

УДК 635.92:582.477:631.535.4:631.811.98

А. Ф. Келько, аспирант (ЦБС НАН Беларуси);

В. И. Торчик, заведующий сектором декоративного садоводства (ЦБС НАН Беларуси)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯНТАРНОЙ КИСЛОТЫ
ДЛЯ СТИМУЛИРОВАНИЯ КОРНЕОБРАЗОВАНИЯ
ПРИ ЧЕРЕНКОВАНИИ ДЕКОРАТИВНЫХ ФОРМ ВИДОВ РОДА *JUNIPERUS L.***

В статье представлены результаты исследования по использованию янтарной кислоты (ЯК) при укоренении стеблевых черенков пяти декоративных форм видов рода *Juniperus L.* Установлено, что применение для обработки стеблевых черенков водных растворов ЯК способствует увеличению их укореняемости на 10–23%, а также улучшению развития корневых систем в зависимости от культивара и концентрации раствора. При вегетативном размножении некоторых культиваров обработка стеблевых черенков водными растворами ЯК является более эффективной, чем растворами часто рекомендуемой ИМК.

Studies on using of succinic acid (SA) for rooting stem cuttings of five *Juniperus L.* cultivars are reported. It is established that the treatment of stem cuttings by SA water solutions enhances rooting ability on 10–23% and makes better development of root systems in dependence on cultivar and solution concentration. The treatment of stem cuttings by SA water solutions is more effective than by often recommended IBA for some cultivars cutting propagation.

Введение. В настоящее время для увеличения эффективности вегетативного размножения растений с низкой и средней укореняемостью черенков широко используются такие синтетические регуляторы роста, как индолилуксусная (ИУК), индолилмасляная (ИМК) и нафтилуксусная (НУК) кислоты [1, 2], причем ряд авторов отмечают наибольший положительный эффект при обработке черенков ИМК, нежели другими регуляторами роста [3, 4]. Однако, указанные вещества обладают существенными недостатками, среди которых высокая токсичность, что требует от работника осторожного обращения с ними на производстве, в частности защитит дыхательных путей, глаз и кожи. Исследователями выявлено отрицательное действие синтетических регуляторов роста на клетки живых организмов, в том числе генетический аппарат. Эти соединения индуцируют различные хромосомные аберрации – отставание хромосом, обломки хромосом и др. [5, 6]. К недостаткам следует также отнести и высокую стоимость регуляторов роста. Все это служит основанием для поиска других более дешевых и безопасных биологически активных веществ, способных повысить укореняемость черенков ценных культиваров и не отличающихся по своей эффективности от указанных синтетических регуляторов роста.

Так, А. Т. Нурманбетова и другие [7] использовали для обработки черенков ряда представителей родов *Abies Mill.*, *Picea Dietr.* и *Pinus L.* растворы меда, сока алоэ, смеси меда и сока алоэ, экстрактов из клубней картофеля. Однако эффективность применения этих веществ остается спорной. V. A. Agampodi и B. Jayawardena [8] исследовали возможность использования кокосового молока при черенковании *Dracaena purplecompacta L.* Кокосовое молоко богато пи-

тательными веществами и содержит природные регуляторы роста, в том числе и ИУК. В результате было установлено, что эффект от применения растворов кокосового молока сравним с действием растворов синтетической ИУК.

Следует отметить, что в последние годы возрос интерес к такому экологически безопасному биологически активному веществу, как янтарная кислота (ЯК) [9], которая представляет собой низшую дикарбоновую кислоту [10] и является обязательным компонентом обмена веществ в организме животных и растений [11]. ЯК активизирует метаболические процессы, повышая устойчивость организма к различным стрессам [12, 13].

Промышленное получение вещества осуществляется либо из природного янтаря, либо путем химического синтеза, либо при помощи биосинтеза микроорганизмами, причем последний способ является более предпочтительным [14, 15].

ЯК находит широкое применение в пищевой промышленности [16], медицине [17], животноводстве [18], растениеводстве [19].

