

На правах рукописи

ХМЕЛЕВА АННА НИКОЛАЕВНА

**ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА РИЗОГЕННУЮ
АКТИВНОСТЬ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В ПРИСУТСТВИИ
РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА**

специальность 03.00.16 – экология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Барнаул 2009

Работа выполнена на кафедре общей химии и экспертизы товаров Бийского технологического института (филиал) ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

Научный руководитель – доктор химических наук,
профессор
**Верещагин Александр
Леонидович**

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,
профессор
**ТТерехина Татьяна
ААлександровна**

кандидат биологических наук,
доцент
Баташов Евгений Сергеевич

Ведущая организация – ГНУ НИИ садоводства Сибири
имени М.А. Лисавенко

Защита диссертации состоится 22 декабря 2009 года в 9.00 часов на заседании диссертационного совета ДМ 212.005.10 при Алтайском государственном университете по адресу: 656049, г. Барнаул, пр. Ленина, 61; тел. (3852) 66-76-26; факс (3852) 36-30-77.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Алтайского государственного университета.

Автореферат диссертации разослан ноября 2009 года.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат биологических наук, доцент



Н.В. Елесова



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В реализации ответа биосистем на физические и химические факторы низкой интенсивности заключена возможность снижения техногенного воздействия на биосферу. В настоящее время широко изучаются методы воздействия физических полей различной природы на растительные объекты (например, труды I–IV Международных Конгрессов «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине», СПб., 1997–2000). Цель этих исследований заключается, в том числе, и в снижении доз химических удобрений. Применительно к растительным объектам важное место занимает проблема повышения ризогенной активности декоративных и садовых культур. Совместное воздействие ультразвукового облучения и сверхмалых доз регуляторов роста представляется как один из вариантов такой технологии экологического земледелия.

Основополагающий вклад в эту область внесли труды Бурлаковой Е.Б., Ашмарина И.П., Зайцева С.В., Горбатенко И.Ю. по изучению воздействий нано- и фемтоконцентраций биологически активных соединений на семена и вегетирующие растения.

Цель и задачи исследования. Цель – исследование влияния ультразвукового облучения на ризогенную активность растительных объектов в присутствии регуляторов роста.

В задачи исследования входило:

1. Изучить совместное действие ультразвукового облучения и стимуляторов роста на ризогенную активность черенков винограда;
2. Изучить влияние ультразвукового облучения и регуляторов роста на ранние стадии онтогенеза семян льна-долгунца.

Научная новизна. Впервые установлено, что совместное воздействие ультразвука и янтарной кислоты с концентрацией 10^{-11} М дает максимальную биологическую активность, обусловленную ультразвуковым капиллярным эффектом. Обнаружен потенцированный синергетический эффект одновременного воздействия ультразвукового облучения и сверхмалых доз янтарной кислоты на ризогенную активность черенков винограда и ранние стадии онтогенеза семян льна-долгунца.

Практическая значимость. Установленные оптимальные режимы ультразвукового облучения черенков винограда и семян льна использованы при создании серийного ультразвукового аппарата, предназначенного для обработки растительных объектов в воспроизводимых условиях, позволяющего одновременно обрабатывать по 15–25 черенков и имеющего сетчатую ячейку объемом $0,8 \text{ дм}^3$ для обработки семян.

Положения, выносимые на защиту.

1. Синергетический эффект ультразвукового облучения на водные растворы стимуляторов роста в сверхмалых концентрациях.
2. Ультразвуковой капиллярный эффект при введении регуляторов роста в растительные объекты.

Апробация работы. Основные результаты работы доложены на Всерос. науч. конф. молодых ученых «Наука. Технологии. Инновации» (Новосибирск, 2006); 7-й, 8-й и 10-й Межд. конф. молодых ученых и студентов «Электронные устройства и материалы» (Эрлагол, 2006, 2007, 2009); Регион. науч.-практ. конф. «Современные проблемы и достижения аграрной науки в животноводстве, растениеводстве и экономике» (Томск, 2006, 2007, 2008); Межд. науч.-практ. конф. «Аграрная наука – сельскому хозяйству» (Барнаул, 2007, 2008, 2009); 5-й Межрегион. науч.-практ. конф. «Производные хитозана и стимуляторы роста в сельском хозяйстве» (Бийск, 2008); 3-й Межрегион. науч.-практ. конф. «Виноградарство в Западной Сибири» (Бийск, 2008); Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Технологии и оборудование химической, биологической и пищевой промышленности» (Бийск, 2008); 3-й Всероссийской науч.-практ. конф. «Прикладные аспекты химической технологии полимерных материалов и наносистем» (Бийск, 2009), представлены на всероссийской выставке «Научно-техническое творчество молодежи»

(Москва, 2009); Всероссийской науч.-практ. конф. 24 сентября 2009 года «Инновационные технологии: производство, экономика, образование» (Бийск, 2009).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 20 печатных работ, 2 из них в изданиях, рекомендованных ВАК. Получен 1 патент РФ на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 105 страницах и состоит из введения, 4 глав, 5 выводов, библиографического списка (196 ссылок, из них 51 – иностранных авторов) и приложения. Работа содержит 19 таблиц, 11 рисунков.

ГЛАВА 1. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

Описана характеристика ультразвука, его физических свойств. Рассмотрено действие ультразвука на биологические объекты. Изложено применение ультразвука в растениеводстве при обработке растительных объектов. Описаны ультразвуковой капиллярный эффект, ультразвуковая экстракция биологически активных веществ и стерилизующий эффект ультразвука. Приведены экологические аспекты использования ультразвуковых технологий.

