

УДК 631.531: 635.21

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ *IN VITRO*  
НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РИЗОГЕНЕЗА МИКРОРАСТЕНИЙ  
КАРТОФЕЛЯ**

**Чусова Н.С.**

аспирант ПАОЗ1БТ группы  
ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ,  
г. Мичуринск, Россия  
chusova.nadezhda@yandex.ru

**Муратова С.А.**

канд. биол. наук, доцент,  
ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ,  
г. Мичуринск, Россия  
smuratova@yandex.ru

Аннотация: В статье представлены результаты исследований по изучению влияния углеводного, гормонального состава питательной среды и спектрального состава освещения на процесс ризогенеза микрочеренков пяти сортов картофеля. Показана сортовая специфика растений по реакции на компоненты питательной среды и физические факторы воздействия.

Ключевые слова: картофель, ризогенез, микрочеренки, питательная среда, сахароза, фитогормоны, светодиодное освещение, люминесцентное освещение.

Картофель – одна из важнейших продовольственных культур, составляющих потребительскую корзину и стоящая особняком от других овощей. Картофель – основной продукт в рационе питания во многих регионах мира, он богат углеводами, белками, сахарами, витаминами, минералами и антиоксидантами.

Импорт картофеля из стран ближнего и дальнего зарубежья не оправдывает себя с экономической и стратегической точки зрения, так как не производится должным образом контроль качества семенного и товарного картофеля. Повышение урожайности и устойчивости к болезням отечественных сортов картофеля является актуальной проблемой АПК [1, с. 187].

Технология оздоровления картофеля – составная часть системы первичного семеноводства этой культуры. Современные методы биотехнологии обладают неоспоримыми преимуществами и позволяют круглогодично проводить работы по производству элитного посадочного материала картофеля. Эффективное проведение таких работ обеспечивается тщательным подбором условий культивирования растений *in vitro*, подбором конкретно для каждого сорта питательных сред и отдельных компонентов среды, обеспечивающих максимальные параметры развития растений и их продуктивность в дальнейшем [2, с. 166].

На процессы микроразмножения и ризогенеза влияют различные факторы культивирования, как физической природы, так и минеральный, углеводный и гормональный состав питательной среды [3,4].

Несмотря на то что, после пересадки пробирочных растений в грунт почти все корни отмирают и формируются новые, иной морфоструктуры, фенотип пробирочных растений нельзя считать ущербным. Он соответствует условиям замкнутой среды и, следовательно, важным моментом при клональном микроразмножении является активизация процесса ризогенеза. Основными показателями ризогенеза для растений *in vitro* считают частоту ризогенеза, количество корней и длину корней. Хорошо сформированная

корневая система оказывает положительное влияние на формирование не только растений *in vitro*, но и *in vivo* [5, с. 21].

Подбор оптимального состава питательной среды и спектра освещения будет способствовать интенсивному корнеобразованию, повысит качество укорененных микрорастений и позволит сократить потери растений на этапе адаптации.

Целью наших исследований была оптимизация основных условий культивирования микрорастений картофеля на этапе ризогенеза.

### **Объекты и методы исследований**

Работа выполнена в учебно–исследовательской лаборатории биотехнологии и лаборатории селекции и семеноводства картофеля Мичуринского ГАУ. Применяли общепринятые биотехнологические методы культивирования растительных тканей на питательных средах [6, 7].

Объектами исследования служили сорта картофеля отечественной и зарубежной селекции: Азарт – среднеранний столовый сорт, Вектор – среднепоздний столовый сорт, Любава – раннеспелый столовый сорт, Фрителла – столовый, среднеспелый сорт ФГБНУ «ВНИИ картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха»; Сатурна – среднепоздний столовый, сорт зарубежной селекции (Agrico, Нидерланды).

