

Эффективность применения биопрепаратов Агрофила и Флавобактерина при укоренении черенков представителей рода *Ficus* L.*

Я.В. Пухальский, инженер-микробиолог, ФГБНУ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, ООО НПО «Био-ЭкоТех»; **С.И. Лоскутов**, к.с.-х.н., ООО НПО «БиоЭкоТех»; **Е.В. Воропаева**, к.с.-х.н., **В.Н. Рудько**, соискатель, ГАОУ ВО ЛО ЛГУ им. А.С. Пушкина; **Ю.В. Лактионов**, к.б.н., ФГБНУ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии

В настоящее время в условиях возрастающего антропогенного прессинга на внешнюю среду использование широкого функционала свойств декоративных растений как целостных биологических систем весьма актуально. Это способствует повышению экологической обстановки окружающего пространства жилых или промышленных объектов, что в свою очередь благотворно сказывается на улучшении психосоматического состояния и здоровья находящихся в них людей [1].

Из всех известных комнатных тропических и субтропических растений особое внимание заслуживает род фикус (*Ficus* L.), относящийся

к порядку Розоцветных (*Rosales*) и семейству Тутовых (*Moraceae* L.). По своей природе это декоративно-лиственные, вечнозелёные, теневыносливые растения. Помимо наличия у них чисто эстетических качеств, используемых в современном фитодизайне для разнообразия цветовой гаммы интерьеров помещений, благодаря чему отдельные представители данного таксона имеют большой коммерческий успех, они обладают и способностью к санации воздушной среды. Последнее качество видится, несравненно, более важным практическим аспектом с точки зрения использования данных растений при очистке воздуха от углекислоты, пыли, формальдегида, хлороформа, этилацетата и патогенной микрофлоры, а также насыщении/оптимизации его активными формами кислорода [2–7, 12]. Листья и веточки используются в качестве репеллента от насекомых. Особо стоит отметить, что при озеленении территорий среди различных видов данного рода имеются такие, которые способны

* Работа выполнена при поддержке субсидии Министерства высшего образования и науки Российской Федерации № 14.607.21.0178; уникальный индикатор соглашения RFMEFI60717X0178

послужить индикаторами загрязнения среды тяжёлыми металлами, в частности кадмием [13, 14].

В условиях защищённого грунта оранжерейного комплекса фикусы не могут размножаться семенным путём, поэтому единственно возможным для них остаётся вегетативное размножение с помощью стеблевых черенков, позволяющее получать массовый посадочный материал. Однако при выполнении промышленного запроса на получение большого количества растительного материала сделать это посредством традиционных методов размножения бывает довольно трудно. Поэтому во многих частных производственных питомниках для ценных сортов рода *Ficus* сейчас применяют способ микроклонального вегетативного размножения *in vitro*, что позволяет в разы ускорять прохождение ювенильной фазы развития растений для получения нужных объёмов товарной продукции, а также создавать новые геномно-модифицированные сорта [8, 15]. Данная технология требует наличия специалистов определённой квалификации и стерильных помещений, оснащённых приборным парком лабораторного оборудования, используемого для выделения растений-доноров, создания искусственных питательных сред (содержащих все необходимые биофильные элементы и гормоны) и последующего выращивания на них изолированных эксплантов. Кроме того, для возможности успешного прохождения всего цикла микроклонаирования необходимо изначальное отсутствие инфекции у маточных растений.

Другим эффективным приёмом, представляющим немаловажный научный интерес и не требующим наличия у рядового конечного пользователя каких-либо специальных навыков, а значит и делающим его более массовым, является применение на декоративных растениях микробных биопрепаратов комплексного действия, созданных на основе внеклеточных ростстимулирующих ризобактерий (*extracellular plant growth promoting rhizobacteria* – ePGPR), способных образовывать с ними ассоциативный симбиоз [16]. Данный способ можно сопоставить с широко известным положительным влиянием стимуляторов роста на способность к корнеобразованию у стеблевых черенков [9], поскольку микроорганизмы синтезируют свои собственные физиологически активные соединения, аналогичные по типу фитогормонам. Помимо стимуляции роста и улучшения общего габитуса растений, применение таких препаратов также подавляет развитие фитопатогенной микрофлоры и снижает общий риск поражаемости растений болезнями.