Рассмотрены основные виды регуляторов роста: регуляторы корнеобразования и прорастания семян. Изложены свойства янтарной кислоты и ее применение в растениеводстве. Описаны свойства соединений свинца и кадмия и их действие на растения.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования явилось влияние ультразвукового облучения на ризогенную активность зеленых и одревесневших черенков винограда (*Vitis vinifera*) различных сортов. Также объектом явилось влияние ультразвукового облучения на энергию прорастания семян льна-долгунца (*Linum usitatissimum L. f. elongata.*) сорта Томский-16, совместно со стимуляторами (янтарная кислота) и ингибиторами (нитрат свинца и кадмия) роста.

Моделирование процесса диффузии регулятора роста в черенки винограда. Моделирование процесса диффузии из жидкой среды в растительную ткань осуществлялось с помощью ультразвукового аппарата «Волна» и ксиленолового оранжевого индикатора (ТУ 6-09-1509-78). В качестве растительной ткани были взяты одревесневшие черенки винограда сорта Прима. После проведения опыта образцы разрезались по вертикали, и глубина проникновения красителя определялась по длине окрашенной зоны образца. Прототипом данной методики послужила методика по обработке древесины (Задорский, 1995).

Опыты с зелеными черенками винограда. Исследования с черенками винограда проводились в 2006–2008 гг.

Исследования с зелеными черенками винограда проводились в июне 2006 и в июле 2007 года на опытном участке в селе Сростки Бийского района Алтайского края, при температуре 27 ± 2 °С и влажности 80 ± 10 %.

В 2006 г. изучалось корнеобразование зеленых одноглазковых черенков винограда сортов Прима и Мускат белый по следующей схеме опыта:

- 1) контроль – черенки винограда, помещенные в воду;
- 2) черенки винограда, обработанные водным раствором янтарной кислоты (ЯК) с концентрацией 10^{-7} – 10^{-15} М;
- 3-5) черенки, обработанные водой при воздействии ультразвука (УЗ) в течение 5, 10 и 15 минут;
- 6-8) черенки, обработанные водным раствором янтарной кислоты с концентрацией 10^{-7} – 10^{-15} М при воздействии ультразвука в течение 5, 10 и 15 минут;

Состояние черенков учитывали через 40 суток эксперимента по разработанной пятибалльной шкале: - – погибшие растения; 2;3- – отсутствие листьев и корней; 3;3+ – разви-

тых корней нет, хорошие листья; 4;4+ – живые черенки с корневой системой; 5;5+ – мощная корневая система и листья.

В эксперименте использовали 8 зеленых черенков на каждый вариант опыта. Все опыты проводились в четырехкратной повторности, результаты обрабатывались статистически. Диаметр черенков 5–7 мм.

В 2007 г. зеленые одноглазковые черенки винограда сортов Кобзарь, Тайфи и Лора работали по тем же вариантам (исходя из результатов, полученных в 2006 г., в последующих опытах использовали раствор янтарной кислоты с концентрацией 10^{-11} М) за эталон взяли водный раствор гетероауксина (ГА) с концентрацией 0,0002 г/дм³, так как в практике виноградарства для улучшения корнеобразования черенков рекомендуется применять в первую очередь ауксиноподобные стимуляторы корнеобразования.

Опыты с одревесневшими черенками винограда. Объектом исследования также явились одревесневшие черенки винограда сортов Амирхан и Тукай – 2007г. (одноглазковые); Катыр, Мускат Донской, Краса Севера, Алеша, Память Домбковской – 2008г. (двухглазковые). В 2008 г. продолжительность ультразвуковой обработки одревесневших черенков составляла 5 минут. Диаметр черенков 5–7 мм. Опыты проводились при температуре 25 ± 3 °С, влажности 60 ± 15 % и освещенности 500 лк. После обработки черенки помещались в сосуд, наполненный реакционной жидкостью на высоту 2 см. В каждом варианте опыта использовалось 10 одновременно обработанных черенков в четырехкратной повторности.

Еженедельно производились замеры корневой системы и побегов. Продолжительность опыта 8–9 недель.

Лабораторный анализ всхожести растений. Изучалось влияние янтарной кислоты с концентрацией от 1М до 10^{-14} М на энергию прорастания семян льна-долгунца без или совместно с ультразвуком. Также исследовали влияние воздействия ультразвука на токсичность растворов нитратов свинца и кадмия при определении энергии прорастания семян льна-долгунца.

Лабораторный анализ по определению энергии прорастания семян льна-долгунца, сорта Томский–16 проводили согласно ГОСТ 12038-84.

Семена обрабатывали раствором янтарной кислоты или растворами солей тяжелых металлов (нитратом свинца или нитратом кадмия) с концентрацией от 1М до 10^{-14} М без или совместно с ультразвуком (УЗ) в течение 2 минут (по предварительным опытам, более длительная обработка приводила к повышению температуры растворов). Начальная температура растворов – 20°С. Ультразвуковое облучение 100 семян льна проводилась в сосуде из нержавеющей стали 12Х18Н10Т объемом 2 дм³. Семена помещались в сетчатую ячейку из нержавеющей стали на расстоянии 2 см от ультразвукового излучателя.

Эксперименты и анализы были проведены в исследовательской лаборатории кафедры общей химии и экспертизы товаров БТИ АлтГТУ, на опытном участке в селе Сростки Бийского района. Применялась четырехкратная повторность каждого варианта опыта. Математическую обработку результатов исследований осуществляли с помощью специализированного пакета программ STATISTICA 6.0.

Общая схема исследований представлена на рисунке 1.

