СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-12

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF REPRODUCTION OF HEALTHY PLANTING MATERIAL IN CONDITIONS OF HYDROPONIC CULTURE AND NURSERY OF THE FIRST FIELD GENERATION

I.S. Mardanshin, A.Kh. Shakirzyanov, R.S. Kirayev

«Bashkir Scientific Research Institute of Agriculture was established»
of Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

Received 05.10.2020

Submitted 02.12.2020

Abstract

Introduction. The production of quality original potato seed is the basis of primary potato seed production. Potato yield is 50% dependent on the seed planted. Therefore, it is necessary to develop, justify and use measures to increase the production of original potato seed material. **Object.** The object of research was the improved potato plants of the Bashkir variety. Purpose. The aim of the study was to improve the technology of reproduction of a healthy planting material in a hydroponic culture. Optimization of the planting scheme of mini-tubers when growing seed in a nursery of the first field generation. **Materials and methods.** The effect of the duration of the photoperiod and the growth hormone IAA (indoleacetic acid) on the root formation of green cuttings was studied. The influence of the regime of mineral nutrition according to the growth phases of potato plants on the structure and yield of potato mini-tubers was studied. In field experiments, the influence of the planting pattern and the size of mini-tubers on the structure of the yield and plant productivity were studied. **Results.** It was found that for the regular renewal of the reproduction cycle of the sanitized material, it is advisable to use green cuttings, the optimal conditions for root formation in cut green cuttings are determined. The cultivation of healthy planting material of mini-potato tubers in hydroponic culture must be carried out in three stages. Each stage of cultivation requires its own lighting regime and composition of mineral nutrition. The optimal planting schemes have been established depending on the size of the potato mini-tubers. **Conclusions.** The use for accelerated reproduction of the primary healthier original seed material of potatoes under the conditions of hydroponic culture is a promising direction for solving the problem of providing primary seed production with high-quality source material.

Key words: healthy potatoes, hydroponic system, cultivation regime, first field generation, planting scheme.

Citation. Mardanshin I. S. Shakirzyanov A. H., Kireev R. S. Improvement of technology propagation of improved planting material in a hydroponic culture and field nursery of the first generation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 130-143 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-12.

Author's contribution. All the authors of this paper were directly involved in the planning, execution, or analysis of the presented study. All authors of this article have read and approved the final version.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 633.491:632.931

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗМНОЖЕНИЯ ОЗДОРОВЛЕННОГО ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА В УСЛОВИЯХ ГИДРОПОННОЙ КУЛЬТУРЫ И ПИТОМНИКА ПЕРВОГО ПОЛЕВОГО ПОКОЛЕНИЯ

И. С. Марданшин, заведующий лабораторией селекции и семеноводства картофеля

А. Х. Шакирзянов, главный научный сотрудник

Р. С. Кираев, главный научный сотрудник

Дата поступления в редакцию 05.10.2020

Дата принятия к печати 02.12.2020

Актуальность. Производства качественного оригинального семенного материала картофеля является основой первичного семеноводства картофеля. Уровень урожайности картофеля на 50 % зависит от высаживаемых семян. Поэтому необходимо разрабатывать, обосновывать и использовать меры, способствующие повышению объёмов производства оригинального семенного материала картофеля. **Объект.** Объектом исследований являлись оздоровленные растения картофеля сорта Башкирский. **Цель.** Целью исследования являлось совершенствование технологии размножения оздоровленного посадочного материала в условиях гидропонной культуры. Оптимизация схемы посадки мини-клубней при выращивании семенного материала в питомнике первого полевого поколения. **Материалы и методы.** Проведено изучение влияния продолжительности фотопериода и гормона роста ИУК на корнеобразование зелёных черенков. Изучено влияние режима минерального питания по фазам роста растений картофеля на структуру и урожай мини-клубней картофеля. В полевых опытах изучено влияние схемы посадки и размера мини-клубней на структуру урожая и продуктивность растений. **Результаты.** Установлено, что для регулярного возобновления цикла размножения оздоровленного материала целесообразно использовать зелёные черенки, определены оптимальные условия для корнеобразования у срезанных зелёных черенков. Выращивание оздоровленного посадочного материала мини-клубней картофеля в гидропонной культуре необходимо проводить в три этапа. Для каждого этапа культивирования необходим свой режим освещения и состав минерального питания. Установлены оптимальные схемы посадки в зависимости от размера мини-клубней картофеля. **Выводы.** Использование для ускоренного размножения первично оздоровленного оригинального семенного материала картофеля в условиях гидропонной культуры является перспективным направлением решения задачи обеспечения первичного семеноводства качественным исходным материалом.

