

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КЛОНАЛЬНОГО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР

М.Г. Маркова, Е.Н. Сомова

Реферат. Цель исследования – оптимизация условий культивирования *in vitro* жимолости синей, малины и земляники. Для инициации эксплантов контрольной (к.) для всех культур была среда Мурасиге-Скуга ($1/2$ МС), для жимолости дополнительно использовали $1/2$ МС модифицированную (мод.) с уменьшенным на 15 % содержанием NH_4 , Woodi Plant Medium ($1/2$ WPM); для малины – Quoirin-Lepoivre ($1/2$ QL) и $1/2$ Андерсона. Микро размножение и укоренение жимолости проводили на средах МС мод., WPM; малины – QL, Андерсона; земляники – МС мод. с Силиплантом, Боксю; контрольная – МС. В оптимальную для каждой культуры среду вносили регуляторы роста: 6-бензиламинопурина (6-БАП), гиббереллиновая кислота (ГК), продукты жизнедеятельности личинок большой восковой моли (ПЖВМ), индолил-3-масляная кислота (ИМК), Силиплант, ЭкоФус, НВ-101. На этапах микро размножения и укоренения на всех культурах изучали действие светодиодных фитооблучателей (СД-облучатель) с сочетанием в спектре красного, синего и белого света 2:1:1, 1:1:1, 2:1 соответственно, СД-облучателей с меняющимся спектром и мигающего. На среде $1/2$ WPM выживаемость эксплантов жимолости составила 62,2 % (27,9 % к.). При использовании СД 2К:1С:1Б достигнут наибольший коэффициент размножения (КР) 5,1 (2,6 к.) на МС мод.+6-БАП 1,0 мг/л+кинетин 0,5 мг/л и высокая укореняемость 89,0 % (76,0 % к.) на МС мод.+ИМК 0,5 мг/л. Культивирование малины красной на QL+6-БАП 1,0 мг/л + ГК 0,5 мг/л и облучение СД 2К:1С:1Б обеспечило КР 5,3 (2,7 к.), добавление в QL ИМК 0,5 мг/л+НВ-101 100 мкл/л и облучение СД 1К:1С:1Б способствовало 100 % укореняемости. Внесение в QL 6-БАП 1,0 мг/л+ИМК 0,2 мг/л+ГК 0,5 мг/л и освещение СД 1К:1С:1Б увеличили КР малины ремонтантной в 1,6 раза (с 2,6 до 4,1), а использование QL+ИМК 0,5 мг/л+НВ-101 50 мкл/л и СД 2К:1С:1Б повысило ее укореняемость до 96 % (67 % к.). Облучение СД с меняющимся спектром при культивировании на МС+Силиплант+ЭкоФус по 0,5 мг/л обеспечило КР земляники садовой 5,9 (3,8 к.), земляники ремонтантной – 7,4 (5,6 к.) на МС+НВ-101 100 мкл/л. Добавление в МС ИМК 0,5 мг/л+НВ-101 100 мкл/л способствовало укоренению земляники садовой 100 % при использовании СД-облучателя с меняющимся спектром, а земляники ремонтантной – с мигающим СД-облучателем.

Ключевые слова: жимолость синяя (*Lonicera caerulea*), малина обыкновенная (*Rubus idaeus*), земляника садовая (*Fragaria ananassa*), клональное микро размножение, светодиодный фитооблучатель.

Введение. Клональное микро размножение ягодных и других растений – наиболее надежный и перспективный метод, позволяющий производить посадочный материал, свободный от различных заболеваний [1]. Работу в лабораторных условиях осуществляют круглый год, нужную партию растений можно сформировать к определенному сроку, иногда за очень короткий промежуток времени [2].

Оптимальная питательная среда, регуляторы роста и спектральный состав света – самые важные факторы биопродуктивности растений *in vitro* [3].

При производстве посадочного материала метод клонального микро размножения дает ряд преимуществ, по сравнению с традиционным черенкованием и прививкой, поэтому также очень важен вопрос экономической эффективности [4].

Цель исследований – совершенствование биотехнологических методов выращивания жимолости синей, малины и земляники.

