



## Конкурс для школьников «Гениальные мысли» Автореферат проекта призера II степени

**Название работы – Использование растворов наночастиц при зеленом черенковании смородины черной.**

**Автор – Лозненко Светлана Евгеньевна, 9 класс, МАОУ Лицей № 1, г. Красноярск.**

**Руководитель – Мистратова Наталья Александровна, к.с.-х.н., доцент кафедры растениеводства, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО «Красноярский ГАУ», г. Красноярск.**

### Основная идея работы, цели, задачи

Главной *идеей работы* является возможность использования растворов наночастиц в практике питомниководства при размножении смородины черной способом зеленого черенкования.

*Цель исследований* – изучить влияние растворов наночастиц на окоренение черенков, рост и развитие саженцев смородины черной (*Ribes nigrum* L.).

*Задачи исследований:*

1. Изучить влияние растворов наночастиц на ризогенез зеленых черенков смородины черной.
2. Определить биометрические параметры окорененных черенков.
3. Определить качество посадочного материала смородины черной.

### Актуальность и новизна работы

В Сибирском Федеральном округе за счет собственного производства обеспечивается лишь 15,6 % рекомендуемого уровня потребления плодово-ягодной продукции на человека в год. Увеличение производства плодов и ягод должно реализоваться за счет роста площади плодоносящих насаждений, сортосмены и сортообновления на основе интенсификации производства саженцев. Среди ягодных культур Сибири наиболее значима смородина черная.

Основной способ размножения древесных ягодных кустарников – зеленое черенкование. Он отличается высоким коэффициентом размножения, позволяет повысить выход окорененных черенков с единицы площади по сравнению с другими способами. Однако у зеленого черенкования есть некоторые недостатки, например, низкая регенерационная способность трудноокореняемых сортов смородины черной. Увеличить эффективность зеленого черенкования возможно за счет повышения эффективности стимулятора корнеобразования инлолил-3-уксусной кислоты (ИУК), добавив к раствору суспензии наночастиц.

Оптимизация способа зеленого черенкования смородины черной, направленная на ризогенез черенков, обеспечивающая высокий выход качественного посадочного материала, актуальна.

Впервые изучено влияние гидроксида железа, в частности, ферригидрита и его модификаций на ризогенез, биометрические параметры и качество посадочного материала смородины черной.

## Основные результаты

### Объекты и методика проведения исследований

Объекты исследований – сорт смородины черной Сокровище. Выведен в Сибирском НИИ садоводства имени М. А. Лисавенко, его создавали специально для регионов с холодным климатом – отличается зимостойкостью. Ягоды крупные (2,2–4,2 г), имеют кисло-сладкий вкус, ароматные. Содержание витамина С составляет 300 мг/100 г. Дегустационная оценка 4,5 балла. Сорт рано вступает в плодоношение. Среднего срока созревания. Высокосамоплодный и урожайный (1,14–1,24 кг/м<sup>2</sup>). Устойчив к почковому клещу, слабо поражается грибными заболеваниями.

Индолил-3-уксусная кислота (ИУК) (C<sub>10</sub>H<sub>9</sub>NO<sub>2</sub>) – белое кристаллическое вещество, на свету быстро темнеет. Хорошо растворяется в спиртах, плохо в воде (в горячей воде растворимость увеличивается). ИУК быстро разлагается в кислой среде, в щелочной среде более стабильна.

Наночастицы биогенного ферригидрита (5Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> × 9H<sub>2</sub>O).

Для окоренения черенков применяли субстрат торф+песок+почва(чернозем выщелоченный) в объемном соотношении 1:1:1, слой агрогрунта для черенкования – 15 см, верхний слой (5 см) субстрата – речной песок. Повторность 3-х кратная, площадь учетной делянки – 1м<sup>2</sup>, размещение систематическое. Срок черенкования – первая декада июля. Длина черенков – 15 см. Схема посадки черенков смородины черной 7×7 см.

Использовали низинный торф, среднесольный, среднеразложившийся Тигрицкого месторождения Минусинского района Красноярского края, так как для повышения рентабельности выращивания саженцев целесообразно использовать ресурсы, полученные на основе местного сырья.

