



КАЛЛУСОГЕНЕЗ У РАСТЕНИЙ БАКЛАЖАНА *SOLANUM MELONGENA* L. В *IN VITRO* КУЛЬТУРАХ

*Хакимова Л.Р.^{1,2}, Ибатуллина Г.Ф.², Михайлова Е.В.^{1,3}, Вершинина З.Р.^{1,3}

¹Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Россия, 450054, Уфа, пр. Октября 71, лит. 1Е

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Башкирский государственный медицинский университет Минздрава России, Россия, 450000, Уфа, ул. Ленина, 3.

³Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», кафедра «Школа молекулярных технологий», Россия, 450064, Уфа, ул. Космонавтов, 1.

*E-mail: lili-nigmatullina@bk.ru

Резюме

Баклажан (*Solanum melongena* L.) является важной овощной культурой из семейства Пасленовые и одной из самых популярных овощных культур во многих странах мира. Трансформация растений баклажана остается одной из главных проблем генной инженерии растений ввиду относительно низкой эффективности каллусогенеза у разных сортов данной культуры. В нашем исследовании проведен анализ каллусообразования двух белоплодных сортов баклажана на стандартной регенерационной среде с добавлением разных концентраций и сочетаний гормонов в 5 вариантах. В работе использовали фитогормоны 1-нафтилуксусной кислоты (НУК), кинетин, который является цитокинином – растительным гормоном, способствующим делению клеток в присутствии ауксина, и широко используется для образования каллуса или для индуцирования роста побегов, 6-бензиламинопуридин (6-БАП), который используется для ускорения роста растений. Вариант I с 0,5 мг/л 6-БАП и 2,0 мг/л НУК, вариант II с 5,0 мг/л 6-БАП и 0,1 мг/л НУК, вариант III с 2,0 мг/л 6-БАП и 0,1 мг/л НУК, вариант IV с 2,0 мг/л 6-БАП и 2,0 мг/л кинетином, вариант V с 10,0 мг/л 6-БАП и 0,2 мг/л НУК. Наиболее подходящими оказались вариант 2, где некоторые каллусы образовывали наросты в виде корней, а у других появлялись зачатки микрорастений, и вариант 3, где образовывался очень рыхлый каллус белого или светло-коричневого цвета, на которых также появлялись зачатки микрорастений. Но в дальнейшем в обоих вариантах все каллусы погибали. В вариантах 1, 4 и 5 семядольные экспланты окрашивались в коричневый цвет сначала по краям, а потом и полностью, затем погибали. К сожалению, в рамках нашего исследования не были подобраны оптимальные сочетания гормонов, которые подходили бы для эффективного каллусогенеза разных сортов баклажанов и работа будет продолжена.

Ключевые слова: каллусогенез, *Solanum melongena* L., 6-БАП, НУК, *in vitro*.

Цитирование: Хакимова Л.Р., Ибатуллина Г.Ф., Михайлова Е.В., Вершинина З.Р. Каллусогенез у растений баклажана *Solanum melongena* L. в *in vitro* культурах // *Biomics*. 2023. Т.15(3). С. 204-212. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2023-18

© Авторы

CALLUS FORMATION IN EGGPLANT PLANTS *SOLANUM MELONGENA* L. IN VITRO CULTURES

*Khakimova L.R.^{1,2}, Ibatullina G.F.², Mikhaylova E.V.^{1,3}, Vershinina Z.R.^{1,3}

¹Institute of Biochemistry and Genetics - Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Russia, 450054, Ufa, Prospekt Oktyabrya, 71, lit. 1E, *E-mail: lili-nigmatullina@bk.ru

²Bashkir State Medical University (BSMU), 450008, Russia, Ufa, Lenina st. 3

³Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ufa State Petroleum Technological University" (USPTU), Department of molecular technologies, Russia, 450064, Ufa, Kosmonavtov st. 1

Resume

Eggplant (*Solanum melongena* L.) is an important vegetable crop from the Solanaceae family and one of the most popular vegetable crops in many countries around the world. Transformation of eggplant plants remains one of the main problems of plant genetic engineering due to the relatively low efficiency of callus genesis in different varieties of this crop. Our study analyzed the callus formation of two white-fruited eggplant varieties on a standard regeneration medium with the addition of different concentrations and combinations of hormones in 5 variants. The phytohormones used in the work were 1-naphthaleneacetic acid (NAA), kinetin, which is a cytokinin - a plant hormone that promotes cell division in the presence of auxin and is widely used for callus formation or to induce shoot growth, 6-benzylaminopurine (6-BAP), which is used to accelerate plant growth. Option I with 0.5 mg/l 6-BAP and 2.0 mg/l NAA, option II with 5.0 mg/l 6-BAP and 0.1 mg/l NAA, option III with 2.0 mg/l 6-BAP and 0.1 mg/l NAA, option IV with 2.0 mg/l 6-BAP and 2.0 mg/l kinetin, option V with 10.0 mg/l 6-BAP and 0.2 mg/l NAA. The most suitable were option 2, where some calli formed growths in the form of roots, and in others the rudiments of microplants appeared, and option 3, where a very loose callus of white or light brown color was formed, on which the rudiments of microplants also appeared. But later, in both variants, all calli died. In variants 1, 4 and 5, the cotyledon explants turned brown, first at the edges, and then completely, and then died. Unfortunately, our study did not select optimal combinations of hormones that would be suitable for effective callusogenesis of different eggplant varieties and the work will continue.