Условия, материалы и методы. Эксперименты проводили в 2012–2020 гг. согласно методическим указаниям «Технологический процесс получения оздоровленного от вирусов посадочного материала плодовых и ягодных культур» (2013) и ГОСТ Р 54051-2010 «Плодовые и ягодные культуры. Стерильные

культуры и адаптированные микро растения. Технические условия».

Объектами служили: на этапе введения в культуру ткани – инициальные экспланты, на этапе собственно микро размножения – микро черенки, на этапе адаптации – микро растения жимолости синей, малины красной и ремонтантной, земляники садовой и ремонтантной.

На этапе введения в стерильную культуру для всех культур использовали питательные среды с половинной дозой макро- и микроэлементов, контрольной была среда Мурасиге-Скуга ($1/2$ МС). Дополнительно изучали возможность использования для жимолости $1/2$ МС модифицированную с уменьшенным на 15 %, по сравнению с базовой МС, содержанием аммиачного азота NH_4 и Woodi Plant Medium ($1/2$ WPM); для малины – Quoirin-Lepoivre ($1/2$ QL) и $1/2$ Андерсона. Для земляники на этом этапе другие питательные среды не использовали.

Стерилизовали экспланты 33 %-ным раствором пергидроля.

На этапах собственно микро размножения (5 пассажей) и укоренения использовали следующие питательные среды: для жимолости – МС модифицированная, WPM; для малины – QL, Андерсона; для земляники – МС модифицированная Силиплантом, Боксю; контрольной для всех культур служила среда МС. В

Таблица 1 – Используемые регуляторы роста на этапах клонального микроразмножения ягодных культур

Культура	Этап		
	собственно микро-размножение	укоренение	адаптация
Жимолость синяя	6-БАП 1,5 мг/л (контроль) 6-БАП 2,0 мг/л, 6-БАП 1,0 мг/л + кинетин 0,5 мг/л	ИМК 0,5 мг/л	дистиллированная вода (контроль) НВ-101 100 мкл/л Рибав-Экстра 1,0 мл/л Биосил 1,0 мл/л
Малина красная и ремонтантная	6-БАП 1,0 мг/л (контроль) 6-БАП 1,0 мг/л + ИМК 0,2 мг/л 6-БАП 1,0 мг/л + ГК 0,5 мг/л 6-БАП 1,0 мг/л + ИМК 0,2 + ГК 0,5 мг/л 6-БАП 1,0 мг/л + кинетин 0,5 мг/л.	ИМК 0,5 мг/л (контроль) ИМК 0,5 мг/л + Рибав-Экстра 1,0 мл/л ИМК 0,5 мг/л + НВ-101 50 мкл/л ИМК 0,5 мг/л + НВ-101 100 мкл/л ИМК 0,5 мг/л + НВ-101 150 мкл/л	дистиллированная вода
Земляника садовая и ремонтантная	6-БАП 0,5 мг/л + ГК 0,2 мг/л (контроль) 6-БАП 0,5 мг/л + ГК 0,2 мг/л + НВ-101 50 мкл/л 6-БАП 0,5 мг/л + ГК 0,2 мг/л + НВ-101 100 мкл/л 6-БАП 0,5 мг/л + ГК 0,2 мг/л + НВ-101 150 мкл/л 6-БАП 0,5 мг/л + ГК 0,2 мг/л + Силиплант 1,0 мл/л 6-БАП 0,5 мг/л + ГК 0,2 мг/л + Экофус 1,0 мл/л 6-БАП 0,5 мг/л + ГК 0,2 мг/л + Силиплант 0,5 мл/л + Экофус 0,5 мл/л 6-БАП 0,5 мг/л + ПЖВМ 2,0 мг/л 6-БАП 0,5 мг/л + ПЖВМ 4,0 мг/л 6-БАП 0,5 мг/л + ПЖВМ 6,0 мг/л	ИМК 0,5 мг/л (контроль) ИМК 0,5 мг/л + НВ-101 50 мкл/л ИМК 0,5 мг/л + НВ-101 100 мкл/л ИМК 0,5 мг/л + НВ-101 150 мкл/л ИМК 0,5 мг/л + Рибав-Экстра 0,5 мл/л ИМК 0,5 мг/л + Рибав-Экстра 1,0 мл/л ИМК 0,5 мг/л + Рибав-Экстра 1,5 мл/л ИМК 0,5 мг/л + ПЖВМ 1,0 мг/л ИМК 0,5 мг/л + ПЖВМ 2,0 мг/л ИМК 0,5 мг/л + ПЖВМ 3,0 мг/л ИМК 0,5 мг/л + ПЖВМ 4,0 мг/л [5]	дистиллированная вода (контроль) ЭкоФус 1,0 мл/л Силиплант 1,0 мл/л ЭкоФус 0,5 мл/л + Силиплант 0,5 мл/л ПЖВМ 2,0 мг/л ПЖВМ 4,0 мг/л ПЖВМ 6,0 мг/л