Эксперимент проводился в 2018–2019 годах на участке размножения ООО «Садовый центр Аграрного университета», 2020 год – обработка результатов. Черенки окореняли в условиях мелкокапельного полива – в парнике с поликарбонатным покрытием. Дорастивание окорененных черенков (2019 год) в условиях открытого грунта осуществляли на фитоучастке кафедры растениеводства, селекции и семеноводства. Объекты исследований - смородина черная (*Ribes nigrum* L.), сорт Сокровище, и наночастицы биогенного ферригидрита. Зеленые черенки замачивали в растворе индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) и наночастиц биогенного гидроксида железа в двух модификациях. Варианты опыта:

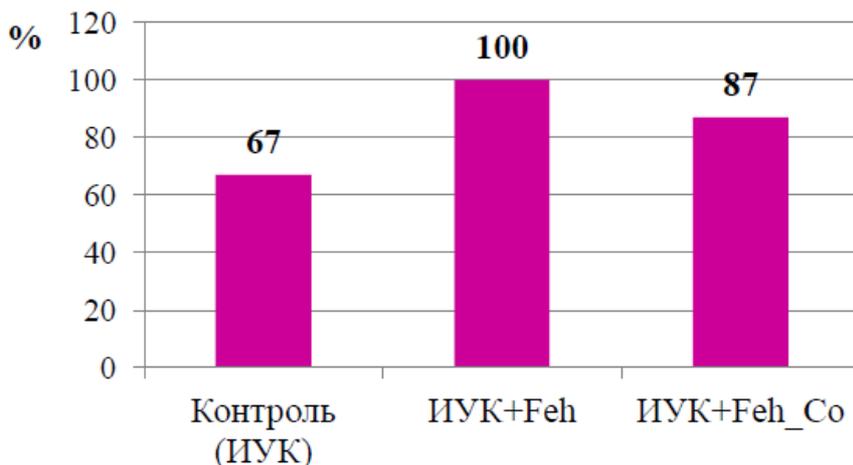
- 1) контроль – обработка черенков индолил-3-уксусной кислотой (ИУК);
- 2) ИУК + ферригидрит (ИУК+Feh);
- 3) ИУК + ферригидрит, допированный Co (ИУК+Feh\_Co).

В растворы для замачивания черенков вносили ИУК (0,07 % на 1 л) и наночастицы (1 мг/л). Экспозиция обработки черенкового материала 12 часов. Схема посадки 7×7 см. Повторность опыта 3-х кратная, размещение вариантов систематическое. Размножение зелеными черенками и учет биометрических показателей проводили по общепринятым методикам [16; 12]. Учет окоренения черенков осуществляли в третьей декаде сентября. Измерения объема корневой системы осуществляли по методике В.В. Минеева [11]. Качество посадочного материала определяли в соответствии ГОСТ Р 53135-2008 [5]. Математическая обработка результатов исследований проведена методом дисперсионного анализа с использованием компьютерной программы MS Excel.

**Влияние наночастиц на приживаемость черенков**

Смородина черная относится к группе легкоокореняемых культур, но на регенерационную способность оказывают влияние сортовые особенности растений. Лучший показатель ризогенеза (100 %) при обработке черенков растворами наночастиц отмечен на варианте ИУК+Feh, что выше контроля на 33 % (рис. 1).

При добавлении Co окоренение тоже выше относительно контрольного варианта – 87 %, но меньше, чем на варианте с ИУК+Feh.



*Рис. 1. Влияние растворов наночастиц на регенерационную способность зеленых черенков смородины черной, 2018 г.*

**Влияние наночастиц на морфометрические параметры окорененных черенков**

Наиболее отличительный, по сравнению с контрольным вариантом, прирост надземной и подземной фитомассы окорененных черенков зафиксирован на варианте ИУК+Feh\_Co (табл. 1). Количество корней 1-го порядка ветвления составило 33 шт, что выше контроля на 13 шт. Суммарная длина корней 1-го порядка ветвления превысила контрольный вариант на 12,5 см и показатель варианта ИУК+Feh на 44 см. Суммарная длина побегов на вариантах при обработке растворами наночастиц составила 20-21 см.

Таблица. Морфометрические параметры окорененных черенков, 2018 г.

Вариант	Количество корней 1-го порядка ветвления, шт	Суммарная длина корней 1-го порядка ветвления, см	Количество побегов, шт	Суммарная длина побегов, см
1. Контроль (ИУК)	20	113	1	11
2. ИУК+Feh	15	81,5	1	20
3. ИУК+Feh_Co	33	125,5	1	21
НСП <sub>05</sub>	6,0	13,3	0,4	7,2



**Контроль (ИУК)**



**ИУК+Feh\_Co**

*Рис. 2. Морфометрические параметры окорененных черенков, 2018 г.*

Таким образом, прослеживается высокая эффективность применения наночастиц биогенного ферригидрита (ИУК+Feh) при 12-и часовой обработке – ризогенез составил 100 % и на варианте ИУК+Feh\_Co – 87 %. Увеличение прироста надземной и подземной фитомассы окорененных черенков в сравнении с контролем зафиксировано на делянке ИУК+Feh\_Co (рис. 2).