Клональное микроразмножение растений картофеля осуществляли с помощью черенкования на модифицированной агаризованной питательной среде Мурасиге – Скуга с добавлением 100 мг/л мезоинозитола, 8 г/л агара и комплекса витаминов по Мурасиге-Скугу [8]. Водородный показатель среды доводили до 5,7–5,8 с помощью 0,1 Н NaOH. В качестве углевода в среду добавляли сахарозу в разных концентрациях: 10, 20, 30, 40, 50 и 60 г./л.

В питательную среду были добавлены фитогормоны в различных сочетаниях: 6 БАП – 0,125 мг/л, ИУК – 0,05 мг/л; 6 БАП – 0,25 мг/л, ИУК – 0,05 мг/л; 6 БАП – 0,5 мг/л, ИУК – 0,1 мг/л; 6 БАП – 1 мг/л, ИУК – 0,2 мг/л; 6 БАП – 0,125 мг/л, НУК – 0,05 мг/л; 6 БАП – 0,25 мг/л, НУК – 0,05 мг/л; 6 БАП – 0,5 мг/л, НУК – 0,1 мг/л; 6 БАП – 1,0 мг/л, НУК – 0,2 мг/л.

Растения картофеля культивировали при люминесцентном и светодиодном типах освещения (табл. 1). Контроль: люминесцентные лампы белого света (Osram L36W/765 Cool Daylight, 2400 лк). Культивирование растений осуществляли в культуральной комнате при 16-часовом световом дне и температуре воздуха  $24 \pm 2^{\circ} \text{C}$ .

Учеты проводили в два этапа: 1 учет – через две недели от момента микрочеренкования и высадки эксплантов на питательные среды: 2 учет – через четыре недели. Учитывали число жизнеспособных эксплантов, укоренившихся микрочеренков, число образовавшихся корней и их длину. Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Microsoft Excel.

Таблица 1

Варианты опыта при светодиодном освещении.

Показатели	1 вариант	2 вариант	3 вариант	4 вариант
Мощность излучателей (установленная), %				
"Красный" излучатель, % (Красный свет – КС)	50	25	0	25
"Белый" излучатель, % (Белый свет – БС)	25	25	100	50
"Синий" излучатель, % (Синий свет – СС)	25	50	0	25
Энергия ФАР (воздействующая), Вт/м <sup>2</sup>				
Расчетное значение мощности ФАР в красной части спектра (560 – 710 нм), Вт/м <sup>2</sup>	14,9	7,7	1,9	8,2
Расчетное значение мощности ФАР в зеленой части спектра (450 –	0,7	0,7	2,8	1,4

560 нм), Вт/м <sup>2</sup>				
Расчетное значение мощности ФАР в синей части спектра (380 – 450 нм), Вт/м <sup>2</sup>	3,3	6,1	1,5	3,6
Суммарное значение ФАР, Вт/м <sup>2</sup>	18,8	14,5	6,2	13,2
Освещенность (лк)	2900	2300	3500	2700

### Результаты исследования

При оценке влияния сахарозы выявлена следующая закономерность: при увеличении концентрации сахарозы, увеличивается и среднее число корней на укорененный микрочеренок у сорта картофеля Вектор. При концентрации сахарозы 60 г./л у сорта картофеля Вектор данный показатель оказался наибольшим. У сортов картофеля Сатурна и Фрителла четкой закономерности не выявлено (табл. 2). При этом средняя длина корней у сорта Вектор была больше при концентрациях сахарозы от 10 до 30 г./л (табл. 2), минимальная при концентрации сахарозы 50 ( $1,2 \pm 0,05$  см) и 60 г./л ( $1,1 \pm 0,04$  см). У сорта картофеля Сатурна практически все значения находятся в одном числовом диапазоне с поправкой на ошибку, за исключением показателя  $1,3 \pm 0,1$  см, зафиксированном при концентрации сахарозы – 10 г./л. У сорта картофеля Фрителла наивысший результат по этому показателю получен при концентрации 30 г./л (табл. 2).