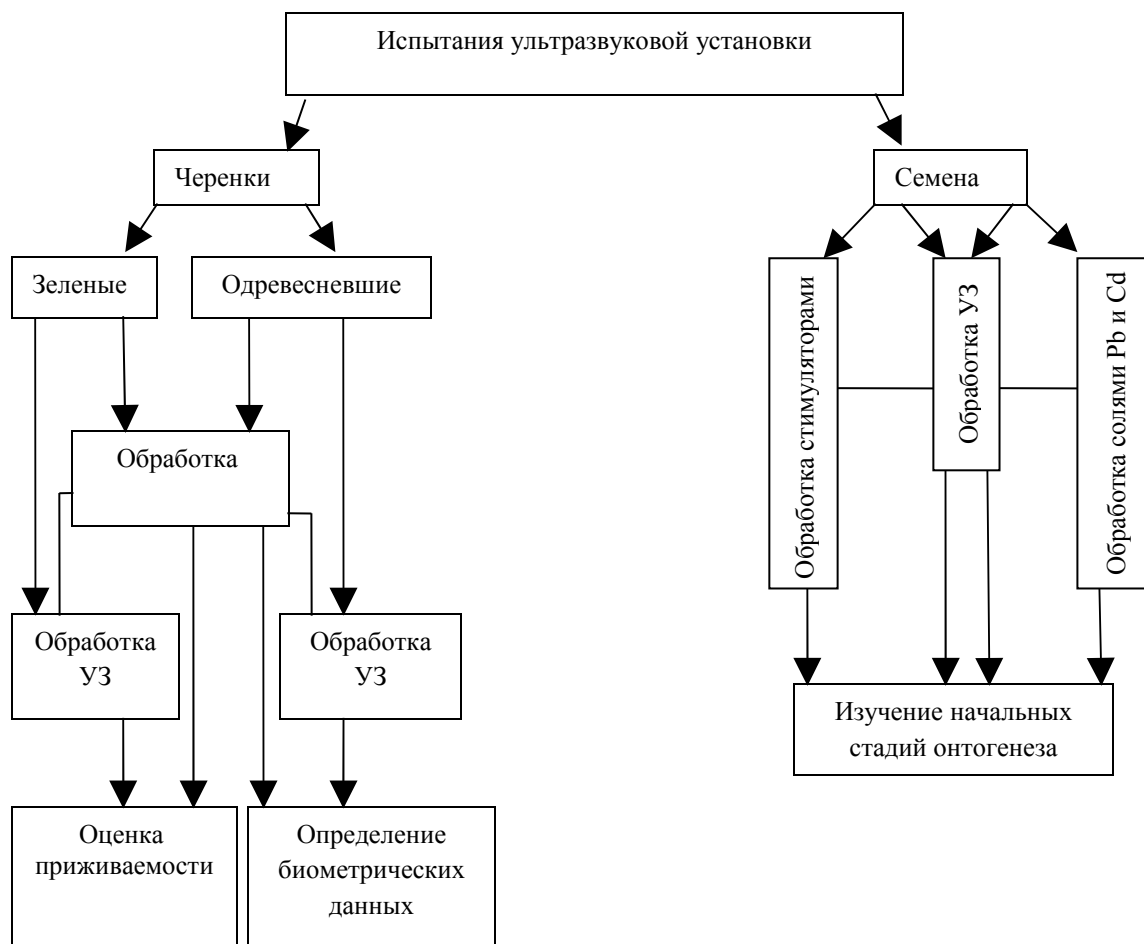


Рис. 1. Схема эксперимента

ГЛАВА 3. СОВМЕСТНОЕ ДЕЙСТВИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ И СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА НА РИЗОГЕННУЮ АКТИВНОСТЬ ЧЕРЕНКОВ ВИНОГРАДА

Исследование процесса диффузии красителя в черенок винограда с помощью ультразвука. Полученные экспериментальные данные представлены на рисунках 2 и 3.

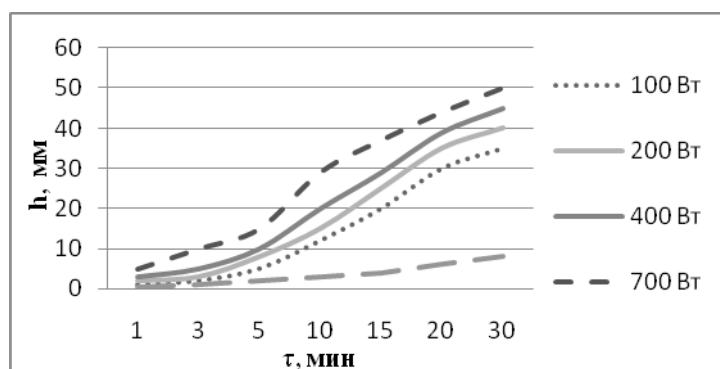


Рис. 2. Зависимость глубины проникновения ксиленолового оранжевого в черенок винограда от мощности и продолжительности ультразвукового облучения

Из представленных данных следует, что процессу диффузии красителя предшествует индукционный период в течении трех минут после которого начинается процесс проникновения жидкости через систему капилляров. Глубина диффузии красителя нейтрального красного пропорциональна мощности и продолжительности облучения.

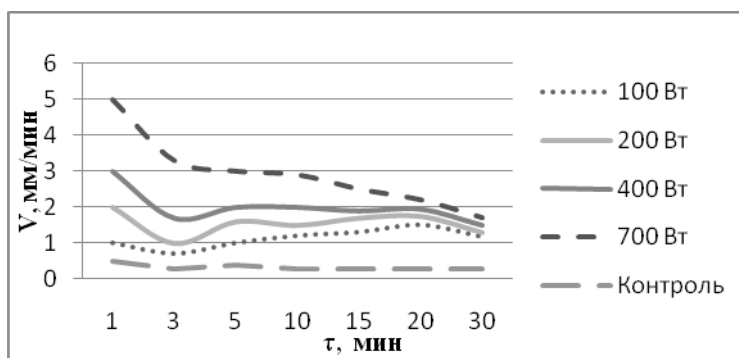


Рис. 3. Зависимость линейной скорости проникновения индикатора в черенок винограда от мощности и продолжительности ультразвукового облучения

Полученные данные показали, что скорость проникновения красителя нейтрального красного максимальна через 5 минут после начала обработки, а затем в течение 10 минут снижается, и впоследствии практически не изменяется.

