

DOI: 10.31676/0235-2591-2018-5-30-37

Влияние жасмоновой кислоты и пониженной температуры на возможность длительного хранения клоновых подвоев яблони в культуре *in vitro*

И. А. Бьядовский

ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства»,
Москва, Россия

Резюме. Изучена возможность применения жасмоновой кислоты при длительном хранении микрорастений яблони *Malus Mill.* в культуре *in vitro*, при различных температурных режимах. Целью данного исследования являлось изучение возможности снижения скорости роста микрорастений клоновых подвоев яблони при добавлении в питательные среды различных концентраций жасмоновой кислоты, в сочетании с различными температурными режимами депонирования. Исследования проводили на большой выборке клоновых подвоев, находящейся в коллекции *in vitro*: 54-118, 57-490, 57-491, 57-545, 62-396, 69-6-217, ММ 106, М 26, Марк 9. Это позволило получить достаточно разнообразные результаты в разрезе форм клоновых подвоев и различных вариантов питательных сред. При использовании жасмоновой кислоты отмечено ее положительное действие на сохранность микрорастений по сравнению с контрольным вариантом. Культивирование клоновых подвоев яблони при температуре 20...22 °С и использование питательных сред с добавлением жасмоновой кислоты в концентрации 0,25-1,0 мг/л позволяет поддерживать жизнеспособность изученных микрорастений на уровне 4,8-23,8 % через 48 месяцев беспересадочного депонирования. Культивирование при температуре 3...6 °С и использование питательных сред с добавлением жасмоновой кислоты обеспечивает сохранность микрорастений клоновых подвоев яблони на уровне 5,3-52,4 % через 48 месяцев депонирования. Жизнеспособность в результате культивирования при температуре 3...6 °С микрорастений клоновых подвоев яблони выше по сравнению с депонированием при температуре 20...22 °С, причем более высокая отмечена в вариантах с добавлением в питательные среды жасмоновой кислоты. Максимальная сохранность отмечена при культивировании при температуре 3...6 °С, в варианте с добавлением жасмоновой кислоты в концентрации 1,0 мг/л на уровне 21,1-52,4 % (в зависимости от формы клонового подвоя яблони). Депонирование микрорастений яблони в культуре *in vitro* на средах с добавлением жасмоновой кислоты, даже в небольших концентрациях, и при низкой положительной температуре обеспечивает их более высокую жизнеспособность на протяжении 48 месяцев беспересадочного культивирования.

Ключевые слова: клональное микроразмножение, клоновые подвои яблони, *Malus Mill.*, хранение, регуляторы роста, жасмоновая кислота.

Effect of jasmonic acid and reduced temperature on the possibility of long-term storage of apple clonal rootstocks *in vitro*

I. A. Bjadovskiy

All-Russian Horticultural Institute For Breeding, Agrotechnology And Nursery, Moscow, Russia

Адрес для переписки:

Бьядовский Игорь Александрович
ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический
институт садоводства и питомниководства»,
115598, Россия, Москва, ул. Загорьевская, 4
biakarachev@mail.ru

Adress for correspondence:

Bjadovskiy Igor A.
All-Russian Horticultural Institute for Breeding,
Agrotechnics and Nursery,
115598, Russia, Moscow, 4, Zagoryevskaya str.
biakarachev@mail.ru

Образец цитирования:

Бьядовский И. А. Влияние жасмоновой кислоты и пониженной температуры на возможность длительного хранения клоновых подвоев яблони в культуре *in vitro*. Садоводство и виноградарство. 2018;5:30-37
oi: 10.31676/0235-2591-2018-5-30-37
© Бьядовский И. А., 2018

For citation:

Bjadovskiy I. A. Effect of jasmonic acid and reduced temperature on the possibility of long-term storage of apple clonal rootstocks *in vitro*. *Sadovodstvo i vinogradarstvo*. 2018;5:30-37
doi: 10.31676/0235-2591-2018-5-30-37