Таблица 2

Влияние концентрации сахарозы на процесс корнеобразования у картофеля *in vitro*

Вектор	10	$2,2 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,3$	$3,2 \pm 0,2$	$4,4 \pm 0,3$
	20	$4,1 \pm 0,3$	$4,1 \pm 0,3$	$3,6 \pm 0,2$	$5,0 \pm 0,3$

	30	$5,0 \pm 0,3$	$5,0 \pm 0,3$	$3,4 \pm 0,2$	$5,3 \pm 0,2$
	40	$4,8 \pm 0,5$	$5,1 \pm 0,4$	$2,5 \pm 0,1$	$3,4 \pm 0,2$
	50	$5,0 \pm 0,5$	$6,0 \pm 0,6$	$1,2 \pm 0,05$	$2,6 \pm 0,1$
	60	$7,1 \pm 0,5$	$9,1 \pm 0,5$	$1,1 \pm 0,04$	$1,6 \pm 0,1$
Сатурна	10	$3,7 \pm 0,3$	$3,8 \pm 0,3$	$1,3 \pm 0,1$	$1,8 \pm 0,3$
	20	$4,3 \pm 0,3$	$5,1 \pm 0,4$	$2,4 \pm 0,2$	$3,4 \pm 0,2$
	30	$4,3 \pm 0,3$	$4,7 \pm 0,4$	$1,8 \pm 0,2$	$2,8 \pm 0,4$
	40	$3,9 \pm 0,4$	$4,4 \pm 0,5$	$2,2 \pm 0,2$	$2,9 \pm 0,3$
	50	$4,1 \pm 0,3$	$4,1 \pm 0,3$	$1,5 \pm 0,1$	$3,0 \pm 0,4$
	60	$4,4 \pm 0,3$	$4,6 \pm 0,4$	$1,9 \pm 0,1$	$2,5 \pm 0,2$
Фрителла	10	$4,3 \pm 0,4$	$4,3 \pm 0,5$	$2,5 \pm 0,2$	$4,2 \pm 0,4$
	20	$5,8 \pm 1,0$	$6,0 \pm 0,9$	$2,4 \pm 0,2$	$4,0 \pm 0,3$
	30	$6,5 \pm 0,7$	$6,7 \pm 0,8$	$2,5 \pm 0,2$	$4,7 \pm 0,3$
	40	$4,5 \pm 0,5$	$5,4 \pm 0,7$	$1,4 \pm 0,2$	$3,2 \pm 0,3$
	50	$6,4 \pm 0,7$	$6,5 \pm 0,8$	$0,7 \pm 0,1$	$2,8 \pm 0,3$
	60	$5,5 \pm 0,9$	$5,5 \pm 0,8$	$1,7 \pm 0,3$	$3,0 \pm 0,2$

В ходе исследований по изучению влияния фитогормонов на процесс корнеобразования получены следующие данные (табл. 3). У сорта картофеля Азарт наименьшее число корней получено в варианте 6 БАП – 1,0 мг/л, ИУК – 0,2 мг/л ( $1,0 \pm 0,0$  шт./эксплант), в варианте 6 БАП – 1,0 мг/л, НУК – 0,2 мг/л корни отсутствовали. У сорта картофеля Сатурна максимальное число корней получено в варианте 6 БАП – 0,125 мг/л, НУК – 0,05 мг/л, лучшие показатели по средней длине корней получены в варианте 6 БАП – 0,125 мг/л, ИУК – 0,05 мг/л.

Таблица 3

Влияние фитогормонов на процесс корнеобразования у картофеля

in vitro сортов Азарт и Сатурна.