Key words: callusogenesis, *Solanum melongena* L., 6-BAP, NAA, in vitro.

Citation: Khakimova L.R., Ibatullina G.F., Mikhaylova E.V., Vershinina Z.R. Callus formation in eggplant plants *Solanum melongena* L. in vitro cultures. *Biomics*. 2023. T.15(3). C. 204-212. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2023-18 (In Russian)

© The Authors

Введение

Solanum melongena L. – баклажан является хорошо известной овощной культурой, выращиваемой во многих странах, особенно в регионах с тропическими и умеренными условиями [Collonnier et al., 2001]. Он принадлежит к семейству Пасленовых (*Solanaceae*) и имеет общего предка с другими хорошо известными членами этого семейства, такими как помидоры, картофель, перец и табак [Fukuoka et al., 2010]. Как правило, баклажаны делятся на три основные категории в зависимости от формы их плодов. Они имеют яйцевидную форму (*S. melongena* var. *esculentum*), карлик (*S. melongena* var. *depressum*) и длинной тонкой формы (*S. melongena* var. *serpentium*)

[Kashyap et al., 2003]. Баклажаны могут хорошо расти в регионах с большим количеством осадков и высокой температурой, при таких условиях они дают более высокий урожай [Bhatti et al., 2013]. Цветки баклажана пурпурного, красного или белого цвета в зависимости от сорта, дающего плоды шаровидной или длинной формы, от пурпурного, белого, зеленого, коричневого или желтого цвета [Daunay et al., 2008]. Баклажаны широко известны своей питательной ценностью, а также лечебными свойствами для рациона человека. Баклажаны используются в кухнях всего мира, особенно в Азии, а также являются популярным ингредиентом вегетарианских блюд. Баклажаны богаты растворимой клетчаткой и

минералами, такими как кальций, железо, калий и фосфор. Витамины, такие как витамин С, витамин В6, витамин К, фолиевая кислота и холин, содержатся в большом количестве в фруктах, что делает их полезными для здоровья человека [Bhatti et al., 2013]. Низкое содержание калорий и жира в плодах баклажанов также способствует снижению веса и снижению риска сердечно-сосудистых заболеваний [Robinson, Saranya, 2013]. Употребление в пищу плодов баклажанов также связано с профилактикой ряда заболеваний, таких как бронхит, астма, диабет и артрит, в основном благодаря наличию в плодах фенольных соединений, таких как хлорогеновая кислота [Pratap et al., 2011; Scalzo et al., 2016]. Предыдущие исследования показали важность хлорогеновой кислоты для повышения толерантности к глюкозе в организме человека и последующего снижения риска диабета и ожирения у человека [Rodriguez, Hadley, 2002; Niggeweg et al., 2004; Van Dijk et al., 2009]. Многие годы делались попытки улучшения сортов баклажанов посредством *in vitro* селекции, соматической гибридизации и геномной инженерии [Swamynathan et al., 2010; Rattan et al., 2015]. *In vitro* методы регенерации баклажанов были успешно проведены на культурах клеточной суспензии [Wang et al., 2013], пыльниках [Salas et al., 2012; Rotino 2016], побегах [Bhat et al., 2013; Bhatti et al., 2014]. Эффективность органогенеза баклажанов *in vitro* в значительной степени зависит от типа используемых эксплантов и комбинаций регуляторов роста растений [Magioli, Mansur, 2005].

Цитокинин и ауксин являются широко известными регуляторами роста растений, широко используемыми при регенерации эксплантов, поскольку различные соотношения этих двух гормонов могут привести к значительным различиям в процессах регенерации. Цитокинины обычно используются в культуре тканей растений для инициации роста клеток, а также для индукции образования побегов, благодаря чему они активно участвуют в различных физиологических процессах растений, включая размножение с помощью побегов [Kaviani et al., 2013; Bhat et al., 2013; Abu-Romman et al., 2015], образование клубневидных корней [Deshwal, Trivedi, 2011], индукцию каллуса [Borjian, Arak, 2013], старение листьев [Riefler et al., 2006] и регуляцию активности апикальной меристемы побегов [Tucker, Laux, 2007]. Известно, что цитокинины, кинетин, в частности, инициируют клеточное деление в присутствии ауксина и

широко используется вместе с ним для каллусогенеза у растений.

Целью работы было поиск оптимальных концентраций фитогормонов для эффективного каллусогенеза растений баклажанов *Solanum melongena* L. в *in vitro* культурах.

Материалы и методы.

