

УДК 631.98:634.8:581.16.04

## ПРИМЕНЕНИЕ СЕРОСОДЕРЖАЩЕГО РЕГУЛЯТОРА РОСТА ТИАТОН ДЛЯ УКОРЕНЕНИЯ МИКРОЧЕРЕНКОВ ВИНОГРАДА В КУЛЬТУРЕ *in vitro*<sup>§</sup>

© 2024 г. Э. М. Фарахат<sup>1</sup>, С. Л. Белопухов<sup>1</sup>, И. И. Серегина<sup>1,\*</sup><sup>1</sup>Российский государственный аграрный университет—МСХА им. К.А. Тимирязева  
127550 Москва, ул. Тимирязевская, 49, Россия

\*E-mail: seregina.i@inbox.ru

Исследование проводили для оценки действия питательного раствора для ризогенеза микрочеренков винограда ½ среды Мурасига—Скуга (МС) с добавлением различных концентраций препарата Тиатон (0.1, 0.15, 0.20 и 0.25 мл/л). В опытах изучали влияние различных концентраций препарата Тиатон на укоренение и вегетативный рост винограда гибридов Хасанский и Московский Белый *in vitro*. При добавлении в состав питательной среды МС препарата Тиатон в различных концентрациях укореняемость микрочеренков винограда гибрида Хасанский увеличилась на 40%, суммарная длина корней возросла в 2.4 раза по сравнению с контролем. У гибрида Московский Белый при использовании регулятора роста Тиатон наблюдали увеличение укореняемости микрочеренков до 25%, суммарной длины корней в 1.5 раза. Установлены оптимальные концентрации препарата Тиатон для добавления в питательный раствор МС для наилучшего ризогенеза микрочеренков и развития вегетативного прироста черенков изучаемых гибридов винограда. Так, для винограда гибрида Хасанский наиболее оптимальной для улучшения укоренения и развития корней микрочеренков оказалась ½ среды МС + 0.15 мл/л препарата Тиатон. У гибрида Московский Белый значительное увеличение укореняемости микрочеренков и хорошее развитие корневой системы получено при добавлении в состав питательной среды препарата Тиатон в концентрациях (0.15 и 0.20 мл/л).

**Ключевые слова:** клональное микроразмножение, виноград, регулятор роста Тиатон, укоренение.

**DOI:** 10.31857/S0002188124070032, **EDN:** CGHQZW

### ВВЕДЕНИЕ

Виноград, являясь одной из самых распространенных сельскохозяйственных культур, играет существенную роль в мировой экономике. В то же время возникает необходимость увеличения площадей выращивания данной культуры, а также разработки современных технологий, которые обеспечивали бы ускоренное размножение перспективных сортов [1–3].

В настоящее время благодаря достижениям селекционеров и в результате изменения климата в средней полосе Российской Федерации получило распространение направление “северное виноградарство” [4].

При вегетативном размножении винограда — регенерация, или способность возобновлять утраченные органы и развивать новое растение из отдельных частей, может развиваться в новое растение только из отрезков стебля — отводков, одревесневших,

зеленых обычных и привитых черенков, имеющих на себе хотя бы одну хорошо развитую и неповрежденную почку глазка. Основным способом при выращивании корнесобственных растений винограда является размножение зелеными и одревесневшими черенками, которые получают из хорошо вызревших однолетних побегов [4–8].

При выращивании винограда в северных регионах важным аспектом сельскохозяйственного производства является получение высококачественного посадочного материала [4]. Качественный посадочный материал является основным условием для закладки высокоурожайного, многолетнего виноградника. Однако в ряде случаев нет возможности получать хороший посадочный материал из других мест выращивания культуры. В связи с этим возникает необходимость создания собственного питомника, что является гарантией высокого качества посадочного материала [9, 10]. Кроме того, одним из путей решения этой проблемы является использование биостимуляторов роста и различных приемов подготовки черенков к укоренению [11, 12]. Одним из путей увеличения производства

<sup>§</sup>Работа выполнена за счет средств программы развития университета в рамках Программы стратегического академического лидерства “Приоритет 2030”.

экологически чистой продукции является применение биологически активных веществ. Преимущества различных препаратов нового поколения являются экологическая безопасность, безопасность для человека и насекомых, высокая скорость распада за короткий период, широкий спектр действия для различных сельскохозяйственных культур [13–16].