Abstract. The possibility of using jasmonic acid during long-term storage of microplants of *Malus* Mill. apple was studied in culture *in vitro*, under different temperature regimes. The purpose of this research was to study the possibility of reducing the growth rate of microplants of clonal apple rootstocks, with the addition of various concentrations of jasmonic acid to nutrient media, in combination with different temperature regimes of deposition. The studies were carried out on a large sample of clonal apple rootstocks (found in the *in vitro* collection): 54-118, 57-490, 57-491, 57-545, 62-396, 69-6-217, MM 106, M 26, Mark 9, which made it possible to obtain sufficiently diverse results in the form of clonal rootstocks and various variants of nutrient media. When jasmonic acid was used, its positive effect on the safety of microplants of clonal rootstocks of apple-trees was noted, in comparison with the control variant without its application. Cultivation at +20...22°C and the use of nutrient media with the addition of jasmonic acid in a concentration of 0.25-1.0 mg/l, allows maintaining the viability of the studied micro-plants clonal rootstocks of apple trees at the level of 4.8-23.8%, after 48 months direct deposit. Cultivation at +3...6°C and the use of nutrient media with the addition of jasmonic acid ensures the safety of microplants of clonal rootstocks of apple trees at the level of 5.3-52.4% after 48 months of deposition. Viability at cultivation at +3...6°C of microplants of clonal rootstocks of apple-tree above in comparison with cultivation at +20...22°C, moreover higher is marked in variants with addition of jasmonic acid in nutrient media. The maximum preservation was noted, when cultivated at +3...6°C, in the variant with the addition of jasmonic acid in the concentration of 1.0 mg/l at the level of 21.1-52.4% (depending on the clonal stock). The deposition of apple microplants in an *in vitro* culture on media with the addition of jasmonic acid, even in small concentrations, and at a low positive temperature, ensures their higher viability during 48 months of non-stop culture.

Keywords: clonal micropropagation, apple clonal rootstocks, *Malus* Mill., storage, growth regulators, jasmonic acid.

Введение

Важным направлением в биотехнологии является хранение коллекций растений в культуре *in vitro*. Существует несколько способов сохранения генофонда высших растений. Наиболее простым является культивирование тканей и органов растений *in vitro* с использованием пересадочной культуры и применением различных способов снижения скорости их роста [1]. Одним из простых и распространенных способов хранения коллекций является хранение при низких положительных температурах. Различные виды растений часто различаются по реакции на культивирование при пониженных температурах [2]. Растения умеренного климата обычно хранят при температуре 2...5 °C [3].

Жасмонаты (жасмоновая кислота и метил-жасмоновая кислота) играют ключевую роль в ответных реакциях растений на различные стрессовые факторы, кроме того они участвуют в других гормональных процессах (особенно связанных с этиленом) и влияют на рост и развитие растений [3, 4]. Также они участвуют в сложных специфических взаимодействиях между растениями и стрессовыми факторами (биотические и абиотические) окружающей среды. Жасмонаты могут изменять физиологические процессы в растениях и делают растения более устойчивыми к различным стрессовым факторам, а также повышают их способность к размножению и жизнеспособность [3].

Жасмоновая кислота и метил-жасмоновая кислота имеют важную регуляторную функцию при клональном микроразмножении винограда, лаванды, лилий и других культур, оказывая регулирующее влияние на биосинтез этилена и абсцизовой кислоты в микрорастениях [4-6]. Метил-жасмонат

увеличивает продолжительность хранения граната и лилий при низкой положительной температуре [5, 7]. Жасмоновая кислота широко применяется при микроразмножении картофеля и оказывает положительное влияние на общее развитие и образование микроклубней в культуре *in vitro*, ее обычно применяют в концентрации 0,2 мг/л [8]. Жасмоновая кислота оказывает значительное влияние на выделение фенолов и обмен каротиноидов у тыквы *in vitro* [9]. Она положительно влияет на развитие и общее состояние микрорастений, таких сложных в культивировании *in vitro* растений, как черешня и груша. Кроме того, она позволяет миновать этап элонгации груши и черешни и повышает укореняемость микрочеренков [10].