Исследуемые сорта растений. Баклажан Белоснежка (ООО Агрофирма «Гавриш») – среднерослый сорт с овальными плодами массой 180-200 г. Созревают через 110-115 дней, меняя свою окраску с белой на желтую. Мякоть плотная, белая, абсолютно без горечи. Баклажан Снежок (ООО «Агрофирма АЭЛИТА») – скороспелый белоплодный сорт. Вступает в плодоношение спустя 93-110 дней от массовых всходов. Формирует полураскидистые растения высотой 110-120 см. Плоды цилиндрические, длиной 23 см, диаметром 7 см, массой до 400 г, шипы на чашечке редкие. Мякоть белая, с незначительным количеством семян. Не горчит, поскольку практически лишена соланина.

Стерилизация семян растений баклажана. Семена растений баклажана стерилизовали в течение 1 мин в 70% спирте, затем 20 мин в 10% растворе хлорного отбеливателя «Белизна» (АО «Башкирская содовая компания», Россия) с добавлением 10 мкл твин-20 с последующим промыванием стерильной дистиллированной водой не менее трех раз. Далее семена выкладывали на твердую питательную среду МС и выращивали в постоянных условиях при 25°C (5 кЛк, 16/8 часов, день/ночь). На 7-10 сутки получали семядольные листочки у проростков растений баклажана. Для экспериментов были взяты как семядольные листья, так и гипокотили. Для анализа образования каллусов было использовано по 50 растений в каждом варианте опыта при трехкратной повторности.

Получение каллусов на растениях баклажана. Семядольные листья и гипокотили от 2-х недельных сеянцев использовали в качестве эксплантов для выращивания побегов. Стерильно отделяли необходимые части от проростков и обрезали с обоих концов. Затем семядоли и гипокотили культивировали нижней стороной листьев вверх на плотной полноценной среде МС, содержащей разные концентрации и сочетания 6-БАП, 1-нафтилуксусной кислоты (НУК) и кинетина (таблица 1).

Экспланты пересевали каждые две недели на свежую питательную среду с тем же составом.

Таблица 1

Концентрации гормонов для регенерационных сред
Table 1 – Hormone concentrations for regeneration media

Обозначения вариантов Designations of variants	Концентрации гормонов Hormone concentrations	Литература / Literature
Вариант I/ Variant I (MC I)	0.5 мг/л 6-БАП/6-ВАР	Zayova et al., 2008
	2.0 мг/л НУК/НАА	
Вариант II/ Variant II (MC II)	5.0 мг/л 6-БАП/6-ВАР	Ashrafuzzaman et al., 2009*
	0.1 мг/л НУК/НАА	
Вариант III/ Variant III (MC III)	2.0 мг/л 6-БАП/6-ВАР	Wan et al., 2014
	0.1 мг/л НУК/НАА	
Вариант IV/ Variant IV (MC IV)	2.0 мг/л 6-БАП/6-ВАР	Foo et al., 2018
	2.0 мг/л кинетин/kinetin	
Вариант V/ Variant V (MC V)	10.0 мг/л 6-БАП/6-ВАР	Foo et al., 2018
	0.2 мг/л НУК/НАА	

* - показано для *Capsicum annuum* (стручковый (острый) перец)

Результаты и обсуждение.

Баклажаны являются популярной овощной культурой, культивируемой во всем мире. Цвет кожуры плодов является одним из наиболее важных качественных признаков баклажанов и, следовательно, является основной целью селекции. Плоды баклажанов имеют много цветов, включая фиолетово-черный, фиолетово-красный, зеленый, белый, розовый и другие. Цвет плодов баклажанов определяется двумя типами пигментов: антоцианами, которые являются основными пигментами биосинтеза флавоноидным путем, и хлорофиллами [Daunay et al., 2004]. В ходе данного исследования были взяты белоплодные сорта, так как они имеют большую сельскохозяйственную ценность из-за отсутствия горечи во вкусе.

Семена, посаженные *in vitro*, проросли через две недели после высадки на питательную среду MC (рисунок 1).

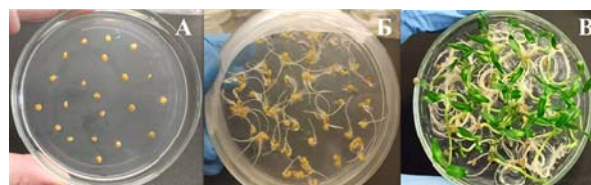


Рисунок 1. Посадка (А), прорастание через неделю (Б) и получение проростков баклажана (через 2 недели) в условиях *in vitro*.

Figure 1. Planting (A), germination after a week (B) and eggplant seedling production (after 2 weeks) *in vitro*.

Для регенерации растений баклажана наиболее подходящим материалом являются семядольные экспланты [Sarker et al., 2006]. Поэтому семядольные листья и гипокотили от 2-х недельных семян использовали в качестве эксплантатов для выращивания побегов. Экспланты были помещены на среды MC с разными концентрациями и различными сочетаниями гормонов, показанными в таблице 2.