Ключевые слова: картофель оздоровленный, гидропонные системы выращивания картофеля, посадочный материал, возделывание картофеля.

Цитирование: Марданшин И. С., Шакирзянов А. Х., Кираев Р. С. Совершенствование технологии размножения оздоровленного посадочного материала в условиях гидропонной культуры и питомника первого полевого поколения. *Известия НВ АУК.* 4(60). 130-143. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-12.

Авторский вклад. Все авторы настоящей работы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе представленного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Возделывание картофеля как в промышленных масштабах, так и на отдельном приусадебном участке требует использования качественного посадочного материала. Новые сорта картофеля необходимо быстро размножить для сохранения заложенных в него конкурентных преимуществ. Вегетативный способ размножения картофеля позволяет сохранить генетический потенциал культуры от расщепления, возникающего в процессе полового наследования, но одновременно способствует быстрому накоплению комплекса заболеваний различной этиологии. Повторное заражение картофеля и снижение его продуктивности – это естественный процесс [7, 9, 12].

В оригинальном семеноводстве картофеля уровень требований к качеству посадочного материала достаточно высокий, и для их обеспечения необходимо в течение 2-х полевых поколений получить достаточный объём качественного семенного материала, в связи с этим критически важное значение приобретает коэффициент размножения клубней на начальном этапе процесса.

Оригинальное семеноводство картофеля в настоящее время базируется на использовании традиционного метода клонального размножения *in vitro* оздоровленных

растений в пробирках и получения мини-клубней в условиях, контролируемых от повторного заражения среды [4]. Но в то же время для решения данной задачи всё большее значение приобретает использование различного рода биотехнологических методов, воплощённых в современные технологические и конструкторские решения. Наиболее производительными и экономически оправданными считаются методы ускоренного размножения исходного оздоровленного материала и получения мини-клубней в условиях аэро- и гидропоники [3, 5, 15, 17].

Метод ускоренного размножения исходного оздоровленного материала в условиях аэропоники принципиально отличается от метода микроклонального размножения оздоровленных растений *in vitro* тем, что растения выращивают без субстратов, а их корневая система периодически опрыскивается питательным раствором [8]. Процесс осуществляется автоматически. Отсутствие требований к стерильности культивирования значительно снижает затраты и себестоимость проведения работ, повышает производительность труда.

Ускоренное размножение оригинального семенного материала и получение мини-клубней в условиях гидропоники является сравнительно недорогим компромиссным решением проблемы между классическим методом микроклонального размножения растений в защищенном грунте и высокотехнологичным методом размножения в аэропонной системе. Размножение и культивирование оздоровленных растений осуществляется в нестерильных вегетационных помещениях в течение холодного периода года в условиях искусственного освещения, в непрерывном или циклическом потоке питательного раствора. Выращивание оздоровленных растений на гидропонной установке позволяет регулировать световой и температурный режим, а также концентрацию и состав питательного раствора. Конечным продуктом данного технологического этапа является получение свободных от патогенов мини-клубней картофеля [3, 16].

Наиболее известной системой гидропонного выращивания мини-клубней картофеля является установка «Картофельное дерево-10» в различных модификациях [1, 10]. Получаемые в данных системах мини-клубни картофеля отвечают требованиям ГОСТ на качество оригинального посадочного материала. Полученный клубневой материал пригоден для высадки в открытом грунте в условиях полевого изолятора [5]. Производство мини-клубней на оздоровленной основе наиболее востребованных сортов с использованием водной культуры позволяет в отдаленных областях РФ удовлетворить спрос на качественный оригинальный посадочный материал [8].

Современные технологии ускоренного размножения оздоровленного оригинального семенного материала постоянно совершенствуются как в плане конструкторских решений, так и в отношении регламентов использования элементов питания и параметров освещения в процессе культивирования растений. Основной же задачей этих технологий было и остается получение максимального коэффициента размножения оздоровленного материала за один цикл при минимально допустимом уровне материальных и трудовых затрат. С целью совершенствования технологии размножения оздоровленного посадочного материала в условиях гидропонной культуры и питомника первого полевого поколения нами проведен комплекс исследований с использованием нового сорта картофеля Башкирский.