Цель нашего исследования состояла в усовершенствовании приёмов ризогенеза при вегетативном размножении высокодекоративных культиваров растений фикуса в условиях раствора однородной суспензии биопрепаратов.

Материалы и методы исследования. В качестве растительных объектов для создания растительно-микробных ассоциаций были взяты два сорта фикуса вида *F. benjamina*, нарезанные с маточных кустов оранжереи ЛГУ им. А.С. Пушкина. Сорта различались окраской листьев. Один сорт – с зелёной окраской листа, второй – с преобладанием белой окраски (пестролистный). Изначальное количество листьев на черенках составляло в среднем 10 шт. Листья были обрезаны на $2/3$ длины для уменьшения площади транспирации.

Для приготовления биосуспензии использовали биопрепарат Агрофил, содержащий в составе своего действующего начала ассоциативные формы бактерий *Agrobacterium radiobacter*, а также биофунгицид Флавобактерин, созданный на основе симбиотрофных азотфиксирующих штаммов *Flavobacterium sp* [10, 11]. Титр содержания активных жизнеспособных клеток микробов в обоих препаратах составлял не менее $1 \cdot 10^9$ (КОЕ/мл). Рабочий раствор культуральной среды (3 %) готовили путём разведения жидких концентрированных форм биопрепаратов в дистиллированной воде. Выбор данной препаративной формы был сделан исходя из соображений наименьшей её стоимости и вместе с тем наибольшей технологичности. На 30-е сут. раствор меняли на новый.

После интродукции в сосуды растения накрывали полиэтиленовыми пакетами для создания эффекта парника. На каждый сосуд приходилось по одному черенку. Общая повторность на каждый вариант в опыте составляла четыре растения. На 30-е и 45-е сут. производился замер морфометрических показателей.

Растения культивировали при полной светокультуре в течение 45 сут. в закрытом гроубоксе, объёмом $2,7 \text{ м}^3$, с рабочей площадью основания $1,8 \text{ м}^3$ ($1,5 \times 1,2 \times 1,5$) (рис. 1).

Нормируемые параметры микроклимата внутреннего пространства составляли: относительная влажность воздуха – 60–65 %, фотопериод (день/ночь) – 14/10 ч., температура (день/ночь) – 23/18 °С и скорость воздушного потока (день/ночь) – 3,0/1,2 м/с. Для освещения использовали 9 фототипов на основе светодиодного модуля G-RayV. 2 UV («SpecLed», Ukraina), мощностью по 100 Вт каждая, дающих с подвеса 1,5 м общую засветку ФАР в $428,9 \text{ мкмоль/с/м}^2$ (28 593 Lx). Замеры проводили с помощью люксметра (*Voltcraft LX-1108*, Germany) и спектрофотометра (*Ocean Optics STS-VIS*, USA). Графическое моделирование и светотехнические расчёты проводили с помощью программ SolidWorks 2014 и Dialux Evo 8.1. Пересчёт люксов в микромоли для белого света от фототипов делали согласно формуле из работы А. Шаракшанэ [17].