Азарт	6 БАП – 0,125, ИУК – 0,05	2,1 ± 0,3	0,7 ± 0,1
	6 БАП – 0,25, ИУК – 0,05	2,3 ± 0,3	0,7 ± 0,1
	6 БАП – 0,5, ИУК – 0,1	1,5 ± 0,5	0,9 ± 0,1
	6 БАП – 1,0, ИУК – 0,2	1,0 ± 0,0	0,4 ± 0,0
	6 БАП – 0,125, НУК – 0,05	2,7 ± 0,6	0,5 ± 0,1
	6 БАП – 0,25, НУК – 0,05	1,7 ± 0,5	0,6 ± 0,1
	6 БАП – 0,5, НУК – 0,1	3,0 ± 0,0	0,6 ± 0,1
	6 БАП – 1,0, НУК – 0,2	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Сатурна	6 БАП – 0,125, ИУК – 0,05	2,3 ± 0,4	1,5 ± 0,1
	6 БАП – 0,25, ИУК – 0,05	1,9 ± 0,3	1,0 ± 0,1
	6 БАП – 0,5, ИУК – 0,1	2,0 ± 0,3	0,7 ± 0,1
	6 БАП – 1,0, ИУК – 0,2	1,5 ± 0,2	0,8 ± 0,2
	6 БАП – 0,125, НУК – 0,05	3,0 ± 0,3	0,5 ± 0,04
	6 БАП – 0,25, НУК – 0,05	2,0 ± 0,2	0,5 ± 0,05
	6 БАП – 0,5, НУК – 0,1	2,1 ± 0,3	0,4 ± 0,05
	6 БАП – 1,0, НУК – 0,2	2,5 ± 0,5	0,3 ± 0,04

Неотъемлемым фактором для культивирования микрорастений картофеля является подбор оптимального освещения. Нами был проведен опыт по изучению люминесцентного и светодиодного типов освещения. По результатам исследований можно сказать, что все исследуемые варианты опыта эффективны для образования корней у всех сортов картофеля (табл. 4).

Таблица 4

Влияние спектрального состава света на процесс корнеобразования картофеля in vitro сортов Азарт, Любава, Сатурна.

Азарт	Контроль (ЛЛ)	$1,9 \pm 0,2$	$2,9 \pm 0,3$	$0,6 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,1$
	КС – 50 %, БС – 50 %	$2,2 \pm 0,3$	$3,5 \pm 0,4$	$1,0 \pm 0,1$	$1,9 \pm 0,1$
	СС – 50 %, БС – 50 %	$1,5 \pm 0,4$	$2,1 \pm 0,4$	$0,5 \pm 0,1$	$1,2 \pm 0,2$
	БС – 100 %	$2,1 \pm 0,3$	$4,1 \pm 0,5$	$0,8 \pm 0,1$	$2,2 \pm 0,2$
	СС – 25 %, КС – 25 %, БС – 50 %	$1,9 \pm 0,2$	$3,9 \pm 0,5$	$0,8 \pm 0,1$	$2,2 \pm 0,2$
Любава	Контроль (ЛЛ)	$2,0 \pm 0,0$	$1,5 \pm 0,5$	$0,6 \pm 0,1$	$0,7 \pm 0,1$
	КС – 50 %, БС – 50 %	$1,6 \pm 0,3$	$2,8 \pm 0,6$	$0,6 \pm 0,1$	$0,7 \pm 0,1$
	СС – 50 %, БС – 50 %	$1,9 \pm 0,4$	$4,4 \pm 1,3$	$0,3 \pm 0,04$	$0,7 \pm 0,1$
	БС – 100 %	$2,2 \pm 0,5$	$3,0 \pm 0,9$	$0,4 \pm 0,1$	$0,9 \pm 0,2$
	СС – 25 %, КС – 25 %, БС – 50 %	$1,5 \pm 0,2$	$4,5 \pm 0,9$	$0,4 \pm 0,05$	$1,5 \pm 0,2$
Сатурна	Контроль (ЛЛ)	$2,2 \pm 0,3$	$2,7 \pm 0,4$	$0,8 \pm 0,1$	$1,9 \pm 0,2$
	КС – 50 %, БС – 50 %	$1,7 \pm 0,3$	$2,5 \pm 0,3$	$0,7 \pm 0,1$	$2,1 \pm 0,3$
	СС – 50 %, БС – 50 %	$2,5 \pm 0,3$	$2,9 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,1$	$2,9 \pm 0,2$
	БС – 100 %	$1,7 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,3$	$0,8 \pm 0,1$	$3,7 \pm 0,3$
	СС – 25 %, КС – 25 %, БС – 50 %	$2,4 \pm 0,3$	$3,2 \pm 0,4$	$0,9 \pm 0,1$	$2,6 \pm 0,2$

При этом наблюдается сортоспецифичность по образованию корней в определенных вариантах опыта. Применение светодиодного освещения в



сочетании синий свет – 50 %, белый – 50 % оказалось менее эффективным для сорта картофеля Азарт, но эффективным для сорта Сатурна по среднему числу и длине корней. У сорта картофеля Любава при светодиодном типе освещения в сочетании синий свет – 25 %, красный свет – 25 %, белый свет – 50 % и синий свет – 50 %, белый свет – 50 % получены более высокие показатели по отношению к контролю.

### **Выводы**

Повышение концентрации сахарозы в питательной среде способствует образованию большего числа корней у сорта картофеля Вектор.

Максимальное число корней на микрорастение у сорта картофеля Сатурна получено при сочетании фитогормонов в питательной среде 6 БАП – 0,125 мг/л, НУК – 0,05 мг/л.

Процесс ризогенеза у картофеля активно проходит как при использовании люминесцентных светильников белого света, так и при использовании светодиодного освещения разного спектрального состава.

### **Список использованных источников**

1. Артюхова С.И., Киргизова И.В. Модификации питательной среды с использованием биотехнологических методов микрклонального размножения картофеля для культивирования в Омской области // Журнал: Омский научный вестник. – 2014. – № 2 (134). – С. 187–191.

2. Мякишева Е.П. Дурникин Д.А., Таварткиладзе О.К. Изучение влияния витаминов на морфогенез растений – регенерантов картофеля *in vitro* в целях интенсификации производства элитного посадочного материала // Біологічний вісник МДПУ імені Богдана Хмельницького. – 2016. 6 (2) – С. 166–173.

3. Гусева К.Ю., Бородулина И.Д., Мякишева Е.П., Таварткиладзе О.К. Укоренение *in vitro* сортов картофеля (*Solanum tuberosum L.*) // Известия Алтайского государственного университета. – 2013. – № 3 – 1 (79). – С. 056–060.

4. Гусева К. Ю Бородулина, И.Д., Мякишева Е.П., Таварткиладзе О.К. Изучение ризогенеза сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) в культуре *in vitro* // Известия Алтайского государственного университета. -2013. № 3–2 (79). – С. 69–72.
5. Эрастова М.А., Федорова Ю.Н. Изучение процесса ризогенеза растений картофеля *in vitro* // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. -2009. – № 5 (55). – С. 21–23.
6. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе. Учеб. пособие. – М.: ФБК-ПРЕСС. – 1999. – 160 с.
7. Дитченко Т.И. Культура клеток, тканей и органов растений // Минск, БГУ // курс лекций. – 2007. – 102 с.
8. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // *Physiol. Plant.* – 1962. – V.15, № 13. – P. 473–497.

**INFLUENCE OF THE CONDITIONS OF CULTIVATION IN VITRO ON THE EFFICIENCY OF RISOGENESIS OF POTATO MICRING GROWTH**

Chusova N.S.,

Postgraduate student of PAO31BT group

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

chusova.nadezhda@yandex.ru

Muratova S.A.,

Candidate of Biological Science, associate professor,

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

smuratova@yandex.ru

Summary The article presents the results of studies on the influence of the carbohydrate, hormonal composition of the nutrient medium and the spectral composition of the illumination on the process of rhizogenesis of microcuttings of five potato varieties. The varietal specificity of plants in response to the components of the nutrient medium and physical factors is shown.

Key words: potatoes, rhysogenesis process, microcuttings, nutrient medium, sucrose, phytohormones, LED lighting, fluorescent lighting.