Материалы и методы. Исследования проводились в течение 2010-2019 гг. в Бирском научном подразделении Башкирского НИИСХ, расположенном в Предуральской северной лесостепной зоне. Объектом исследований был оздоровленный посадочный материал раннеспелого сорта картофеля Башкирский.

Технология гидропонного выращивания картофеля была создана на основе усовершенствования известного способа круглогодичного выращивания растений в

изолированном помещении при искусственном освещении в водной культуре [6].

Для определения оптимального временного промежутка для среза черенков было изучено 10 различных сроков. Первые три срока среза зеленых черенков проводили соответственно через 15, 25 и 27 суток культивирования растений при световом режиме освещения: 16 ч – свет и 8 ч – темноты («длинный день»). К концу этого периода растения находились в фазе бутонизации – начала цветения. С 27-х суток культивирования режим освещения изменяли на короткий день: 12 ч – свет и 12 ч – темноты («короткий день»). При этом режиме освещения черенки нарезали на 3, 5, 7, 9, 11, 13 и 15-е сутки культивирования. Половину нарезанных черенков помещали в сосуды с чистой водопроводной водой, вторую половину выдерживали в растворе калиевой соли индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) в концентрации 1 мг/л в течение 12 часов, затем промывали водой и в дальнейшем также содержали в чистой водопроводной воде. Растения помещали на световую площадку с фотопериодом 16 ч света и 8 ч темноты. Подсчет количества корешков проводили на 15-е сутки после срезки зеленых черенков.

Изучение эффективности линейки растворимых удобрений «Novalon» для выращивания оздоровленных мини-клубней картофеля в гидропонной культуре проводили по сравнению с классическим рецептом питательного раствора Мурасига-Скуга (МС). Опыты были заложены в четырёх временных повторях на двух типах питательных сред. Контрольный вариант питательный раствор МС оставался одинаковым в течение всего периода культивации растений. В опытном варианте использовали различные марки растворимых удобрений «Novalon» по фазам развития культуры. Марку 19-19+МЭ на этапе интенсивного роста, в период снижения продолжительности суточного освещения марку 03-07-37+МЭ, в заключительный период при формировании столонов и клубней марку 15-5-30+МЭ. Питательный раствор в течение всего периода культивирования в обоих вариантах поддерживался до значения удельной электрической проводимости раствора 1,0-1,2 миллисименсов и кислотности pH раствора 6,9-7,4.

Полевые исследования проводились в паропропашном севообороте. Предшественник – чистый пар. Почва темно-серая лесная. Содержание гумуса – 4,7-4,9 %, обменного калия – 22-28 мг/100 г почвы, фосфора – 15-19 мг/100 г почвы, pH – 5,8. Посадка картофеля проводилась в 1-2 декадах мая под лопату в предварительно нарезанные культиватором КОН-2,8 гребни. Уход за посадками состоял из одной до всходовой, одной послевсходовой междурядных обработок и окучивания перед смыканием рядков культиватором КОН-2,8. Уборку проводили в 2-3 декаде августа. Закладку опытов по изучению оптимизации схемы посадки мини-клубней картофеля проводили на двух рядковых делянках по 20 растений в трёхкратной повторности. Были изучены четыре схемы посадки: 75x10 см, 75x20 см, 75x30 см и 75x40 см, трёх фракций мини-клубней весом до 10 г, 10-30 г и более 30 г. Гидропонные мини-клубни картофеля ежегодно высаживали в полевом питомнике пространственно удаленном от посадок картофеля более чем на 500 м и защищенном с одной стороны водной поверхностью, а с трёх других сторон – лесным массивом.

Результаты исследований. Совершенствование технологии получения мини-клубней в условиях гидропонной культуры. В отличие от технологии выращивания мини-клубней в пробирочной культуре на гидропонике появляется возможность регуляция роста и развития растений также путем изменения состава питательного раствора. Повышенная влажность воздуха, доступ кислорода и легкоусвояемых элементов минерального питания в питательном растворе окружающим корни и образующиеся клубни, определяют высокую скорость роста и развития растений, что позволяет в течение 56-60 дней с момента высадки рассады сформировать урожай мини-клубней (рисунок 1).

Основной задачей при выращивании мини-клубней картофеля в гидропонной куль-

туре является получение оздоровленного клубневого материала, который можно высадить в условия открытого грунта. Использование мини-клубней для выращивания первого клубневого полевого поколения оригинального семенного материала не требует сооружения теплиц или тоннельных укрытий. Для защиты от повторного вирусного заражения достаточно использовать особенности природного ландшафта, что позволяет размещать питомник на участке с пространственной изоляцией от других посадок картофеля.