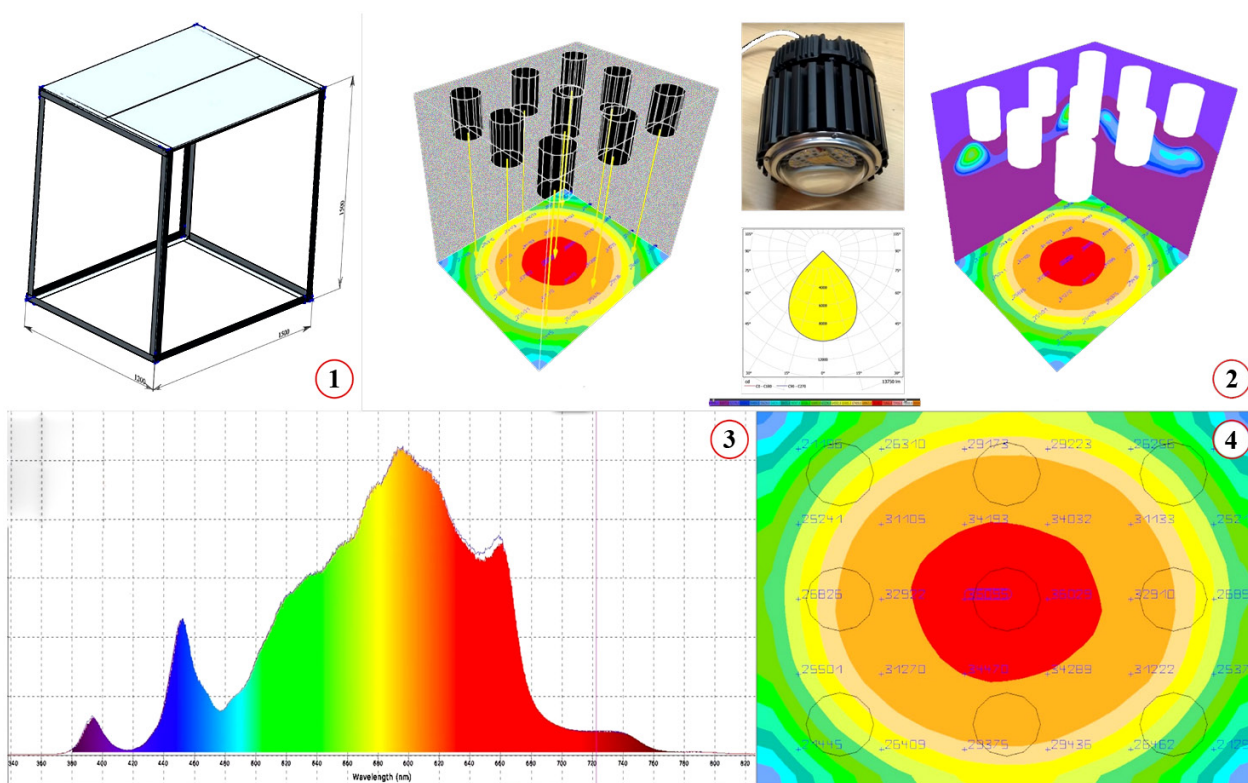


Рис. 1 – 3-D модель внешнего вида закрытого грубокса (1) с фитолампами (2) и характеристика его освещения: спектрограмма (3) со светотехническим расчётом приходящего энергопотока из люксов в микромоли, с высоты подвеса ламп 1,5 м с углом рассеивания 90° на рабочую площадь бокса (4)

Статистический анализ полученных данных осуществляли при помощи системы R для Windows (версия 3.6).

Приведены средние значения и ошибки средних (\pm). Сравнение групп производилось при помощи критерия Манна – Уитни для наблюдений, законы распределения которых отличны от нормального. В случае нормального распределения использовался t-тест. Различия между группами признавали достоверными при уровне вероятности (P), не превышающей 0,05.

Результаты исследования. Использование биопрепаратов Агрофил и Флавобактерин обеспечило высокий процент укоренения/выживания

черенков и наиболее мощное развитие корневой системы по сравнению с контрольными образцами на обычной воде, где под конец эксперимента выжило всего 25 % растений (рис. 2). При этом образование каллуса на участке среза стебля при симбиотических взаимоотношениях растений с бактериями наблюдалось уже на 15-е сут. роста.