Таким образом, учитывая регуляторное действие ЯК, которая улучшает тканевое дыхание, увеличивая потребление кислорода клетками и объем энергии, необходимый для биосинтеза [20], по-видимому, возможно ее использование при вегетативном размножении растений для обработки черенков с целью увеличения их укореняемости.

Сегодня вопрос о влиянии ЯК на корнеобразование у черенков изучен достаточно слабо, а в отношении черенкования хвойных растений данные нам не встречались. Поэтому целью исследования было определить эффективность применения ЯК для стимулирования корнеобразования у черенков при вегетативном раз-

множении некоторых перспективных декоративных форм хвойных растений в сравнении с эффективностью применения ИМК как наиболее часто используемого регулятора роста.

Основная часть. Объектами исследования служили 5 декоративных форм трех видов рода *Juniperus* L.

Черенкование проводили во 2-й декаде января 2010 г. В качестве черенков использовали боковые побеги с «пяткой». Черенки связывали в пучки по 20 шт. и погружали основаниями на глубину 1,5–2,0 см на 24 ч в водные растворы регуляторов роста различных концентраций. Использовали растворы ЯК трех концентраций – 0,01%, 0,02% и 0,03%, и ИМК также трех кон-

центраций – 0,0025%, 0,005% и 0,01% [21–23]. Контроль – дистиллированная вода. Субстратом служила смесь верхового торфа и песка в соотношении 1 : 1 по объему. Укоренение проходило в отопляемой теплице в условиях искусственного тумана. Культивационные гряды укрывали спанбондом для предупреждения солнечных ожогов.

Учет результатов проводили через 10 мес. после черенкования. Определяли укореняемость черенков и основные параметры корневых систем. Достоверность различий устанавливали с помощью U-критерия Манна-Уитни.

Результаты исследования представлены в таблице.

Укореняемость и развитие корневых систем черенков декоративных форм видов рода *Juniperus* в зависимости от обработки водными растворами регуляторов роста

Название растения	Вещество	Концентрация раствора, %	Укореняемость черенков, %	Количество скелетных корней, шт.	Длина скелетных корней, см	Количество порядков ветвления корней, шт.
<i>J. chinensis</i> L. 'Blue Point'	Вода	–	5,0	1,2 ± 0,2	0,5 ± 0,03	1
	ИМК	0,0025	20,0	1,3 ± 0,3	3,5 ± 0,6 a	1
		0,0050	13,3	1,3 ± 0,3	10,9 ± 3,3 a	2
		0,0100	13,0	1,5 ± 0,5	6,2 ± 2,0 a	1
	ЯК	0,0100	13,3	1,3 ± 0,3	0,5 ± 0,03	1
		0,0200	20,0	1,3 ± 0,3	11,9 ± 3,5 ab	2
0,0300		0	–	–	–	
<i>J. scopulorum</i> Sarg. 'Blue Arrow'	Вода	–	45,0	4,8 ± 0,5	6,4 ± 0,7	3
	ИМК	0,0025	26,7	2,7 ± 0,3 a	6,5 ± 0,8 b	2
		0,0050	100,0	4,7 ± 0,3	3,8 ± 0,3 a	3
		0,0100	100,0	15,0 ± 1,0 ab	5,1 ± 0,5	3
	ЯК	0,0100	40,0	5,0 ± 0,6 b	8,6 ± 1,2	3
		0,0200	60,0	1,2 ± 0,2 a	11,2 ± 1,2 a	3
0,0300		60,0	1,8 ± 0,2 a	15,4 ± 1,9 ab	3	
<i>J. scopulorum</i> Sarg. 'Skyrocket'	Вода	–	30,0	1,9 ± 0,3	8,9 ± 0,5	2
	ИМК	0,0025	66,7	2,1 ± 0,2	5,4 ± 0,8 a	2
		0,0050	85,0	1,9 ± 0,3	7,4 ± 0,4 b	3
		0,0100	66,0	3,6 ± 0,4 ab	5,0 ± 0,5 a	2
	ЯК	0,0100	53,3	1,6 ± 0,3	9,4 ± 0,4	3
		0,0200	53,3	2,1 ± 0,4	9,5 ± 0,8	2
0,0300		40,0	1,6 ± 0,4	5,9 ± 0,4 ab	2	
<i>J. virginiana</i> L. 'Burkii'	Вода	–	5,0	1,3 ± 0,3	4,0 ± 0,1	2
	ИМК	0,0025	0	–	–	–
		0,0050	6,7	1,3 ± 0,3	2,3 ± 0,1 a	1
		0,0100	10,0	1,7 ± 0,3	10,1 ± 0,5 ab	2
	ЯК	0,0100	15,0	2,7 ± 0,3 a	12,0 ± 0,5 ab	2
		0,0200	25,0	2,0 ± 0,4	7,8 ± 0,6 a	3
0,0300		5,0	2,7 ± 0,3 a	8,6 ± 0,4 a	2	
<i>J. virginiana</i> L. 'Grey Owl'	Вода	–	75,0	3,3 ± 0,3	12,9 ± 1,4	3
	ИМК	0,0025	73,3	1,2 ± 0,2 a	16,7 ± 0,7 b	2
		0,0050	15,4	3,4 ± 0,2	12,3 ± 0,9	2
		0,0100	10,0	6,8 ± 0,8 ab	8,6 ± 0,5 a	2
	ЯК	0,0100	93,3	1,6 ± 0,3 a	16,0 ± 0,8 b	3
		0,0200	93,3	3,1 ± 0,3 b	14,5 ± 0,7	3
0,0300		80,0	2,2 ± 0,3	10,5 ± 1,0	3	