В то же время большое значение имеют препараты и удобрения, повышающие устойчивость растений к неблагоприятным условиям окружающей среды и оказывающие адаптивное действие на сельскохозяйственные культуры [4, 13, 17–20].

В современных условиях технология производства оздоровленного посадочного материала включает следующие этапы: применение усовершенствованных биотехнологических приемов, комплексное оздоровление с использованием культуры изолированных апексов, ускоренное получение оздоровленных укорененных экземпляров на искусственных питательных средах и создание коллекций оздоровленных форм *in vitro* [21–23]. Наиболее представительным примером реализации потенциала растений (или их отдельных тканей и органов) с помощью биотехнологических приемов может стать микроклональное размножение, при котором реальные коэффициенты размножения в сотни и даже тысячи раз больше, чем в случае использования любого из традиционных приемов.

Наиболее приоритетным направлением реализации потенциала растений является метод культуры растительных клеток, тканей и органов. Он позволяет повысить морфогенетический потенциал растительного организма, а также урегулировать ряд практических проблем, таких как получение сортовых линий, устойчивых к стрессовым условиям окружающей среды [22, 24–27].

Биорегулятор роста Тиатон является водным раствором серосодержащего органического лиганда (S) с концентрацией серы  $\geq 4\%$ . Препарат имеет pH от 6.0 до 8.0 ед. По своему химическому строению препарат Тиатон схож с соединениями, которые образуются на промежуточных стадиях синтеза белков в растениях. Предполагается, что этот препарат может активизировать процессы получения белковых соединений [3]. Как серосодержащий препарат, биорегулятор роста Тиатон имеет больше значение для растений, поскольку сера является одним из основных составляющих элементов растительного белка, входит в состав аминокислот, участвующих в его построении (цистеин, метионин, цистин). Недостаток серы приводит к задержке синтеза белков, увеличению содержания азота в небелковой форме (например, нитратов), уменьшению содержания сахаров и масел, замедлению роста растений, снижению урожая и листья растений в этом случае приобретают светло-зеленый окрас, [28]. Важнейшей ролью серы является участие в окислительно-восстановительных процессах

в качестве незаменимого компонента фитогормонов, а также данный элемент оказывает влияние на функционирование гидролитических ферментов, на увеличение интенсивности ассимиляции макро- и микроэлементов (N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Zn, Mo), что активизирует синтез органических соединений, в том числе и белков [29, 30]. Также сера оказывает существенное действие на процессы деления клетки растительного организма, активизирует формирование молодых тканей листьев, генеративных органов (в частности, семян), положительно влияет на образование клубеньковых бактерий во время азотфиксации, входит в состав витаминов (тианин, биотин, группы B). Кроме того, сера увеличивает устойчивость растений к фитопатогенам и стрессовым условиям окружающей среды (засухи, изменения температурного режима) и влияет на урожай сельскохозяйственных культур [28–31].

В связи с этим, цель работы — оценка возможности применения нового серосодержащего препарата росторегулирующего действия Тиатон на укореняемость черенков винограда и качество посадочного материала.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Опыты проводили в лаборатории клонального микроразмножения РГАУ—МСХА им. К.А. Тимирязева. Объектом исследования были черенки винограда межвидовых гибридов раннего срока созревания: Хасанский и Московский белый.

Для ризогенеза на этапе укоренения использовали питательную среду Мурасига—Скуга ( $\frac{1}{2}$  МС). В опытных вариантах в питательную среду добавляли препарат Тиатон в 4-х концентрациях в расчете на объем прибавляемого препарата (0.1, 0.15, 0.20 и 0.25 мл/л). Повторность в опыте шестикратная, по 4 растения в каждой повторности.

Для исследования использовали микророзетки сортов винограда высотой 1.0–1.5 см. Черенки инкубировали в регулируемых условиях в термостате при интенсивности освещения 2500 лк, 16-часовом фотопериоде, температуре  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Оценку укореняемости производили через 3 и 4 нед субкультивирования. При этом измеряли укореняемость в процентах%; количество корней в штуках; длину корней в см; суммарную длину корней в см; количество растений с новым приростом, высоту нового растения в см.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием дисперсионного анализа по общепринятым методикам [32].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основой укоренения *in vitro* является активизация процесса индуцирования адвентивных корней, что достигается регулированием гормонального состава

питательной среды [33]. На этапе укоренения необходимо получение микрорастений с хорошо развитой мочковатой корневой системой, что впоследствии позволяет реализовать адаптивные способности растений-регенерантов в условиях *ex vitro*. На данном этапе оценивается уровень развития растений, образовавшихся корни, характеристика корневой системы: количество корней и их морфологические особенности [34].