Усовершенствованная нами технология выращивания оздоровленных мини-клубней картофеля в гидропонной культуре включает три последовательных этапа.

Рисунок 1 – Мини-клубни картофеля Башкирский, полученные в гидропонной культуре

Figure 1 – Mini-tubers of Bashkir potatoes obtained in hydroponic culture

На первом этапе ставится задача добиться образования корневой системы у зеленых черенков (рисунок 2). Так, следует отметить, что если в технологии микроразмножения черенков *in vitro* процесс воспроизводства разработан детально, то в гидропонной культуре конкретные рекомендации об оптимальных сроках нарезки зеленых черенков по срокам развития материнского растения в научной литературе не встречаются. Вместе с тем, образование корней у зеленых черенков является критическим фактором их жизнеспособности, поэтому и исследование этого процесса имеет особую актуальность для функционирования данной технологии.

Рисунок 2 – Зелёные черенки с образовавшейся корневой системой

Figure 2 – Green cuttings with the formed root system

Исходным материалом для размножения оздоровленного материала были сертифицированные пробирочные растения сорта картофеля Башкирский, полученные из генобанка (*in vitro*) ВНИИКС. Многократное использование для возобновления цикла культивирования пробирочных растений в условиях зональной лаборатории микрклонального размножения ограничено 2-3 пассажами, поэтому обновление исходного оздоровленного материала проводится только раз в год, а в остальное время для размножения используются зелёные черенки.

В результате исследований установлено, что зеленые черенки, срезанные с растения при «длинном дне», характеризуются высокой способностью к корнеобразованию. Суммарная длина образовавшихся корней первого порядка составила от 6 до 21 см в расчете на каждый черенок, при этом способность образовывать корни сохранялась еще 5 дней после перехода на короткодневный фотопериод 12/12 ч (рисунок 3). Необходимо также отметить, что после 7 суточных циклов роста материнских растений на коротком дне способность к формированию корневой системы у срезанных зеленых черенков критически падает и наблюдается образование лишь единичных корней у 10-15 % зеленых черенков.

Обработка ИУК зеленых черенков картофеля значительно стимулирует процесс образования корневой системы. При культивировании растений на «длинном дне» суммарная длина корневой системы зеленых черенков, обработанных ИУК, превышает, за счет стимулирующего действия гормона, контрольные значения в 3-11 раз. При переводе растений на короткодневный фотопериод стимулирующий эффект ИУК постепенно снижается и к 11-м суткам полностью прекращается.

Рисунок 3 – Влияние фотопериода и обработки раствором калиевой соли индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) в концентрации 1 мг/л ИУК на суммарную длину образовавшихся корней у зеленых черенков картофеля сорта Башкирский

Figure 3 – Effect of photoperiod and treatment with a solution of potassium salt of indolyl-3-acetic acid (IAC) at a concentration of 1 mg / l of IAC on the total length of the formed roots in green cuttings of Bashkir potatoes

Таким образом, установлено, что оптимальным для корнеобразования у срезанных зеленых черенков временем развития растений является период культивирования на «длинном дне». При культивировании материнских растений в условиях «короткого дня» через 7 суток отмечается потеря способности зеленых черенков к корнеобразованию. После 11 суток культивирования растений в этих условиях теряется также и чувствительность растительной ткани зеленых черенков к стимулирующему действию ИУК.

Согласно существующим представлениям для формирования корневого зачатка необходим индольно-фенольный комплекс – ризокалин, образующийся в растительных тканях. Считается, что ризокалин продуцируется в листьях и вместе с ауксином перемещается к месту корнеобразования [18]. В нашем исследовании высокая способность зеленых черенков к инициации адвентивных корней при культивировании материнских растений в условиях «длинного дня» может быть связана с высоким содержанием комплекса гормональных факторов в их растущих частях черенка: верхушках и листовых пазухах.