оптимально выделяющуюся для каждой культуры питательную среду перед автоклавированием вносили различные регуляторы роста: 6-БАП – 6-бензиламинопури, ГК – гиббереллиновая кислота, ПЖВМ – продукты жизнедеятельности личинок большой восковой моли, ИМК – индолил-3-масляная кислота (табл. 1).

Дополнительно на этапах собственно микроразмножения и укоренения на всех культурах изучали действие светодиодных фитооблучателей (СД-облучатель) с сочетанием в спектре красного, синего и белого света соответственно 2:1:1, 1:1:1, 2:1 [6], СД-облучателей с меняющимся спектром и мигающего. Последние два фитооблучателя применяли также на этапе адаптации земляники. Контрольным был люминесцентный фитооблучатель. Фотопериод составлял 14 ч, освещенность – 75...85 мМоль/м²×сек⁻¹, 6500 К, температура воздуха – 22...27 °С, влажность – 50...60 % [7]. Экспериментальные светодиодные фитооблучатели с различными характеристиками, которые, наряду с экономией элек-

троэнергии, улучшают качество освещения микрорастений, разработаны в ФГБОУ «Ижевская ГСХА» [8].

На этапе адаптации использовали субстраты на основе низинного торфа и речного песка в соотношении 3:1 (контроль), низинного торфа и вермикулита 3:1, верхового торфа [9]. Препараты с фитозащитными и ростостимулирующими свойствами применяли путем опрыскивания водными растворами [10].

В каждом варианте работали с объемом выборки 10 единиц, все опыты проводили в трехкратной повторности. Экспериментальные данные обработаны методом дисперсионного анализа по Доспехову Б. А. (М., 2001).

Анализ и обсуждение результатов. На этапе введения в стерильную культуру оптимальной для всех сортов жимолости была питательная среда ¹/₂ WPM, обеспечившая значительное увеличение выживаемости экплантов до 62,2 %, в сравнении с контрольной (27,9 %). Культивирование на среде ¹/₂ QL повышало выживаемость апексов малины крас-

ной в 1,7 раза, ремонтантной – в 1,3 раза. Выживаемость эксплантов земляники на среде ^{1/2} МС составила 81,5 %, поэтому в подборе оптимальной питательной среды на этапе введения в культуру не было необходимости.

Культивирование жимолости синей на питательной среде МС модифицированной с добавлением 6-БАП 1,0 мг/л + кинетин 0,5 мг/л при освещении светодиодным фитооблучателем со спектром 2К:1С:1Б способствовало увеличению коэффициента размножения (КР), в сравнении с контролем (2,6), в 2 раза (табл. 2). Добавление в указанных условиях индуктора ризогенеза ИМК 0,5 мг/л обеспечило существенное увеличение укореняемости микрочеренков жимолости синей, в сравнении с контролем (76,0 %), до 89,0 %.

Культивирование малины красной на среде QL с добавлением 6-БАП 1,0 мг/л + ГК 0,5 мг/л при облучении СД 2К:1С:1Б повышало КР, в сравнении с контролем (2,7), практически в 2,0 раза (5,3). Внесение в питательную среду ГК 0,5 мг/л обеспечило увеличение высоты микрочеренков малины красной, в сравнении с контролем (1,2 см), до 1,8 см с последующей высадкой их на укоренение без этапа элонгации (удлинения). Укоренение микрочеренков

малины красной на питательной среде QL с добавлением ИМК 0,5 мг/л + НВ-101 100 мкл/л и освещении СД 1К:1С:1Б обеспечило 100 % -ный результат.