В первые 30 сут. роста у зеленолиственного сорта при применении обоих биопрепаратов было отмечено опадание большого количества листьев при активном запуске роста корней в сравнении с пестролистной формой (рис. 3, 4). Вероятно, это связано с перераспределением биохимических реакций внутри растений, направленных на

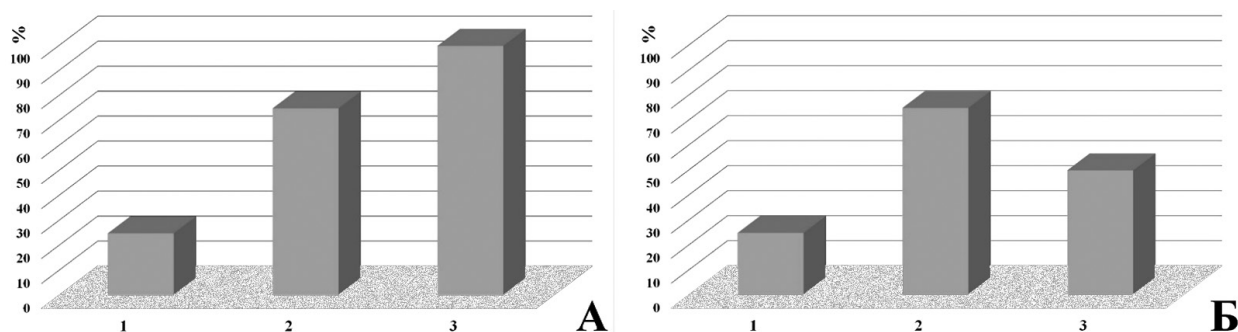


Рис. 2 – Процент укоренения черенков фикуса при использовании биопрепаратов. Виды фикуса: А – пестролистный; Б – зеленолиственный; Варианты: 1 – контрольный; 2 – применение препарата Агрофил; 3 – применение препарата Флавобактерин



Рис. 3 – Влияние биосуспензии на укоренения сортов *F. benjamina* (срок 30 сут.):
 А – фикус пестролистный; Б – фикус зеленолистный; варианты: 1 – контрольный; 2 – применение препарата Агрофил; 3 – применение препарата Флавобактерин



Рис. 4 – Влияние биосуспензии на укоренения сортов *F. benjamina* (срок 45 сут.):
 А – фикус пестролистный; Б – фикус зеленолистный; варианты: 1 – контрольный; 2 – применение препарата Агрофил; 3 – применение препарата Флавобактерин

1. Динамика изменения морфологических показателей укоренённых черенков фикуса при использовании биопрепаратов

Вид/Вариант	Фикус пестролистный			Фикус зеленолистный		
	количество листьев, шт	количество корней, шт	длина корней, см	количество листьев, шт	количество корней, шт	длина корней, см
30 сут.						
Контрольный	7,0±0,1	–	–	1,0±0,1	–	–
Агрофил	11,0±0,3	3,0±0,3	1,2±0,7	5,0±1,6	6,0±0,1	2,3±1,5
Флавобактерин	12,0±1,1	2,0±0,5	1,3±1,2	9,0±0,7*	4,0±0,5	3,4±0,6
45 сут.						
Контроль	2,0±0,1	1,0±0,1	6,0±0,1	1,0±0,1	1,0±0,1	6,0±0,1
Агрофил	8,0±0,5	7,4±0,6*	4,4±1,2	10,0±0,8*	9,0±0,1*	6,1±1,2
Флавобактерин	10,0±0,8	6,3±1,2*	7,0±0,6*	11,0±0,3*	6,3±0,4	7,5±0,8

Примечание: * P < 0,05

поступление питательных веществ в подземную часть. На 45-е сут. после обновления раствора биосуспензии данный эффект быстро нивелировался, и число вегетативных органов выровнялось в обоих вариантах.

Средние значения морфометрических показателей на двух точках замера роста для всех вариантов опыта приведены в таблице 1.

Выводы. Благодаря использованию биопрепаратов на макросимбионтах, в роли которых выступают декоративные растения рода Фигус, можно добиться существенной стимуляции их роста и приживаемости черенков за счёт активной колонизации их тканей полезной микрофлорой.

В условиях закрытого грубокса подобный этап размножения возможно осуществлять в течение практически всего календарного года, моделируя процессы метаболизма внутри данного сообщества при помощи создания нужного микроклимата и энергоспектральной фотоиндукции.