Наблюдаемое нами полное прекращение корнеобразования через 7 суток и потеря чувствительности растительной ткани зеленых черенков к стимулирующему действию ИУК в процессе ризогенеза через 11 суток при выращивании материнских растений в условиях короткого дня, вероятно, объясняется процессом разрушения индольно-фенольного комплекса ризокалина. Снижение эффективности стимулирующего действия ИУК, возможно, происходит из-за быстрого ее окисления ИУК-оксидазой [14]. При этом следует отметить, что наличие определенного скрытого периода действия «короткого дня» на ризогенез вполне согласуется с существованием механизма фотопериодической индукции клубнеобразования коротким днем, продолжительностью не менее 6 циклов [13]. В течение этого периода происходит перестройка метаболизма растений к клубнеобразованию, что соответствует принципу опережающего отражения действительности в регуляции онтогенеза высших растений, который предполагает наличие у них аналогов афферентного синтеза на основе комплекса химических и физических воздействий [11].

Таким образом, установлено, что для получения зеленых черенков картофеля с хорошей способностью образовывать корни, черенки необходимо срезать с материнских растений, растущих в условиях «длинного дня».

Следующим этапом культивирования является подращивание зеленых черенков до рассады высотой 35-45 см в условиях «длинного дня» в течение 20 суток. На этой стадии проводится выбраковка черенков, имеющих явную задержку роста, в среднем не более 3 % от общего их количества.

Третьим этапом выращивания растений является получение мини-клубней. Культивирование растений на заключительном этапе – самый сложный момент в выращивании мини-клубней в гидропонной культуре. Общая продолжительность культивирования составляет не более 60 суток, в течение которых растения формируют хорошую вегетативную массу, затем прекращают свой рост, образуют сначала столоны, а затем и клубни. Экспериментальные исследования показали, что если не обеспечить указанную последовательность прохождения фаз роста и развития растений, то продуктивность снижается в 10 и более раз. В частности, при попытке ограничить нарастание вегетативной массы в начальный период и сразу уменьшить длину дня, чтобы растения быстрее перешли к началу образования столонов и клубней, то растения останавливают рост и формируют незначительный урожай. Если рост вегетативной массы не ограничивать, то развитие растений сильно затягивается, в какой-то момент главный стебель в силу таксономических особенностей культуры начинает отмирать, что также негативно влияет на урожай.

Оптимальный график роста и развития растений в данной зоне был установлен с помощью регулирования режима освещенности и состава питательного раствора. Нами установлено, что режим освещения должен включать в себя три этапа. В начальный период сразу после высадки рассады длительностью не более 15 суток продолжительность освещения должна быть не менее 18 часов. К концу этого периода растения должны набрать вегетативную массу не менее 250-300 г/растение, иметь хорошую корневую систему светлого цвета. В середине этого периода растения подвергают очередной срезке зеленых черенков для возобновления следующего цикла размножения.

Во второй период (с 16 по 24-е сутки) проводят плавное ежедневное уменьшение суточной освещенности примерно на 1-1,5 часа в день. К концу этого периода длительность суточного освещения должна составлять не более 12 часов. При увеличении продолжительности этого переходного периода растения могут вступить в фазу интенсивного цветения, что нежелательно, поскольку это также затягивает процесс клубнеобразования.

Наиболее ответственным является начало третьего периода культивирования, в течение которого необходимо добиться инициации образования столонов, формирования и роста клубней. Следует иметь в виду, что, даже очень кратковременное, нарушение режима темной фазы фотопериода приводит к задержке инициации образования столонов. Продолжительность культивирования растений в третий период составляет 35-39 суток. При развитии растений на коротком дне на 15-18-е сутки культивирования должны массово появиться столоны. После появления столонов и начала формирования клубней наблюдается засыхание нижнего яруса листьев. В конце периода для стимуляции клубнеобразования можно сократить световую фазу дня до 6-8 часов, это усиливает отмирание ботвы и стимулирует дополнительный отток пластических веществ из ботвы в клубни.

Регуляция состава минерального питания является важным фактором управления ростом и развитием картофеля в условиях гидропонной культуры. Отсутствие факторов естественной регуляции развития, таких как сезонное изменение спектрального состава солнечной инсоляции, суточные колебания температурного фона и изменение сезонной активности почвенной сапрофитной микрофлоры серьезно нарушают как минеральное питание, так и связанные с фотопериодом нормы физиологических реакций растительного организма. Специфика гидропонной культуры картофеля состоит в том, что практически весь спектр минеральных элементов питания находится в растворенном в воде состоянии и фактически доступен корневой системе, поэтому растения подвержены образованию мощной вегетативной массы.