Таблица 2

Концентрации гормонов для регенерационных сред
Table 2 – Hormone concentrations for regeneration media

Вариант I/ Variant I (MC I)	Вариант II/ Variant II (MC II)	Вариант III/ Variant III (MC III)	Вариант IV/ Variant IV (MC IV)	Вариант V/ Variant V (MC V)
0.5 мг/л 6-БАП / 6-ВАР	5.0 мг/л 6-БАП / 6-ВАР	2.0 мг/л 6-БАП / 6-ВАР	2.0 мг/л 6-БАП / 6-ВАР	10.0 мг/л 6-БАП / 6-ВАР
2.0 мг/л НУК / NAA	0.1 мг/л НУК / NAA	0.1 мг/л НУК / NAA	2.0 мг/л кинетин / kinetin	0.2 мг/л НУК / NAA

Исследование каллусогенеза *S. melongena* на среде MC I, содержащей 0,5 мг/л 6-БАП и 2,0 мг/л НУК велось по стандартной схеме. Все эксперименты были проведены на сортах Белоснежка и Снежок. Через 6 недель культивирования образовавшиеся каллусы по

морфологии имели обводненную сильно рыхлую структуру желтой окраски, из которых в дальнейшем не образовывались микрорастения. Соответственно состав данной среды не подходит для каллусогенеза растений баклажанов исследуемых сортов (рисунок 2).

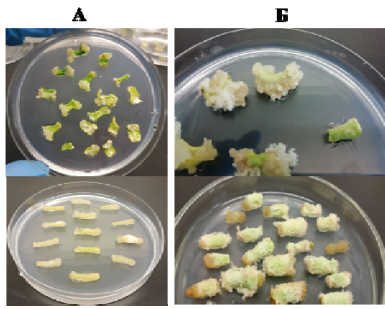


Рисунок 2. Семядольные экспланты и гипокотили через 3 (А) и 5 (Б) недель культивирования на среде МС I, содержащей 0.5 мг/л 6-БАП и 2.0 мг/л НУК
Figure 2. Cotyledon explants and hypocotyls after 3 (A) and 5 (B) weeks of cultivation on MS I medium containing 0.5 mg/l 6-BAP and 2.0 mg/l NAA

Исследование каллусогенеза на среде МС II, содержащей 5.0 мг/л 6-БАП и 0.1 мг/л НУК велось по стандартной схеме. Через 5 недель культивирования гипокотили по морфологии имели сильно обводненную рыхлую структуру желтого цвета. Семядольные экспланты культивировались до 7-8 недель, где образовали наросты в виде корней. Исходя из полученных результатов, следует, что состав данной среды не подходит для каллусогенеза растений баклажанов исследуемых сортов (рисунок 3).

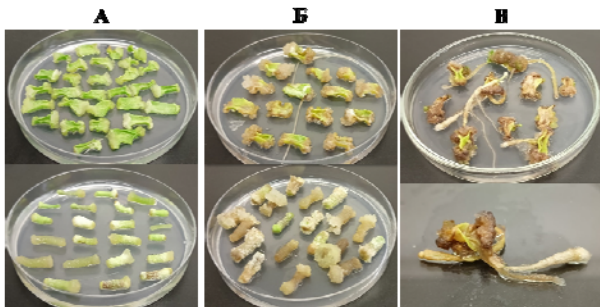


Рисунок 3. Состояние эксплантов через 3 (А), 5 (Б) и 7 (В) недель культивирования на среде МС II, содержащей 5.0 мг/л 6-БАП и 0.1 мг/л НУК
Figure 3. Cotyledon explants and hypocotyls after 3 (A), 5 (B) and 7 (C) weeks of cultivation in MS II medium containing 5.0 mg/l 6-BAP and 0.1 mg/l NAA

Исследование каллусогенеза на среде МС III, содержащей 2.0 мг/л 6-БАП и 0.1 мг/л НУК велось по стандартной схеме. Через 6 недель культивирования гипокотили по морфологии имели сильно обводненную рыхлую структуру светло-зеленого цвета. Семядольные экспланты культивировались до 7-8 недель, где некоторые каллусы образовали наросты в виде корней, а у некоторых появлялись

зачатки микрорастений, которые в дальнейшем пожелтели и погибли. Исходя из полученных результатов, следует, что состав данной среды не подходит для каллусогенеза растений баклажанов исследуемых сортов (рисунок 4).