Существует достаточно большое число сортов и клоновых подвоев яблони, имеющих важное хозяйственно-биологическое значение и требующих поддержания в коллекциях *in vitro* и *in vivo* [11]. На этапе пролиферации яблони при хранении коллекций *in vitro* существует проблема, связанная с необходимостью снижения их ростовой активности при клональном микроразмножении. Работы, связанные с изучением жасмонатов, находятся на начальных этапах, по сравнению с исследованиями других гормонов растений. Поэтому появление в последнее время все большего числа исследований данного класса веществ [12, 13] создает предпосылки для изучения и оптимизации их применения. Целью данного исследования являлось изучение возможности снижения скорости роста микрорастений клоновых подвоев яблони при добавлении в питательные среды различных концентраций жасмоновой кислоты в сочетании с различными температурными режимами депонирования.

Объекты и методика

Исследования проводились в отделе биотехнологии и защиты растений ФГБНУ ВСТИСП в 2014-2018 гг. В качестве объектов исследований использовали экспланты яблони (находящиеся в коллекции *in vitro*): 54-118, 57-490, 57-491, 57-545, 62-396, 69-6-217, ММ 106, М 26, Марк 9. Применяемые методы исследований на этапах изучения в культуре *in vitro* соответствовали общепринятым для данного раздела исследований [14, 15], с некоторыми изменениями, концентрация 6-бензиламинопурина – 0,7 мг/л. Условия в культуральной комнате поддерживали следующие: температура 20...22 °С, в холодильной камере 3...6 °С, освещенность 2500-3000 лк (76-86 мМоль/м²*сек⁻¹), 6500 К, при 15-часовом фотопериоде. Микрочеренки высаживались на питательную среду Мурасиге – Скуга с добавлением жасмоновой кислоты 0,1; 0,25; 0,5; 1,0 мг/л, контроль – питательная среда без добавления жасмоновой кислоты. Первые три недели все микрорастения культивировались при температуре 20...22 °С, с целью накопления в тканях эксплантов жасмоновой кислоты, а в последующем рендомизированно ставились в разные температурные условия культивирования, для дальнейшего хранения.

Результаты и обсуждение

Проанализировав влияние различных концентраций жасмоновой кислоты, можно отметить ее положительное воздействие на сохранность микрорастений всех изученных форм клоновых подвоев яблони, по сравнению с контрольным вариантом. Также необходимо отметить, что в случае хранения микрорастений в холодильной камере при температуре 3...6 °С, через 3-6 месяцев отмечен некроз и отмирание листьев (вначале тех, которые соприкасаются со стенками культивационного сосуда), в то же самое время микропобеги оставались живыми. При последующей пересадке на стандартные питательные среды (среда Мурасиге – Скуга без добавления жасмоновой кислоты) и в обычный температурный режим культивирования микрорастения (20...22 °С) вновь их наращивали, и этот эффект никак не влиял на последующую жизнеспособность микрорастений.

Через 24 месяца культивирования при температуре 20...22 °С (табл. 1) в контрольном варианте и варианте с жасмоновой кислотой 0,1 мг/л, в среднем по всем изученным формам подвоев (рис. 1) наблюдалась гибель 50 % и более микрорастений.

Таблица 1. Влияние различных концентраций жасмоновой кислоты на сохранность эксплантов клоновых подвоев яблони при длительном беспересадочном культивировании *in vitro*, при температуре 20...22 °С, %

Table 1. The influence of different concentrations of jasmonic acid on the preservation of explants of apple clonal rootstocks with long-term non-stop culture *in vitro*, at a temperature of 20...22 °С,%

Форма клонового подвоя	Жасмоновая кислота, концентрация	Время депонирования			
		через 12 месяцев хранения	через 24 месяца хранения	через 36 месяцев хранения	через 48 месяцев хранения
1	2	3	4	5	6
54-118	0,1 мг/л	85,7	52,4	38,1	23,8
	0,25 мг/л	81,0	81,0	57,1	23,8
	0,5 мг/л	90,5	81,0	61,9	23,8
	1,0 мг/л	90,5	81,0	66,7	19,0
	контроль	81,0	33,3	23,8	0,0
57-490	0,1 мг/л	81,0	52,4	38,1	9,5
	0,25 мг/л	85,7	71,4	61,9	9,5
	0,5 мг/л	85,7	71,4	33,3	9,5
	1,0 мг/л	90,5	81,0	52,4	23,8
	контроль	81,0	66,7	28,6	0,0
57-545	0,1 мг/л	81,0	42,9	33,3	0,0
	0,25 мг/л	85,7	71,4	42,9	14,3
	0,5 мг/л	85,7	52,4	38,1	14,3
	1,0 мг/л	81,0	61,9	42,9	14,3
	контроль	71,4	42,9	28,6	9,5
57-491	0,1 мг/л	81,0	23,8	14,3	0,0
	0,25 мг/л	85,7	33,3	19,0	4,8
	0,5 мг/л	90,5	52,4	28,6	4,8
	1,0 мг/л	85,7	61,9	33,3	9,5
	контроль	81,0	61,9	19,0	0,0