Изучение эффективности линейки растворимых удобрений «Novalon» для выращивания оздоровленных мини-клубней картофеля в гидропонной культуре по сравнению с классическим рецептом питательного раствора Мурасига-Скуга (МС) показало, что применение растворимого удобрения «Novalon» обеспечивает достоверное увеличение показателей продуктивности картофеля и выхода оздоровленных мини-клубней (таблица 1). Так, урожай клубней увеличивается достоверно на 11,4 % по количеству и на 12,5 % по массе в расчете на одно растение. При этом наблюдается изменение фракционного состава структуры урожая клубней. Применение растворимого минерального удобрения «Novalon» трех различных составов в зависимости по фазам развития значительно увеличивает (на 8,4 %) количественную долю крупных фракций массой 11-30 г и более 31 г (на 2,8 %). Полученные клубни хорошо сформированы и пригодны к посадке в условиях полевого питомника. Увеличение в урожае доли фракций клубней большего размера закладывает потенциально более высокие коэффициенты размножения исходного посадочного материала в полевых условиях. Проведенный анализ соотношения массы образовавшихся клубней к общей биологической массе растения показывает, что при выращивании картофеля на гидропонной установке с использованием трех различных составов растворимого удобрения «Novalon» удастся избежать затягивания фаз развития, значительно ограничить вегетативный рост и направить продукты ассимиляции на формирование клубней. Так, доля массы клубней в общей биологической массе растения составляет в контрольном варианте 24,5 %, а в опытном варианте – на 11,4 % больше.

Таблица 1 – Эффективность удобрения «Novalon» при выращивании оздоровленных мини-клубней картофеля сорта Башкирский на гидропонной установке

Table 1 – effectiveness of Novalon fertilizer for growing healthy mini-tubers of Bashkir potato varieties on a hydroponic plant

Показатель / Indicator	Вариант опыта / Experience option	
	Контрольная смесь МС / Reference compound MS medium (X±Sx)	Растворимое удобрение «Novalon» / soluble fertilizer «Novalon» (X±Sx)
Урожай клубней г на куст / Crop of tubers g per Bush	83,3±4,55	104,5±6,12
Урожай клубней шт. на куст / Crop of tubers PCs. on the Bush	8,5±1,12	9,7±1,22
Доля фракции клубней до 10 г по количеству / Fraction of tubers up to 10 g by quantity, %	64,3±3,44	53,1±3,56
Доля фракции клубней до 11-30 г по количеству / Fraction of tubers up to 11-30 g by quantity, %	33,9±4,12	42,3±3,01
Доля фракции клубней более 31 г по количеству / The proportion of the fraction of tubers of more than 31 g number, в %	1,8±0,66	4,6±0,94
Доля массы клубней в биологическом урожае растений / Share of tuber mass in the biological yield of plants, %	24,5± 3,22	35,1±4,01

На основе проведенных исследований рекомендуется для выращивания мини-клубней картофеля в гидропонной культуре использовать по этапам развития следующие формы и эффективные концентрации растворимых удобрений «Novalon»: марку 19-19-19+МЭ на этапе интенсивного роста, в период снижения продолжительности суточного освещения – марку 03-07-37+МЭ, в заключительный период при формировании столонов и клубней – марку 15-5-30+МЭ.

Сравнительная оценка различных схем посадки оздоровленных мини-клубней картофеля. Особенно ответственным моментом является получение первого клубневого поколения из мини-клубней картофеля. Оздоровленный материал обладает

исключительно высокой силой роста и при доступности минерального питания и света может сформировать клубни весом до 500 г. Изучение эффективности различных схем посадки мини-клубней картофеля позволило выявить, что максимальная продуктивность и коэффициент размножения клубней отмечается в варианте при посадке всех трёх изучаемых фракций по схеме 75х40 см (таблица 2). Так, коэффициент размножения в среднем за 3 года наблюдений составил 1: 5,9-11,0. При этом наблюдается уменьшение, как уровня продуктивности, так и коэффициента размножения растений картофеля при выращивании из более мелких мини-клубней. Это вполне объясняется меньшей энергией роста более мелких фракций клубней и как следствие этого замедленным темпом развития растений в начальный период вегетации.

Общий анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что с увеличением массы посадочного мини-клубня независимо от схемы посадки увеличивается как показатель продуктивности, так и коэффициент размножения.

Таблица 2 – Влияние схем посадки мини-клубней картофеля сорта Башкирский на коэффициент размножения (2015-2017 гг.)