Примечание. $M \pm m$, где M – среднее значение; m – ошибка среднего; различия достоверны при $P < 0,05$ в зависимости от обработки регулятором роста (a) и концентрации раствора (b).

Установлено, что у черенков *J. chinensis* L. 'Blue Point' без обработки регуляторами роста отмечается низкая укореняемость черенков, а также слабое развитие корневых систем. Обработка черенков культивара водными растворами регуляторов роста способствовала увеличению количества укорененных черенков на 8–15%. Оптимальной концентрацией раствора ИМК оказалась 0,005%, так как при этом укореняемость увеличилась на 8,3% по сравнению с контролем, а также сформировались наиболее развитые корневые системы с двумя порядками ветвления корней. Аналогичный результат был получен при использовании для обработки черенков *J. chinensis* L. 'Blue Point' 0,02%-ного раствора ЯК.

Как следует из таблицы, при размножении декоративных форм *J. scopulorum* Sarg. обработка черенков растворами ЯК способствует увеличению укореняемости по сравнению с контролем, однако, для данных культиваров более эффективным оказалось применение ИМК.

Так, укореняемость черенков формы 'Blue Arrow', обработанных 0,005 и 0,01%-ными растворами ИМК, увеличилась на 55% по сравнению с контролем, в то время как использование 0,02 и 0,03%-ных растворов ЯК позволило получить только на 15% больше укорененных черенков. Следует отметить, что обработка черенков ИМК значимого влияния на развитие корневых систем не оказала, за исключением варианта с использованием 0,01%-ного раствора, который способствовал увеличению среднего количества корней на черенок примерно в 3,1 раза. Растворы же ЯК привели к уменьшению количества корней по сравнению с контролем, но при этом способствовали увеличению их длины примерно в 2,4 раза. Полученные результаты позволяют предположить, что обработка черенков формы 'Blue Arrow' раствором ЯК с концентрацией вещества более 0,03% может оказаться эффективнее, чем обработка растворами меньшей концентрации, однако, необходимы дальнейшие исследования в данном направлении.