Культивирование малины ремонтантной на среде QL с добавлением 6-БАП 1,0 мг/л + ИМК 0,2 мг/л + ГК 0,5 мг/л при облучении СД 1К:1С:1Б повышало КР, в сравнении с контролем (2,6), в 1,6 раза. Внесение в питательную среду ГК 0,5 мг/л обеспечило увеличение высоты микрочеренков малины ремонтантной, в сравнении с контролем (1,5 см), в среднем до 3,0 см, что позволило высадить 70 % микрочеренков на укоренение также без этапа элонгации. Значительное увеличение укореняемости малины ремонтантной (до 96 %, при 67 % в контроле) отмечали при совместном внесении в среду QL ИМК 0,5 мг/л и НВ-101 50 мкл/л при облучении СД 2К:1С:1Б.

Максимальный в опыте КР микрочеренков земляники садовой (5,9) зафиксирован на среде МС при совместном использовании Силипланта и ЭкоФуса в концентрациях 0,5 мл/л и освещении СД с меняющимся спектром, в контроле величина этого показателя была на 2,1 меньше. Сокращению этапа укоренения микрочеренков земляники садовой до 10 суток

Таблица 2 – Оптимальные условия для эффективного микроразмножения ягодных культур *in vitro*

Условия и приемы	Коэффициент размножения	Укореняемость, %
Жимолость синяя		
МС+6-БАП 1,0 мг/л, ЛПО (контроль)	2,6	
МС мод.+6-БАП 1,0 мг/л+кинетин 0,5 мг/л, СД 2К:1С:1Б	5,1	
МС+ИМК 0,5 мг/л, ЛПО (контроль)		76,0
МС мод.+ИМК 0,5 мг/л, СД 2К:1С:1Б		89,0
НСР ₀₅	1,5	8,3
Малина красная		
QL+6-БАП 1,0 мг/л, ЛПО (контроль)	2,7	
QL+6-БАП 1,0 мг/л+ГК 0,5 мг/л, СД 2К:1С:1Б	5,3	
QL+ИМК 0,5 мг/л, ЛПО (контроль)		70,2
QL+ИМК 0,5 мг/л+НВ-101 100мкл/л, СД 1К:1С:1Б		100,0
НСР ₀₅	0,7	11,9
Малина ремонтантная		
QL+6-БАП 1,0 мг/л, ЛПО (контроль)	2,6	
QL+6-БАП 1,0мг/л+ИМК 0,2 мг/л+ГК 0,5мг/л, СД 1К:1С:1Б	4,1	
QL+ИМК 0,5 мг/л, ЛПО (контроль)		67,0
QL+ИМК 0,5 мг/л+НВ-101 50мкл/л, СД 2К:1С:1Б		96,0
НСР ₀₅	0,5	9,3
Земляника садовая		
МС+6-БАП 0,5 мг/л+ГК 0,2 мг/л, ЛПО (контроль)	3,8	
МС+6-БАП 0,5 мг/л+Силиплант 0,5 мл/л+и ЭкоФуса 0,5 мл/л, СД с меняющимся спектром	5,9	
МС+ИМК 0,5 м/л, ЛПО (контроль)		90,0
МС+ИМК 0,5 м/л+НВ-101 100мкл/л, СД с меняющимся спектром		100,0
НСР ₀₅	1,6	9,0
Земляника ремонтантная		
МС+6-БАП 0,5 мг/л+ГК 0,2 мг/л, ЛПО (контроль)	5,6	
МС+6-БАП 0,5 мг/л+НВ-101 100мкл/л, СД с меняющимся спектром	7,4	
МС+ИМК 0,5 м/л, ЛПО (контроль)		80,0
МС+ИМК 0,5 м/л+НВ-101 100мкл/л, СД мигающий		100
НСР ₀₅	1,7	17,1

(в контроле 20 суток) и 100 %-ному укоренению способствовало добавление в питательную среду НВ-101 в концентрации 100 мкл/л и освещение светодиодным фитооблучателем с меняющимся спектром. У земляники ремонтантной самый высокий КР отмечен также на среде МС с НВ-101 в концентрации 100 мкл/л при освещении светодиодным фитооблучателем с меняющимся спектром – 7,4 (в контроле 5,6). Укореняемость микрочеренков земляники ремонтантной составила 100 % на этой же питательной среде с добавлением ИМК 0,5 мг/л и НВ-101 в концентрации 100 мкл/л, но при освещении мигающим светодиодным фитооблучателем.