Table 2-Effect of planting schemes for mini-tubers of Bashkir potato variety on the reproduction rate (2015-2017)

	Вариант опыта / Experience option		Урожай с 1 куста, г / Yield from 1 Bush, g				Коэффициент размножения / Multiplication factor			
	Масса клубня, г / The mass of a tuber, g	Схема посадки, см / The scheme of planting, cm	2015	2016	2017	Среднее за 3 года / Average for 3 years	2015	2016	2017	Среднее за 3 года / Average for 3 years
1	До 10 г / Up to 10 g	75х10	308	330	396	344,7	5,2	5,8	5,1	5,4
2		75х20	329	376	376	360,3	5,4	5,8	5,3	5,5
3		75х30	387	401	431	406,3	5,6	6,2	5,5	5,8
4		75х40	482	498	488	489,3	5,6	6,6	5,5	5,9
5	10-30 г / 10-30 g	75х10	402	360	380	380,7	6,7	6,6	5,2	6,2
6		75х20	435	475	575	495,0	8	8,4	7,8	8,1
7		75х30	504	629	629	587,3	8,5	8,7	8,2	8,5
8		75х40	589	696	710	665,0	9,1	8,9	8,5	8,8
9	более 30 г / more than 30 g	75х10	561	390	520	490,3	9,5	7	7,1	7,9
10		75х20	781	674	674	709,7	9,7	7,8	7,8	8,4
11		75х30	789	728	728	748,3	10,1	8,9	9,1	9,4
12		75х40	829	794	894	839,0	10,3	10,1	11	10,5

Анализ фракционного состава по массе и среднему размеру клубней показывает, что при увеличении площади питания наблюдается общая тенденция повышения доли фракции крупных клубней более 90 г и уменьшения доли фракции клубней меньше 10 г (таблица 3). В дальнейшем, при посадке клубней этих фракций на следующий год требуется применение ручного труда, и кроме того, такие клубни значительно хуже хранятся, так как сильнее травмируются при уборке.

В связи с этим, для обеспечения максимального выхода клубней размером 10-90 г мини-клубни разных фракций необходимо высаживать с разной площадью питания. Для фракции мини-клубней мельче 10 г оптимальной является схема 75х40 см, массой 10-30 г – 75х20-30 см, а массой более 30 г – 75х10-20 см.

Таблица 3 – Влияние схем посадки мини-клубней картофеля на распределение урожая клубней по массе и фракционному составу (2015-2017 гг.)

Table 3 – Influence of potato mini-tuber planting schemes on the distribution of tuber yield by weight and fractional composition (2015-2017)

	Вариант опыта / Experience option		Средний вес 1 клубня, г / Average weight of 1 tuber, g				Доля фракции по весу в среднем за 3 года / Fraction by weight on average for 3 years, %			
	Масса клубня, г / The mass of a tuber, g	Схема посадки, см / Landing scheme, cm	2015	2016	2017	Среднее за 3 года / Average for 3 years	крупнее 90 г / larger than 90 g	50-90 г	10-50 г	меньше 10 г / less than 10 g
1	До 10 г / Up to 10 g	75x10	59,2	56,9	77,6	64,6	-	20,6	67,3	12,1
2		75x20	60,9	64,8	70,9	65,6	-	21,3	68,6	10,1
3		75x30	69,1	64,7	78,4	70,7	-	23,1	68,5	8,4
4		75x40	86,1	75,5	88,7	83,4	-	25,2	68,6	6,2
5	10-30 г / 10-30 g	75x10	60,0	54,5	73,1	62,5	-	22,1	72,8	5,1
6		75x20	54,4	56,5	73,7	61,5	2,8	25,8	67,2	4,2
7		75x30	59,3	72,3	76,7	69,4	3,5	26,4	66,9	3,2
8		75x40	64,7	78,2	83,5	75,5	6,5	28,5	61,6	3,4
9	более 30 г / more than 30 g	75x10	59,1	55,7	73,2	62,7	-	22,6	70,9	6,5
10		75x20	80,5	86,4	86,4	84,4	5,2	26,8	62,2	5,8
11		75x30	78,1	81,8	80,0	80,0	12,9	29,4	54,5	3,2
12		75x40	80,5	78,6	81,3	80,1	15,2	35,2	46,6	3,0

На основании полученных данных можно констатировать, что загущение при посадке клубней картофеля всех фракций ведет к снижению, как весового коэффициента размножения, так и клубневой массы урожая. Фактор загущения, по всей видимости, ведет к повышению конкуренции между растениями картофеля за свет и минеральное питание, что и приводит к ограничению уровня продуктивности. При этом отчетливо проявляется тенденция усиления конкуренции с возрастанием массы посадочного клубня вследствие того, что из крупного клубня быстрее формируется растение.

