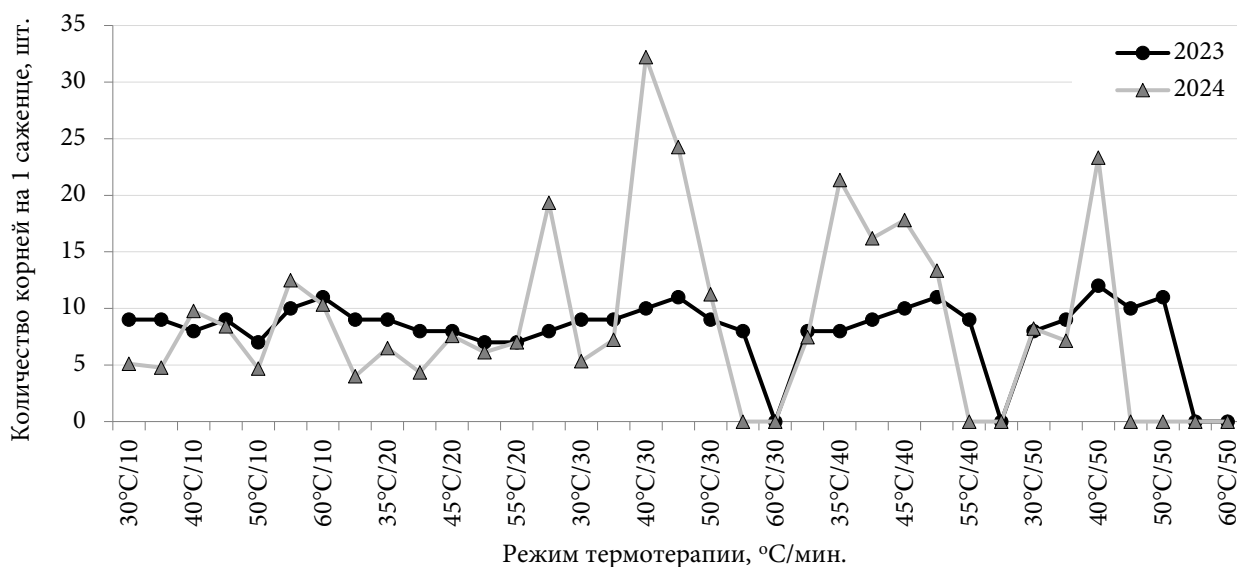


Рис. 2. График изменения количества корней в зависимости от режима термотерапии
Fig. 2. Graph of changes in the number of roots depending on the thermotherapy regime

Температура 55 °С характеризовалась результатами, близкими к температуре 50 °С.

При 55 °С вирус менее активен, чем при более низких температурах, что позволяет достичь большего количества оздоровленных черенков, но в 2024 г. эта тенденция не сохраняется.

Наилучшие результаты достигаются при 20, 30 и 40 минутах воздействия, но только в исследованиях 2023 г. Длительное воздействие (50 минут) приводит к гибели черенков в обоих вариантах.

При 60 °С вирус активен на большинстве интервалов, но на 40 минутах в 2023 г. и 20, 30 минутах в 2024 г. достигается небольшое количество оздоровленных черенков. Длительное воздействие (40 и 50 минут) приводит к гибели черенков в обоих годах исследования.

Для изучения в долгосрочной перспективе и выявления закономерностей влияния высоких

температур на дальнейшее развитие саженца, нами были изучены такие вегетативные показатели как количество побегов (рис. 1) и количество корней (рис. 2).

В таблице указаны различные режимы температуры (от 30 до 60 °С) и время обработки (от 10 до 50 минут), а также количество побегов на 1 саженце. Количество побегов варьируется в зависимости от температуры и времени обработки. В 2023 г. количество побегов и корней, а также их длина, варьируются в зависимости от температуры и времени обработки. Например, при 30 °С и 10 минутах количество побегов составляет 4 шт., а длина побегов – 18,4 см. В 2024 г. наблюдается аналогичная тенденция, но с некоторыми изменениями. Например, при 30 °С и 10 минутах количество побегов уменьшилось до 3,43 шт. (среднее значение).

При более высоких температурах (55 и 60 °C) и длительном времени обработки (30, 40, 50 минут) может наблюдаться отсутствие побегов и корней, что указывает на негативное влияние таких условий на оздоровленные саженцы.

Не менее важным показателем, который может существенно влиять на приживаемость оздоровленных саженцев, является объем корневой системы (рис. 2).

В 2023 г. количество корней варьировалось от 0 до 11 шт., при этом максимальные значения наблюдались при температурах 30–40 °C и времени обработки до 30 минут. В 2024 г. количество корней снизилось, варьируясь от 0 до 32 шт. Наблюдается общее ухудшение показателей по сравнению с 2023 г., за исключением некоторых режимов. При увеличении времени обработки до 30 минут и более наблюдалось снижение количества корней, особенно при высоких температурах.

В 2024 г. при времени обработки 40 и 50 минут количество корней снижалось до 0 при температурах 55 и 60 °C, что свидетельствовало об их гибели. Так же, в 2024 г. количество корней в целом ниже, чем в 2023 г. Это может быть связано с изменением условий выращивания, таких как качество почвы, климатические условия или методы обработки. Исключением являются режимы 40 °C/30 минут и 40 °C/50 минут, где в 2024 г. количество корней (32 и 23 шт. соответственно) превысило показатели 2023 г. (10 и 12 шт.).

Наибольшее значение в питомниководстве имеет такой показатель, как выход саженцев – это ключевой показатель, который отражает эффективность процесса выращивания посадочного материала. Приживаемость черенков зависит от качества посадочного материала (здоровые и сильные черенки приживаются лучше) и условий выращивания (температура, влажность, освещение). Если используются саженцы с закрытой корневой системой (в контейнерах), приживаемость обычно выше, а для открытого грунта приживаемость может быть ниже, особенно в неблагоприятных условиях, поэтому в этом исследовании после оздоровления саженцы высаживались именно в закрытый грунт. Низкий выход может указывать на проблемы с качеством черенков (например, слабые или больные растения).

Анализ выхода саженцев помогает выявить слабые места в технологии выращивания и оценить долгосрочные перспективы технологии оздоровления с помощью термотерапии и ее влияние на рост и развитие растения, а также подчеркнуть экономическую значимость и перспективы практического использования в виноградарстве и питомниководстве.

Для расчета выхода саженцев нами была использована следующая формула:

$$\text{Выход саженцев} = \frac{\text{Жизнеспособные саженцы}}{\text{Оздоровленные саженцы}} \times 100$$

$$\text{Выход саженцев} = \frac{54}{63} \times 100 = 85,7 \%$$

где 63 – это общее число оздоровленных саженцев, которые успешно прошли термотерапию и сохранили способность к вегетации, а 54 – это число оздоровленных саженцев, которые успешно акклиматизировались и прижились в закрытом грунте. Оптимальный процент выхода саженцев в виноградарстве зависит от множества факторов, включая сорт винограда, технологию выращивания, условия окружающей среды и качество посадочного материала. Однако в среднем оптимальным считается выход саженцев в диапазоне 80–90 %, а это значит, что полученный нами процент выхода саженцев является достаточно высоким для того, чтобы можно было сделать вывод о высокой степени приживаемости оздоровленных саженцев первого года.

Выводы

При низких температурах (30–35 °C) вирус активен, что приводит к низкому количеству оздоровленных черенков. Наилучшие результаты достигаются при 35 °C и времени воздействия 30–50 минут. При средних температурах (40–45 °C) вирус менее активен, что позволяет достичь большего количества оздоровленных черенков. Наилучшие результаты достигаются при 45 °C и времени воздействия 40–50 минут. При высоких температурах (50–60 °C) вирус активен на большинстве интервалов, но при 55 °C достигается наибольшее количество оздоровленных черенков. Длительное воздействие (50 минут) приводит к гибели черенков. Оптимальные условия для роста побегов и корней, судя по данным, находятся в диапазоне 30–50 °C при времени обработки до 30 минут. Высокие температуры (55 и 60 °C) и длительное время обработки (40 и 50 минут) могут быть губительными для саженцев, так как в этих условиях не наблюдается роста побегов и корней.

Наиболее эффективными для элиминации вируса скручивания листьев первого серотипа были следующие температурные режимы: 40 °C/30 минут, 40 °C/40 минут и 45 °C/40 минут.

Результаты исследования показывают, что оптимальные условия для корнеобразования и побегообразования саженцев находятся в диапазоне температур 30–40 °C при времени обработки до 30 минут. Высокие температуры (55 и 60 °C) и длительное время обработки (40 и 50 минут) оказывают негативное влияние на количество корней,

приводя к их полному отсутствию. Общее снижение количества корней в 2024 г. может быть связано с изменением климатических условий развития однолетних побегов сорта Красностоп АЗОС, таких как недостаток питательных веществ. Для подтверждения этих гипотез необходимы дополнительные исследования.

Полученные результаты подчеркивают важность тщательного подбора параметров температурного режима для достижения наилучших результатов терапии. Дальнейшее исследование будет дополнено анализом почвы и климатических условий для выявления факторов, влияющих на снижение количества корней в 2024 г. и последующих годах исследований. Кроме этого, будет обращено внимание на влияние других параметров, таких как влажность, освещение и качество воды на корнеобразование и побегообразование, чтобы выявить больше факторов, которые оказывают влияние на процесс оздоровления растений.

Благодарности

Выражаем признательность Себет О.А. за научное руководство, Федоровичу С.В. за помощь в выполнении лабораторной части данного исследования.

Источник финансирования

Исследование выполнено в рамках Федерального проекта «Развитие масштабных научных и научно-технологических проектов по приоритетным исследовательским направлениям» национального проекта «Наука и университеты».

Financing source

The research was carried out within the framework of the Federal project "Development of large-scale scientific and technological projects in priority research areas" of the national project "Science and Universities".

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы / References

1. Кравченко Л.В. Генетические ресурсы винограда, их реакция на изменение условий среды // Мобилизация и сохранение генетических ресурсов винограда, совершенствование методов селекционного процесса. 2008:3-10.
Kravchenko L.V. Genetic resources of grapes, their reaction to changing environmental conditions. Mobilization and Conservation of Genetic Resources of Grapes, Improvements in the Methods of Breeding. 2008:3-10 (in Russian).
2. Mannini F., Digiaro M. The effects of viruses and viral diseases on grapes and wine. Grapevine Viruses: Molecular Biology, Diagnostics and Management. 2017:453-482. DOI 10.1007/978-3-319-57706-7_23.
3. Naidu R., Rowhani A., Fuchs M., Golino D., Martelli G.P. Grapevine leafroll: a complex viral disease affecting a high-value fruit crop. Plant Disease. 2014;98(9):1172-1185. DOI 10.1094/PDIS-08-13-0880-FE.
4. Martelli G.P. An overview on grapevine viruses, viroids, and the diseases they cause. Grapevine Viruses: Molecular Biology, Diagnostics and Management. 2017:31-46. DOI 10.1007/978-3-319-57706-7_2.
5. Naidu R.A., Maree H.J., Burger J.T. Grapevine leafroll disease and associated viruses: a unique pathosystem. Annual Review of Phytopathology. 2015;53(1):613-634. DOI 10.1146/annurev-phyto-102313-045946.
6. Fuchs M. Grapevine viruses: a multitude of diverse species with simple but overall poorly adopted management solutions in the vineyard. Journal of Plant Pathology. 2020;102(3):643-653. DOI 10.1007/s42161-020-00579-2.
7. Alabi O.J., Casassa L.F., Gutha L.R., Larsen R.C., Henick-Kling T., Harbertson J.F., Naidu R.A. Impacts of grapevine leafroll disease on fruit yield and grape and wine chemistry in a wine grape (*Vitis vinifera* L.) cultivar. PLoS One. 2016;11(2):e0149666. DOI 10.1371/journal.pone.0149666.
8. Nazarov P.A., Baleev D.N., Ivanova M.I., Sokolova L.M., Karakozova M.V. Infectious plant diseases: etiology, current status, problems and prospects in plant protection. Acta Naturae. 2020;12(3):46-59. DOI 10.32607/actanaturae.11026.
9. Jones R.A.C., Naidu R.A. Global dimensions of plant virus diseases: current status and future perspectives. Annual Review of Virology. 2019;6(1):387-409. DOI 10.1146/annurev-virology-092818-015606.
10. Себет О.Л., Алейникова Г.Ю. Термотерапия как метод оздоровления растений винограда от *Botrytis cinerea* // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2023;1(190):19-24. DOI 10.36718/1819-4036-2023-1-19-24.
Seget O.L., Aleinikova G.Yu. Thermotherapy as a method of healing grape plants from *Botrytis cinerea*. Bulliten of KrasSAU. 2023;1(190):19-24. DOI 10.36718/1819-4036-2023-1-19-24 (in Russian).
11. Иванова-Ханина Л.В. Оздоровление посадочного материала винограда от вируса мраморности винограда в культуре *in vitro* // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2019;1(71):23-31. DOI 10.17277/voprosy.2019.01.pp.023-031.
Ivanova-Khanina L.V. Improving the planting material of grapes from the calico virus of grapes *in vitro*. Issues of Modern Science and Practice. University named after V.I. Vernadsky. 2019;1(71):23-31. DOI 10.17277/voprosy.2019.01.pp.023-031 (in Russian).
12. Малых Г.П., Себет О.Л., Авдеенко И.А. Использование препарата Альбит, ТПС в термотерапии при выращивании оздоровленных саженцев винограда // Аграрная Россия. 2021;8:8-14. DOI 10.30906/1999-5636-2021-8-8-14.
Malykh G.P., Seget O.L., Avdeenko I.A. Use of the

- preparation Albit, TPS in thermotherapy for growing healthy grape seedlings. *Agrarian Russia*. 2021;8:8-14. DOI 10.30906/1999-5636-2021-8-8-14 (*in Russian*).
13. Hu G., Dong Y., Zhang Z., Fan X., Ren F. Efficiency of chemotherapy combined with thermotherapy for eliminating grapevine leafroll-associated virus 3 (GLRaV-3). *Scientia Horticulturae*. 2020;271:109462. DOI 10.1016/j.scienta.2020.109462.
 14. Miljanić V., Rusjan D., Škvarč A., Chatelet P., Štajner N. Elimination of eight viruses and two viroids from preclonal candidates of six grapevine varieties (*Vitis vinifera* L.) through in vivo thermotherapy and in vitro meristem tip micrografting. *Plants*. 2022;11(8):1064. DOI 10.3390/plants11081064.
 15. Goheen A.C., Herman F.N., Weinberger J.H. Leafroll (White Emperor disease) of grapes in California. *Phytopathology*. 1958;48:51-54. DOI 10.5555/19581101492.
 16. Martelli G.P., Boudon-Padieu E. Directory of infectious diseases of grapevines. *Options Mediterraneennes*. 2006;55:279.
 17. Котляр В.К., Федорович С.В., Кожевников Е.А., Ильницкая Е.Т. Совершенствование метода выделения РНК вирусов из растений винограда // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2022;35:18-22. DOI 10.30679/2587-9847-2022-35-18-22.
Kotlyar V.K., Fedorovich S.V., Kozhevnikov E.A., Ilnitskaya E.T. Improvement of the method of isolation of RNA viruses from grape plants. *Scientific Publications of FSBSI NCFSCVW*. 2022;35:18-22. DOI 10.30679/2587-9847-2022-35-18-22 (*in Russian*).
 18. Котляр В.К., Серет О.Л. Оздоровление растений винограда сорта Красностоп АЗОС от вируса скручивания листьев -1, -2 и -3 (Grapevine leafroll-associated viruses -1, -2 and -3) методом термотерапии // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2024;88(4):51-61. DOI 10.30679/2219-5335-2024-4-88-51-61.
Kotlyar V.K., Seget O.L. Health improvement of grape plants Krasnostop AZOS from the grapevine leafroll-associated viruses -1, -2 and -3 by the method of thermotherapy. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2024;88(4):51-61. DOI 10.30679/2219-5335-2024-4-88-51-61 (*in Russian*).
 19. Пучков В.Н., Никулушкина Г.Е. Сорт винограда Красностоп АЗОС технического направления в привитой и корнесобственной культуре // Русский виноград. 2016;4:42-46.
Puchkov V.N., Nikulushkina G.E. Wine grapes Krasnostop AZOS in grafted and own-rooted culture. *Russian Grapes*. 2016;4:42-46 (*in Russian*).
 20. Дергунов А.В., Лукьянова А.А. Зависимость качества вина от абиотических факторов выращивания винограда сорта Красностоп АЗОС // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021;71:190-206. DOI 10.30679/2219-5335-2021-5-71-190-206.
Dergunov A.V., Lukyanova A.A. Dependence of wine quality on abiotic factors of cultivation of Krasnostop AZOS grape variety. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2021;71:190-206. DOI 10.30679/2219-5335-2021-5-71-190-206 (*in Russian*).
 21. Дергунов А.В., Никулушкина Г.Е. Красностопы Анапы в виноделии // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2017;48:102-113.
Dergunov A.V., Nikulushkina G.E. Anapa's Krasnostops in the winemaking. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2017;48:102-113 (*in Russian*).
 22. Мулюкина Н., Николаева Н., Лосева Д., Хохлов А. Критерии оценки поражения скручиванием листьев и комплексом бороздчатости древесины в системе санитарного контроля сертифицированного посадочного материала винограда // *Agricultura Modernă – Realizări și Perspective*. 2013;36(1):210-214.
Mulyukina N., Nikolaeva N., Loseva D., Khokhlov A. Criteria for assessing damage caused by leaf twisting and a complex of wood furrows in the sanitary control system of certified grape planting material. *Agricultura Modernă – Realizări și Perspective*. 2013;36:210-214 (*in Russian*).
 23. Sanchez-Navarro J.A., Aparicio F., Herranz M.C., Minafra A., Myrta A., Pallas V. Simultaneous detection and identification of eight stone fruit viruses by one-step RT-PCR. *European Journal of Plant Pathology*. 2005;111(1):77-84. DOI 10.1007/s10658-004-1422-y.
 24. Osman F., Leutenegger C., Golino D., Rowhani A. Real-time RT-PCR (TaqMan®) assays for the detection of grapevine leafroll associated viruses 1-5 and 9. *Journal of Virological Methods*. 2007;141(1):22-29. DOI 10.1016/j.jviromet.2006.11.035.

Информация об авторе

Виктория Константиновна Котляр, аспирант, мл. науч. сотр. селекционно-биотехнологической лаборатории; e-мейл: mayyyiva@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-4865-0323>.

Information about the authors

Victoria K. Kotlyar, Postgraduate Student, Junior Staff Scientist, Breeding and Biotechnological Laboratory; e-mail: mayyyiva@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-4865-0323>.

Статья поступила в редакцию 16.03.2025, одобрена после рецензии 02.04.2025, принята к публикации 20.05.2025.