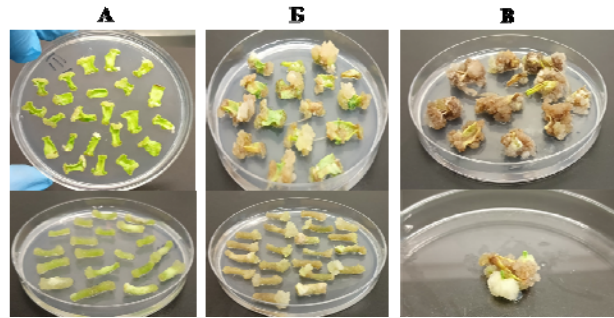


Рисунок 4. Состояние эксплантов через 3 (А), 5 (Б) и 7 (В) недель культивирования на среде МС III, содержащей 2.0 мг/л 6-БАП и 0.1 мг/л НУК
Figure 4. Cotyledon explants and hypocotyls after 3 (A), 5 (B) and 7 (C) weeks of cultivation in MS III medium containing 2.0 mg/l 6-BAP and 0.1 mg/l NAA

Исследование каллусогенеза на среде МС IV, содержащей 2.0 мг/л 6-БАП и 2.0 мг/л кинетина велось по стандартной схеме. Через 6 недель культивирования гипокотили по морфологии имели обводненную структуру темно-зеленого или коричневого цвета. Семядольные экспланты культивировались до 7 недель, каллусы по краям окрашивались в коричневый цвет и со временем погибали. Исходя из полученных результатов, следует, что состав данной среды не подходит для каллусогенеза растений баклажанов исследуемых сортов (рисунок 5).

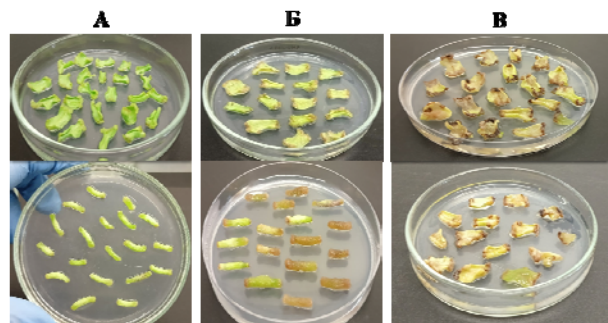


Рисунок 5. Состояние эксплантов через 3 (А), 5 (Б) и 7 (В) недель культивирования на среде МС IV, содержащей 2.0 мг/л 6-БАП и 2.0 мг/л кинетина
Figure 5. Cotyledon explants and hypocotyls after 3 (A), 5 (B) and 7 (C) weeks of cultivation on MS IV medium containing 2.0 mg/l 6-BAP and 2.0 mg/l kinetin

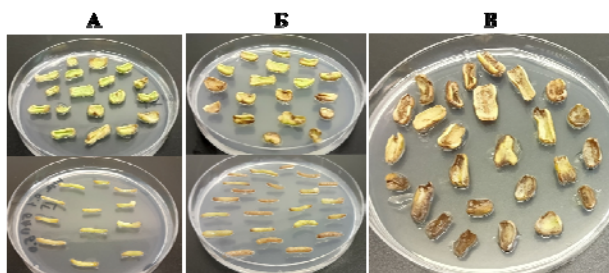


Рисунок 6. Состояние эксплантов через 3 (А) , 5 (Б) и 7 (В) недель культивирования на среде МС V, содержащей 10.0 мг/л 6-БАП и 0.2 мг/л НУК
Figure 6. Cotyledon explants and hypocotyls after 3 (A), 5 (B) and 7 (C) weeks of cultivation in MS V medium containing 10.0 mg/l 6-BA and 0.2 mg/l NAA

Исследование каллусогенеза на среде МС V, содержащей 10.0 мг/л и 6-БАП 0.2 мг/л НУК велось по стандартной схеме. Через 6 недель культивирования hypocotyls по морфологии имели

обводненную структуру темно-зеленого или коричневого цвета. Семядольные экспланты окрашивались в коричневый цвет сначала по краям, а потом и полностью, затем погибали. Исходя из полученных результатов, следует, что состав данной среды не подходит для каллусогенеза растений баклажанов исследуемых сортов (рисунок 6).

В результате исследований для белоплодных сортов баклажана Белоснежка и Снежок не были подобраны оптимальные регенерационные среды. Через 5-6 недель культивирования hypocotyls во всех вариантах сред по морфологии имели обводненную рыхлую структуру от светло-зеленого до коричневого цвета. Семядольные экспланты культивировались до 7-8 недели, кроме варианта 1, где экспланты погибли уже через 5 недель. В варианте 2 некоторые каллусы образовали наросты в виде корней, а у некоторых появлялись зачатки микрорастений, которые в дальнейшем пожелтели и погибли (рисунок 7).



А



Б

Рисунок 7. Начало морфогенеза у семядольных эксплантов в 2 варианте регенерационной среды: А – через 5 недель культивирования; Б – через 7 недель культивирования

Figure 7. Beginning of morphogenesis in cotyledon explants in version 2 of the regeneration medium: А – after 5 weeks of cultivation; В – after 7 weeks of cultivation

В варианте 3 образовывался очень рыхлый каллус белого или светло-коричневого цвета, на которых также появлялись зачатки микрорастений (рисунок 8), но в дальнейшем они также погибли.