Из представленных данных можно сделать вывод, что даже при продолжительности ультразвукового облучения 2–5 минут и мощности 100–400 Вт происходит диффузия жидкой среды в срез черенка что связано с явлением ультразвукового капиллярного эффекта.

Влияние ультразвукового облучения растворов со стимуляторами роста на ризогенную активность черенков винограда. Приживаемость зеленых черенков винограда оценивали по разработанной пятибальной шкале.

Наилучшие результаты в 2006 г. – живые черенки с развитой корневой системой и пасынками наблюдались при облучении черенков ультразвуком в растворе янтарной кислоты в течение 5–10 минут для сорта Прима и Мускат белый.

Наилучшие результаты в 2007 г. – живые черенки с корневой системой и листьями наблюдались при облучении зеленых черенков винограда ультразвуком в растворе янтарной кислоты в течение 5 и 3 минут для сортов винограда Лора, Кобзарь и Тайфи.

Результаты исследования корнеобразования одревесневших черенков винограда, сорта Амирхан представлены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние условий обработки на корнеобразование одревесневших черенков винограда сорта Амирхан в 2007 г.

Вариант обработки	Побеги			Корневая система		
	Начало образования, недель	Средняя скорость роста побегов, мм/неделю	Отношение к контролю, %	Начало образования, недель	Средняя скорость роста корней, мм/неделю	Отношение к контролю, %
1	2	3	4	5	6	7
Контроль	5	3,0±0,2	100	9	2,0±0,1	100
ЯК	4	6,0±0,2	200	8	10,0±0,2	500
ГА	4	8,0±0,6	267	8	12,0±0,5	600
УЗ+ЯК, 5 мин	4	8,0±0,6	267	7	30,0±1,3	1500

Продолжение Таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
УЗ+ЯК, 10 мин	3	9,0±0,5	300	7	30,0±1,3	1500
УЗ+ЯК, 15 мин	3	10,0±0,7	333	8	14,0±0,8	700
УЗ+ГА, 5 мин	3	10,0±0,6	333	7	34,0±1,5	1700
УЗ+ГА, 10 мин	4	7,0±0,6	233	7	26,0±1,7	1300
УЗ+ГА, 15 мин	4	7,0±0,6	233	8	15,0±1,1	750
УЗ+вода	4	5,0±0,6	167	9	7,0±0,4	350

Из представленных данных следует, что к максимальной скорости образования корней приводит ультразвуковое облучение черенков винограда в водном растворе гетероауксина с продолжительностью 5 минут и в водном растворе янтарной кислоты в течение 5 и 10 минут.

Отметим, что период между началом побего- и корнеобразования минимален для черенков винограда, озвученных ультразвуком в растворе янтарной кислоты в течение 5 минут и в растворе гетероауксина в течение 10 минут, в то время как этот период для черенков, облученных ультразвуком в воде максимален. Совместное применение стимуляторов и ультразвукового облучения сокращает срок начала побегообразования и корнеобразования по сравнению с контролем на 1–2 недели.

Полученные результаты по ризогенной активности одревесневших черенков винограда сорта Тукай показали, что наилучшие результаты по скорости корнеобразования и роста побегов в этой группе опытов наблюдались при обработке черенков в водных растворах гетероауксина, при ультразвуковом воздействии продолжительностью 5 минут и в водном растворе янтарной кислоты, при облучении ультразвуком также в течение 5 минут. Побегообразование и корнеобразование черенков, облученных ультразвуком, началось на 2–3 недели раньше незвученных.

Для оценки величины синергетического эффекта одновременного воздействия ультразвукового облучения и стимуляторов роста использовали подход применяемый для оценки взаимодействия лекарственных средств.

Применительно к нашему случаю расчет синергетического эффекта производился по формуле:

$$F = \frac{[УЗ + С]}{[УЗ] + [С]}$$

где F – величина синергетического эффекта,

$[УЗ+С]$ – результат совместного действия ультразвука и стимулятора роста;

$[УЗ]$ – результат действия ультразвука;

$[С]$ – результат действия стимулятора роста.

Проведенные по этой формуле расчеты представлены в таблице 2

Таблица 2

Показатели синергетического эффекта для сортов винограда
Амирхан и Тукай

Вариант	Величина синергетического эффекта			
	Амирхан		Тукай	
	Средняя скорость роста побегов	Средняя скорость роста корней	Средняя скорость роста побегов	Средняя скорость роста корней
1	2	3	4	5

Продолжение Таблицы 2

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

ЯК + УЗ, 5 мин	0,73	1,76	0,78	1,67
ЯК + УЗ, 10 мин	0,82	1,76	1,00	1,40
ЯК + УЗ, 15 мин	0,91	0,82	1,11	1,33
ГА + УЗ, 5 мин	0,77	1,79	1,00	1,50
ГА + УЗ, 10 мин	0,54	1,37	0,80	1,25
ГА + УЗ, 15 мин	0,54	0,79	0,70	1,35

По данным таблицы 4 можно сделать вывод, что потенцированный синергетический эффект обнаружен для совместной обработки черенков ультразвуком и янтарной кислотой в течение 5 минут для корневой системы и 15 минут для побегообразования обоих сортов винограда.

Результаты опытов по влиянию условий обработки на побегообразование одревесневших черенков винограда различных сортов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Влияние условий обработки на побегообразование одревесневших черенков винограда в 2008 г.

