

Р.А. Загуменный

УКОРЕНЯЕМОСТЬ ЧЕРЕНКОВ *CITRUS LIMON* (L.) BURM. CV. УДАРНИК ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМАХ

черенкование, укореняемость, длина листовой пластинки, длина и количество придаточных корней, температурный режим

Введение

Одним из наиболее распространенных способов размножения *Citrus limon* (L.) Burm. является метод стеблевого черенкования, при котором посадочный материал сохраняет все особенности и свойства материнского растения, а также сравнительно быстро вступает в плодоношение. Общепринятые методики черенкования предлагают укоренение черенков *C. limon* в благоприятном для ризогенеза температурном режиме [1–3, 5–9], однако далеко не всегда возможно его обеспечение. Поэтому изучение эффективности черенкования в неблагоприятных температурных условиях представляется весьма важным и актуальным. Укорачивание листьев может способствовать снижению негативного воздействия повышенных температур на черенки лимона, так как с уменьшением листовой поверхности снижается степень преобладания испарения над поступлением воды, неизбежно возникающим при температурах, превышающих оптимальные для черенков лимона 20–25⁰С [5]. Подогрев нижней части черенка на 3–6⁰С стимулирует приток в нее питательных веществ из остальных частей, что, в свою очередь, стимулирует закладку меристематических очагов с последующим формированием зачатков придаточных корней [6].

Цели и задачи

Целью данного исследования является выявление оптимальных условий укоренения черенков *C. limon* cv. Ударник при различных температурных режимах. В связи с этим поставлены следующие задачи: определение зависимости ризогенной способности черенков *C. limon* cv. Ударник от размера листовых пластинок при укоренении в неблагоприятном температурном режиме и от температурного градиента между нижними и верхними участками черенков.

Объекты и методики исследований

Объект изучения, *C. limon*, является плодовым и лекарственным растением. Материал исследования – полуодревесневшие черенки, срезанные из прироста побегов текущего года.

Укоренение черенков проводили в фондовых оранжереях Донецкого ботанического сада. В работе использованы общепринятые методики черенкования [1–3, 5–9]. Черенки укореняли в пластиковых контейнерах объемом 22 л. В качестве субстрата использовали смесь низинного торфа с крупнозернистым кварцевым песком в соотношении 1 : 1. Высота субстрата в контейнерах составляла 8 см, глубина посадки черенков в субстрат – 2–3 см.

Для определения влияния длины листовых пластинок на укореняемость в неблагоприятном температурном режиме заготавливали черенки трех вариантов (по 20 штук в каждом):

- 1) черенки с 3–5 целыми листьями (вариант с нормальной длиной листа);
- 2) черенки с 3–5 обрезанными на 1/3 листьями (вариант с 0,7 нормальной длины листа);
- 3) черенки с 3–5 обрезанными на 1/2 листьями (вариант с 0,5 нормальной длины листа).

© Загуменный Р.А.

Черенки укореняли в течение двух месяцев: с 3-ей декады июня по 3-ю декаду августа. Длина светового дня во время проведения исследования уменьшалась с 16 до 14 часов. Уровень освещенности внутри контейнеров на протяжении всего периода укоренения измеряли в 12^{00} : в 3-ю декаду июня он составлял в среднем 6850 лк, в 3-ю декаду августа его среднее значение было около 4300 лк. Температуру субстрата и воздуха внутри контейнеров измеряли в 7^{30} и в 12^{00} . При укоренении постоянно t субстрата = t воздуха и составляла от +21 до +28°C в 7^{30} часов и от +29 до +40°C в 12^{00} , суточный перепад температур был в пределах 8–12°C.

Для изучения влияния на корнеобразование температурного градиента между верхними и нижними участками черенков исследуемый материал *C. limon* cv. Ударник с обрезанными на 1/2 листьями разделили на 2 варианта, укореняемых в различном температурном режиме (по 21 штуки в каждом):

1) без подогрева субстрата, при отсутствии температурной разницы между субстратом и воздухом;

2) при нижнем подогреве субстрата, с постоянной температурной разницей между субстратом и воздухом.

Укоренение черенков происходило в течение двух месяцев: с 3-ей декады сентября по 3-ю декаду ноября. Длина светового дня во время проведения исследования составляла 12–9 часов. Уровень освещенности внутри контейнеров измеряли в 12^{00} : в 3-ю декаду сентября его среднее значение было около 6000 лк, в 3-ю декаду ноября в среднем он составлял 430 лк. Температуру субстрата и воздуха внутри контейнеров измеряли в 12^{00} на протяжении всего периода укоренения. Температура субстрата без подогрева была от +15 до +25°C, постоянно t субстрата = t воздуха. Температура подогреваемого субстрата варьировала от +19 до +29°C, постоянно t субстрата > t воздуха на 2–9°C. Среднесуточный перепад температуры воздуха в этот период был в пределах 10–12°C.