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
ММ 106	0,1 мг/л	95,2	81,0	52,4	33,3
	0,25 мг/л	85,7	61,9	42,9	14,3
	0,5 мг/л	90,5	71,4	47,6	14,3
	1,0 мг/л	90,5	76,2	38,1	14,3
	контроль	81,0	28,6	23,8	9,5
М 26	0,1 мг/л	89,5	78,9	36,8	15,8
	0,25 мг/л	94,7	52,6	21,1	5,3
	0,5 мг/л	100,0	84,2	47,4	15,8
	1,0 мг/л	94,7	78,9	42,1	10,5
	контроль	89,5	47,4	10,5	0,0
62-396	0,1 мг/л	94,7	63,2	42,1	10,5
	0,25 мг/л	100,0	89,5	42,1	21,1
	0,5 мг/л	94,7	84,2	47,4	15,8
	1,0 мг/л	100,0	100,0	52,6	21,1
	контроль	84,2	52,6	36,8	0,0
69-6-217	0,1 мг/л	78,9	31,6	15,8	0,0
	0,25 мг/л	84,2	36,8	26,3	5,3
	0,5 мг/л	94,7	63,2	42,1	10,5
	1,0 мг/л	94,7	68,4	31,6	10,5
	контроль	89,5	63,2	21,1	0,0
Марк 9	0,1 мг/л	89,5	26,3	21,1	0,0
	0,25 мг/л	89,5	42,1	31,6	10,5
	0,5 мг/л	94,7	57,9	36,8	5,3
	1,0 мг/л	94,7	52,6	26,3	10,5
	контроль	89,5	31,6	10,5	0,0
<i>HCP</i> ₀₅		4,67	3,92	5,12	5,36