Сорт винограда	Вариант обработки	Начало образования побегов, недель	Средняя скорость роста, мм/неделю	Отношение к контролю, %
Катыр	Контроль	6	15,0±0,2	100
	ЯК	7	20,0+1,2	133
	ГА	7	2,5±0,5	17
	ЯК+УЗ	6	23,8±1,5	159
	ГА+УЗ	4	18,6±1,5	124
	УЗ+вода	5	18,0±1,1	120
Мускат Донской	Контроль*	-	-	-
	ЯК	-	-	-
	ГА	-	-	-
	ЯК+УЗ	7	11,3±0,6	-
	ГА+УЗ	7	10,0±0,5	-
	УЗ+вода	7	8,3±0,6	-
Краса Севера	Контроль	6	2,5±0,6	100
	ЯК	4	13,8±0,6	552
	ГА	6	7,5±0,2	300
	ЯК+УЗ	4	16,3±1,5	652
	ГА+УЗ	7	6,3±0,6	252
	УЗ+вода	5	5,7±0,2	228
Алеша	Контроль*	-	-	-
	ЯК	-	-	-
	ГА	6	2,5±0,6	-
	ЯК+УЗ	7	12,5±0,6	-
	ГА+УЗ	6	3,8±0,2	-
	УЗ+вода	6	4,7±0,2	-
Память Домбковской	Контроль	6	11,3±0,2	100
	ЯК	5	20,0±1,7	177
	ГА	6	12,5±0,6	111
	ЯК+УЗ	4	37,5±1,6	332
	ГА+УЗ	5	36,3±1,5	321
	УЗ+вода	5	22,8±1,5	202

*Контроль не прижился

Из таблицы 3 видно, что сорт винограда оказывает влияние на побегообразование черенков, но наилучшая ризогенная активность по всем сортам наблюдалась при облучении черенков винограда ультразвуком в растворе янтарной кислоты с концентрацией 10^{-11} М.

В таблице 4 представлены данные по влиянию условий обработки на корнеобразование одревесневших черенков винограда различных сортов.

Таблица 4

Влияние условий обработки на корнеобразование одревесневших черенков винограда в 2008 г.

Сорт винограда	Вариант обработки	Начало образования корней, недель	Средняя скорость роста корней, мм/неделю	Отношение к контролю, %
Катыр	Контроль	8	8,0±0,2	100
	ЯК	7	11,0±0,1	138
	ГА	8	8,0±0,2	100
	ЯК+УЗ	7	13,0±0,1	163
	ГА+УЗ	7	9,0±0,3	113
	УЗ+вода	7	9,3±0,2	116
Мускат Донской	Контроль*	-	-	-
	ЯК	-	-	-
	ГА	-	-	-
	ЯК+УЗ	8	5,0±0,2	-
	ГА+УЗ	8	3,0±0,2	-
	УЗ+вода	8	3,7±0,2	-
Краса Севера	Контроль	9	2,0±0,1	100
	ЯК	9	3,0±0,2	150
	ГА	8	5,0±0,2	250
	ЯК+УЗ	8	7,0±0,3	350
	ГА+УЗ	8	8,0±0,4	400
	УЗ+вода	8	6,0±0,5	300
Алеша	Контроль*	-	-	-
	ЯК	-	-	-
	ГА	9	1,0±0,1	-
	ЯК+УЗ	9	1,0±0,1	-
	ГА+УЗ	9	1,0±0,1	-
	УЗ+вода	9	1,0±0,1	-
Память Домбковской	Контроль	7	3,0±0,2	100
	ЯК	7	7,0±0,3	233
	ГА	7	5,0±0,2	167
	ЯК+УЗ	7	15,0±0,4	500
	ГА+УЗ	7	8,0±0,2	267
	УЗ+вода	7	6,8±0,05	227

*Контроль не прижился

По данным таблицы 4 можно сделать вывод, что максимальное корнеобразование черенков достигается при их облучении ультразвуком в растворах янтарной кислоты концентрацией 10^{-11} М и ультразвуком в растворе гетероауксина. Отметим, что период между началом побего- и корнеобразования одревесневших черенков винограда минимален для черенков сорта Катыр, обработанных янтарной кислотой и гетероауксином, для черенков сорта Мускат Донской облученных в воде и растворах стимуляторов, в то время как этот период максимален для черенков сорта Краса Севера, обработанных янтарной кислотой. Совместное применение стимуляторов и ультразвукового облучения сокращает срок начала побегообразования и корнеобразования по сравнению с контролем на 1–2 недели.

Биометрические показатели корневой системы одревесневших черенков винограда в зависимости от условий обработки показаны в таблице 5.

Таблица 5

Влияние условий обработки на массу корней одревесневших черенков

винограда в 2008 г.

Сорт винограда	Вариант обработки	Масса воздушно-сухих корней, г	Отношение к контролю, %	Масса сухих корней, г.	Отношение к контролю, %	Количество корней, шт.
Катыр	Контроль	4,10±0,10	100	2,40±0,10	100	9
	ЯК	5,17±0,20	126	2,76±0,10	115	15
	ГА	5,49±0,20	134	2,94±0,10	123	18
	ЯК+УЗ	6,31±0,30	154	3,07±0,20	128	21
	ГА+УЗ	5,12±0,20	125	3,00±0,20	125	15
	УЗ+вода	4,92±0,10	120	2,98±0,10	124	11
Мускат Донской	Контроль*	-	-	-	-	-
	ЯК	-	-	-	-	-
	ГА	-	-	-	-	-
	ЯК+УЗ	1,01±0,10	-	0,17±0,01	-	2
	ГА+УЗ	1,74±0,10	-	0,23±0,01	-	5
	УЗ+вода	1,36±0,10	-	0,19±0,01	-	3
Краса Севера	Контроль	1,32±0,10	100	0,73±0,03	100	3
	ЯК	2,70±0,10	205	0,82±0,04	112	5
	ГА	3,91±0,20	296	1,07±0,10	147	10
	ЯК+УЗ	5,02±0,20	380	2,11±0,10	289	16
	ГА+УЗ	5,88±0,30	445	2,34±0,10	320	14
	УЗ+вода	4,20±0,20	318	1,28±0,10	175	10
Алеша	Контроль*	-	-	-	-	-
	ЯК	-	-	-	-	-
	ГА	1,00±0,10	-	0,20±0,10	-	3
	ЯК+УЗ	0,13±0,01	-	0,08±0,006	-	3
	ГА+УЗ	0,50±0,02	-	0,12±0,01	-	5
	УЗ+вода	0,11±0,01	-	0,04±0,001	-	3
Память Домбковской	Контроль*	2,24±0,10	100	1,03±0,10	100	6
	ЯК	5,00±0,20	223	2,05±0,10	199	17
	ГА	3,13±0,20	140	1,31±0,10	127	8
	ЯК+УЗ	6,03±0,30	269	3,05±0,20	296	24
	ГА+УЗ	4,57±0,20	204	2,22±0,10	216	13
	УЗ+вода	4,12±0,20	184	2,00±0,10	194	10

