

УДК 581.143+581.634.7

UDC 581.143+581.634.7

ОСОБЕННОСТИ МОРФОГЕНЕЗА АСЕПТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР *ACTINIDIA ARGUTA* (SIEBOLD ET ZUCC.) PLANCH, EX MIQ. В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ САХАРОЗЫ В ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

FEATURES OF MORPHOGENESIS OF ASEPTIC CULTURES *ACTINIDIA ARGUTA* (SIEBOLD ET ZUCC.) PLANCH, EX MIQ. DEPENDING ON THE CONTENT OF SUCROSE IN THE NUTRITIONAL MEDIUM

Н. А. Грибок,
научный сотрудник ГНУ «Центральный
ботанический сад Национальной
академии наук Беларуси»

N. Hrybok,
researcher of Central Botanical
Garden of National Academy
of Sciences of Belarus

Поступила в редакцию 11.12.2023.

Received on 11.12.2023.

Описаны особенности клонального микроразмножения культур *Actinidia arguta*, полученных из одноузловых эксплантов, в зависимости от содержания сахарозы в питательной среде в диапазоне концентраций 10–100 г/л в вариантах без гибберелловой кислоты (GA_3) и с добавлением 1 мг/л GA_3 . Культивирование *A. arguta* на средах, содержащих 30 (для сорта Дон Жуан) или 30–40 г/л (для сорта Фигурная), позволило стимулировать пролиферацию микропобегов и значительно повысить коэффициент размножения культур по сравнению со средами с минимальным содержанием сахарозы. Использование сред с содержанием сахарозы, равном 60 г/л (для сорта Фигурная) и 50 г/л (для сорта Дон Жуан), позволяет получать укорененные регенеранты *A. arguta*, минуя дополнительную стадию укоренения *in vitro*. Добавление гиббереллина (1 мг/л GA_3) позволило уменьшить образование раневого каллуса и адвентивное корнеобразование. Для массового клонального микроразмножения культур *A. arguta* рекомендуется использовать питательную среду МС, содержащую 0,5 мг/л БАП, 0,05 мг/л ИМК и 40 г/л сахарозы (для сорта Фигурная) или 30 г/л сахарозы и 1 мг/л GA_3 (для сорта Дон Жуан).

Ключевые слова: *Actinidia arguta* (Siebold et Zucc.) Planch, ex Miq., клональное микроразмножение, морфогенез, морфометрические показатели.

The features of clonal micropropagation of *Actinidia arguta* cultures obtained from single-node explants are described, depending on the sucrose content in the nutrient medium in the concentration range of 10–100 g·l⁻¹ in variants without gibberellic acid (GA_3) and with the addition of 1 mg·l⁻¹ GA_3 . The cultivation of *A. arguta* on media containing 30 (for cv. Don Juan) or 30–40 g·l⁻¹ (for cv. Figurnaya) made it possible to stimulate the proliferation of microshoots and significantly increase the multiplication coefficient of cultures compared to media with minimal sucrose content. The use of media with a sucrose content of 60 g·l⁻¹ (for cv. Figurnaya) and 50 g·l⁻¹ (for cv. Don Juan) allows to obtain rooted regenerants of *A. arguta*, bypassing the additional stage of *in vitro* rooting. The addition of gibberellin (1 mg·l⁻¹ GA_3) made it possible to reduce the formation of wound callus and adventitious root formation. For mass clonal micropropagation of *A. arguta* cultures, it is recommended to use MS nutrient medium containing 0.5 mg·l⁻¹ BAP, 0.05 mg·l⁻¹ IBA and 40 g·l⁻¹ sucrose (for cv. Figurnaya) or 30 g·l⁻¹ sucrose and 1 mg·l⁻¹ GA_3 (for cv. Don Juan).

Keywords: *Actinidia arguta* (Siebold et Zucc.) Planch, ex Miq., clonal micropropagation, morphogenesis, morphogenetic indicators.

Введение. *Actinidia arguta* (Siebold et Zucc.) Planch, ex Miq. – ценная плодовая культура, которая характеризуется высоким содержанием природных антиоксидантов и биологически активных веществ. По накоплению витамина С актинидии в 3–4 раза превосходят черную смородину и в 10–13 раз цитрусовые, а наличие Р-активных веществ повышает биологическую активность аскорбиновой кислоты [1, с. 5; 2].

В производстве посадочного материала сортов актинидии острой на смену традиционным способом размножения приходят новые техноло-

гии, основанные на клональном микроразмножении. В большинстве работ по клональному микроразмножению видов и сортов актинидий применяют среду Мурасиге – Скуга (МС) [3–5], которую дополняют регулятором роста цитокининового действия [6–7], комбинацией двух (цитокинин и ауксин) [5; 8–10] или трех регуляторов роста (цитокинин, ауксин и гиббереллин) [4; 11–14]. Как правило, концентрация веществ цитокининового действия находится в диапазоне 0,3–5,0 мг/л [4–14].