Литература

1. Ван дер Неер Я. Всё об очищающих воздух комнатных растениях. СПб.: СЗКЭО, 2015. 80 с.
2. Глухов А.З., Стрельников И.И. Фитонцидная эффективность и морфометрическая изменчивость видов рода *Ficus* L. // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2011. № 1. С. 51–57.
3. Миронова Ю.В., Сорокопудов В.Н. Перспективы использования представителей рода *Ficus* в фитодизайне помещений // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2009. № 5 (32). С. 27–30.
4. Серая А.С., Цыбуля Н.В., Дульцева Г.Г. Перспективы использования некоторых видов рода *Ficus* L. в интерьерах для очистки воздуха от формальдегида // Проблемы региональной экологии. 2008. № 4. С. 58–60.
5. Серая А.С., Цыбуля Н.В., Дульцева Г.Г. Роль растений рода *Ficus* L. в очистке газовой среды обитания человека // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Биология, клиническая медицина. 2008. Т. 6. № 3–2. С. 37–42.
6. Серая, А.С., Дульцева Г.Г., Цыбуля Н.В. Экспериментальное изучение поглощения формальдегида некоторыми видами рода *Ficus* L. // Современные проблемы фитодизайна. Белгород, 2007. С. 374–379.
7. Стрельников И.И., Глухов А.З., Николаева А.В. Потенциальное терапевтическое действие летучих выделений представителей рода *Ficus* L. // Промышленная ботаника. 2017. Т. 17. С. 72–79.
8. Миронова Ю.В., Сорокопудова О.А. Биологические особенности размножения некоторых представителей рода *Ficus* L. в культуре in vitro // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2011. № 15–2 (104). С. 16–20.
9. Яворская Е.С., Николаева А.В. Особенности вегетативного размножения культиваров *Ficus benjamina* L. в условиях защищённого грунта Донецкого ботанического сада // Промышленная ботаника. 2016. Т. 15–16. С. 170–176.
10. Завалин А.А., Кожемяков А.П. Новые технологии производства и применения биопрепаратов комплексного действия. СПб: Химиздат, 2010. 64 с.
11. Кожемяков А.П., Тимофеева С.В., Попова Т.А. Разработка и перспективы использования биопрепаратов комплексного действия // Защита и карантин растений. 2008. № 2. С. 42–43.
12. Imran M., Rasool N., Rizwan K., Zubair M., Riaz M., Zia-Ul-Haq M., Rana A.E., Nafady A., Jaafar H.Z. Chemical composition and Biological studies of *Ficus benjamina*. 2014. Chemistry Central Journal, 8 (1), 12.
13. Rao K.S., Anand S., Venkateswarlu P. Adsorption of cadmium from aqueous solution by *Ficus religiosa* leaf powder and characterization of loaded biosorbent // Clean: Soil, Air, Water. 2011. Т. 39. № 4. P. 384–391.
14. Richa, Swati K., Rai S., Agrahari P., Singh V.K., Singh D.K. *Ficus religiosa* tree leaves as bioindicators of Heavy Metals in Gorakhpur City, Uttar Pradesh, India // Pharmacognosy Journal. 2018. Т. 10. № 3. P. 416–420.
15. Da Cruz, R.C., Agertt, V., Boligon, A. A., Janovik, V., Anraku de Campos, M. M., Guillaume, D., Athayde, M. L. *In vitro* antimycobacterial activity and HPLC–DAD screening of phenolics from *Ficus benjamina* L. and *Ficus luschnathiana* (Miq.) Miq. Leaves // Natural Product Research, 2012. 26(23), 2251–2254.
16. Gray E.J., Smith D.L. (2005) Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signalling processes. Soil BiolBiochem 37:395–412.
17. Sharakshane A. An easy estimate of the PFDD for a plant illuminated with white LEDs: 1000 lx = 15 $\mu\text{mol/s/m}^2$ // BioRxiv. 2018. doi:10.1101/289280.