Анализ состояния черенков проводили через 2 месяца после закладки опытов. Для этого определяли % укоренившихся черенков от их общего количества, а также измеряли и суммировали длину и количество корней в каждой исследуемой группе черенков.

Статистическая значимость различий между длиной листовых пластинок черенков и длиной их придаточных корней установлена путем проведения однофакторного дисперсионного анализа полученных данных [4]. Для определения различий в вариантах по фактору «длина листа» проведен апостериорный анализ с использованием теста Тьюки [12]. Установление значимости различий между средними длинами корней черенков при разных температурных режимах определяли тестированием. В связи с присутствием различий в вариациях выборок использован параметрический тест Уэлча для независимых выборок [12]. Значимость различий по показателю «длина корней» в выборках определяли с использованием непараметрического W-критерия Вилкоксона [11].

Результаты исследований и их обсуждение

Изучение влияния размера листовых пластинок на ризогенез в условиях повышенных температур полуодревесневших черенков *C. limon* cv. Ударник показало, что укореняемость черенков с обрезанными на 1/2 листовыми пластинками на 10 % выше, чем у черенков с целыми и на 5 % выше, чем у укороченными на 1/3 (табл. 1).

Укореняемость черенков с целыми листовыми пластинками на 5 % выше, чем у укороченными на 1/3. Максимальное среднее значение общей длины придаточных корней отмечено у варианта черенков с обрезанными на 1/2 листовыми пластинками. Так, придаточные корни у этого варианта черенков в среднем на 0,9 см длиннее, чем у варианта черенков с целыми листовыми пластинками и на 0,45 см длиннее, чем у варианта черенков с обрезанными на 1/3 листьями. Различие по данному показателю между вариантами черенков с целыми листовыми пластинками и с листовыми пластинками, обрезанными на 1/3, в среднем 0,45 см.

Таблица 1. Зависимость укореняемости полуодревесневших черенков *Citrus limon* (L.) Burm. cv. Ударник от размера листовых пластинок в условиях повышенных температур.

Листовые пластинки	Укореняемость черенков, %	Общая длина придаточных корней, см	Общее количество придаточных корней, шт.
		M ± m	
Целые	15,0	5,1 ± 0,65	1,33 ± 0,32
Обрезаны на 1/3	20,0	5,55 ± 0,82	3,75 ± 0,47
Обрезаны на 1/2	25,0	6,0 ± 0,69	5,0 ± 0,44

Примечание: M ± m – среднее арифметическое ± ошибка среднего.

При анализе общего количества придаточных корней на исследуемых черенках его максимальное значение отмечено у черенков с обрезанными на 1/2 листовыми пластинками. Так, у черенков этого варианта придаточных корней образовалось в среднем на 3,67 шт. больше, чем у черенков с целыми листовыми пластинками и на 1,25 шт. больше, чем у черенков с обрезанными на 1/3 листовыми пластинками. У черенков с целыми листовыми пластинками этот показатель на 2,42 шт. выше, чем у варианта черенков с листовыми пластинками, укороченными на 1/3.

Согласно дисперсионному анализу, влияние длины листовых пластинок на длину образовавшихся корней можно признать статистически значимым ($F(2, 12) = 5,054$, p -значение = 0,0256). Результаты апостериорного анализа с использованием теста Тьюки занесены в таблицу 2.

Таблица 2. Различия между вариантами черенков по длине листовых пластинок (тест Тьюки).

Комбинации классов	Разность средних	Нижний ДИ*	Верхний ДИ	Скорректированное р-значение
0,7– 0,5	– 1,56	– 4,028507	0,9085068	0,2501466
1,0 – 0,5	– 2,94	– 5,408507	– 0,4714932	0,0201673
1,0 – 0,7	– 1,38	– 3,848507	1,0885068	0,3291049

Примечание: ДИ* – доверительный интервал.

По результатам апостериорного анализа Тьюки, значимые различия отмечены между вариантами с целыми листовыми пластинками и укороченными на 1/2. Разность средней длины корней между этими вариантами составляет (–2,94) см при скорректированном р-значении теста, равном 0,02. Средняя длина корней у варианта черенков с укороченными на 1/2 листовыми пластинками больше на $2,94 \pm (95\% \text{ ДИ}) 2,47$ см, чем у варианта черенков с целыми листовыми пластинками. Различия между остальными парами вариантов не подтвердились.