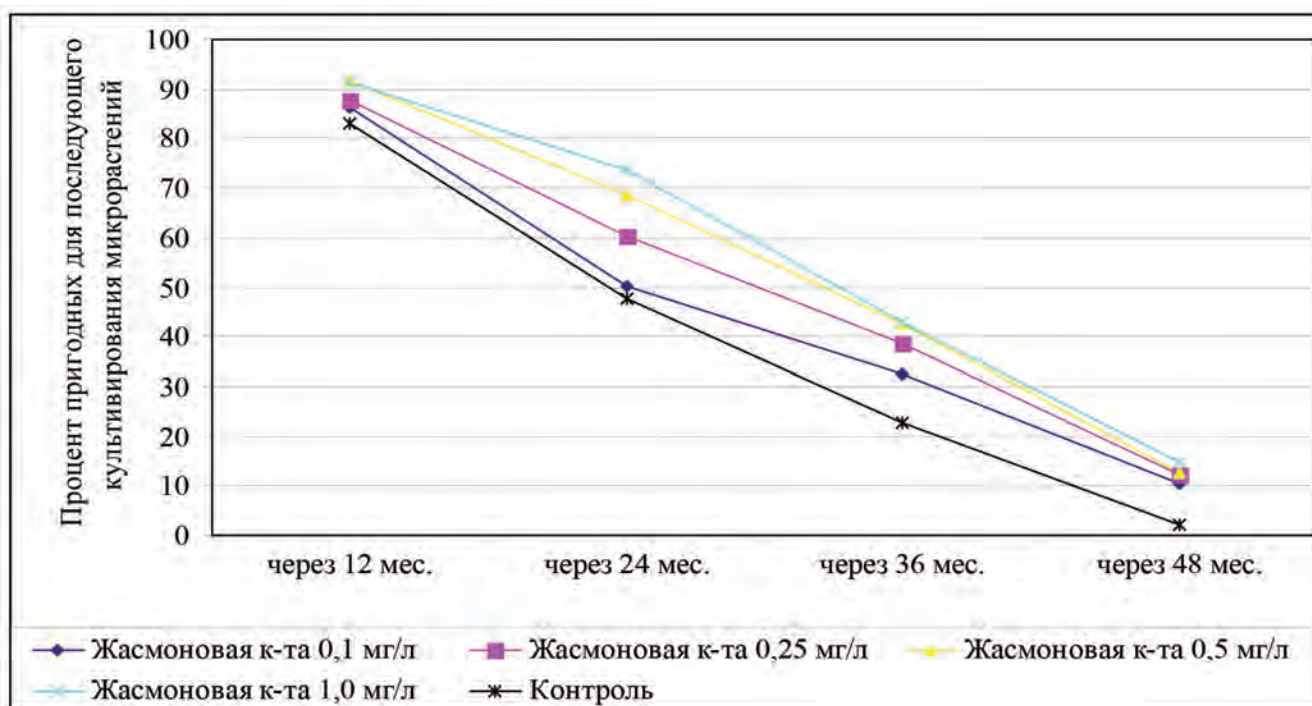


Рис. 1. Влияние различных концентраций жасмоновой кислоты на среднюю сохранность эксплантов клоновых подвоев яблони, при длительном беспересадочном культивировании *in vitro*, при температуре 20...22 °С

Fig. 1. Influence of different concentrations of jasmonic acid on the average preservation of explants of apple clonal rootstocks with long-term non-stop culture *in vitro*, at a temperature of 20 ... 22 °С

Через 36 месяцев в вариантах с жасмоновой кислотой, на уровне средних, отмечена сохранность более 1/3 от исходного числа микрорастений. Через 48 месяцев депонирования (табл. 1) отмечена полная гибель микрорастений яблони в контрольном варианте (за исключением подвоев 57-545 и ММ 106) и варианте с жасмоновой кислотой 0,1 мг/л у подвоев 57-545, 57-491, 69-6-217 и Марк 9. Кроме того, в среднем по всем изученным формам подвоев, в вариантах с жасмоновой кислотой отмечена сохранность микрорастений на уровне 10,5-14,9 %.

При депонировании клоновых подвоев яблони при температуре 3...6 °С (табл. 2, рис. 2, 3), наблюдалась достаточно хорошая сохранность

микрорастений на протяжении 24 месяцев хранения (несколько более низкая сохранность микрорастений отмечена у подвоев 57-491, 69-6-217, М26 и Марк 9). Через 36 месяцев в вариантах с жасмоновой кислотой, в среднем по всем изученным формам подвоев, отмечена сохранность микрорастений более 60 %, в контрольном варианте 44,8 % от исходного числа. Через 48 месяцев депонирования не отмечено полной гибели микрорастений яблони ни в одном из вариантов. Кроме того, в контрольном варианте сохранность микрорастений, в среднем по всем изученным формам подвоев, составляла 14,4 %, в вариантах с жасмоновой кислотой – более 27,4 %.

Таблица 2. Влияние различных концентраций жасмоновой кислоты на сохранность эксплантов клоновых подвоев яблони при длительном беспересадочном культивировании *in vitro*, при температуре 3...6 °С, %

Table 2. The influence of different concentrations of jasmonic acid on the preservation of explants of apple clonal rootstocks with long-term non-stop culture *in vitro*, at a temperature of 3...6 °С, %

Форма клонового подвоя	Жасмоновая кислота, концентрация	Время депонирования			
		через 12 месяцев	через 24 месяца	через 36 месяцев	через 48 месяцев
1	2	3	4	5	6
54-118	0,1 мг/л	100,0	100,0	81,0	52,4
	0,25 мг/л	100,0	100,0	76,2	29,0
	0,5 мг/л	100,0	100,0	85,7	52,4
	1,0 мг/л	100,0	100,0	85,7	52,4
	Контроль	95,2	95,2	52,4	23,8
57-490	0,1 мг/л	95,2	76,2	66,7	52,4
	0,25 мг/л	100,0	95,2	71,4	33,3
	0,5 мг/л	95,2	85,7	71,4	19,0
	1,0 мг/л	100,0	100,0	76,2	28,6
	Контроль	95,2	61,9	47,6	23,8
57-545	0,1 мг/л	95,2	81,0	61,9	38,1
	0,25 мг/л	95,2	71,4	57,1	23,8
	0,5 мг/л	90,5	81,0	66,7	47,6
	1,0 мг/л	100,0	100,0	85,7	52,4
	Контроль	90,5	61,9	52,4	14,3
57-491	0,1 мг/л	94,7	78,9	57,9	5,3
	0,25 мг/л	94,7	89,5	52,6	5,3
	0,5 мг/л	89,5	47,4	36,8	21,1
	1,0 мг/л	89,5	47,4	31,6	15,8
	Контроль	85,7	66,7	33,3	9,5
ММ 106	0,1 мг/л	100,0	100,0	85,7	66,7
	0,25 мг/л	100,0	100,0	81,0	52,4
	0,5 мг/л	100,0	95,2	76,2	33,3
	1,0 мг/л	100,0	95,2	81,0	23,8
	Контроль	95,2	81,0	61,9	19,0

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
М 26	0,1 мг/л	89,5	26,3	21,1	5,3
	0,25 мг/л	100,0	52,6	42,1	15,8
	0,5 мг/л	100,0	63,2	47,4	15,8
	1,0 мг/л	94,7	57,9	47,4	21,1
	Контроль	89,5	36,8	26,3	5,3
62-396	0,1 мг/л	100,0	94,7	78,9	31,6
	0,25 мг/л	100,0	100,0	89,5	42,1
	0,5 мг/л	100,0	100,0	94,7	26,3
	1,0 мг/л	100,0	94,7	84,2	31,6
	Контроль	94,7	84,2	63,2	10,5
69-6-217	0,1 мг/л	94,7	57,9	52,6	15,8
	0,25 мг/л	100,0	63,2	47,4	21,1
	0,5 мг/л	89,5	57,9	47,4	31,6
	1,0 мг/л	94,7	68,4	57,9	31,6
	Контроль	94,7	57,9	36,8	10,5
Марк 9	0,1 мг/л	94,7	52,6	42,1	15,8
	0,25 мг/л	94,7	57,9	42,1	21,1
	0,5 мг/л	89,5	68,4	57,9	15,8
	1,0 мг/л	94,7	63,2	57,9	26,3
	Контроль	94,7	47,4	26,3	10,5
HCP_{05}		3,15	4,47	5,41	5,18