Результаты оценки развития укорененных черенков винограда гибрида Хасанский представлено в табл. 1.

Выявлена положительная динамика роста черенков винограда гибрида Хасанский в вариантах с добавлением в питательную среду препарата Тиатон в различных концентрациях. Установлено, что во всех опытных вариантах через 3 нед субкультивирования укореняемость возросла на 16.7–50.0% против 8.3% в контроле, через 4 нед — на 33.3–83.3% против 9.7% в контроле. Наибольший показатель укореняемости получен при концентрации препарата Тиатон, равной 0.15 мл/л. В данном варианте величина укореняемости возросла в 6–8.75 раза по сравнению с контролем, выращенным без применения препарата. Показано, что оптимальной концентрацией препарата Тиатон при добавлении в питательную среду МС является 0.1 и 0.15 мл/л. Дальнейшее увеличение концентрации препарата в питательной среде >0.15 мл/л способствовало снижению активности процессов укоренения черенков винограда гибрида Хасанский.

Помимо величины укореняемости черенков большое значение имеет количество образовавшихся корней, поскольку этот показатель свидетельствует

об активации синтетических процессов, которые способствуют накоплению достаточного количества углеводов и аминокислот и стимулированию развития надземной массы растущих побегов. Показано, что через 3 нед после субкультивирования наибольшее число корней образовалось в питательном растворе с добавлением препарата Тиатон в концентрациях 0.15 и 0.25 мл/л. Количество корней составило в среднем 2.67 и 3.00 шт. соответственно против 2.00 шт. в контроле. В дальнейшем корнеобразование продолжалось. Через 4 нед количество корней увеличилось, и их среднее количество составило 3.83 и 3.50 шт. соответственно против 2.50 шт. в контроле, выращенном без применения препарата Тиатон. Дальнейшее увеличение концентрации препарата Тиатон в питательном растворе >0.20 мл/л способствовало снижению индукции ризогенеза черенков винограда гибрида Хасанский.

Результаты исследования показали значительное изменение биометрических показателей корней винограда гибрида Хасанский через 3 нед культивирования черенков гибрида Хасанский во всех вариантах применения препарата. Наибольшая длина корней отмечена на питательной среде с концентрацией препарата Тиатон равной 0.25 мл/л и составляла 0.9 см. Однако через 4 нед субкультивирования выявлено преимущество вариантов, где в питательную среду добавляли препарат Тиатон в концентрациях 0.15 и 0.25 мл/л. Длина корней микрочеренков составила 2.67 см и 2.50 см соответственно против 0.82 см в контроле без применения препарата. В описанных вариантах опыта получена также и максимальная суммарная длина корней черенков, которая составила через 3 нед субкультивирования 1.07 и 1.85 см, что было в 3.1–5.3 раза больше,

**Таблица 1.** Влияние препарата Тиатон на ризогенез *in vitro* черенков винограда гибрида Хасанский

| Концентрация препарата Тиатон, мл/л | Укореняемость, % | Среднее количество корней, шт. | Средняя длина корней, см | Суммарная длина корней, см | Растений с новым ростом, % | Высота нового растения, см |
|-------------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 3 нед после посадки                 |                  |                                |                          |                            |                            |                            |
| Контроль                            | 8.3              | 2.0                            | 0.22                     | 0.35                       | 25.0                       | 1.43                       |
| 0.10                                | 16.7             | 1.5                            | 0.50                     | 0.68                       | 25.0                       | 1.67                       |
| 0.15                                | 50.0             | 2.7                            | 0.42                     | 1.07                       | 25.0                       | 1.40                       |
| 0.20                                | 16.7             | 1.0                            | 0.51                     | 0.83                       | 25.0                       | 1.33                       |
| 0.25                                | 25.0             | 3.0                            | 0.90                     | 1.85                       | 50.0                       | 1.69                       |
| HCP <sub>05</sub>                   | 1.2              | 0.1                            | 0.03                     | 0.05                       | 5.0                        | 0.10                       |
| 4 нед после посадки                 |                  |                                |                          |                            |                            |                            |
| Контроль                            | 9.7              | 2.5                            | 0.82                     | 2.05                       | 41.7                       | 1.62                       |
| 0.10                                | 58.3             | 2.0                            | 0.78                     | 1.56                       | 33.3                       | 2.06                       |
| 0.15                                | 83.3             | 3.8                            | 2.67                     | 10.23                      | 50.0                       | 1.94                       |
| 0.20                                | 33.3             | 1.3                            | 0.83                     | 1.16                       | 25.0                       | 1.50                       |
| 0.25                                | 33.3             | 3.5                            | 2.50                     | 8.75                       | 75.0                       | 1.75                       |
| HCP <sub>05</sub>                   | 2.2              | 0.1                            | 0.08                     | 0.24                       | 2.3                        | 0.16                       |