Так как на развитие придаточных корней в значительной степени влияет внешняя среда, контакт с которой осуществляется в первую очередь через листья, изменение площади их поверхности может в какой-то мере изменить степень этого влияния. Следует отметить, что наиболее длинные придаточные корни, развившиеся в неблагоприятном температурном режиме укоренения, отмечены только у варианта черенков с укороченными на 1/2 длины листовыми пластинками, а у черенков с укорачиванием листовых пластинок на 1/3 их длины, длина придаточных корней значимо не отличается от таковой у черенков с целыми листовыми пластинками. Поэтому для изучения влияния температурного градиента между

верхними и нижними участками черенков на корнеобразование взяли вариант с укороченными на 1/2 длины листовыми пластинками.

Результаты, полученные при проведении исследования влияния температурных режимов укоренения на показатели укореняемости черенков *C. limon*, приведены в таблице 3.

Таблица 3. Влияние температурных режимов субстрата и воздуха на укореняемость и формирование придаточных корней у полуодревесневших черенков *Citrus limon* (L.) Burm. cv. Ударник.

Температурный режим	Укореняемость черенков, %	Общее количество придаточных корней, шт.	Общая длина придаточных корней, см
		M ± m	
t субстрата = t воздуха	66,6	3,0 ± 0,53	5,93 ± 1,0
t субстрата > t воздуха	76,6	21,2 ± 2,22	84,8 ± 11,3

Примечание: M ± m – среднее арифметическое ± ошибка среднего.

Из данных таблицы 3 видно, что температурный режим укоренения оказывает влияние на ризогенез черенков *C. limon*: у черенков, укоренявшихся с постоянной температурной разницей между субстратом и воздухом, показатель укореняемости выше на 10%, чем у черенков, укоренявшихся при отсутствии температурной разницы.

Постоянная температурная разница в 2–9°С между субстратом и воздухом также оказала влияние на общую длину придаточных корней у черенков: ее среднее значение у черенков, укоренявшихся с постоянной температурной разницей между субстратом и воздухом на 78,8 см выше, чем у черенков, укоренявшихся при ее отсутствии.

Влияние температурных режимов укоренения на ризогенез также наблюдается при сравнении средних значений общего количества корней на черенках, образованных при различных температурных режимах: у черенков, укоренявшихся при постоянной t субстрата > t воздуха на 2–9°С, среднее значение общего количества корней примерно в семь раз превышает этот показатель у черенков, укоренявшихся при отсутствии температурной разницы, когда t субстрата = t воздуха (см. табл. 3).

Значимость различий оценивали с помощью теста Уэлча. Согласно результатам теста (T (13,2) = (- 6,953), p-значение = 9,214×10⁻⁶). Нулевая гипотеза отвергается при уровне значимости 0,05. Таким образом, средняя длина корней у варианта черенков с температурным режимом укоренения при t субстрата = t воздуха достоверно меньше, чем у варианта с t субстрата > t воздуха, наблюдаемые различия составляют (- 78,88) см ± (95% ДИ) 24,472 см.

В связи с дискретностью показателя «количество корней» использован непараметрический W-критерий Вилкоксона. Тестируемая нуль гипотеза – сдвиг распределений в группах по количеству корней равен 0. Согласно результатам теста (W-статистика = 0,5, размеры выборок m = n = 21, p-значение = 7,673×10⁻⁶), нулевая гипотеза отвергается при выбранном уровне значимости, следовательно, температурный режим значимо влияет на количество образующихся корней.

Наблюдаемые различия в реакции черенков на температурный режим укоренения могут быть объяснены различной физиологической активностью в апикальной и базальной частях черенка при дифференцированной температуре субстрата и воздуха.

Выводы

При укоренении полуодревесневших черенков *C. limon* св. Ударник в условиях повышенных температур рекомендуется укорачивание листовых пластинок на 1/2 их длины. Для продуктивного укоренения черенков в осенние месяцы при температуре воздуха от +15 до +25° С и освещенности 6000–430 лк, оптимален температурный режим с t субстрата > t воздуха на 2–9° С (t подогреваемого субстрата от +19 до +29° С).