Применение Рибав-Экстра и освещение светодиодным мигающим фитооблучателем активизировало ризогенез микрочеренков земляники. Укореняемость земляники садовой на уровне 100 % отмечали через 10 суток после высадки при концентрации препарата 1,5 мл/л составила, ремонтантной – через 20 суток при концентрации 1,0 мл/л. Внесение в питательную среду ПЖВМ во всех дозах также значительно увеличивало укореняемость микрочеренков: у земляники садовой она достигала 86,4...100 %, ремонтантной – 88,9...100 % [11].

К концу этапа укорененные микрочеренки жимолости синей, малины и земляники соответствовали ГОСТ Р 54051-2010.

На этапе адаптации увеличение приживаемости микрорастений жимолости до 93,4 % обеспечило использование субстрата на основе верхового торфа в сочетании с обработкой 0,01 %-ным водным раствором НВ-101. В этом варианте выход кондиционных адаптированных микрорастений жимолости достиг 91,1 % при 67,9 % в контроле.

Выход 100 % адаптированных микрорастений малины красной и ремонтантной отмечен при использовании общепринятой методики.

Адаптацию укорененных микрочеренков земляники со 100 % приживаемостью обеспечило опрыскивание 0,1 %-ным водным раствором Силипланта и обработка 0,05 % смешанным раствором Силипланта с ЭкоФусом при освещении светодиодным фитооблучателем с меняющимся спектром. Кроме того, приживаемость 100 % микрорастений земляники садовой отмечали при опрыскивании 0,4 %-ным водным раствором ПЖВМ; приживаемость 99,8 % микрорастений земляники ремонтантной наблюдали при опрыскивании 0,6 %-ным водным раствором ПЖВМ.

При соблюдении перечисленных условий к концу этапа адаптированные микрорастения жимолости синей, малины и земляники соответствовали ГОСТ Р 54051-2010.

Подбор оптимальных питательных сред, регуляторов роста и светового режима в клональном микроразмножении жимолости синей, малины и земляники позволил значительно увеличить КР и выход адаптированных микрорастений. Результаты этих исследований легли в основу усовершенствованных методик для клонального микроразмножения изучаемых культур.

Применение улучшенной методики увеличило выход адаптированных микрорастений жимолости синей в 3,8 раза, снизило их себестоимость – на 20,6 % (табл. 3). Это позволило в конечном итоге произвести стандартный посадочный материал с закрытой корневой системой в течение одного вегетационного периода при уровне рентабельности 113,0 %, что на 32,0 % выше, чем по традиционной методике. Соблюдение усовершенствованной методики клонального микроразмножения позволило увеличить выход адаптированных микрорастений малины красной в 7,1 раза, малины ремонтантной – в 3,3 раза. Уровень рентабельности составил соответственно 155 % и 145 %. Использование усовершен-

Таблица 3 – Эффективность получения микрорастений ягодных культур *in vitro* по традиционной и усовершенствованной методикам

Методика клонального микро-размножения	Выход микро-растений, шт.	Себестоимость одного микро-растения, руб.	Условно чистый доход с одного микро-растения, руб.	Рентабельность, %
Жимолость синяя				
Традиционная	196	34,8	25,2	72,4
Усовершенствованная	739	27,6	32,4	117,4
Малина красная				
Традиционная	119	30,8	29,2	94,8
Усовершенствованная	844	23,5	36,5	155,0
Малина ремонтантная				
Традиционная	289	31,9	28,1	88,0
Усовершенствованная	952	24,5	35,5	145,0
Земляника садовая				
Традиционная	85	116	34	29,3
Усовершенствованная	176	83	67	80,7
Земляника ремонтантная				
Традиционная	282	116	34	29,3
Усовершенствованная	535	64	86	134,4

ствованной методики увеличило выход микро-растений земляники садовой в 2,1 раза, ремонтантной – в 1,9 раза, снизило себестоимость одного адаптированного микро-растения соответственно на 33,0 % и 52,0 %, повысило уровень рентабельности до 80,7 и 134,4 % соответственно.