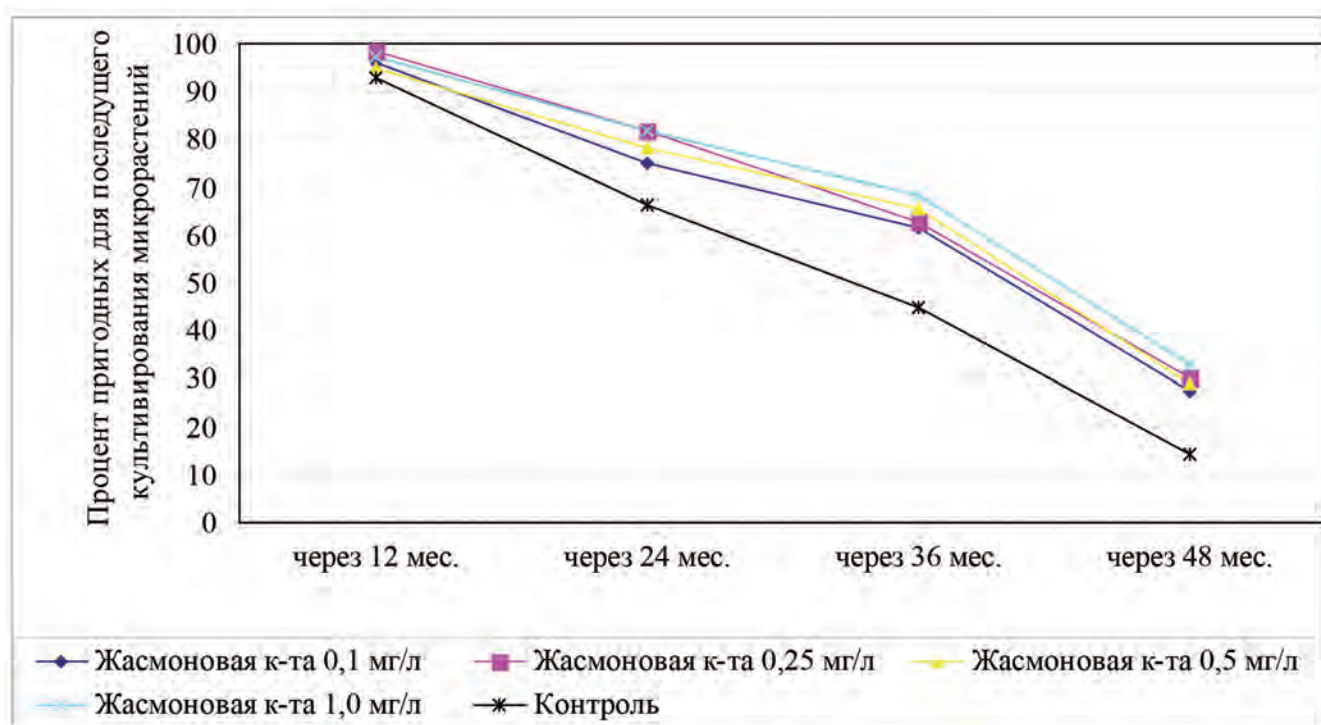


Рис. 2. Влияние различных концентраций жасмоновой кислоты на среднюю сохранность эксплантов клоновых подвоев яблони при длительном беспересадочном культивировании *in vitro*, при температуре 3...6 °С

Fig. 2. Influence of different concentrations of jasmonic acid on the average preservation of explants of apple clonal rootstocks with long-term non-stop culture *in vitro*, at a temperature of 3...6 °C



Рис. 3. Депонирование клоновых подвоев яблони в культуре *in vitro* при температуре 3...6 °С, 2018 г.
Fig. 3. Deposit of apple clonal rootstocks in culture *in vitro* at a temperature of 3 ... 6 °C

Проанализировав вышеизложенное, можно отметить более высокую сохранность микрорастений клоновых подвоев яблони при применении жасмоновой кислоты. Повышение сохранности при длительном беспересадочном культивировании можно связать с ускорением биосинтеза эндогенных гормонов покоя (этилен и абсцизовая кислота) в тканях микрорастений под влиянием применения экзогенной жасмоновой кислоты [12]. Поэтому добавление в питательные среды жасмоновой кислоты, даже в небольших концентрациях, и культивирование при низкой положительной температуре можно

рекомендовать в качестве схемы, повышающей сохранность микрорастений яблони при длительном ее депонировании в культуре *in vitro*.

Заключение

1. Культивирование при температуре 20...22 °С и использование питательных сред с добавлением жасмоновой кислоты в концентрации 0,25-1,0 мг/л позволяет поддерживать сохранность микрорастений клоновых подвоев яблони на уровне 4,8-23,8 %, через 48 месяцев беспересадочного культивирования.

2. Культивирование при температуре 3...6 °С и использование питательных сред с добавлением жасмоновой кислоты обеспечивает сохранность микрорастений клоновых подвоев яблони на уровне 5,3-52,4 % через 48 месяцев депонирования. Максимальная сохранность (на уровне 21,1-52,4 %) отмечена в варианте с добавлением жасмоновой кислоты в концентрации 1,0 мг/л. В контрольном варианте (без добавления жасмоновой кислоты) отмечена сохранность в пределах 5,3-23,8 %.