1. **Гаврилов Г.С.** Комнатные лимоны. М.: Московский рабочий, 1955. 44 с.
Gavrilov G.S. Komnatnye limony [Pot lemons]. Moscow: Moskovskiy rabochiy, 1955. 44 p.
2. **Глухов О.З., Довбиш Н.Ф.** Прискорене розмноження малопоширених деревних листяних рослин на південному сході України. Донецьк: Либідь, 2003. 162 с.
Glukhov O.Z., Dovbish N.F. Priskorene rozmnozhennya maloposhirenikh derevnykh lystyanykh roslyn na pivdennomu skhodi Ukrainy [Accelerated propagation of less common arboreal deciduous plants in the south-east of Ukraine]. Donetsk: Lybid, 2003. 162 p.
3. **Гребинский С.О.** Рост растений. Изд-во Львовского университета, 1961. 296 с.
Grebinskiy S.O. Rost rasteniy [Plant growth]. Izd- Lvovskogo universiteta, 1961. 296 p.
4. **Зайцев Г.Н.** Математическая статистика в экспериментальной ботанике.- М. : Наука, 1984, 424 с.
Zaytsev G.N. Matematicheskaya statistika v eksperimentalnoy botanike [Mathematical statistics in experimental botany]. Moscow: Nauka, 1984, 424 p.
5. **Зиньковский В.М.** Комнатная культура лимона. Moscow: Сельхозгиз, 1956. 29 с.
Zinkovskiy V.M. Komnatnaya kultura limona [Lemons, cultivated in pots].-Moscow: Selkhozgiz, 1956. 29 p.
6. **Иванова З.Я.** Биологические основы и приемы вегетативного размножения древесных растений стеблевыми черенками. К.: «Наукова думка», 1982. 288 с.
Ivanova Z.Ya. Biologicheskie osnovy i priemy vegetativnogo rozmnozheniya drevesnykh rasteniy steblevymi cherenkami [Biological grounding and vegetative propagation techniques of arboreal plants by stem cuttings]. Kiev: «Naukova dumka», 1982. 288 p.
7. **Комиссаров Д.А.** Биологические основы размножения древесных растений черенками. М.: «Лесная промышленность», 1964. 292 с.
Komissarov D.A. Biologicheskie osnovy rozmnozheniya drevesnykh rasteniy cherenkami [Biological background of woody plants' propagation by cuttings]. М.: «Lesnaya promyshlennost'», 1964. 292 p.
8. **Правдин Л.Ф.** Вегетативное размножение растений. Теория и практика. М.; Л.: «Сельхозгиз», 1938. 232 с.
Pravdin L.F. Vegetativnoe rozmnozhenie rasteniy. Teoriya i praktika [Vegetative propagation of plants. Theory and practice]. – М.; Л.: «Selkhozgiz», 1938. 232 p.
9. **Турецкая Р.Х.** Приемы ускоренного размножения растений путем черенкования. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1919. 198 с.
Turetskaya R.Kh. Priemy uskorennoho rozmnozheniya rasteniy putem cherenkovaniya [The methods of accelerated plant propagation by stem cutting]. М.; Л.: Izd-vo AN SSSR, 1919. 198 p.
10. **Principles of propagation by cuttings** // dept.ca.edu /PLS 440/lectures/cuttings/rooting-physhormones.pdf.
11. **Hollander M., Wolfe D.A., Chicken E.** Nonparametric Statistical Methods, 3rd Edition, NY: Wiley, 2014, 848 p.
12. **Zuur A.F. et al.** Mixed effects models and extensions in ecology with R, NY: Springer, 2009. 574 p.

ГУ «Донецкий ботанический сад»

Поступила 13.07.2016

УДК 58.01/02:582.751.9

УКОРЕНЯЕМОСТЬ ЧЕРЕНКОВ *CITRUS LIMON* (L.) BURM. CV. УДАРНИК ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМАХ

Р.А. Загуменный

ГУ «Донецкий ботанический сад»

Изучена зависимость длины и количества образуемых придаточных корней от длины листовой пластинки у полуодревесневших черенков *Citrus limon* (L.) Burm. cv. Ударник при укоренении в условиях повышенных температур. Наиболее развитая корневая система отмечена у черенков с укороченными на 1/2 листьями. Максимально длинные придаточные корни развились у черенков, укоренявшихся с постоянной температурной разницей между субстратом и воздухом при $t_{\text{субстрата}} > t_{\text{воздуха}}$ на 2–9 °С. Для продуктивного осеннего черенкования при температуре воздуха от +15 до +25 °С и освещенности 6000–430 лк рекомендована температура субстрата, постоянно превышающая $t_{\text{воздуха}}$ на 2–9 °С.

Ключевые слова: черенкование, укореняемость, длина листовой пластинки, длина и количество придаточных корней, температурный режим

UDC 58.01/02:582.751.9

ROOTING PERCENTAGE OF *CITRUS LIMON* (L.) BURM. CV. UDARNIK IN VARIOUS TEMPERATURE CONDITIONS

R.A. Zagumenny

Public Institution «Donetsk Botanical Garden»

The relationships of formed adventitious roots' length and number to leaf lamina length were studied in half-woody cuttings of *Citrus limon* (L.) Burm. cv. Udarnik in high temperature rooting conditions. In the cuttings with half-shortened leaf blades the root system was the most developed. The longest adventitious roots were generated when difference between substrate and air temperature was 2–9 °C. For efficient autumn cutting with air temperature of +15–25 °C and luminance of 6000–430 lx we suggest soil temperature to exceed constantly air temperature for 2–9 °C.

Key-words: cutting, rooting percentage, leaf length, adventitious root length and number, temperature regime