Выводы. Оптимальной питательной средой для жимолости синей на этапе введения в культуру *in vitro* оказалась $1/2$ WPM, обеспечивающая выживаемость эксплантов 62,2 %. Питательная среда МС с пониженным на 15 % содержанием аммиачного азота, добавлением 6-БАП 1,0 мг/л + кинетин 0,5 мг/л при освещении СД-облучателем со спектром 2К:1С:1Б увеличивала КР до 5,1. Укореняемость микрочеренков жимолости синей на питательной среде МС мод. с добавлением ИМК 0,5 мг/л при освещении СД-облучателем 2К:1С:1Б достигала 89,0 %. Условия адаптации микро-растений жимолости синей в субстрате на основе верхового торфа с опрыскиванием 0,01 %-ным раствором НВ-101 обеспечили приживаемость жимолости синей до 93,4 %, при этом выход кондиционных адаптированных микро-растений составил 91,1 %.

На всех этапах микроразмножения *in vitro* малины оптимальной питательной средой была QL. Добавление в эту среду 6-БАП 1,0 мг/л + ГК 0,5 мг/л при облучении СД-облучателем 2К:1С:1Б обеспечило наибольший коэффициент размножения (5,3), а внесение ИМК 0,5

мг/л + НВ-101 100мкл/л и освещение СД-облучателем 1К:1С:1Б – 100 %-ную укореняемость микрочеренков малины красной. Увеличить КР малины ремонтантной до 4,1 позволило добавление в среду QL 6-БАП 1,0 мг/л + ИМК 0,2 мг/л + ГК 0,5 мг/л и облучение СД 1К:1С:1Б, а внесение ИМК 0,5 мг/л + НВ-101 50мкл/л и облучение СД 2К:1С:1Б повысило укореняемость микрочеренков до 96 %.

Для культивирования *in vitro* земляники оптимальной питательной средой оказалась МС. При внесении в нее Силипланта и ЭкоФуса по 0,5 мл/л и освещении СД с меняющимся спектром отмечен максимальный в опыте коэффициент размножения микрочеренков земляники садовой (5,9), а использование НВ-101 в концентрации 100 мкл/л при освещении тем же фитооблучателем обеспечило самый высокий КР земляники ремонтантной (7,4). Добавление в среду МС НВ-101 в концентрации 100 мкл/л способствовало 100 %-ному укоренению микрочеренков земляники садовой при освещении СД-облучателем с меняющимся спектром, а земляники ремонтантной – при использовании мигающего СД-облучателя. Адаптация земляники в субстрате на основе верхового торфа с опрыскиванием 0,1 %-ным раствором Силипланта, 0,05 %-ным раствором Силипланта с ЭкоФусом и 0,4 %-ным раствором ПЖВМ при освещении СД-облучателем с меняющимся спектром обеспечила приживаемость 100 % микро-растений.