На процесс культивирования изолированных тканей среди прочих факторов существенный эф-

фект оказывает источник углерода [15; 16]. На других культурах показано, что культивирование на питательных средах, дополненных высокими концентрациями сахарозы (40–100 г/л), способствует корнеобразованию [17], повышению резистентности растительного материала к глубоким стрессовым воздействиям [15], подготовке растений-регенерантов к условиям культивирования *ex vitro* [16], повышению приживаемости на этапе адаптации [18] и наибольшей продукции биомассы при дальнейшем культивировании [19].

Целью исследования являлось изучение особенностей морфогенеза асептических культур сортов *A. arguta* в зависимости от содержания сахарозы в вариантах без гибберелловой кислоты (ГК₃) и с добавлением 1 мг/л ГК₃ в питательную среду.

Материалы и методы исследования. Работа проводилась в НПО «Биотехнологический комплекс» ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси». Объекты исследования – сорта Фигурная и Дон Жуан *Actinidia arguta* (Siebold et Zucc.) Planch, ex Miq. Во всех экспериментах использована питательная среда МС (по Р. Г. Бутенко) [20, с. 17], содержащая 0,5 мг/л бензиламинопурина (БАП) и 0,05 мг/л индолилмасляной кислоты (ИМК), чтобы не стимулировать выделение эндогенного этилена в культуральных сосудах и старение тканей растений [21; 22]. Содержание сахарозы в среде варьировало в диапазоне от 10 до 100 г/л. Кроме того, протестированы варианты среды с различной концентрацией сахарозы и добавлением 1 мг/л ГК₃. На каждый вариант среды высажено по 10 микрочеренков с 1 пазушной почкой из срединных частей асептических растений при двукратной повторности опыта. Условия культивирования стандартные [6]. В качестве контроля служили среды с минимальным содержанием сахарозы (10 г/л). Морфометрические показатели оценивали через 6 недель культивирования. Статистическая обработка результатов проведена с использованием пакета прикладных программ MS Excel 2019 и Statistica 7.0.

Результаты исследования и их обсуждение. Морфометрические показатели асептической культуры сорта Фигурная на вариантах среды с различным содержанием сахарозы представлены в таблице 1.

Морфометрические показатели асептических растений *A. arguta* сорта Фигурная изменялись по мере возрастания содержания сахарозы в питательной среде. Так, при увеличении содержания сахарозы в питательной среде в диапазоне изученных концентраций для данного сорта характерно увеличение диаметра раневого каллуса. В крайних вариантах концентрации сахарозы различие составляло 53,33 %. Процесс каллусообразования ведет к ингибированию роста и раз-

вития побегов, что показано на других культурах [23]. Адвентивное корнеобразование (доля эксплантов, у которых появились корни) у асептической культуры сорта Фигурная наиболее выражено на вариантах среды, содержание сахарозы в которых находилось в диапазоне 60–90 г/л, когда корнеобразование наблюдалось у 70–80 % эксплантов. Усредненные значения показателей ризогенеза (количество и длина корней) выше у регенерантов, полученных на варианте среды с содержанием сахарозы, равном 60 г/л. Все регенеранты, полученные при более высоком содержании сахарозы, не пригодны для последующей адаптации по причине малой высоты побегов. Побегообразование культуры выражено на средах с содержанием сахарозы 10–60 г/л. При добавлении 40 г/л сахарозы в питательную среду усредненные значения таких показателей, как количество микропобегов и количество аксиальных почек на них, достигали наибольших значений. Элонгации микропобегов способствовало использование сред с содержанием сахарозы 30–40 г/л. Длина междоузлий микропобегов достигала наибольших значений при культивировании на варианте среды с минимальным содержанием сахарозы. Увеличение содержания сахарозы в питательной среде в диапазоне 10–40 г/л поступательно уменьшало этот показатель, но длина междоузлий оставалась более 5 мм, что удобно для последующего субкультивирования. Усредненный коэффициент размножения достигал наибольших значений при содержании сахарозы, равном 40 г/л. Дальнейшее повышение содержания сахарозы приводило к значительному сокращению междоузлий, резкому уменьшению коэффициента размножения и снижению эффективности клонального микроразмножения.

Морфометрические показатели асептической культуры *A. arguta* сорта Дон Жуан на вариантах среды с различным содержанием сахарозы представлены в таблице 2. При культивировании асептической культуры *A. arguta* сорта Дон Жуан увеличение концентрации сахарозы в питательной среде так же, как у первого сорта, приводило к усилению раневого каллусогенеза. В крайних вариантах различия составляли 66,15 %. Усредненное количество корней у регенерантов достигало максимального значения уже при содержании сахарозы, равном 30 г/л, а длина корней – при 50 г/л. При увеличении содержания сахарозы, вплоть до 80 г/л, доля укоренившихся регенерантов возрастала до 70 %. Побегообразование культуры выражено на средах с содержанием сахарозы 10–90 г/л. Применение питательной среды с содержанием 30 г/л сахарозы для культивирования данного сорта позволило получить наибольшие количество и высоту микропобегов. Формированию наибольшего количества аксиальных почек способствовало использование сред с со-

держанием сахарозы 40 г/л. Длина междоузлий микропобегов достигала наибольших значений при культивировании на варианте среды с минимальным содержанием сахарозы. Увеличение содержания сахарозы в питательной среде приводило к уменьшению этого показателя (при 20–30 г/л сахарозы такое уменьшение несущественно, так как длина междоузлий оставалась более 5 мм). Усредненный коэффициент размножения достигал наибольших значений при содержании сахарозы равном 30–40 г/л. При дальнейшем повышении содержания сахарозы длина междоузлий и высота микропобегов уменьшались, что снижало коэффициент размножения.