При размножении формы 'Skyrocket' оптимальной оказалась обработка черенков 0,005%-ным раствором ИМК, которая способствовала увеличению укореняемости на 55% по сравнению с контролем, а также формированию наиболее развитых корневых систем, о чем свидетельствует образование корней 3-го порядка ветвления. При использовании ЯК наибольший положительный эффект был получен от обработки черенков 0,01 и 0,02%-ными растворами. При этом укореняемость возросла по сравнению с контролем на 23,3%. Следует от-

метить, что с увеличением концентрации раствора ЯК снижается степень развития корневых систем черенков культивара. Так, у черенков, обработанных раствором ЯК наименьшей концентрации, отмечалось улучшение параметров корневых систем по сравнению с контролем, о чем свидетельствует образование корней 3-го порядка ветвления. 0,02%-ный раствор ЯК не оказал значимого влияния на развитие подземных органов. Раствор же наибольшей концентрации привел к достоверному уменьшению длины корней по сравнению с контролем. Таким образом, можно сделать вывод, что для повышения эффективности размножения формы 'Skyrocket' для обработки черенков необходимо использовать раствор ЯК с концентрацией менее 0,01%.

Исследование показало, у черенков *J. virginiana* L. 'Burkii' низкая укореняемость, однако обработка черенков растворами регуляторов роста позволяет увеличить укореняемость черенков на 5% по сравнению с контролем при использовании 0,01%-ного раствора ИМК и на 20% при использовании 0,02%-ного раствора ЯК, причем в последнем случае у черенков отмечается формирование наиболее развитых корневых систем. Таким образом, обработка черенков *J. virginiana* L. 'Burkii' растворами ЯК является перспективным способом повышения эффективности вегетативного размножения данного культивара.

При размножении *J. virginiana* L. 'Grey Owl' наибольший положительный эффект был получен от обработки черенков 0,01 и 0,02%-ными растворами ЯК. Укореняемость при этом возросла на 18,3% по сравнению с контролем. В развитии же корневых систем существенных изменений не отмечалось. Обработка черенков данного культивара растворами ИМК не только не способствовала повышению эффективности размножения, но и оказала токсичное действие на черенки, что проявилось в уменьшении укореняемости по мере увеличения концентрации раствора. Укорененные черенки при этом характеризовались образованием слабо развитых корневых систем, о чем свидетельствует формирование корней только двух порядков ветвления по сравнению с тремя порядками ветвления у черенков в контроле.

Заключение. Исследование показало, что обработка черенков водными растворами ЯК способствует увеличению укореняемости на 10–23% и улучшению развития корневых систем в зависимости от декоративной формы и концентрации раствора, а для черенкования некоторых культиваров является более эффективной, чем обработка растворами часто рекомендуемой ИМК.