Список использованной литературы / References

1. Бутенко Р. Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнология на их основе. М.: ФБК-ПРЕСС, 1999, 160 с. [Butenko R. G. Biology of cells of higher plants *in vitro* and biotechnology based on them. Moscow: FBK-PRESS, 1999, 160 p.] (in Russian)
2. Reed B. M. Cold storage of strawberries *in vitro*: A comparison of three storage system. Fruit var. J. 1992;46:98-102.
3. Morata B., Arrillaga I., Segura J. *In vitro* storage of cedar shoot cultures under minimal growth conditions. Plant Cell Repts. 2006;25(7):636-642.
4. Kondo S., Fukuda K. Changes of jasmonates in grape berries and their possible roles in fruit development, Sci. Hort. 2001;91(3-4):275-288.
5. Jasik J., De Klerk G. J. Effect of methyl jasmonate on morphology and dormancy development in lily bulblets regenerated *in vitro*. J. Plant Growth Regul. 2006;25:45-51.
6. Andrys D., Adaszyńska-Skwirzyńska M., Kulpa D. Jasmonic acid changes the composition of essential oil isolated from narrow-leaved lavender propagated *in vitro* cultures, J. Natural Product Research – Formerly Natural Product Letters. 2018;32(7):834-839.
7. Sayyari M., Babalar M., Kalantari S., Martínez-Romero D., Guillén F., Serrano M., Valero D. Chilling injury and enhanced antioxidant potential during postharvest storage of pomegranates, Food Chem. 2011;124(3):964-970.
8. Kenar S., Baysal Furtana G., Ellgaltioglu G. G., Tipirdamaz R. The effects of explant rotation, medium types, JA and GA3 additions on *in vitro* microtuber production from potato (*Solanum tuberosum* L.). International J. of Environmental & Agricultural Research (IJOEAR). 2017;3(11):97-105.
9. Ill-Min C., Kaliyaperumal R., Govindasamy R., Muthu T. Jasmonic and salicylic acids enhanced phytochemical production and biological activities in cell suspension cultures

3. Сохранность микрорастений клоновых подвоев яблони при культивировании при температуре +3...6 °С выше по сравнению с депонированием при температуре 20...22 °С.

4. °С. При этом более высокая сохранность отмечена в вариантах с добавлением в питательные среды жасмоновой кислоты.

of spine gourd (*Momordica dioica* Roxb.). Acta Biol. Hungarica. 2017;68(1) <https://doi.org/10.1556/018.68.2017.1.8>

10. Ruzic D., Vujovic T., Cerovic R. Effect of jasmonic acid on *in vitro* multiplication of low vigorous pear and cherry rootstocks. Fruit Growing Research. 2013;29(1):106-112.

11. Седов Е. Н. Помология: Т. I. Яблоня. Орел: ВНИИСПК, 2005, 576 с. [Sedov E. N. Pomology. Vol. I. Apple Tree. Orel: VNIISPК, 2005, 576 p.] (in Russian)

12. Rohwer C. L., Erwin J. E. Horticultural applications of jasmonates: A review, J. of Hort. Sci. & Biotechnology. 2008;83(3):283-304.

13. Бьядовский И. А. Влияние компонентов питательной среды и пониженной температуры на способность к хранению рябины (*Sorbus*) в культуре *in vitro*. Плодоводство и ягодоводство России. 2017;48(2):60-65. [Byadovskiy I. A. Influence of nutrient medium components and low temperature on the ability to store of rowan (*Sorbus*) *in vitro* culture. Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2017;48(2):60-65.] (in Russian)

14. Трушечкин В. Г., Высоцкий В. А., Леонтьев-Орлов О. А. Методические указания по клоновому микро-размножению подвоев и сортов яблони. М.: ВАСХНИЛ, 1985, 19 с. [Trushechkin V. G., Vysotsky V. A., Leontiev-Orlov O. A. Methodological guidelines on clonal micro-multiplication of rootstocks and apple varieties, Moscow: VASKhNIL, 1985, 19 p.] (in Russian)

15. Ташматова Л. В., Джафарова В. Е., Высоцкий В. А. Клональное микро-размножение и депонирование груши *in vitro*. Методические рекомендации, Орел, 2015, 18 с. [Tashmatova L. V., Jafarova V. E., Vysotsky V. A. Clonal micropropagation and deposition of pear *in vitro*. Methodical recommendations, Orel, 2015, 18 p.] (in Russian)

Авторы:

Бьядовский И. А. – к. с.-х. н., старший научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства», Москва, Россия

Поступила: 26.07.18

Отправлена на доработку: 15.08.18

Принята к печати: 24.09.18

Authors:

Bjadovskiy I. A., PhD (Agric.), Senior Researcher, All-Russian Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

Received: 26.07.18

Revision received: 15.08.18

Accepted: 24.09.18

* * *