Представленные данные демонстрируют возможность стимулировать пролиферацию аксиальных почек путем увеличения в диапазоне 10–40 г/л содержания сахарозы в питательной среде, но дальнейшее увеличение содержания сахарозы отрицательно сказывается на элонгации микропобегов и затрудняет последующее субкультивирование. Для преодоления данной проблемы изучена возможность дополнения вариантов среды с различной концентрацией сахарозы 1 мг/л гибберелловой кислоты (GK_3). Значения морфометрических показателей асептической культуры сорта Фигурная, выращенных на таких средах, представлены в таблице 3. Добавление GK_3 в варианты питательной среды с различным содержанием сахарозы позволило уменьшить образование раневого каллуса у сорта Фигурная в среднем на 11,64 % по сравнению с вариантами среды без гиббереллина. По мере возрастания содержания сахарозы в среде существенно снизилось корнеобразование данной культуры (в среднем на 44,30 %). Наиболее выраженным корнеобразование асептической культуры данного сорта получено на вариантах среды с GK_3 , содержание сахарозы в которых находилось в более узком диапазоне (50–70 г/л), чем в вариантах без добавления этого гормона. При этом корнеобразование составляло 40 %, что вдвое ниже, чем для вариантов среды без гиббереллина. Усредненные значения такого показателя ризогенеза, как количество корней, выше у регенерантов, полученных на варианте среды с содержанием сахарозы, равном 60 г/л, как и в вариантах среды без гиббереллина; тогда как значения другого показателя – длины корней – выше, когда концентрация сахарозы находится в диапазоне 30–60 г/л. При добавлении GK_3 в питательные среды усредненные значения таких показателей, как количество побегов и количество аксиальных почек, достигали наибольших значений при более низком содержании сахарозы (30 г/л по сравнению 40 г/л). Элонгации микропобегов способствовало использование сред с сочетанием 1 мг/л GK_3 и 30 г/л сахарозы. Длина междоузлий достигала наибольших значений при культивировании на варианте среды с GK_3 при содержании 10 г/л сахарозы. Увеличение содер-

жания сахарозы в питательной среде, вплоть до 50 г/л, как и в вариантах без GK_3 , приводило к постепенному уменьшению этого показателя, хотя длина междоузлий оставалась более 5 мм. При дальнейшем повышении содержания сахарозы междоузлия значительно сокращались, несмотря на присутствие GK_3 . Усредненные значения коэффициента размножения на средах с GK_3 выше при содержании сахарозы, равном 30 г/л.

Морфометрические показатели асептической культуры второго сорта на вариантах среды с различным содержанием сахарозы на фоне 1 мг/л GK_3 представлены в таблице 4. Приведенные данные демонстрируют, что при культивировании сорта Дон Жуан на питательных средах, дополненных 1 мг/л GK_3 , раневой каллусогенез менее выражен (в среднем на 20,73 %), чем в отсутствие гиббереллина. Корнеобразование также снизилось по сравнению с вариантами среды без GK_3 (в среднем на 50,75 %). Наибольшее количество укоренившихся регенерантов и наибольшее количество корней на экспланте получены на вариантах среды с GK_3 , содержание сахарозы в которых находилось в более узком диапазоне (80–90 г/л), чем в вариантах без добавления гиббереллина, тогда как усредненные значения длины корней выше при содержании сахарозы, равном 50 г/л. При добавлении GK_3 в питательные среды усредненное количество микропобегов у регенеранта, достигало наибольших значений при 20–30 г/л сахарозы в среде, но было ниже, чем на средах без гиббереллина при 40–50 г/л сахарозы. Длина междоузлий микропобегов, полученных при культивировании в присутствии GK_3 , как и в ее отсутствие, достигала наибольших значений при минимальном содержании сахарозы. Добавление 30 г/л сахарозы в питательную среду способствовало увеличению высоты побегов и коэффициента размножения. Дальнейшее повышение содержания сахарозы приводило к уменьшению коэффициента размножения.

После проверки на нормальность распределения данных по критерию Шапиро [24] выбран непараметрический метод дисперсионного анализа по критерию Манна – Уитни [25, с. 54–57], который показал достоверное влияние (при $P < 0,05$) концентрации сахарозы в питательной среде на диаметр раневого каллуса, высоту и количество микропобегов на экспланте, а также на коэффициент размножения. Добавление в питательную среду 1 мг/л GK_3 (при $P < 0,05$) снизило диаметр раневого каллуса, корнеобразование, длину и количество корней, за счет чего повысилось количество микропобегов, а также на коэффициент размножения. Кроме того, на количество побегов и листьев на экспланте, а также коэффициент размножения повлияли (при $P < 0,05$) сортовые особенности растений.