Литература

- Куликов И. М., Минаков И. А. Развитие садоводства в России: тенденции, проблемы, перспективы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. С. 9–15.
- Современный биотехнологический подход к производству посадочного материала садовых культур / Т. В. Плаксина, И. Д. Бородулина, Л. С. Ворохова и др. // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы XII Международной научно-практической конференции. Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет. 2017. С. 239–241.
- Маркова М. Г., Сомова Е. Н. Влияние регуляторов роста и светодиодных фитооблучателей на адаптацию земляники садовой // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 6. С. 12–15. doi:10.30850/vrsn/2019/6/12-15.
- Шипунова А. А. Клональное микроразмножение плодовых и декоративных культур в условиях промышленного производства // Биотехнология как инструмент сохранения разнообразия растительного мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты): материалы VII Междунар. научно-практ. конф., посвящ. 30-летию отдела биотехнологии растений Никитского ботанического сада. Симферополь: Изд-во типография «Ариал», 2016. С. 138–139.
- Пат. 2715695 РФ. МПК Способ укоренения ремонтантной земляники в культуре *in vitro* / М. Г. Маркова, Е. Н. Сомова, А. С. Осокина и др. // Заявлено 24.05.2019; опубл. 02.03.2020. Бюл. № 7. 5 с.
- Пат. 127286 РФ. МПК. Полезная модель «Светодиодная система для облучения меристемных растений» / Р. А. Валеев, С. И. Юран, Н. П. Кондратьева и др. // Заявлено 17.07.2012; опубл. 27.04.2013 г. 5с.
- Supplemental blue led lighting array to improve the signal quality in hyperspectral imaging of plants / A. K. Mahlein, E. C. Oerke, H. W. Dehne, et al. // Sensors. 2015. Vol. 15. No. 6. P. 12834–12840.
- Эффективность микропроцессорной системы автоматического управления работой светодиодных облучательных установок / Н. П. Кондратьева, Р. И. Ильясов, Р. Г. Большин и др. // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. № 3. С. 32–37.
- Колбанова Е. В. Влияние фитогормонов в составе питательной среды на пролиферацию у растений-регенерантов сортов жимолости синей (*Lonicera caerulea* L. var. *Kamtschatica*) // Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. Мінск // 2020. Т. 65. № 1. С. 88–97. Doi:10.29235/1029-8940-2020-56-1-88-97.
- Adaptation of regenerated strawberry plants to ex vitro using biological preparations / A. Subin, G. Tkalenko, V. Voroday, et al. // Агробіологія. 2016. № 2 (128). С. 85–90.
- Маркова М. Г., Сомова Е. Н. Использование продуктов жизнедеятельности личинок большой восковой моли в клональном микроразмножении земляники садовой // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 4. С. 66–68. doi:10.30850/vrsn/2020/4/66-68.

Сведения об авторах:

Маркова Марина Геннадьевна – научный сотрудник, e-mail: ugniish-nauka@yandex.ru
Сомова Елена Николаевна – старший научный сотрудник

IMPROVEMENT OF CLONAL MICROPROPAGATION OF BERRY CROPS

M.G. Markova, E.N. Somova

Abstract. The aim of the study is to optimize the conditions for in vitro cultivation of blue honeysuckle, raspberry and strawberry. The work was carried out in 2012-2020. The Murasige-Skuga medium (1/2 MS) was the control for all cultures for the initiation of explants. Additionally, we used a modified nutrient medium 1/2 MS with a reduced NH₄ content by 15 % compared to the base MS; and Woodi Plant Medium (1/2 WPM) for honeysuckle; for raspberries - Quoirin-Lepoivre (1/2 QL) and 1/2 Anderson; for strawberries - 1/2 MS. For micropropagation and rooting, the following media were used: honeysuckle - modified MS and WPM; raspberries - QL and Anderson; strawberries - MS modified by Siliplant and Boksyu; control for all - MS. The following growth regulators were added to the optimal each culture a nutrient medium: 6-benzylaminopurine (6-BAP), gibberellic acid (GA), waste products of the large wax moth larvae, indolyl-3-butyric acid (IBA), Siliplant, EcoFus, HB-101. The effect of LED-phytoirradiators with a combination of red, blue and white light in the spectrum 2: 1: 1, 1: 1: 1, 2: 1, respectively, and LED-irradiators with a changing spectrum and flashing were studied at the stages of micropropagation and rooting in all cultures. The survival rate of honeysuckle explants on 1/2 WPM medium was 62.2 % (control 27.9 %). The highest reproduction factor of 5.1 (control 2.6) was achieved when using LED 2 red : 1 blue : 1 white on MS modified + 6-BAP 1.0 mg/L + kinetin 0.5 mg/L, and high rooting rate of honeysuckle 89.0 % (76.0 % k) was achieved on MS modified + IBA 0.5 mg/L. Cultivation of red raspberries on QL + 6-BAP 1.0 mg/L + GA 0.5 mg/L and LED irradiation 2 red : 1 blue : 1 white provided a reproduction factor of 5.3 (control 2.7), addition of IBA 0.5 mg/L + HB-101 100 µL/L in QL and LED irradiation 1 red : 1 blue : 1 white contributed to 100 % rooting. The addition of 6-BAP 1.0 mg/L + IBA 0.2 mg/L + GA 0.5 mg/L in QL and LED lighting 1 red : 1 blue : 1 white increased the reproduction factor of remnant raspberries by 1.6 times (from 2, 6 to 4.1), and the use of QL + IBA 0.5 mg/L + HB-101 50 µL/L and LED 2 red : 1 blue : 1 white increased its rooting ability to 96 % (control 67 %). LED irradiation with a changing spectrum during cultivation of garden strawberries on MS + Siliplant + EcoFus at 0.5 ml/L provided a reproduction factor of 5.9 (control 3.8), and the reproduction factor of remnant strawberries on MS + HB-101 100 µL/L was 7.4 (control 5.6). The addition of IBA 0.5 mg/L + HB-101 100 µL/L to the MS promoted the rooting of garden strawberries of 100 % when using a LED irradiator with a changing spectrum, and remnant strawberries – with a blinking LED irradiator.