*Контроль не прижился

По данным таблицы 5 видно, что максимальная продуктивность черенков достигается при их облучении ультразвуком в растворах янтарной кислоты концентрацией 10^{-11} М и в растворе гетероауксина.

По результатам расчетов величины синергетического эффекта по различным показателям для черенков винограда построили диаграмму (рисунок 4).

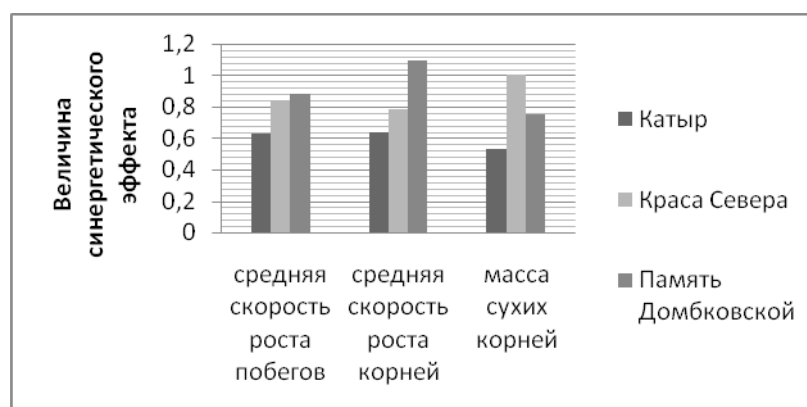


Рис. 4. Влияние совместного воздействия янтарной кислоты и ультразвукового облучения на величину синергетического эффекта различных показателей ризогенной активности черенков винограда

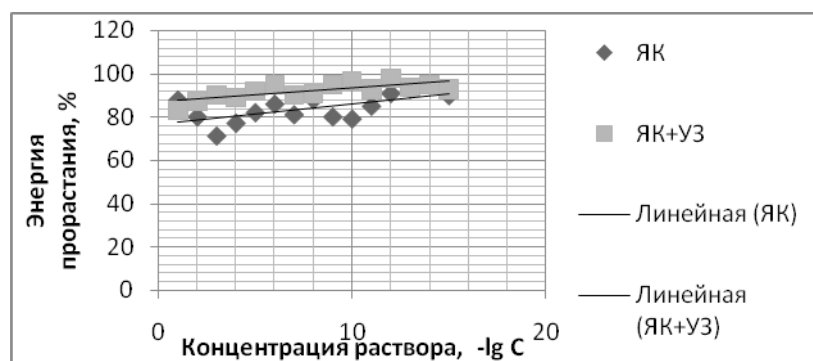
Из рисунка 4 видно, на показатели ризогенной активности влияют и сортовые особенности черенков винограда. Потенцированный синергетический эффект обнаружен для средней скорости роста корневой системы сорта Память Домбковской в случае применения в качестве стимулятора янтарной кислоты. Величина синергетического эффекта по массе корней максимальна для сорта Краса Севера при облучении черенков винограда ультразвуком в растворе янтарной кислоты концентрацией 10^{-11} М.

Из представленных данных следует, что максимальным стимулирующим воздействием обладает ультразвуковое облучение в присутствии стимулятора роста в течение 5 минут. Причем сроки начала корне- и побегообразования у облученных черенков на 1–2 недели раньше, чем у необлученных. Более длительная обработка ухудшает корнеобразование, что можно связать с разрушением растительных тканей и ферментативной системы черенков. Но вместе с тем можно отметить, что использование экзогенной янтарной кислоты примерно одинаково эффективно с гетероауксином при концентрации в 10^7 раз меньше.

Таким образом, ультразвуковое облучение черенков совместно со сверхмалыми дозами янтарной кислоты обеспечивает максимальные скорости корне- и побегообразования по сравнению с эталонными стимуляторами роста.

ГЛАВА 4. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА РАННИЕ СТАДИИ ОНТОГЕНЕЗА СЕМЯН ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

Влияние ультразвука и стимуляторов роста на прорастание семян льна-долгунца. Результаты изучения ультразвукового облучения семян льна долгунца в присутствии янтарной кислоты представлены на рисунке 5.



$$y=0,66x+86,8, R^2=0,567 - \text{ЯК+УЗ};$$

$$y=0,94x+76,85, R^2=0,408 - \text{ЯК}$$

Рис. 5. Зависимость энергии прорастания семян льна от концентрации янтарной кислоты и УЗ воздействия

Максимальная энергия прорастания семян льна-долгунца достигается при облучении их ультразвуком в растворе янтарной кислоты с концентрацией 10^{-10} – 10^{-12} М. Аналогичная зависимость просматривается и для длины и массы проростков.

Результаты опыта показали, что ультразвуковой капиллярный эффект повышает стимулирующее действие янтарной кислоты на 10–20 % в диапазоне концентраций от 1 М до 10^{-14} М. Причем наиболее существенное значение оказывает ультразвук на длину проростка, затем на массу проростков, а энергия прорастания менее всего подвержена изменению.