Таблица 1 – Морфометрические показатели асептической культуры *A. arguta* сорта Фигурная при различном содержании сахарозы в питательной среде

Содержание сахарозы, г/л									
10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
диаметр каллуса, см									
0,60±0,10	0,70±0,11	0,72±0,10	0,78±0,09	0,90±0,09	0,91±0,08	0,91±0,08	0,91±0,10	0,92±0,07	0,92±0,07
корнеобразование									
2/20	4/20	8/20	10/20	12/20	14/20	14/20	14/20	16/20	2/20
количество корней, шт./регенерант									
1,00±0,00	1,00±0,00	1,00±0,00	1,00±0,00	1,08±0,29	1,43±0,51	1,29±0,47	1,21±0,43	1,00±0,00	1,00±0,00
длина корней, см									
0,65±0,07	0,70±0,08	0,74±0,07	0,82±0,08	0,87±0,12	0,91±0,26	0,84±0,19	0,76±0,33	0,24±0,07	0,20±0,00
побегообразование									
20/20	20/20	20/20	20/20	20/20	20/20	18/20	3/20	2/20	2/20
количество побегов, шт./регенерант									
1,60±0,50*	1,70±0,47*	1,75±0,85*	1,80±0,62*	1,55±0,51*	1,45±0,51*	1,00±0,00	1,00±0,00	1,00±0,00	1,00±0,00
высота побегов, см									
1,51±0,26*	1,71±0,36*	2,09±0,64*	2,08±0,57*	1,58±0,50*	1,49±0,51*	1,14±0,40	0,50±0,10	0,45±0,07	0,35±0,07
длина междоузлий, мм									
5,80±0,66*	5,75±0,75*	5,62±0,46*	5,61±0,62*	4,05±0,34*	3,68±0,73*	2,96±0,47	3,17±0,76	3,25±1,06	2,50±0,71
коэффициент размножения									
4,10±1,29*	4,95±1,57*	5,75±1,59*	6,40±2,26*	4,05±0,89*	3,57±0,80*	2,19±0,54	1,00±0,00	1,00±0,00	0,00±0,00

Примечание – Здесь и далее значения показателей представлены в виде среднее ± стандартное отклонение, * – с учетом микропобегов второго порядка.

Таблица 2 – Морфометрические показатели асептической культуры *A. arguta* сорта Дон Жуан при различном содержании сахарозы в питательной среде

Содержание сахарозы, г/л									
10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
диаметр каллуса, см									
0,65±0,10	0,67±0,12	0,82±0,08	0,88±0,11	0,97±0,09	0,98±0,12	1,00±0,14	1,02±0,13	1,03±0,11	1,08±0,13
корнеобразование									
0/20	4/20	8/20	12/20	12/20	13/20	13/20	14/20	12/20	3/20
количество корней, шт./регенерант									
0,00±0,00	1,00±0,00	1,38±0,52	1,00±0,00	1,08±0,29	1,00±0,00	1,00±0,00	1,00±0,00	1,00±0,00	1,00±0,00
длина корней, см									
0,00±0,00	0,70±0,29	1,33±0,41	2,13±0,25	2,67±0,35	1,13±0,19	0,81±0,10	0,64±0,16	0,33±0,10	0,23±0,06
побегообразование									
20/20	20/20	20/20	20/20	20/20	20/20	20/20	20/20	20/20	14/20
количество побегов, шт./регенерант									
1,70±0,73*	2,05±0,60**	2,35±0,99**	2,15±0,88**	2,15±0,59**	1,75±0,64*	1,65±0,49*	1,25±0,44*	1,15±0,37*	1,50±0,52*
высота побегов, см									
1,41±0,55*	1,84±0,42**	2,01±0,61**	1,97±0,78**	1,50±0,38**	1,21±0,37*	1,18±0,27*	0,75±0,15*	0,70±0,21*	0,88±0,51*
длина междоузлий, мм									
6,45±1,23*	6,18±1,37**	6,14±1,09**	4,50±0,60**	4,49±0,36**	3,30±0,65*	3,23±0,81*	3,15±0,40*	3,04±0,58*	3,44±0,56*
коэффициент размножения									
3,33±0,89*	5,98±1,52**	6,78±1,70**	6,29±1,46**	4,67±1,19**	3,20±1,44*	3,05±1,10*	1,25±0,44*	1,06±0,24*	2,14±0,69*

Примечание – ** с учетом микропобегов третьего порядка.

Таблица 3 – Морфометрические показатели асептической культуры *A. arguta* сорта Фигурная при различном содержании сахарозы в питательной среде в присутствии 1 мг/л ГК₃