Рисунок 8. Образование каллуса на семядольных эксплантах в варианте 3
Figure 8. Callus formation on cotyledon explants in variation 3

В вариантах 4 и 5 семядольные экспланты окрашивались в коричневый цвет сначала по краям, а потом и полностью, затем погибали.

Исходя из полученных результатов, следует, что составы использованных регенерационных сред не подходят для каллусогенеза растений баклажанов исследуемых сортов.

По литературным данным для регенерации растений баклажанов используют кинетин в сочетании с другими регуляторами роста растений для стимуляции каллусообразования. В работах Foo с соавторами (2018) для трансформации баклажанов сорта *S. melongena* L. Cv. Bulat Putih использовали 6-БАП, кинетин и их комбинации. В результате при обработке только 6-БАП получали образование каллусов, но без образования побегов. Формирование побегов индуцировалось только в средах с кинетином или в сочетании с 6-БАП. Кинетин в концентрации 2.0 мг/л индуцировал самый высокий процент каллусообразования (65%) из семядольных

эксплантов, было очевидно, что использование только кинетина было достаточно, чтобы образовывались побеги из эксплантов семядолей [Foo et al., 2018]. В исследованиях Sarker с соавторами (2006) использовали комбинацию кинетина и 6-БАП, чтобы привело к образованию большого количества побегов у сортов баклажанов Singhnath и Kazla (от 0.75 до 4.4 побегов на эксплант) [Sarker et al., 2006]. Jamil с соавторами (2013) в своих работах пришли к выводу, что кинетин необходимо использовать вместе с другими регуляторами роста растений для индуцирования всходов сорта баклажанов HC-797. Они добавляли в регенерационную среду МС 25% кокосового молока, 1.5 мг/л кинетина и 0.5 мг/л ИУК, что приводило к росту побегов, при этом 70% все эмбрионные каллусы были зелеными [Jamil et al., 2013]. Robinson и Saranya (2013) достигли 90% эффективности каллусообразования при добавлении 1.5 мг/л 6-БАП в регенерационную среду [Robinson, Saranya, 2013]. Также возможно использование других цитокининов, например, тидиазурина (TDZ) для органогенеза побегов баклажанов других сортов [Magioli et al. 1998; 2000]. В других исследованиях у *S. melongena* cv. Larga Negra и Black Beauty образовывался каллус в среде с добавлением 0.5 мг/мл 6-БАП и 2.0 мг/мл НУК, при этом эффективность каллусообразования в семядольных листьях соответствовало 90,0%, а в гипокотилиях – 63,3% [Zayova et al., 2008]. Huda с соавторами (2007) добились 100% образования каллусов из семядольных эксплантов в среде с добавлением 0.05 мг/л 6-БАП и 2.0 мг/л НУК у сорта *S. melongena* cv. Loda [Huda et al., 2007]. Wan с соавторами (2014) получали трансформированные растения баклажана на концентрациях гормонов 0.1 мг/мл НУК и 2.0 мг/мл 6-БАП [Wan et al., 2014]. В своих исследованиях Yarra и Kirti (2019) использовали 11.10 мкМ 6-БАП и 2.85 мкМ НУК для экспрессия гена NHX пшеницы I класса (TaNHX2) в трансформированных баклажанах [Yarra, Kirti, 2019].

На других растениях из семейства Пасленовые также добивались высокой эффективности каллусообразования, используя те же гормоны. Например, Ashrafuzzaman с соавт. (2009) добились 95% калусообразования на гипокотилиях перца *Capsicum annuum* на среде с 5.0 мг/мл 6-БАП в сочетании с 0.1 мг/мл НУК, что указывает на то, что 6-БАП способен индуцировать каллус для разных типов эксплантов разных видов пасленовых [Ashrafuzzaman et al., 2009]. Shah с соавт. (2015) смотрели образование каллуса на эксплантах гипокотилия томатов *Solanum lycopersicum* Mill. cv. Rio Grande, при этом в среду добавляли 2.0 мг/л индол-3-уксусной кислоты (ИУК) и 2.5 мг/мл 6-БАП [Shah et al., 2015].

Заключение

Использованные сочетания концентраций гормонов были взяты из разных экспериментальных статей, но, к сожалению, в нашем исследовании не получилось найти идеально подходящих сочетаний гормонов для исследуемых двух белоплодных сортов баклажана и работы будут продолжены.

Литература / References

1. Abu-Romman S.M., Al-Hadid K.A., Arabiyyat A.R. Kinetin is the most effective cytokinin on shoot multiplication from cucumber // *Journal of Agricultural Science*. 2015. V. 7(10). P. 159–165. doi: 10.5539/jas.v7n10p159
2. Ashrafuzzaman M., Hossain M.M., Ismail M.R., Haque M.S., Shahidullah S.M., Uz-zaman S. Regeneration potential of seedling explants of chilli (*Capsicum annuum*) // *African Journal of Biotechnology* 2009. V. 8(4). P. 591–596.
3. Bhat S.V., Jadhav A.S., Pawar B.D., Kale A.A., Chimote V.P., Pawar S.V. In vitro shoot organogenesis and plantlet regeneration in brinjal (*Solanum melongena* L.) // *The Bioscan*. 2013. V. 8(3). P. 821–824.
4. Bhatti K.H., Jamil M.D., Tufail M. Direct organogenesis (shoot and root) of eggplant (*Solanum melongena* L.) through tissue culture // *World Applied Sciences Journal*. 2014. V. 30(3). P. 317–321.
5. Bhatti K.H., Kausar N., Rashid U., Hussain K., Nawaz K., Siddiqi E.H. Effects of biotic stresses on eggplant (*Solanum melongena* L.) // *World Applied Sciences Journal*. 2013. V. 26(3). P. 302–311.
6. Borjian L., Arak H. A study on the effect of different concentration of plant hormones (BAP, NAA, 2, 4-D, and Kinetin) on callus induction in *Brassica napus* // *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*. 2013. V. 5. P. 519–521
7. Collonnier C., Fock I., Kashyap V., Rotino G.L., Daunay M.C., Lian Y., Mariska I.K., Rajam M.V., Servaes A., Ducreux G., Sihachakr D. Applications of biotechnology in eggplant // *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2001. V. 65(2). P. 91–107. doi: 10.1023/A:1010674425536
8. Daunay M.C., Laterrot H., Janick J. Iconography and history of *Solanaceae*: Antiquity to the 17th century. In J Janick (ed.), *Horticultural Reviews*. 2008. V. 34. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. doi: 10.1002/9780470380147.ch1
9. Deshwal R.K., Trivedi P. Effect of kinetin on enhancement of tuberous root production of *Chlorophytum borivillianum* // *International Journal of Innovations in Biological and Chemical Sciences*. 2011. V. 1. P. 28–31.
10. Foo P.C., Lee Z.H., Chin C.K., Subramaniam S., Lynn C.B. Shoot Induction in White Eggplant (*Solanum melongena* L. Cv. Bulat Putih) using 6-