### **Объем корневой системы окорененных черенков**

При размножении смородины черной окорененные черенки и готовые саженцы перед посадкой на хранение до высадки в поле проходят процедуру сортировки на две группы по качеству корневой системы и надземной части (ГОСТ Р 53135, 2008). При этом для оценки показателя качества корневой системы требуется большое количество операций по измерению длины всех корней измерительной линейкой и обработке результатов измерений. Корневая система окорененных черенков смородины черной содержит много боковых придаточных корней разных порядков, которые практически невозможно учесть при вычислении объема корневой системы с помощью линейных измерений. Поэтому целесообразно провести измерения объема корневой системы по методике Минеева В.В. [11].

Результаты исследования объема корневой системы окорененных черенков представлены в табл. 2 и рис. 3.

На контрольном варианте объем корневой системы составил  $0,21 \text{ см}^3$ . Обработка черенков Feh\_Co и Feh и в течение 12-и часов способствовала развитию корневой системы черенков ( $0,31 - 0,37 \text{ см}^3$ ) по сравнению с контролем. Самая большая величина этого показателя зафиксирована на варианте с применением наночастиц чистого ферригидрита.

Таблица 2. Объем корневой системы у окорененных черенков смородины черной, 2019 г.

Варианты	Объем корневой системы, см <sup>3</sup>
1. ИУК – контроль	0,21
2. ИУК+Feh	0,37
3. ИУК+Feh_Co	0,31
НСР <sub>05</sub>	0,14



**Контроль (ИУК)**



**ИУК+Feh**

Рис.3. Корневая система окорененных черенков (май, 2019 г.)

**Влияние растворов наночастиц на выход качественного посадочного материала**

Благоприятные зимние условия положительно повлияли на перезимовку окорененных черенков – сохранность составила 100 %. В сентябре 2019 года провели учет качества посадочного материала, результаты которого отражены на рисунке 4.

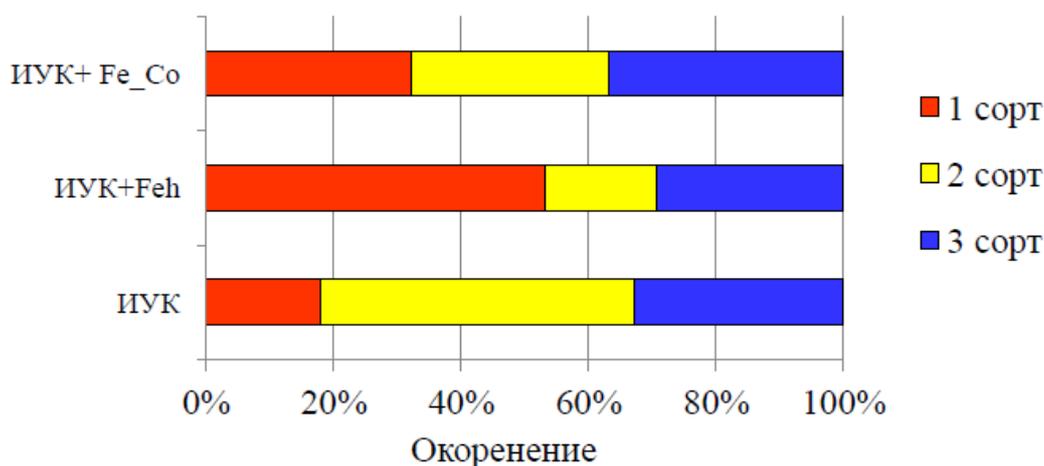


Рис. 4. Влияние растворов наночастиц на качество посадочного материала смородины черной, %, сентябрь 2019 г.

Анализируя полученные данные по качеству посадочного материала смородины можно отметить, что больший процент стандартных саженцев получен при использовании растворов наночастиц ИУК+Feh – 65,0 % растений 1-го и 2-го товарных сортов (рис. 5). На контрольном варианте было получено 36,3 % нестандартных саженцев, требующих доращивания в следующем году.



*Рис. 5. Корневая система смородины черной при выкопке саженцев, сентябрь, вариант - ИУК+Feh, 2019 г.*

Лучшим вариантом, где процент окоренения и качество посадочного материала были высокими по сравнению с контролем и другим вариантом опыта был ИУК+Feh (50% - 1-ый сорт и 15% - 2-ой сорт).