Литература

1. Copes, D. L. Effects of IBA and NAA treatments on rooting Douglas-fir stem cuttings / D. L. Copes, N. L. Mandel // *New Forests*. – 2000. – Vol. 20. – № 3. – P. 249–257.
2. Балицкий, В. Н. Использование индолилуксусной кислоты при зеленом черенковании декоративных хвойных пород / В. Н. Балицкий // Сб. науч. работ студентов и аспирантов / Бел. гос. с.-х. академия. – Минск, 2007. – Вып. 3 : Биология и совершенствование агротехники сельскохозяйственных культур. – С. 13–19.
3. Peroxidases during adventitious rooting in cuttings of *Arbutus unedo* and *Taxus baccata* as affected by plant genotype and growth regulator treatment / D. J. Metaxas [et al.] // *Plant Growth Regulation*. – 2004. – Vol. 44. – № 3. – P. 257–266.
4. Majeed, M. Vegetative propagation of *Aesculus indica* through stem cuttings treated with plant growth regulators / M. Majeed, M. A. Khan, A. H. Mughal // *Journal of Forestry Research*. – 2009. – Vol. 20. – № 2. – P. 171–173.
5. Белоусова, З. П. Генотоксичность производных индола / З. П. Белоусова, Е. С. Селезнева // *Вестник СамГУ*. – 2004. – Второй спец. выпуск. – С. 106–113 (Естественнонаучная серия).
6. Забродина, З. А. Изучение экорегуляторного действия гетероауксина / З. А. Забродина, С. М. Рогачева, П. Е. Кузнецов // *Экологические проблемы промышленных городов: сб. науч. тр. / Саратов. гос. техн. ун-т; под ред. Т. И. Губиной*. – Саратов, 2007. – С. 115–118.
7. Размножение декоративных древесных растений при интродукции / Ф. Т. Нурманбетова [и др.] // *Проблемы современной дендрологии: материалы междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения член-кор. АН СССР П. И. Лапина, Москва, 30 июня – 2 июля 2009 г. / ГБС имени Н. В. Цицина РАН; редкол.: А. С. Демидов [и др.]*. – М., 2009. – С. 257–260.
8. Agampodi, V. A. Effect of coconut (*Cocos nucifera* L.) water extracts on adventitious root development in vegetative propagation of *Draecena purplecompacta* L. / V. A. Agampodi, V. Jayawardena // *Acta Physiologiae Plantarum*. – 2009. – Vol. 31. – № 2. – P. 279–284.
9. Кропоткина, В. В. Влияние сверхмалых доз органических кислот на рост и развитие ряда двудольных растений: автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / В. В. Кропоткина; Алт. гос. ун-т. – Барнаул, 2009. – 22 с.
10. Химическая технология органических веществ: учеб. пособие: в 3 ч. / сост. : М. Ю. Субочева [и др.]. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2009. – Ч. 3. – 80 с.
11. Акопян, В. Б. Янтарное ожерелье здоровья / В. Б. Акопян // *Химия и жизнь*. – 2000. – № 5. – С. 28–30.
12. Влияние производных янтарной кислоты на продуктивность озимой пшеницы / Л. А. Кононенко [и др.] // *Зерновое хозяйство России*. – 2010. – № 3. – С. 9–12.
13. Разработка и применение препаратов на основе янтарной кислоты / В. Ю. Торосов [и др.] // *Ветеринария*. – 2009. – № 3. – С. 48–51.
14. Васудеван, Д. Влияние среды на электросинтез янтарной кислоты на аноде Ti/керамический оксид TiO₂ / Д. Васудеван // *Электрохимия*. – 2009. – Т. 45. – № 11. – С. 1413–1415.
15. Юсупова, А. И. Биосинтез янтарной кислоты дрожжами из этилового спирта / А. И. Юсупова, С. В. Камзолова, Т. Н. Козырева // *Вестник биотехнологии и физико-химической биологии имени Ю. А. Овчинникова*. – 2006. – Т. 2. – № 4. – С. 7–13.
16. Янтарная кислота в производстве кондитерского изделия «Чак-Чак» / З. Мингалеева [и др.] // *Хлебопродукты*. – 2010. – № 2. – С. 52–53.
17. Иванова, А. В. Янтарная кислота в реабилитации новорожденных, перенесших асфиксию / А. В. Иванова, Г. Ф. Султанова // *Вопросы современной педиатрии*. – 2006. – Т. 5. – № 2. – С. 94.
18. Блохин, Г. И. Янтарная кислота и воспроизводительные качества самок норок / Г. И. Блохин, Т. В. Блохина, Е. Н. Селюкова // *Аграрная наука*. – 2007. – № 4. – С. 21.
19. Гущина, Е. Н. Использование янтарной кислоты в качестве стимулятора роста при выращивании саженцев облепихи / Е. Н. Гущина, Л. Д. Шаманская // *Достижения науки и техники АПК*. – 2009. – № 7. – С. 12–14.
20. Афанасьев, В. В. Цитофлавин в интенсивной терапии / В. В. Афанасьев. – СПб.: Мед. акад. последипломного образования, 2005. – 35 с.
21. Ермаков, Б. С. Выращивание саженцев методом черенкования / Б. С. Ермаков. – М.: Лесная пром-сть, 1975. – 152 с.
22. Хромова, Т. В. Совершенствование приемов размножения рябины черенками / Т. В. Хромова, И. П. Петрова // *Бюл. гл. ботан. сада*. – 1988. – Вып. 148. – С. 29–35.
23. Логгинов, В. Б. Декоративные формы ели для парковых композиций и их размножение прививкой / В. Б. Логгинов // *Оптимизация структуры парковых насаждений с использованием интродуцентов: сб. науч. тр. / Дендрологический заповедник «Александрия»; под ред. Н. А. Кохно*. – Киев, 1990. – С. 97–100.

Поступила 27.05.2011