- Benzyaminopurine and Kinetin // *Tropical Life Sciences Research*. 2018. V. 29(2). P. 119–129. doi: 10.21315/tlsr2018.29.2.9
11. Fukuoka H., Yamaguchi H., Nunome T., Negoro S., Miyatake K., Ohya A. Accumulation, functional annotation, and comparative analysis of expressed sequence tags in eggplant (*Solanum melongena* L.), The third pole of the genus *Solanum* species after tomato and potato // *Gene*. 2010. V. 450(1). P. 76–84. doi: 10.1016/j.gene.2009.10.006
 12. Huda A., Bari M.A., Rahman M., Nahar N. Somatic embryogenesis in two varieties of eggplant (*Solanum melongena* L.) // *Research Journal of Botany*. 2007. V. 2. P. 195–201. doi: 10.3923/rjb.2007.195.201
 13. Jamil M.D., Parvaiz M., Tufail M., Arshad J., Hussain S., Imtiaz S. Callogenesis, regeneration of shoot and root of brinjal (*Solanum melongena* L.) // *World Applied Sciences Journal*. 2013. V. 26. P. 1039–1045.
 14. Kashyap V., Kumar S.V., Collonnier C., Fusari F., Haicour R., Rotino G.L., Rajam M.V. Biotechnology of eggplant // *Scientia Horticulturae*. 2003. V. 97(1). P. 1–25. doi: 10.1016/S0304-4238(02)00140-1
 15. Kaviani B., Hesar A.A., Tarang A., Zanjani S.B., Hashemabadi D., Ansari M.H. Effect of kinetin (Kn) and naphthalene acetic acid (NAA) on the micropropagation of *Matthiola incana* using shoot tips, and callus induction and root formation on the leaf explants // *African Journal of Agricultural Research*. 2013. V. 8(30). P. 4134–4139. doi: 10.5897/AJAR11.921
 16. Magioli C., Mansur E. Eggplant (*Solanum melongena* L.): Tissue culture, genetic transformation and use as an alternative model plant // *Acta Botanica Brasiliica*. 2005. V. 19(1). P. 139–148. doi: 10.1590/S0102-33062005000100013
 17. Magioli C., Pinheiro M.M., Mansur E. Establishment of an efficient Agrobacterium mediated transformation system for eggplant and study of a potential biotechnologically useful promoter // *Journal of Plant Biotechnology*. 2000. V. 2(1). P. 43–49.
 18. Magioli C., Rocha A.P.M., De Oliveira D.E., Mansur E. Efficient shoot organogenesis of eggplant (*Solanum melongena* L.) induced by thidiazuron // *Plant Cell Reports*. 1998. V. 17(8). P. 661–663. doi: 10.1007/s002990050461
 19. Niggeweg R., Michael A.J., Martin C. Engineering plants with increased levels of the antioxidant chlorogenic acid // *Nature Biotechnology*. 2004. V. 22(6). P. 746–754. doi: 10.1038/nbt966
 20. Pratap D., Kumar S., Raj S.K., Sharma A.K. Agrobacterium-mediated transformation of eggplant (*Solanum melongena* L.) using cotyledon explants and coat protein gene of cucumber mosaic virus // *Indian Journal of Biotechnology*. 2011. V. 10(1). P. 19–24.
 21. Rattan P., Kumar S., Salgotra R.K., Samnotra R.K., Sharma F. Development of interspecific F1 hybrids (*Solanum melongena* × *Solanum khasianum*) in eggplant through embryo rescue technique // *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2015. V. 120(1). P. 379–386. doi: 10.1007/s11240-014-0591-4
 22. Riefler M., Novak O., Strnad M., Schmülling T. Arabidopsis cytokinin receptor mutants reveal functions in shoot growth, leaf senescence, seed size, germination, root development, and cytokinin metabolism // *The Plant Cell*. 2006. V. 18. P. 40–54. doi: 10.1105/tpc.105.037796
 23. Robinson J.P., Saranya S. An improved method for the *In Vitro* propagation of *Solanum melongena* L. // *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2013. V. 2(6). P. 299–306.
 24. Rodriguez de S.D.V., Hadley M. Chlorogenic acid modifies plasma and liver concentrations of: cholesterol, triacylglycerol, and minerals in (fa/fa) Zucker rats // *Journal of Nutritional Biochemistry*. 2002. V. 13(12). P. 717–726. doi: 10.1016/S0955-2863(02)00231-0
 25. Rotino G.L. Anther culture in eggplant (*Solanum melongena* L.) // *Methods in Molecular Biology*. 2016. V. 1359. P. 453–66. doi: 10.1007/978-1-4939-3061-6_25
 26. Salas P., Rivas-Sendra A., Prohens J., Seguí-Simarro J.M. Influence of the stage for anther excision and heterostyly in embryogenesis induction from eggplant anther cultures // *Euphytica*. 2012. V. 184(2). P. 235–250. doi: 10.1007/s10681-011-0569-9
 27. Sarker R.H., Yesmin S., Hoque M.I. Multiple shoot formation in eggplant (*Solanum melongena* L.) // *Plant Tissue Culture and Biotechnology*. 2006. V. 16(1). P. 53–61.
 28. Scalzo R.L., Fibiani M., Francese G., D'Alessandro A., Rotino G.L., Conte P., Mennell G. Cooking influence on physico-chemical fruit characteristics of eggplant (*Solanum melongena* L.) // *Food Chemistry*. 2016. V. 194. P. 835–842. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.08.063
 29. Shah S.H., Ali S., Jan S.A., Din J., Ali G.M. Callus induction, in-vitro shoot regeneration and hairy root formation by the assessment of various plant growth regulators in tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.) // *Journal of Animal and Plant Sciences*. 2015. V. 25(2). P. 528–538.
 30. Swamynathan B., Nadanakunjidam S., Ramamourti A., Sindhu K., Ramamoorthy D. In vitro plantlet regeneration through somatic embryogenesis in *Solanum melongena* (Thengaithittu variety) // *Academic Journal of Plant Sciences*. 2010. V. 3(2). P. 64–70.
 31. Tucker M.R., Laux T. Connecting the paths in plant stem cell regulation // *Trends in Cell Biology*. 2007. V. 17(8). P. 403–410. doi: 10.1016/j.tcb.2007.06.002
 32. Van Dijk A.E., Olthof M.R., Meeuse J.C., Seebus E., Heine R.J., Van Dam R.M. Acute effects of decaffeinated coffee and the major coffee components chlorogenic Acid and trigonelline on glucose tolerance //

- Diabetes Care*. 2009. V. 32(6). P. 1023–1025. doi: 10.2337/dc09-0207
33. Wan F., Pan Y., Li J., Chen X., Pan Y., Wang Y., Tian S., Zhang X Heterologous expression of Arabidopsis C-repeat binding factor 3 (AtCBF3) and cold-regulated 15A (AtCOR15A) enhanced chilling tolerance in transgenic eggplant (*Solanum melongena* L.) // *Plant Cell Rep.* 2014. V. 33. P. 1951–1961. DOI: 10.1007/s00299-014-1670-z
34. Wang F., Li G., Chen S., Jiang Y., Wang S. Callus induction and cell suspension culture of eggplant (*Solanum melongena* L.) // *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2013. V. 14(9). P. 1220
35. Yarra R., Kirti P.B. Expressing class I wheat NHX (TaNHX2) gene in eggplant (*Solanum melongena* L.) improves plant performance under saline condition // *Functional & Integrative Genomics*. 2019. V. 19. P. 541–554. doi: 10.1007/s10142-019-00656-5
36. Zayova E., Nikova V., Ilieva K., Philipov P. Callusogenesis of eggplant (*Solanum melongena* L.) // *Comptes Rendus de l'Academie Bulgare Des Sciences*. 2008. V. 63(12). P. 1749–1756.