Key words: Honeysuckle blue (*Lonicera caerulea*), raspberry ordinary (*Rubus idaeus*), strawberry garden (*Fragaria ananassa*), clonal micropropagation, LED phytoirradiator.

References

1. Kulikov IM, Minakov IA. [Development of gardening in Russia: trends, problems, prospects]. // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2017: 9-15 p.
2. Plaksina TV, Borodulina ID, Vorokhobova LS. Sovremenniy biotekhnologicheskii podkhod k proizvodstvu posadochnogo materiala sadovykh kul'tur. [Modern biotechnological approach to the production of planting material for horticultural crops]. Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaistvu: materialy XII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Barnaul: Altaiskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet. 2017; 239-241 p.
3. Markova MG, Somova EN. [Influence of growth regulators and LED phyto-irradiators on the adaptation of garden strawberries]. Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2019. (6): 12-15 p. doi:10.30850/vrsn/2019/6/12-15.
4. Shipunova AA. Klonal'noe mikrorazmnozhenie plodovykh i dekorativnykh kul'tur v usloviyakh promyshlennogo proizvodstva. [Clonal micropropagation of fruit and ornamental crops in industrial production]. Biotekhnologiya kak instrument sokhraneniya raznoobraziya rastitel'nogo mira (fiziologo-biokhimiicheskie, embriologicheskie, geneticheskie i pravovye aspekty): materialy VII Mezhdunar. nauchno-prakt. konf., posvyashch. 30-letiyu otdela biotekhnologii rastenii Nikitskogo botanicheskogo sada. Simferopol': Arial. 2016; 138-139 p.
5. Markova MG, Somova EN, Osokina AS. Pat. 2715695 RF. MPK Sposob ukoreneniya remontananoi zemlyaniki v kul'ture in vitro. [Method of rooting remnant strawberries in culture in vitro]. Zayavleno 24.05.2019; opubl. 02.03.2020. Byul. № 7. 5 p.
6. Valeev RA, Yuran SI, Kondrat'eva NP. Pat. 127286 RF. MPK. Poleznaya model' "Svetodiodnaya sistema dlya oblucheniya meristemnykh rastenii". [Utility model "LED system for irradiation of meristemic plants"]. // Zayavleno 17.07.2012; opubl. 27.04.2013 g. 5 p.
7. Mahlein AK, Oerke EC, Dehne HW. [Supplemental blue led lighting array to improve the signal quality in hyperspectral imaging of plants]. Sensors. 2015. 15 (6): 12834-12840 p.
8. Kondrat'eva NP, Il'yasov RI, Bol'shin RG. [The efficiency of the microprocessor system for automatic control of the operation of LED irradiation installations]. Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii. 2018. 3: 32-37 p.
9. Kolbanova EV. [Influence of phytohormones in the composition of the nutrient medium on the proliferation of regenerated plants of blue honeysuckle varieties (*Lonicera caerulea* L. var. *Kamtschatica*)]. Vestsi natsyonal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk. Minsk. 2020. 65 (1): 88-97 p. Doi:10.29235/1029-8940-2020-56-1-88-97.
10. Subin A, Tkalenko G, Boroday V. Adaptation of regenerated strawberry plants to ex vitro using biological preparations. Agrobiologiya. 2016. 2 (128): 85-90 p.
11. Markova MG, Somova EN. [Use of waste products of larvae of the large wax moth in clonal micropropagation of garden strawberry]. Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2020. (4): 66-68 p. doi:10.30850/vrsn/2020/4/66-68.

Author:

Markova Marina Gennadiyevna - Researcher, e-mail: ugniish-nauka@yandex.ru

Somova Elena Nikolaevna - Senior Researcher

Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia