

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОПОННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ МИНИ- И МИКРОКЛУБНЕЙ НА УСТАНОВКАХ КД-10 И «МИНИВИТ»

О.С. Хутинаев, С.М.Юрлова, С.В.Мальцев, Б.В.Анисимов

Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства им. А.Г.Лорха Россельхозакадемии E-mail: coordinazia@mail.ru

Резюме

В статье рассматриваются вопросы оптимизации процесса гидропонного выращивания мини- и микроклубней с применением различного спектрального состава освещения в период вегетации растений на биотехнических модулях КД-10 и «Минивит». На основе экспериментальных данных, полученных в опытах 2010-2011 гг. выявлены особенности клубнеобразования на сортах разных сроков созревания, проведен сравнительный анализ количественного выхода различных по величине фракций мини- и микроклубней в гидропонной культуре с применением различных источников искусственного освещения: натриевых ламп ДНАТ-400Вт и светодиодных светильников SSU-220/80-“ВЮ”(80Вт). При вполне сопоставимых показателях количественного выхода миниклубней в гидропонной культуры затраты электроэнергии в вариантах с использованием светодиодных светильников были в пять раз ниже в сравнение с лампами ДНАТ.

Ключевые слова: сорта картофеля, световой спектр, гидропонная культура.

Введение

В современных условиях исключительно важное значение имеет поиск эффективных путей оптимизации процесса оригинального семеноводства картофеля, особенно на этапе производства мини- и микроклубней с получением максимально возможного их количественного выхода вне зависимости от времени года и сезона выращивания

Способ круглогодичного выращивания миниклубней с применением традиционных технологий в теплицах зимнего типа, как правило, связан с большими затратами на отопление и освещение, а вследствие этого, высокой себестоимостью тепличных миниклубней и низкой окупаемостью затрат на их производство, что существенно ограничивает возможности широкого использования этого способа в процессе оригинального семеноводства картофеля.

Способ массового производства *in vitro* микроклубней («в пробирке») в лабораторных условиях позволяет существенным образом минимизировать затраты, регулировать питательную среду и/или изменять внешние условия, но получаемые *in vitro* клубни, как правило, в основном очень маленькие (0,2-0,7 г или 3-10 мм в диаметре).

Кроме того, в применяемых системах от одного растения обычно формируется один клубень (Анисимов Б.В., Смолеговец Д.В., Смолеговец В.М., 2008), хотя недавние разработки новых систем показали, что при надлежащем управлении средой и более продолжительном периоде клубнеобразования можно успешно выращивать микроклубни существенных размеров (свыше 10 г и более). Показаны также возможности по увеличению числа клубней от одного растения, если применять специальные методы *in vitro* клубнеобразования (Le C.L., 1999).

Одной из основных задач наших исследований является изучение возможностей оптимизации процесса гидропонного выращивания мини- и микроклубней разных по срокам созревания сортов картофеля с применением различного спектрального состава освещения в период вегетации растений на биотехнологических модулях КД-10 и «Минивит».

Материалы и методы

В опытах использовали сорта картофеля, различающиеся по срокам созревания: раннеспелый сорт Жуковский ранний и среднеранний сорт Невский. Микрорастения получали от лаборатории клонального микроразмножения ВНИИКХ на основе банка здоровых сортов картофеля. Для выращивания мини- и микроклубней использовали биотехнологические модули КД-10 и «Минивит», установленные в специальном лабораторном помещении.

Установка КД-10 состоит из распложенных на высоте 2м от пола 14 водопроводящих лотков длиной 2,7м с расположенными в ней ячейками для высадки рассады. Лотки и ячейки в лотке расположены друг от друга так, что на 1 квадратный метр физической площади приходится 50 ячеек. Общая площадь рабочей зоны КД-10 составляет 10 м². Установка снабжена двумя гидробаками емкостью по 500л, причем один из них рабочий, другой вводится в работу во время замены раствора. В базовой комплектации КД-10 установлено 6 ламп по 400Вт каждая и один гидронасос для подачи раствора мощностью 750Вт.

Установка «Минивит» состоит из стола, верхняя часть которого изготовлена в виде емкости длиной 2,7 м и шириной 0,7 м с рабочей зоной в 1,89 кв.м. Внутри емкости располагаются желобки из нержавеющей металла в которые высаживаются микрорастения из пробирок.

Базовый вариант установки снабжен 3 лампами мощностью 400 Вт каждая и одним гидронасосом мощностью 750 Вт. На установке под столом расположен бак емкостью 250 л.

В опытных вариантах сравнивали различные источники освещения – лампы ДНАТ красно-синего спектра (400 Вт) и светодиодные светильники марки SSU-220/80-03.4 «БИО» (80 Вт). Лампы подбирали с таким расчетом, чтобы обеспечить световой поток не менее 5000 Лм на высоте 1 м.

Светодиодные светильники, используемые в эксперименте, были изготовлены в ЗАО «Протон» по специально составленному ТЗ, предусматривающему возможность независимого регулирования мощности

синих и красных ламп через диммеры. Количество ламп, излучающих свет с длиной волны 445 нм – 16 шт., с длиной волны 660 нм – 48 шт., т.е. соотношение синего света к красному 1:3. Во всех вариантах устанавливался 12-часовой режим освещения. Подача питательного раствора и освещение растений регулировались с помощью таймеров, настроенных на соответствующие режимы. Относительная влажность воздуха в помещении поддерживалась на уровне 50-55%. Для удаления излишнего тепла от ламп и воздухообмена использовали кондиционеры и вентиляторы. Измерения pH и ЕС гидропонного питательного раствора проводили 1-2 раза в неделю. Замена раствора проводилась со сменой фазы растений. В обеих установках применяли питательный раствор следующего состава:

Экспериментальный раствор применяемый во ВНИИКХ,
количество элементов, мг/л

Элементы	N	P	K	Ca	Mg	N(NO3)	N(NH4)	S
С аммиачной селитрой	155	95	250	95	35	(100)	(55)	126
С кальциевой селитрой	155	95	250	155	35	(155)	-	77

Количество солей в питательной среде, г/л

Смесь с нитратом аммония		Смесь с нитратом кальция	
Нитрат аммония	0,30	Нитрат кальция(4-вод.)	0,91
Нитрат калия	0,33	Нитрат калия	0,33
Кальций хлористый (2-вод.)	0,35	Магний серноокислый (7-вод.)	0,37
Магний серноокисл. (7-вод.)	0,37	<u>Калий фосфорнокис.(однозам.)</u>	<u>0,42</u>
Ортофосфорная кислота	0,30		
Калий серноокислый	0,27	Конц. солей в растворе, г/л	2,03
Конц. солей в растворе, г/л	1,92		

Количество микросолей в питательной среде по Мурасиге-Скугу в мг/л

Железо серно-кислое	Борная кислота	Марганец серно-кислый	Цинк серно-кислый	Медь серно-кислая	Калий йодистый	Кобальт хлористый	Натрий молибд. кислый.
27,85	6,2	22,3	8,6	0,025	0,83	0,025	0,25

Цикл операций проводимых при выращивании гидропонным способом на гидропонных установках начинался с запуска «Минивит», после чего рассаду высаживали на КД-10. По достижении рассады на КД-10 высоты 20-25см с неё срезали черенки и высаживали обратно на «Минивит» но уже с целью получения микроклубней. Этапы операций представлены ниже:

1. «Минивит» - ускоренное размножение рассады до нужного количества. Пробирочные микрорастения высаживали, подращивали, черенковали 2-3 раза, опять подращивали до нужного размера и после этого пересаживали на КД-10.

2. КД-10 – выращивание растений с целью получения миниклубней.

3. КД-10 – обрезка растений с целью получения черенков для высадки на «Минивит» для получения микроклубней (средний вес 0,5г, размер до 1,3см).

4. Организация подачи питательного раствора с определенной периодичностью в зависимости от фазы роста растений с поддержанием кислотности раствора в пределах рН 5,6-6,5, а также полной замены раствора после его отработки.

5. Организация определенного периода освещения в зависимости от фазы роста растений.

6. Организация заданной температуры и влажности воздуха по времени суток и в зависимости от фазы роста растений.

7. Сбор миниклубней по мере их созревания и достижения определенного размера.

8. Очистка и профилактика установок для подготовки к следующему сезону.

9. Посадка миниклубней в закрытом грунте с целью получения первого полевого поколения.

Схема расположения светодиодов в опыте была следующая:

- на установке "Минивит" - 3 светодиодных лампы (по 80 Вт), настроенных через диммеры на максимальную мощность синего и красного света. Каждая из трёх светодиодных ламп подвешена на разной высоте над столом: первая - 35 см, вторая - 40 см, третья - 45 см. Также на "Минивит" была установлена одна ДНАТ лампа (белого спектра излучения).

- на КД-10 - контрольная половина под тремя лампами ДНАТ мощностью по 400 Вт каждая (1 жёлтого спектра и 2 белого); другая половина КД разделена на 2 части - 1я часть под ДНАТ лампой белого спектра и 2я часть - под двумя спаренными светодиодными светильниками, включенными на полную мощность (см. схему).

Схема расположения светильников на установке "Минивит"

1 ДНАТ лампа (белый спектр)	Светодиодные светильники (полной мощность)		
	на высоте - 35 см	на высоте - 40 см	на высоте - 45 см

Схема расположения светильников на установке "КД-10"

2 светодиодных светильника по 80 Вт (полная мощность), на площади 2,5 м ²	3 ДНАТ лампы по 400 Вт из которых: 1 жёлтого спектра, 2 белого спектра Площадь 5,0 м ²
1 ДНАТ лампа (белый спектр) 400 Вт на площади 2,5 м ²	

На «Минивите» 16 часовой фотопериод поддерживали только во время ускоренного размножения и выгонки рассады.

При выращивании микроклубней фотопериод составлял 12 ч/сутки.

Для получения микроклубней на «Минивите» черенки готовили из срезанных хорошо развитых верхушек растений, растущих на КД-10, когда они достигали 15-20 см.

Эти черенки высаживали в желобки Минивита с плотностью посадки в 650-680 шт./м².

Собранный урожай клубней с обеих установок обрабатывали раствором микроэлементов, высушивали и озеленяли. После этого их закладывали на хранение в холодильную камеру при температуре 3-4⁰ С.

Первые две недели на КД-10 применялась половинная доза раствора, в последующем – полная. Раствор полностью заменялся через каждый месяц, а в течение месяца при необходимости пополнялся с корректировкой содержания макро и микроэлементов, но так чтобы не увеличивалась концентрация раствора. В наших опытах при повышении концентрации солей в растворе до 4,5 г/л наблюдался бурный рост надкорневой массы. Стеблевая часть явно жировала в ущерб процесса клубнеобразования. В ряде работ показано, что поглощение веществ растениями из растворов, содержащих 1 г солей на 1 л раствора, идет значительно медленнее, чем при концентрации в 2—2,5 г/л. Поэтому мы применяли близкие к этим значениям концентрации питательных растворов. Концентрация в 2,4 г/л обеспечивала хороший рост и развитие вегетативной массы и образование клубней.

На установке «Минивит» ставилась цель размножить в ускоренном режиме здоровые растения методом черенкования до необходимого количества с последующей высадкой их на установку КД-10. Часть растений оставляли на установке «Минивит» для продолжения вегетации вплоть до получения микроклубней.

Результаты и обсуждение.

Результаты изучения особенностей процесса клубнеобразования на сортах Жуковский ранний и Невский в гидропонной культуре на установках КД-10 и «Минивит» представлены в таблице 1 и рисунках 1 и 2.

Таблица 1. Сравнение результатов гидропонного выращивания миниклубней на установках КД-10 и «Минивит»

Способ выращивания	Количество высаженных растений, шт./м ²	Площадь, см ² /раст.	Общий выход клубней, шт./м ²	Количество клубней, шт./раст.	Средняя масса клубня, г
Сорт Жуковский ранний					
Кд-10	50	200	685	13,7	3,5
«Минивит»	675	12	877	1.3	0.5
Сорт Невский					
Кд-10	50	200	750	15,0	3,0
«Минивит»	675	12	877	1,3	0,5

Общий выход клубней в расчете на 1 м² полезной площади на установке КД-10 составил 685-750 шт./м², на установке «Минивит» - 877 шт./м², хотя показатели количественного выхода клубней от одного растения и средней массы клубня на установке «Минивит» гораздо ближе подходят к аналогичным характеристикам *in vitro* микроклубней, получаемых в пробирочной культуре (рис.3).



Рис. 1. Клубнеобразование на гидропонной установке КД-10, сорт Жуковский ранний



Рис. 2. Клубнеобразование на гидропонной установке «Минивит», сорт Жуковский ранний



Рис. 3. Урожай микроклубней, полученных на установке «Минивит».

На основе проведенных учетов и анализа структуры урожая клубней выявлено, что количественный выход микроклубней оптимального размера от 10 до 25 мм в диаметре составил 75-80%. Количество клубней более крупной

фракции (>25мм) по сорту Жуковский ранний составил 20%, по сорту Невский 13%. Фракция очень мелких клубней (<10 мм) в структуре урожая не превышала 5-7% (табл. 2)

Таблица 2. Количественный выход различных по величине фракций миниклубней сортов Жуковский ранний и Невский в гидропонной культуре.

Сорт	Структура урожая миниклубней в среднем, в %			
	<10 мм	10-15 мм	16-25 мм	>25 мм
Жуковский ранний	5%	25%	50%	20%
Невский	7%	46%	34%	13%

В опытных вариантах с применением ламп ДНАТ красно-синего спектра (400Вт) и светодиодных светильников SSU-220/80-03.4 «ВЮ» (80 Вт) получены вполне сопоставимые показатели по количественному выходу миниклубней в гидропонной культуре на установке КД-10 (рис. 4).



Рис. 4. Развитие растений на "Минивит" под ДНАТ лампой (белый спектр) и диодными светильниками, установленными на высоте 35/40/45 см над уровнем пола.

При использовании ламп ДНАТ с красно-синим спектром выход клубней по сорту Жуковский ранний составил 13,0 шт., по сорту Невский – 15 шт. в среднем от одного растения. При использовании светодиодных светильников эти показатели составили соответственно 11,5 и 14,5 шт. от одного растения (табл. 3).

Таблица 3. Влияние спектра освещения на количественный выход миниклубней в гидропонной культуре на установке КД-10

Варианты	Среднее количество клубней, шт./растение	
	Сорт Жуковский ранний	Сорт Невский
Лампы ДНАТ с красно-синим спектром (400 Вт)	13,0	11,5
Светодиодные светильники SSU-220/80-03.4 «БИО» (80 Вт)	15,0	14,5

Проведенные расчёты показали, что при вполне сопоставимых показателях, количественного выхода миниклубней в гидропонной культуре затраты электроэнергии в вариантах с использованием светодиодных светильников практически в 5 раз были ниже в сравнении с лампами ДНАТ. Так, за 14 недель вегетации при 12-часовом режиме освещения затраты электроэнергии составили для ламп ДНАТ – 470,4 кВт, для светодиодов – 94,08 кВт. Кроме того, если учитывать ещё и необходимость дополнительных затрат электроэнергии на подключение кондиционеров и вентиляторов для отвода тепла при использовании ламп ДНАТ-400, то различия в расходе электроэнергии будут ещё более существенными.

Установка "КД-10" Опыт с выращиванием миниклубней на сортах Невский и Алёна

Урожайность миниклубней на контрольной части "КД-10" (3 ДНАТ лампы - 1 жёлтого и 2 белого спектра) по сортам Невский и Алёна составила соответственно 7 и 8 шт./куст. (рис. 5 и табл. 4).

Таблица - 4. Урожайность сортов в зависимости от варианта освещения, шт/куст

Вариант освещения	Сорта	
	Невский	Алёна
ДНАТ: 1 белая+2 жёлтых лампы по 400 Вт	7	8

на площади 5 м ²		
ДНАТ: 1 белая лампа на площади 2,5 м ²	5	9
Светодиодные светильники 2 шт. по 80 Вт на площади 2,5 м ²	6	7



Рис. 5. Установка КД-10 (контрольная половина), сорт Алёна под 1 жёлт. и 2 белыми ДНАТ лампами через 3 месяца вегетации.

Урожайность миниклубней на контрольной половине "КД-10" (1 белая ДНАТ лампа) по сортам Невский и Алёна составила соответственно 5 и 9 шт./куст (рис. 6 передний план). Под светодиодами - 6-7 шт./куст соответственно (рис. 6 задний план). При этом урожайность на крайних лотках (периферия светодиодного освещения) была в 1,5-2 раза ниже, по сравнению с урожайностью в центральной зоне освещения, что свидетельствует о узкой направленности светового потока от диодных ламп.



Рис. 6. Установка КД-10: на переднем плане сорта под освещением одной белой ДНАТ-лампы, на заднем плане - под сдвоенными светодиодными светильниками.

Сравнивая эффективность диодного освещения по сорту Невский можно заключить, что оно было более эффективно по сравнению с освещением одной белой ДНАТ лампой (урожай 6 против 5 шт./куст), но тем не менее уступало ДНАТ-освещению на основе 1 жёлтой + 2 белых лампы (6 против 7 шт./куст).

Для сорта Алёна наблюдалась обратная зависимость. Здесь урожай под диодами оказался хуже, чем под 1 белой ДНАТ лампой (7 шт. против 9 шт./куст). Также диодный вариант освещения сорта Алёна проигрывал по эффективности и ДНАТ освещению 1 жёлтая + 2 белых лампы (7 шт. против 8 шт./куст).

Заключение

Таким образом, на основе полученных экспериментальных данных можно сделать вывод о перспективности применения светодиодного освещения для гидропонного метода выращивания микроклубней. Подбор оптимального спектрального состава подаваемого света в зависимости от фазы роста и развития растений на сортах различных сроков созревания представляется весьма актуальным направлением дальнейших исследований и совершенствования данной технологии.

Использование светодиодов с заданными параметрами может позволить значительно сократить энергозатраты за счёт высокой светоотдачи, отсутствия в спектре излучения инфракрасной составляющей, длительного рабочего ресурса (до 50000 часов) и возможности регулировать спектр излучения в зависимости от фенологических фаз роста и развития растений и создавать более благоприятные условия для клубнеобразования.

Литература:

1. Le C.L., 1999. In vitro microtuberization: an evaluation of culture conditions for the production of virus-free seed potatoes// Potato Research 42, 489-498.
2. Анисимов Б.В., Смолиговец Д.В., Смолиговец В.М. Инновации в системе клонального размножения картофеля. Ж. Картофель и овощи №5, 2008г. – с. 26-27.