Содержание сахарозы, г/л									
10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
диаметр каллуса, см									
0,39±0,11	0,54±0,11	0,67±0,16	0,73±0,08	0,77±0,09	0,80±0,09	0,83±0,11	0,87±0,09	0,88±0,08	0,91±0,09
корнеобразование									
0/20	4/20	6/20	6/20	8/20	8/20	8/20	4/20	2/20	2/20
количество корней, шт./регенерант									
0,00±0,00	1,00±0,00	1,00±0,00	1,00±0,00	1,25±0,46	1,50±0,53	1,38±0,52	1,25±0,50	1,00±0,00	1,00±0,00
длина корней, см									
0,00±0,00	0,90±0,08	0,98±0,12	0,97±0,10	0,95±0,33	0,93±0,17	0,55±0,09	0,40±0,14	0,35±0,07	0,25±0,07
побегообразование									
20/20	20/20	20/20	20/20	20/20	20/20	17/20	16/20	7/20	0/20
количество побегов, шт./регенерант									
1,40±0,82*	1,50±0,83*	1,60±0,60*	1,55±0,51*	1,50±0,51*	1,35±0,49*	1,35±0,49*	1,13±0,34	1,00±0,00	0,00±0,00
высота побегов, см									
1,20±0,35*	1,99±0,76*	2,30±0,76*	1,97±0,44*	1,65±0,22*	1,35±0,42*	1,09±0,33*	0,82±0,14	0,45±0,10	0,00±0,00
длина междоузлий, мм									
6,20±1,75*	5,96±1,22*	5,52±0,45*	5,20±0,36*	5,13±0,51*	4,58±0,58*	3,79±0,65*	3,42±0,99	2,50±0,45	0,00±0,00
коэффициент размножения									
2,66±1,33*	4,38±1,27*	5,98±0,77*	5,40±1,10*	4,45±1,28*	2,75±0,79*	2,10±0,57*	1,31±0,48	1,00±0,00	0,00±0,00

Таблица 4 – Морфометрические показатели асептической культуры *A. arguta* сорта Дон Жуан при различном содержании сахарозы в питательной среде в присутствии 1 мг/л ГК₃

Содержание сахарозы, г/л									
10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
диаметр каллуса, см									
0,56±0,12	0,62±0,12	0,65±0,11	0,68±0,08	0,69±0,08	0,74±0,05	0,76±0,05	0,79±0,09	0,81±0,06	0,85±0,05
корнеобразование									
0/20	2/20	4/20	4/20	4/20	6/20	8/20	10/20	12/20	0/20
количество корней, шт./регенерант									
0,00±0,00	1,00±0,00	1,00±0,00	1,00±0,00	1,00±0,00	1,00±0,00	1,00±0,00	1,00±0,00	1,00±0,00	0,00±0,00
длина корней, см									
0,00±0,00	0,85±0,07	0,95±0,13	1,13±0,15	1,23±0,17	0,88±0,12	0,66±0,13	0,64±0,16	0,55±0,07	0,00±0,00
побегообразование									
20/20	20/20	20/20	20/20	20/20	20/20	20/20	19/20	8/20	0/20
количество побегов, шт./регенерант									
1,15±0,37*	1,85±0,75*	1,85±0,49*	1,80±0,70*	1,55±0,51*	1,35±0,49*	1,25±0,44*	1,16±0,37*	1,13±0,35	0,00±0,00
высота побегов, см									
1,38±0,21*	1,91±0,57*	2,31±0,48*	1,82±0,48*	1,44±0,20*	1,19±0,13*	1,09±0,17*	0,94±0,24*	1,04±0,21	0,00±0,00
длина междоузлий, мм									
5,96±0,66*	5,78±0,59*	5,51±0,43*	5,16±0,56*	4,61±0,51*	4,05±0,45*	3,97±0,35*	3,08±0,46*	3,69±0,80	0,00±0,00
коэффициент размножения									
2,65±0,75*	5,65±1,69*	7,40±1,10*	5,20±1,15*	3,55±0,51*	2,70±0,98*	2,00±0,00*	1,61±0,50*	1,63±0,52	0,00±0,00

Выводы

1. Культивирование одноузловых эксплантов *A. arguta* на средах, содержащих 30 (для сорта Дон Жун) или 30–40 г/л (Фигурная), позволило стимулировать пролиферацию микропобегов и значительно повысить коэффициент размножения культур по сравнению со средами с минимальным содержанием сахарозы.
2. Количество и длина корней выше у регенерантов, полученных на варианте среды с содержанием сахарозы, равном 60 г/л для сорта Фигурная и 50 г/л для сорта Дон Жуан. Использование сред с таким содержанием сахарозы позволяет получать укорененные регенеранты актинидии острой, минуя дополнительную стадию укоренения *in vitro*.
3. Добавление гиббереллина (1 мг/л ГК₃) позволило уменьшить образование раневого каллуса у асептических растений актинидии острой сортов Фигурная и Дон Жуан (в среднем на 11,64 % и 20,73 % соответственно) и существенно снизить адвентивное корнеобразование (в среднем на 44,30 % и 50,75 % соответственно), за счет чего дополнительно стимулировать пролиферацию микропобегов, а также повысить коэффициент размножения, что

можно использовать при массовом клональном микроразмножении данных культур, когда не преследуется цель получения укорененных регенерантов.