чем в контрольном варианте без применения препарата, и через 4 нед составляла 10.2 и 8.8 см соответственно против 2.1 см в контроле.

Исследование показало, что применение препарата Тиатон индуцировало новый вегетативный рост черенков гибрида Хасанский. Наибольший вегетативный прирост черенков получен при добавлении в состав питательной среды для ризогенеза микрочеренков винограда препарата Тиатон в концентрации 0.25 мл/л и составлял 50% через 3 нед и 75% — через 4 нед после посадки. Это свидетельствует об активации под действием серосодержащего препарата ростовых процессов посадочного материала винограда. Максимальная высота нового растения через 3 нед отмечена при использовании препарата Тиатон в концентрациях 0.10 мл/л и 0.25 мл/л. При других концентрациях изменения высоты выросших растений были не существенными. Через 4 нед прирост новых растений увеличился во всех вариантах опыта. Максимальный достоверный прирост получен при использовании регулятора роста в концентрациях 0.10 мл/л и 0.15 мл/л. Дальнейшее увеличение концентрации препарата способствовало снижению прироста новых побегов.

Таким образом, при клональном микроразмножении винограда гибрида Хасанский установлено эффективное действие серосодержащего регулятора роста Тиатон в условиях *in vitro* на основе минеральных солей ½ среды Мурасига—Скуга. Применение препарата способствовало стимулированию корнеобразования микрочеренков и развитию растений с новым ростом. Проведенное исследование позволило установить оптимальную концентрацию для получения

максимальной положительной реакции черенков винограда на препарат Тиатон — 0.15 мл/л. Использование данной концентрации для укоренения микрочеренков винограда гибрида Хасанский способствовало получению наибольшего отклика растений по большинству изученных показателей.

Результаты исследований влияния серосодержащего препарата Тиатон на ризогенез микрочеренков винограда гибрида Московский белый представлены в табл. 2.

Применение регулятора роста при добавлении в разных концентрациях (0.1, 0.15, 0.20 и 0.25 мл/л) в состав питательной смеси (1/2 МС) способствовало улучшению системы укоренения и вегетативного роста черенков винограда сорта Московский белый. Установлено, что через 3 нед после посадки черенков показатель укореняемости увеличился в диапазоне от 41.7 до 75 против 37.5% в контроле без применения препарата. При дальнейшем развитии черенков еще через 1 нед выявлено последующее возрастание укореняемости, которое составило 75.0—83.3 против 66.7% в контроле.

Биометрические показатели корневой системы также улучшились при использовании в питательном растворе серосодержащего биорегулятора. Через 3 нед после посадки максимальное число корней образовалось в вариантах опыта при концентрациях препарата Тиатон 0.15 и 0.20 мл/л. Среднее количество корней составило 1.8 и 2.2 шт. соответственно против 1.3 шт. в контроле без применения препарата. В дальнейшем корнеобразование продолжалось, и через 4 нед после посадки количество корней увеличилось и составило

**Таблица 2.** Влияние препарата Тиатон на ризогенез *in vitro* черенков винограда гибрида Московский Белый

| Концентрация препарата Тиатон, мл/л | Укореняемость, % | Среднее количество корней, шт. | Средняя длина корней, см | Суммарная длина корней, см | Растений с новым ростом, % | Длина нового растения, см |
|-------------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 3 нед после посадки                 |                  |                                |                          |                            |                            |                           |
| Контроль                            | 37.5             | 1.3                            | 0.43                     | 0.57                       | 66.7                       | 1.8                       |
| 0.10                                | 33.3             | 1.3                            | 0.37                     | 0.49                       | 91.7                       | 1.8                       |
| 0.15                                | 75.0             | 1.8                            | 0.41                     | 0.75                       | 83.3                       | 1.3                       |
| 0.20                                | 41.7             | 2.2                            | 0.55                     | 1.19                       | 91.7                       | 2.0                       |
| 0.25                                | 50.0             | 1.5                            | 0.52                     | 0.78                       | 66.7                       | 1.7                       |
| HCP <sub>05</sub>                   | 2.4              | 0.1                            | 0.04                     | 0.04                       | 4,0                        | 0.1                       |
| 4 нед после посадки                 |                  |                                |                          |                            |                            |                           |
| Контроль                            | 66.7             | 2.0                            | 0.63                     | 1.26                       | 91.7                       | 2.7                       |
| 0.10                                | 65.0             | 1.5                            | 0.93                     | 1.40                       | 100.0                      | 2.8                       |
| 0.15                                | 83.3             | 2.2                            | 1.22                     | 2.68                       | 83.3                       | 2.6                       |
| 0.20                                | 75.0             | 2.3                            | 1.33                     | 2.99                       | 91.7                       | 2.2                       |
| 0.25                                | 83.3             | 2.0                            | 1.60                     | 3.20                       | 75.0                       | 2.4                       |
| HCP <sub>05</sub>                   | 3.7              | 0.1                            | 0.06                     | 0.11                       | 4.4                        | 0.1                       |

2.2 и 2.3 шт. соответственно против 2.0 шт. в контроле без применения препарата.

Средняя длина корней через 3 нед. после посадки изменилась достоверно в варианте, где концентрация препарата составила 0.20 мл/л. При последующем культивировании отмечено более значительное нарастание корневой системы во всех вариантах использования препарата Тиатон. Через 4 нед после посадки черенков средняя длина корней находилась в диапазоне от 0.93–1.60 см против 0.63 см в контрольном варианте. Наибольшая средняя величина корней отмечена при концентрации биорегулятора 0.25 мл/л и составила 1.6 см против 0.63 см в контрольном варианте. Это свидетельствовало о высокой степени отзывчивости растений винограда гибрида Московский белый на применение серосодержащего препарата. Следует отметить, что необходимо более длительное культивирование для получения наибольшей эффективности биорегулятора.

Суммарная длина корней определяется количеством корней, образовавшихся при укоренении черенков и их длины. В связи с этим у черенков гибрида Московский белый при добавлении в среду укоренения препарата Тиатон через 3 нед после посадки его максимальное действие проявилось при концентрациях 0.15, 0.20 и 0.25 мл/л. Суммарная длина корней составила 0.75 см (за счет нарастания количества корней), 1.17 см (за счет количества и длины корней), 0.78 см (за счет удлинения корней) соответственно. Таким образом, наилучшие показатели развития корневой системы получили при применении препарата Тиатон в концентрации 0.20 мл/л. При этой концентрации биорегулятора получен наибольший отклик растений, что определяло более эффективное укоренение и развитие растений винограда в последующем. Через 4 нед после посадки черенков отмечены положительные результаты применения препарата во всех вариантах опыта. Наибольшая суммарная длина корней выявлена при концентрациях препарата 0.15, 0.20 и 0.25 мл/л.

Развитие корневой системы, как правило, находится в определенной зависимости с развитием надземной вегетативной массы растений. Отмечено, что при использовании препарата Тиатон в концентрациях от 0.10 до 0.20 мл/л активизировался прирост новых вегетативных побегов в течение 3-х нед культивирования. Однако в последующем прирост новых побегов и их длина тормозились, что вероятно было обусловлено более активным нарастанием корневой системы.

Таким образом, проведенные учеты и наблюдения за развитием культивируемых черенков винограда гибрида Московский белый показали эффективное действие препарата Тиатон на развитие корневой системы, что обуславливало хорошую укореняемость и реализацию адаптивных способностей посадочного материала при пересадке его на постоянное место

выращивания. Установлено, что оптимальные концентрации биорегулятора 0.15 и 0.20 мл/л проявляли положительное влияние на большинство параметров, определяющих укоренение, развитие корневой системы и приживаемость черенков для дальнейшего выращивания качественного посадочного материала виноградных растений гибрида Московский белый.

Сделан вывод, что положительное действие изученного препарата Тиатон обусловлено его действующим веществом, которое представлено водным раствором серосодержащего органического лиганда [4]. Результаты, полученные в наших исследованиях, согласуются с данными других авторов, которые отмечали, что в период раннего роста сельскохозяйственных культур сера имеет важное физиологическое значение [35, 36], которое заключается в изменении гормонального баланса растений [37, 38]. Показано, что сера участвует в регуляции метаболизма ауксина и цистеина, что определяет развитие корневой системы и стебля [39, 40]. В связи с этим наши исследования позволяют охарактеризовать регулятор роста Тиатон как препарат, который за счет своего действующего вещества в определенных соотношениях в составе питательного раствора, влияет на процессы укоренения, развития корневой системы и надземной части растений винограда, что способствует получению посадочного материала хорошего качества, устойчивого к различным условиям выращивания. Эффективность препарата Тиатон зависела от сортовой специфики и дозы применения для выращивания растений.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что применение препарата Тиатон в составе питательной среды (1/2 смеси Мурасиге–Скуга) для ризогенеза микрочеренков винограда сортов Хасанский и Московский Белый значительно увеличило укореняемость растений *in vitro*. Это позволяет получить посадочный материал с хорошо развитой корневой системой.

2. Выявлено, что эффективность препарата Тиатон при клональном микроразмножении зависит от концентрации и сортовой специфики выращиваемых растений винограда *in vitro*.

3. Выявлено, что при клональном микроразмножении винограда гибрида Хасанский, питательная среда на основе минеральных солей 1/2 смеси Мурасиге–Скуга с добавлением препарата Тиатон 0.15 мл/л является оптимальным вариантом для стимулирования корнеобразования микрочеренков и развития новых побегов.

4. Показано, что при укоренении черенков винограда гибрида Московский белый для стимулирования корнеобразования микрочеренков и их развития оптимальными являлись растворы питательной среды на основе минеральных солей 1/2 смеси

Мурасига—Скуга с добавлением препарата Тиатон в концентрациях 0.15 и 0.20 мл/л.

5. Показано, что при применении регулятора роста Тиатон в данных условиях получены черенки *in vitro* с хорошо развитой корневой системой и побегами нового роста, что обеспечивало хорошую укореняемость и приживаемость посадочного материала растений винограда.

6. Установлено, что в зависимости от концентрации препарата Тиатон при добавлении его в питательный раствор ½ смеси Мурасига—Скуга активизировались разные механизмы ростовых процессов корневой системы и вегетативной части растений винограда.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батукаев А.А. Совершенствование технологии ускоренного размножения и оздоровления посадочного материала винограда методом *in vitro*. М.: МСХА, 1988. 221 с.
2. Батукаев А.А., Шишхаева М.Г., Батукаев М.С. Оптимизация состава питательных сред и адаптация растений винограда *in vitro* к условиям *in vivo* // Изв. КБГАУ. 2017. № 1(15). С. 10–16.
3. Фарахат Э.М.С. Влияние защитно-стимулирующих комплексов на укоренение черенков винограда: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: РГАУ—МСХА, 2022. 20 с.
4. Акимов С.В., Раджабов А.К., Бухтин Д.А., Трофимова М.С. Влияние биологически активных веществ кремнийорганической природы на укореняемость и дальнейшее развитие одревесневших и зеленых черенков винограда межвидового происхождения // Изв. ТСХА. 2015. № 4. С. 36–48.
5. Кострикин И.А., Майстренко Л.А., Майстренко А.Н., Красохина С.И., Ключиков И.А., Ключиков Е.А. Размножение винограда и выращивание посадочного материала. Ч. 1, 2. Выращивание саженцев из черенков, отводки. Прививки // Запорожье, Ростов/НД., 2001. 92 с.
6. Загиров Н.Г., Баламирзоева З.М. Изучение возможности ускоренного выращивания саженцев винограда на основе зеленого черенкования в Дагестане // Плод-во и ягод-во России. 2008. Т. 18. С. 165–169.
7. Малтабар Л.М., Козаченко Д.М. Виноградный питомник (теория и практика). Краснодар: Кубан. ГАУ, 2009. 290 с.
8. Малых Г.П., Киселева Т.Г., Малых П.Г. Производство саженцев из зеленых черенков // Виноград-во и винодел. 2005. № 1. С. 40.
9. Дикань А.П., Вильчинский В.Ф., Верновский Э.А., Заяц И.Я. Виноградарство Крыма. Симферополь: Бизнес-Информ, 2001. С. 69–103.
10. Овчинников А.С., Бородычев В.В., Храбров М.Ю., Гуренко В.М. Перспективы развития виноградарства и виноделия в Нижневолжском регионе // Изв. Нижневолж. агроун-кого комплекса. 2015. № 1(37). С. 1–10.
11. Макарова Г.А. Оценка способности винограда к размножению одревесневшими черенками // Состояние и перспективы развития сибирского садоводства. НИИ садов-ва Сибири, 2007. С. 188–193.
12. Гостевских Л.И. Особенности размножения винограда зелеными черенками // Виноградарство в Западной Сибири. НИИ садов-ва Сибири им. М.А. Лисавенко, 2008. С. 81.
13. Павлова А.Ю., Борисова А.А., Казакова В.Н. Влияние силатранов и их германиевого аналога на укореняемость зеленых черенков сливы сорта Скоропелка красная // Плод-во и ягод-во в России. 1999. Т. 6. С. 102–110.
14. Романенко Е.С., Брыкалов А.В. Перспективы исследования биорегуляторов роста нового поколения в виноградарстве (обработка черенков винограда водным экстрактом биогумуса и растворами лигногуматов) // Проблемы экологии и защиты растений в сельском хозяйстве. Ставрополь; Ставропол. ГАУ, 2004. С. 15–17.
15. Серегина И.И. Влияние циркона на продуктивность пшеницы // Агрохим. вестн. 2007. № 3. С. 18–19.
16. Серегина И.И., Торшин С.П., Новиков Н.Н., Фокин А.Д., Калашникова А.Н. Агробιοтехнологии XXI века. М.: РГАУ—МСХА, 2022. 516 с.
17. Дьяков В.М., Корзинников Ю.С., Матыченков В.В. Экологически безвредные регуляторы роста мивал и крезацин // Регуляторы роста растений. М., 1990. С. 52–61.
18. Кирсанова Е.В. Экологически чистый препарат Черказ как фактор повышения продуктивности агроцепноза // Природные ресурсы — основа экономической стратегии. Орел, 2002. С. 223–227.
19. Серегина И.И., Сучкова Е.В. Действие обработки семян цирконом на продуктивность яровой пшеницы в различных условиях азотного питания и водообеспечения // Бюл. ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова. 2003. № 118. С. 79–81.
20. Серегина И.И., Ниловская Н.Т., Баранов А.В. Продуктивность, фотосинтетическая деятельность и донорно-акцепторные отношения растений яровой пшеницы при применении силиката калия // Агрохимия. 2014. № 4. С. 60–69.5.
21. Бургутин А.Б., Бутенко Р.Г., Катаева Н.В., Голодрига П.Я. Быстрое клональное размножение виноградного растения // Сел.-хоз. биол. 1983. № 7. С. 48–50.
22. Trigiano Robert N., Gray Dennis J. Plant tissue culture. Development and biotechnology. Boca Raton: CRC Press, 2010. 186 p.
23. Батукаев А.А., Зармаев А.А., Батукаев М.С. Использование регуляторов роста в системе производства оздоровленного посадочного материала винограда // Тр. БГУ. 2013. Т. 8. Ч. 2. С. 43–47.