Полученные результаты позволили сделать выводы, что янтарная кислота оказывает положительный эффект на прорастание семян льна, особенно в сверхмалых дозах, а совместно с ультразвуковым облучением ростостимулирующее действие усиливается, что можно связать с ускорением диффузии раствора янтарной кислоты в семена льна.

Влияние ультразвукового облучения на токсичность нитратов свинца и кадмия при начальных стадиях развития семян льна-долгунца По данным эксперимента по определению энергии прорастания семян было установлено, что растворы нитрата кадмия обладают ростостимулирующим действием в первые сутки развития семян, в диапазоне концентраций 10^{-9} – 10^{-14} М/дм³ (максимум активности был обнаружен для концентрации 10^{-11} – 10^{-12}). Нитрат свинца в первые сутки был неактивен. В последующем росте активность нитратов свинца и кадмия была примерно одинакова. Ультразвуковое воздействие в первые сутки развития не изменило качественный характер распределения активности, но количественно было зарегистрировано достоверное снижение энергии прорастания в диапазоне концентраций 10^{-6} – 10^{-13} М/дм³ от 2 до 50 %. Эта тенденция сохранилась и при дальнейшем развитии семян, где снижение энергии прорастания семян при ультразвуковом воздействии происходило на всем диапазоне концентраций на 5–10 % по сравнению с контролем.

Максимальное значение длины и массы проростка получены при концентрации солей Cd и Pb 10^{-13} М, а ультразвуковое облучение повышает токсичность в диапазоне концентраций от 10^{-2} М/дм³ до 10^{-12} М/дм³, – примерно на 20–40 % по сравнению с контролем.

Таким образом, ультразвуковое облучение способствует диффузии ионов свинца и кадмия в семена льна, что приводит к ингибированию развития семян льна-долгунца в диапазоне концентраций от 1 до 10^{-12} М/дм³ и к снижению качественных и количественных показателей. Причем, уменьшение концентрации раствора нитрата кадмия приводит к повышению показателей роста растения, но воздействие ультразвука увеличивает порог токсичности. Существенное ингибирующее действие ультразвук с солями тяжелых металлов оказывает на длину проростка, затем на его массу, а энергия прорастания под влиянием ультразвука изменяется незначительно.

Из представленных данных следует, что ультразвуковой капиллярный эффект усиливает диффузию растворов в семена, что приводит к повышению активности регуляторов роста растений.

Результаты диссертационной работы использованы при создании серийных ультразвуковых аппаратов «Волна» и «Алена», предназначенных для обработки растительных объектов, получен акт о внедрении.

ВЫВОДЫ

1. Максимальная ризогенная активность у черенков винограда обнаружена при ультразвуковом облучении мощностью 350 Вт продолжительностью 5 минут в растворах янтарной кислоты с концентрацией 10^{-11} М/дм³.

2. Совместное применение стимуляторов и ультразвукового облучения сокращает срок начала побегообразования и корнеобразования черенков винограда по сравнению с контролем на 1–3 недели и период между началом побего- и корнеобразования на 1–2 недели.

3. Потенцированный синергетический эффект обнаружен при совместной обработке одревесневших черенков ультразвуком и янтарной кислотой с концентрацией 10^{-11} М в течение 5 минут для корневой системы и 15 минут для побегообразования черенков всех изученных сортов винограда.

4. Ультразвуковое облучение мощностью 350 Вт в течение 2 минут хранившихся 4 года семян льна-долгунца в растворах янтарной кислоты повышает их энергию прорастания на 10–20 %, притом наиболее существенно увеличивает длину проростков, затем энергию прорастания и менее всего сказывается на массе проростков.

5. Ультразвуковое облучение семян растворами регуляторов роста различной природы (нитратов кадмия (свинца) и янтарной кислоты) повышает их активность на 20–40 % по сравнению с контролем (необлученными растворами).

Рекомендации

Оптимальные условия ультразвуковой обработки растительных объектов на установке «Волна»:

– для черенков винограда – мощность 350 Вт, продолжительность облучения 5 минут;

– для семян льна-долгунца – мощность 350 Вт, продолжительность облучения 2 минуты. Частота 22 кГц.

Основное содержание диссертации изложено в работах:

1. Хмелева, А.Н. Изучение влияния ультразвуковой обработки и янтарной кислоты на приживаемость зеленых черенков винограда / Хмелева А.Н., Верещагин А.Л., Фаддеенков Н.Н. // Наука. Технологии. Инновации: Материалы всероссийской научной конференции молодых ученых 7 – 10 декабря 2006 года. – Новосибирск, 2006. В 7 частях, часть.2 – С. 290 – 291.

2. Хмелева, А.Н. Применение ультразвука в растениеводстве / Хмелева А.Н., Верещагин А.Л., // Современные проблемы и достижения аграрной науки в животноводстве, растениеводстве и экономике: Сборник трудов региональной научно-практической конференции. – Томск, 2006. – Вып. 9. – С. 61–64.

3. Хмелева, А.Н. Влияние совместного воздействия ультразвука и стимуляторов роста на приживаемость зеленых и одревесневших черенков винограда / Хмелева А.Н., Верещагин А.Л., Фаддеенков Н.Н. // Современные проблемы и достижения аграрной науки в животноводстве, растениеводстве и экономике: Сборник трудов региональной научно-практической конференции. – Томск. 2007. – Вып. 10. – С. 102–105.

4. Хмелева, А.Н. Влияние ультразвуковой обработки на корнеобразование одревесневших черенков сибирского винограда / Хмелева А.Н., Верещагин А.Л. // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья. Сборник материалов III всероссийской научной конференции. Барнаул 2007, кн. 3. – С. 232–235.