4. Ранговый тест по критерию Манна – Уитни показал достоверное влияние (при $P < 0,05$) концентрации сахарозы в питательной среде на диаметр раневого каллуса, на количество и высоту микропобегов, количество аксиальных почек на экспланте, а также на коэффициент размножения. Присутствие 1 мг/л ГК₃ в питательной среде (при $P < 0,05$) определяло диаметр раневого каллуса, длину и количество корней, количество микропобегов и листьев на экспланте, а также коэффициент размножения. Кроме того, на количество микропобегов и листьев на экспланте, а также коэффициент размножения (при $P < 0,05$) влияли сортовые особенности растений.
5. Для массового клонального микроразмножения культур актинидии острой, полученных из одноузловых эксплантов, рекомендуется использовать питательную среду МС, содержащую 0,5 мг/л БАП, 0,05 мг/л ИМК и 40 г/л сахарозы для сорта Фигурная или 30 г/л сахарозы и 1 мг/л ГК₃ для сорта Дон Жуан.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колбасина, Э. И. Целебные ягоды (актинидии, лимонник, жимолость, ирга) / Э. И. Колбасина. – М. : Знание, 1991. – 62 с.
2. Курагодникова, Г. А. Комплексная хозяйственно-биологическая оценка сортов актинидии в ЦЧР : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 / Г. А. Курагодникова; ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и селекции плодовых растений им. И. В. Мичурина» Россельхозакадемии. – Мичуринск – наукоград РФ, 2009. – 22 с.
3. Mezzetti, B. *Actinidia deliciosa* C. F. Liang *in vitro*. I. Growth and mineral uptake by explants / B. Mezzetti, P. Rosati, G. Casalicchio // PCTOC. – 1991. – Vol. 25, iss. 2. – P. 91–98.
4. Stanieniė, G. *In vitro* propagation of non-traditional horticultural plants (*Actinidia*, *Chaenomeles*, *Aronia*) / G. Stanieniė, V. Stanys, C. Bobinas // *Przyrodnicza i gospodarcza rola roslin alternatywnych*. – 1999. – Vol. 468. – P. 435–443.
5. Wu, Y. J. *In vitro* organogenesis and plant regeneration from leaves of *Actinidia eriantha* Benth. cv. White (kiwifruit) / Y. J. Wu, M. Xie, Q. J. Long // *New Zealand J. of the Crop and Horticultural Science*. – 2011. – Vol. 39, iss. 4. – P. 231–240.
6. Плаксина, Т. В. Влияние регуляторов роста на клональное микроразмножение представителей рода *Актинидия* / Т. В. Плаксина, И. Д. Бородулина // *Acta Biologica Sibirica*. – 2016. – Vol. 2, iss. 3. – P. 54–60.
7. Крахмалева, И. Л. Особенности клонального микроразмножения перспективных сортов разных видов и форм рода актинидия *Actinidia* Lindl. / И. Л. Крахмалева, Н. В. Козак, О. И. Молканова // *Плодоводство и ягодоводство России: сб. науч. работ / ФГБНУ ВСТИСП*. – 2019. – Т. 58. – С. 246–252.
8. Kamenická, A. The regeneration of *Actinidia chinensis* Planch. cultured *in vitro* / A. Kamenická, M. Rypák // *Pol'nohospodárstvo*. – 1989. – Vol. 35, iss. 9. – P. 811–818.
9. Виджешвар, П. Клональное микроразмножение *Актинидии превосходной* [*Actinidia deliciosa* (Chev.) Liang, Ferguson] / П. Виджешвар, О. В. Митрофанова, А. И. Лищук // *Биотехнологические исследования садовых и других ценных многолетних культур*. – 1997. – Т. 119. – С. 111–126.

REFERENCES

1. Kolbasina, E. I. Celebnye yagody (aktinidii, limonnik, zhimolost', irga) / E. I. Kolbasina. – M. : Znanie, 1991. – 62 s.
2. Kuragodnikova, G. A. Kompleksnaya hozaystvenno-biologicheskaya ocenka sortov aktinidii v CChR : avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk: 06.01.05 / G. A. Kuragodnikova; GNU «Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut genetik i selekcii plodovyh rastenij im. I. V. Michurina» Rossel'hozakademii. – Michurinsk – naukograd RF, 2009. – 22 s.
3. Mezzetti, B. *Actinidia deliciosa* C. F. Liang *in vitro*. I. Growth and mineral uptake by explants / B. Mezzetti, P. Rosati, G. Casalicchio // PCTOC. – 1991. – Vol. 25, iss. 2. – P. 91–98.
4. Stanienygo, G. *In vitro* propagation of non-traditional horticultural plants (*Actinidia*, *Chaenomeles*, *Aronia*) / G. Stanienygo, V. Stanys, C. Bobinas // *Przyrodnicza i gospodarcza rola roslin alternatywnych*. – 1999. – Vol. 468. – P. 435–443.
5. Wu, Y. J. *In vitro* organogenesis and plant regeneration from leaves of *Actinidia eriantha* Benth. cv. White (kiwifruit) / Y. J. Wu, M. Xie, Q. J. Long // *New Zealand J. of the Crop and Horticultural Science*. – 2011. – Vol. 39, iss. 4. – P. 231–240.
6. Plaksina, T. V. Vliyanie reguljatorov rosta na klonal'noe mikrorazmnozhenie predstavitelej roda Aktinidiya / T. V. Plaksina, I. D. Borodulina // *Acta Biologica Sibirica*. – 2016. – Vol. 2, iss. 3. – P. 54–60.
7. Krahmaleva, I. L. Osobennosti klonal'nogo mikrorazmnozheniya perspektivnyh sortov raznyh vidov i form roda aktinidiya *Actinidia* Lindl. / I. L. Krahmaleva, N. V. Kozak, O. I. Molkanova // *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii: sb. nauch. rabot / FGBNU VSTISP*. – 2019. – T. 58. – S. 246–252.
8. Kamenická, A. The regeneration of *Actinidia chinensis* Planch. cultured *in vitro* / A. Kamenická, M. Rypák // *Pol'nohospodárstvo*. – 1989. – Vol. 35, iss. 9. – P. 811–818.
9. Vidzheshvar, P. Klonal'noe mikrorazmnozhenie Aktinidii prevoskhodnoj [*Actinidia deliciosa* (Chev.) Liang, Ferguson] / P. Vidzheshvar, O. V. Mitrofanova, A. I. Lishchuk // *Biotechnologicheskije issledovaniya sadovyh i drugih cennyh mnogoletnih kul'tur*. – 1997. – T. 119. – S. 111–126.

10. *Jing-hua, B. I.* In vitro organogenesis and plant regeneration from leaf explants of *Actinidia latifolia* / B. I. Jing-hua, L. Yong-li, S. Asghar // *Fruit Science*. – 2005. – Vol. 22, iss. 4. – P. 405–408.
11. *Hameg, R.* In vitro establishment and multiplication of hardy kiwi (*Actinidia arguta* 'Issai') // *ISHS Acta Hort.* IX Int. symp. on in vitro culture and hort. breeding / eds.: A. A. Abul-Soad [et al.]. – 2017. – Vol. 1187. – P. 51–57.
12. *Шорников, Д. Г.* Размножение in vitro лимонника и актинидии / Д. Г. Шорников // *Современные проблемы технологии производства, хранения, переработки и экспертизы качества сельскохозяйственной продукции: материалы междунар. науч.-практ. конф., 26–28 февраля 2007.* – Мичуринск – наукоград РФ: [б. и.], 2007. – Т. 1. – С. 337–341.
13. Сохранение и размножение ценных форм ягодных и декоративных растений методами биотехнологии / М. Б. Янковская [и др.] // *Вестник ИрГСХА: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием «Проблемы озеленения городов Сибири и сопредельных территорий».* – Иркутск, 2011. – Ч. IV, вып. 44. – С. 160–166.
14. *Matkowski, A.* Callus induction and plant regeneration in vitro in *Actinidia* / A. Matkowski, L. Przywara // *Acta societatis botanicorum poloniae*. – 2014. – Vol 64, iss 2. – P. 131–138.
15. *Высоцкая, О. Н.* Способ криосохранения меристем, изолированных из растений земляники садовой (*Fragaria L.*) in vitro / О. Н. Высоцкая, А. С. Попов / *Ин-т физиологии растений им. К. А. Тимирязева // Ru Patent № 2220563, С1, 2004.*
16. *Высоцкая, О. Н.* Способ подготовки растений земляники садовой (*Fragaria L.*), размноженных in vitro, к условиям культивирования ex vitro / О. Н. Высоцкая, Л. В. Алексеенко; *Ин-т физиологии растений им. К. А. Тимирязева // Ru Patent № 2302106, С1, 2006.*
17. *Hyndman, S. E.* The role of sucrose and nitrogen in adventitious root formation on cultured rose shoots / S. E. Hyndman, P. N. Hasegawa, R. A. Bressan // *PCTOC*. – 1982. – Vol. 1. – P. 229–238.
18. Эффект использования паклобутразола и различных концентраций сахарозы в питательных средах in vitro на развитие растений земляники в полевых условиях / В. А. Высоцкий [и др.] // *Плодоводство и ягодоводство России*. – 2009. – Т. 22, № 1. – С. 241–246.
19. *Calvete, E. O.* Avaliacao do crescimento de plantas de morangueiro, durante a aclimatizacao ex vitro // *Hortic. brasil*. – 2000. – Vol.18, iss. 3. – P. 188–192.
20. *Бутенко, Р. Г.* Биология клеток высших растений in vitro и биотехнологии на их основе: учеб. пособие / Р. Г. Бутенко. – М.: ФБКПРЕСС, 1999. – 160 с.
21. *Wright S. T. C.* The effect of plant growth regulator treatments on the levels of ethylene emanating from excised turgid and wilted wheat leaves / S. T. C. Wright // *Plant*. – 1980. – Vol. 148, iss. 4. – P. 381–388.
22. *Wulster, G.* Effects of auxins and cytokinins on ethylene evolution and growth of rose callus tissue in sealed vessels / G. Wulster, J. Sacalis // *Hort. Sci*. – 1980. – Vol. 15, iss. 6. – P. 736–737.
23. *Димитрова, В.* Влияние на количество на захарозата в хранителната среда върху растежа и развитието на лозовите растения, култивирани in vitro // *Растен. науки*. – 1992. – Т. 29, № 56. – С. 84–88.
24. Статистические методы. Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения = Статистические методы. Проверка адхилення размеркавання верагоднасяю ад нормальнага размеркавання: ГОСТ Р ISO 5479-2002. – Введ. впервые; 01.07.2002. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 25 с. – (Система общетехнических и организационно-методических стандартов).
25. *Мастыцкий, С. Э.* Методическое пособие по использованию программы Statistica при обработке данных биологических исследований / С. Э. Мастыцкий. – Минск: РУП «Институт рыбного хозяйства». – 76 с.