24. *Высоцкий В.А.* Достижения биотехнологии и их использование в современном садоводстве // Субтроп. и декорат. садов-во. 2007. № 40. С. 380–385.
25. *Высоцкий В.А.* Биотехнологические приемы в современном садоводстве // Плод-во и ягод-во России. 2011. Т. 26. С. 3–10.
26. *Кузьмина Н.* Микрореклональное размножение и оздоровление растений [Электр. ресурс] // Биотехнология. 2010. [http://www.biotechnolog.ru/pcell/pcell6\\_1.html](http://www.biotechnolog.ru/pcell/pcell6_1.html) 11
27. *Сулейманова С.Д.* Микрореклональное размножение плодовых культур (обзор) // Wschodnio Europejskie Czasopismo Naukowe (East Europ. Sci. J.). 2016. № 11. С. 46–54.
28. *Аристархов А.Н.* Агрохимия серы / Под ред. Сычева В.Г. М.: ВНИИА, 2007. 272 с.
29. *Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Прокопенко В.В.* Удобрения, почвенные грунты и регуляторы роста растений. Майкоп: ГУРИПП Адыгея, 2005. 404 с.
30. *Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Лебедовский И.А., Осипов М.А.* Агрохимия биогенных элементов: уч. пособ. Краснодар: КубГАУ, 2020. 223 с.
31. *Аристархов А.Н.* Оптимизация питания растений и применение удобрений в агроэкосистемах. М.: МГУ, ЦИНАО, 2000. 524 с.
32. *Кобзаренко В.И., Волобуева В.Ф., Серегина И.И., Ромодина Л.В.* Агрохимические методы исследований. М.: РГАУ–МСХА. 2015. 309 с.
33. *Навальева И.А., Буковцова И.С.* Клональное микро-размножение (*Fragaria* × *ananassa* Dush.) на примере ремонтантных сортов // Инновация в науке. 2002. № 12–1. С. 12–20.
34. *Демченко В.И.* Проблемы и возможности микрореклонального размножения садовых растений // Изв. ТСХА, 2005. № 2. С. 48–58.
35. *Onkar S.* The effect of sulphur fertilization at different stages of growth of mustard // Ind. J. Plant Physiol. 1984. V. 27. P. 172–176.
36. *Zaman B., Ali A., Salim M., Niazi B.H.* Role of sulphur for potassium/sodium ratio in sunflower under saline conditions // HELIA. 2002. V. 25(37). P. 69–78.
37. *Nikiforova V., Freitag J., Kempa S., Adamik M., Hesse H., Hoefgen R.* Transcriptome analysis of sulfur depletion in *Arabidopsis thaliana*: Interlacing of biosynthetic pathways provides response specificity // Plant J. 2003. V. 33. P. 633–650.
38. *Hirai M.Y., Klein M., Fujikawa Y., Yano M., Goodenow D.B., Yamazaki Y., Kanaya S., Nakamura Y., Kitayama M., Suzuki H., Sakurai N., Shibata D., Tokuhisa J., Reichelt M., Gershenzon J., Papenbrock J., Saito K.* Elucidation of gene-to-gene and metabolite-to-gene networks in *Arabidopsis* by integration of metabolomics and transcriptomics // J. Biol. Chem. 2005. V. 280. P. 25590–25595.
39. *Dan H., Yang G., Zheng Z.L.* A negative regulatory role for auxinin sulphate deficiency response in *Arabidopsis thaliana* // Plant Mol. Biol. 2007. V. 63. P. 221–235.
40. *Garcia I., Castellano J.M., Vioque B., Solano R., Gotor C., Romero L.C.* Mitochondrial beta-cyanoalanine synthase is essential for root hair formation in *Arabidopsis thaliana* // Plant Cell. 2010. V. 22. P. 3268–3279.

## Use of the Sulfur-Containing Growth Regulator Tiaton for Rooting Micro-Gears of Grapes in Culture *in vitro*

E. M. Farahat<sup>a</sup>, S. L. Belopukhov<sup>a</sup>, I. I. Seregina<sup>a, #</sup>

<sup>a</sup>Russian State Agrarian University—K.A. Timiryazev Agricultural Academy,  
ul. Timiryazevskaya 49, Moscow 127550, Russia

<sup>#</sup>E-mail: seregina.i@inbox.ru

The study was carried out to evaluate the effect of a nutrient solution for the rhizogenesis of grape micro-gears in the Murasiga-Skuga medium (MS) with the addition of various concentrations of the drug Tiaton (0.1, 0.15, 0.20 and 0.25 ml/l). In experiments, the effect of different concentrations of the drug Tiaton on the rooting and vegetative growth of grapes of the Khasansky and Moskovsky White hybrids *in vitro* was studied. When the Tiaton preparation was added to the MS nutrient medium in various concentrations, the rooting capacity of the micro-gears of the Khasansky hybrid grape increased by 40%, the total root length increased by 2.4 times compared with the control. In the Moscow White hybrid, when using the Tiaton growth regulator, an increase in the rooting capacity of micro gears up to 25% and the total root length by 1.5 times is shown. The optimal concentrations of the Tiaton preparation for addition to the MS nutrient solution for optimal rhizogenesis of micro-gears and the development of vegetative growth of cuttings of the studied grape hybrids have been established. Thus, for Khasansky hybrid grapes, the most optimal medium for improving rooting and root development of micro gears was ½ MS + 0.15 ml/l of Tiaton preparation. In the Moscow White hybrid, a significant increase in the rooting capacity of micro-gears and good development of the root system was obtained when Tiaton was added to the nutrient medium for rhizogenesis of micro-gears in concentrations (0.15 and 0.20 ml/l).

**Keywords:** clonal micropropagation; grapes; growth regulator Tiaton, rooting.