#### **Выводы, заключение, перспективы**

1. Получена высокая эффективность применения наночастиц биогенного ферригидрита (ИУК+Feh) при 12-и часовой обработке зеленых черенков смородины черной сорта Сокровище – ризогенез составил 100 %.
2. Увеличение прироста надземной и подземной фитомассы окорененных черенков в сравнении с контролем зафиксировано на делянке с ИУК+Feh\_Co.
3. На варианте с добавлением Feh отмечена большая величина объема корневой системы окорененных черенков - 0,37 см<sup>3</sup>.
4. Высокий процент стандартных саженцев получен при использовании растворов наночастиц 58,3-65,0 % растений 1-го и 2-го товарных сортов. На контрольном варианте выход нестандартных саженцев, требующих доращивания в следующем году, составил 36,3%.

#### *Рекомендация:*

При размножении смородины черной зеленым черенкованием, использовать в качестве стимулятора корнеобразования раствор наночастиц биогенного ферригидрита - ИУК+Feh, который повышает окоренение и выход качественного посадочного материала.

В 2020 году нами был продолжен опыт с расширением вариантов исследования -добавлены два варианта с использованием растворов наночастиц Feh\_Al и Feh\_Mn на трудноокореняемой культуре жимолости сорта: Изюминка. Опыт планируется завершить в сентябре 2021 года далее произвести обработку полученных результатов.

## Список цитированных источников

1. Астафурова, Т.П. Влияние наночастиц диоксида титана и оксида алюминия на морфофизиологические показатели растений / Т.П. Астафурова, Ю.Н. Моргалёв, А.П. Зотикова, Г.С. Верхотурова, С.И. Михайлова, А.А. Буренина, Т.А. Зайцева, В.М. Постовалова, Л.К. Цыцарева, Г.В. Боровикова // Вестн. Томск. гос. ун-та. Биология. – 2011. – № 1 (13). – С. 113–122.
2. Бопп В.Л. Плодоводство Сибири: уч. пособие / В.Л. Бопп, Е.М. Кузьмина, Н.А. Мистратова. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ. - 2020. - 390 с.
3. Бохонова, М.И. Смородина / М.И. Бохонова. – М.: Эксмо, СПб.: Терция, 2003. - С.4-25.
4. Бурмистров, А.Д. Ягодные культуры / А.Д. Бурмистров. - Л., Отделение издательства «Колос», 1985. – 384 с.
5. ГОСТ Р 53135-2008 «Посадочный материал, плодовых, ягодных, субтропических, орехоплодных, цитрусовых культур и чая».
6. Гуревич, Ю.Л. Наночастицы / Ю.Л. Гуревич, С.В. Марков, Ю.И. Маньков и др. // Ультрадисперсные порошки, наноструктуры: матер-ы VII Ставеровские чтения, труды научно-технической конференции с междун. участием. – Красноярск, 2015. – С. 98-101.
7. Жучков, Н.Г. Частное плодоводство / Н.Г. Жучков. М.: - Сельхозгиз, 1954. - С.392-400.
8. Колесникова, В.Л. Садоводство Сибири / В.Л. Колесникова, Е.М. Кузьмина. – Красноярск: Краснояр. гос. аграр. ун-т., 2006. – 324 с.
9. Кривко, Н.П. Плодоводство / Н.П. Кривко. – СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 416 с.
10. Кривко, Н.П. Питомниководство садовых культур / Н.П. Кривко. – СПб.: Издательство «Лань», 2015. – С. 4.
11. Минеев, В.В. Установка для измерения объема корневой системы черенков и саженцев облепихи / В.В. Минеев, А.Ф. Алейников, В.А. Золотарев // Вестник НГАУ. - 2013. - №3(28). – С.101-106.
12. Моисейченко, В.Ф. Методика опытного дела в плодоводстве и овощеводстве / В.Ф. Моисейченко. – Киев :Выщашк. Головное изд-во, 1988. – С. 118-119.
13. Огольцова, Т.П. Селекция черной смородины – прошлое, настоящее, будущее / Т.П. Огольцова. – Тула: Приокское книжное изд-во, 1992. - С.4.
14. Путырский, И. Малина, смородина... / И. Путырский. - Мн.: Книжный Дом; М.: МАХАОН, 2000. - С.29.
15. Сучкова, С.А. Морфологические изменения в черенках смородины черной под влиянием наночастиц оксида цинка / С.А. Сучкова, Т.П. Астафурова // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: Материалы III Международной конференции «Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции овощных, плодово-ягодных и лекарственных растений». – М.: РУДН, 2017. - С. 312-315.
16. Тарасенко, М.Т. Размножение растений зелеными черенками / М.Т. Тарасенко. – М.: Колос, 1967. - С.169-184.