10. *Jing-hua, B. I.* In vitro organogenesis and plant regeneration from leaf explants of *Actinidia latifolia* / B. I. Jing-hua, L. Yong-li, S. Asghar // *Fruit Science*. – 2005. – Vol. 22, iss. 4. – P. 405–408.
11. *Hameg, R.* In vitro establishment and multiplication of hardy kiwi (*Actinidia arguta* 'Issai') // *ISHS Acta Hort.* IX Int. symp. on in vitro culture and hort. breeding / eds.: A. A. Abul-Soad [et al.]. – 2017. – Vol. 1187. – P. 51–57.
12. *Shornikov, D. G.* Razmnnozhenie in vitro limonnika i aktinidii / D. G. Shornikov // *Sovremennye problemy tekhnologii proizvodstva, hranieniya, pererabotki i ekspertizy kachestva sel'skohozyajstvennoj produkcii: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 26–28 fevralya 2007.* – Michurinsk – naukograd RF: [b. i.], 2007. – Т. 1. – С. 337–341.
13. Sohranenie i razmnnozhenie cennyh form yagodnyh i dekorativnyh rastenij metodami biotekhnologii / M. B. Yankovskaya [i dr.] // *Vestnik IrGSHA: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem «Problemy ozeleneniya gorodov Sibiri i sopredel'nyh territorij».* – Irkutsk, 2011. – Ch. IV, vyp. 44. – S. 160–166.
14. *Matkowski, A.* Callus induction and plant regeneration in vitro in *Actinidia* / A. Matkowski, L. Przywara // *Acta societatis botanicorum poloniae*. – 2014. – Vol 64, iss 2. – P. 131–138.
15. *Vysockaya, O. N.* Sposob kriosohraneniya meristem, izolirovannyh iz rastenij zemlyaniki sadovoj (*Fragaria L.*) in vitro / O. N. Vysockaya, A. S. Popov / *In-t fiziologii rastenij im. K. A. Timiryazeva // Ru Patent № 2220563, S1, 2004.*
16. *Vysockaya, O. N.* Sposob podgotovki rastenij zemlyaniki sadovoj (*Fragaria L.*), razmnnozhennyh in vitro, k usloviyam kul'tivirovaniya ex vitro / O. N. Vysockaya, L. V. Alekseenko; *In-t fiziologii rastenij im. K. A. Timiryazeva // Ru Patent № 2302106, S1, 2006.*
17. *Hyndman, S. E.* The role of sucrose and nitrogen in adventitious root formation on cultured rose shoots / S. E. Hyndman, P. N. Hasegawa, R. A. Bressan // *PCTOC*. – 1982. – Vol. 1. – P. 229–238.
18. Effekt ispol'zovaniya paklobutrazola i razlichnyh koncentracij sahazozy v pitatel'nyh sredah in vitro na razvitie rastenij zemlyaniki v polevyh usloviyah / V. A. Vysokij [i dr.] // *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. – 2009. – Т. 22, № 1. – S. 241–246.
19. *Calvete, E. O.* Avaliacao do crescimento de plantas de morangueiro, durante a aclimatizacao ex vitro // *Hortic. brasil*. – 2000. – Vol.18, iss. 3. – P. 188–192.
20. *Butenko, R. G.* Biologiya kletok vysshih rastenij in vitro i biotekhnologii na ih osnove: ucheb. posobie / R. G. Butenko. – М.: ФБКПРЕСС, 1999. – 160 с.
21. *Wright S. T. C.* The effect of plant growth regulator treatments on the levels of ethylene emanating from excised turgid and wilted wheat leaves / S. T. C. Wright // *Plant*. – 1980. – Vol. 148, iss. 4. – P. 381–388.
22. *Wulster, G.* Effects of auxins and cytokinins on ethylene evolution and growth of rose callus tissue in sealed vessels / G. Wulster, J. Sacalis // *Hort. Sci*. – 1980. – Vol. 15, iss. 6. – P. 736–737.
23. *Dimitrova, V.* Vliyanie na kolichestvoto na zaharozata v hranitel'nata sreda v'ruhу rastezha i razvitiето na lozovite rasteniya, kul'tivirani in vitro // *Rasten. nauki*. – 1992. – Т. 29, № 56. – S. 84–88.
24. Statisticheskie metody. Proverka otkloneniya raspredeleniya veroyatnostej ot normal'nogo raspredeleniya = Statystychnyya metady. Praverka adhileniyya razmerkavannya veragodnasyay ad normal'naga razmerkavannya: GOST R ISO 5479-2002. – Vved. vpervye; 01.07.2002. – М.: ИПК изд-во стандартов, 2002. – 25 с. – (Sistema obshchetekhnicheskikh i organizacionno-metodicheskikh standartov).
25. *Mastickij, S. E.* Metodicheskoe posobie po ispol'zovaniyu programmy Statistica pri obrabotke dannyh biologicheskikh issledovanij / S. E. Mastickij. – Minsk: RUP «Institut rybnogo hozyajstva». – 76 s.