5. Khmeleva A. Influence of ultrasonic treating on rootform of Siberian grape woodlike shanks / Khmeleva A., Vereshchagin A. // Electron devices and materials: 8th International Siberian workshop and tutorials EDM 2007, Session VI, July 1 – 5, Erlagol. Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University, 2007. – P. 330–331.

6. Хмелева, А.Н. Влияние совместного воздействия ультразвука и стимуляторов роста на приживаемость зеленых и одревесневших черенков винограда / Хмелева А.Н., Верещагин А.Л., Фаддеенков Н.Н. // Виноградарство в Западной Сибири: Материалы 3-ей межрегиональной научно – практической конференции 8 сентября 2007 года. – Бийск, 2008. – С. 68–74.

7. Хмелева, А.Н. Влияние совместного воздействия ультразвука и биологически активных веществ на ризогенную активность черенков винограда / Хмелева А.Н., Верещагин А.Л., Фаддеенков Н.Н. // Производные хитозана и стимуляторы роста в сельском хозяйстве: Материалы 5-й межрегиональной научно-практической конференции 25 марта 2008 года. – Бийск. 2008. – С. 77–81.

8. *Хмелева, А.Н. Влияние совместного воздействия ультразвука и стимуляторов роста на ризогенную активность зеленых и одревесневших черенков винограда / Хмелева А.Н., Верещагин А.Л., Фаддеенков Н.Н. // Виноделие и виноградарство: Москва, 2008. № 6. – С. 49–50.*

9. Хмелева, А.Н. Влияние ультразвука на прорастание семян льна / Хмелева А.Н., Верещагин А.Л. // Технологии и оборудование химической, биологической и пищевой про-

мышленности: Материалы всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых 15 – 16 мая 2008 года. Бийск, 2008. – С. 142–144.

10. Хмелева, А.Н. Влияние ультразвукового воздействия на биологически активные среды / Хмелева А.Н., Верещагин А.Л. // Современные проблемы и достижения аграрной науки в животноводстве, растениеводстве и экономике: Сборник трудов региональной научно-практической конференции. – Томск, 2008. – Вып. 11. – С. 66–70.

11. Хмелева, А.Н. Изучение процесса диффузии в побегах *Sorgum* под влиянием ультразвука / Хмелева А.Н., Хмелев М.В. // Ползуновский вестник: Химия природных соединений. – Барнаул, 2008. – № 3. – С. 271–273.

12. Хмелева, А.Н. Моделирование процесса диффузии в черенках растений под влиянием ультразвука / Хмелева А.Н., Верещагин А.Л. // Производные хитозана и стимуляторы роста в сельском хозяйстве: Материалы 5-й межрегиональной научно-практической конференции 25 марта 2008 года. – Бийск, 2008. – С. 73–77.

13. Хмелева, А.Н. Повышение приживаемости черенков винограда с помощью ультразвука и стимуляторов роста / Хмелева А.Н., Верещагин А.Л. // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы III – Международной научно - практической конференции, 12 – 13 марта 2008 года. Барнаул. 2008. кн. 1. – С. 559 – 561.

14. Хмелева, А.Н. Росторегулирующее действие ультразвука на растительные объекты / Хмелева А.Н., Верещагин А.Л., // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы IV – Международной научно-практической конференции, 5 – 6 февраля 2009 года. Барнаул, 2009, кн. 2. – С. 199–201.

15. Хмелева, А.Н. Синергетический эффект совместного воздействия ультразвука и стимуляторов роста на ризогенную активность зеленых и одревесневших черенков винограда / Хмелева А.Н., Верещагин А.Л., // X-я международная конференция-семинар EDM 2009, 1-6 июля, Эрлагол. Новосибирск.- Изд-во Новосибирского государственного технического ун-та. 2009. – С. 295–297.

16. Хмелева, А.Н. Синергетический эффект совместного воздействия ультразвука и стимуляторов роста на ризогенную активность одревесневших черенков винограда / Хмелева А.Н., Верещагин А.Л., // Прикладные аспекты химической технологии полимерных материалов и наносистем. Материалы III Всероссийской науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых 29-30 мая 2009 года. – Бийск. 2009. – С. 54–57.

17. Педдер, В.В. «Обратный» ультразвуковой капиллярный эффект и некоторые направления его клинического применения / В.В. Педдер, А.В. Педдер, А.Н. Хмелева и др. // X-я международная конференция-семинар EDM 2009, 1-6 июля, Эрлагол. Новосибирск.- Изд-во Новосибирского государственного технического ун-та. 2009. – С. 414–423.

18. *Хмелева, А.Н. Влияние ультразвукового воздействия на токсичность нитратов свинца и кадмия при начальных стадиях развития семян льна-долгунца / Хмелева А.Н., Верещагин А.Л. // Вестник алтайского государственного аграрного университета.- Барнаул, 2009. - № 9 (59). – С. 38–41.*

19. Хмелева, А.Н. Исследование процесса диффузии в черенках растений под влиянием ультразвука/ А.Н. Хмелева, А.Л. Верещагин // Инновационные технологии: производство, экономика, образование: материалы Всероссийской научно-практической конференции 24 сентября 2009 года; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. - Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2009. – С. 400–402.

20. Кропоткина, В.В. О механизме ростостимулирующего действия сверхмалых доз природных органических кислот / В.В. Кропоткина, А.Н. Хмелева, А.Л. Верещагин, // Инновационные технологии: производство, экономика, образование: материалы Всероссийской научно-практической конференции 24 сентября 2009 года; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. - Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2009. – С. 372–375.

21. *Патент 2332838 Российская Федерация, МПК А 01 G 17/02. Способ вегетативного размножения черенков винограда / Хмелева А.Н., Верещагин А.Л., Фаддеенков Н.Н.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего*

профессионального образования "Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова"; заявл. 31.01.07; опубл. 10.09.08, бюл. № 25. – 5 с.