Для оптимизации схемы посадки оздоровленных мини-клубней картофеля необходим баланс между оптимальным коэффициентом размножения и приемлемым фракционным составом получаемого в первом полевом поколении урожая клубней.

Выводы. В результате проведенных исследований установлено, что для регулярного возобновления цикла размножения оздоровленного материала целесообразно использовать зелёные черенки. При этом оптимальные условия для корнеобразования у срезанных зеленых черенков складываются, когда их снимают с материнских растений, растущих на «длинном дне». Условия выращивания материнских растений при короткодневном фотопериоде блокируют образование корней.

Выращивание оздоровленного посадочного материала мини-клубней картофеля в гидропонной культуре необходимо проводить в три этапа. Каждый этап культивирования имеет свой режим освещения и состав минерального питания.

Установлено, что при получении первого полевого поколения из оздоровлённых мини-клубней картофеля, полученных в условиях гидропоники, и обеспечения максимального выхода клубней размером 10-90 г мини-клубни разных фракций необ-

ходимо высаживать с разной площадью питания. Для фракции мини-клубней мельче 10 г оптимальной является схема 75х40 см, массой 10-30 г – 75х20-30 см, а массой более 30 г – 75х10-20 см. Загущение при посадке клубней картофеля ведет к снижению как весового коэффициента размножения, так и клубневой массы урожая.

Библиографический список

1. Биотехнологическая установка по круглогодичному производству безвирусных миниклубней картофеля / С. Л. Рубцов [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. 2017. № 5-1. С. 200-204.
2. Выращивание миниклубней картофеля и топинамбура в условиях водно-воздушной культуры с использованием искусственного освещения / О. С. Хутинаев [и др.] // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В. П. Горячкина». 2018. № 4 (86). С. 7-14.
3. Гордеев О. В., Соколова А. В., Гордеев В. О. Усовершенствованная гидропонная установка для производства мини-клубней картофеля из растений *in vitro* // Технические науки агропромышленному комплексу России. 2017. С. 68-71.
4. Овэс Е. В. Анисимов Б. В., Усков А. И. Методические рекомендации по тиражированию *in vitro* материала для оригинального семеноводства картофеля. М.: ФГБНУ ВНИИКС, 2017. 25 с.
5. Перспективы использования биотехнологических установок в безвирусном семеноводстве картофеля в среднем Поволжье / А. В. Милехин [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 5(3). С. 1184-1191.
6. Продуктивность меристемного картофеля в искусственных средах аэропных и гидропных установок / Я. А. Нуриддинов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6 (80). С. 102-106.
7. Семеноводство картофеля: современные технологии, нормативное регулирование, проверка качества: методическая рекомендация / Б. В. Анисимов [и др.]. М.: МСХ РФ, 2017. 36 с.
8. Терентьева Е. В., Ткаченко О. В. Получение мини-клубней картофеля аэропным способом // Известия ТСХА. 2018. № 4. С. 61-72.
9. Фоминых Т. С., Медведева К. Д. Вирусные болезни картофеля на северо-западе России // Plant Protection News. 2018. № 4. С. 40-44.
10. Хутинаев О. С., Юрлова С. М., Анисимов Б. В. Особенности гидропного выращивания мини и микро-клубней на установках КД-10 и «Минивит». Картофелеводство: сборник научных трудов. М.: Всероссийского НИИ картоф. хоз-ва, 2012. С. 125-131.
11. Черезов С. Н., Алексеева А. В., Шишкина Л. В. Динамика основных обменных процессов в онтогенезе растений картофеля // Сельхозбиология. 2007. № 1. С. 78-81.
12. Эффективность защитных обработок в снижении реинфекции У-вирусом семенного картофеля / Ф. Ф. Замалиева [и др.] // Защита картофеля. 2016. №. 1. С. 9-12.
13. Borna R. S., Hoque M. I., Sarker R. H. *In vitro* Microtuber Induction and Regeneration of Plantlets from Microtuber Discs of Cultivated Potato (*Solanum tuberosum* L.) // Plant Tissue Culture and Biotechnology. 2019. V. 29. №. 1. С. 63-72.
14. Hormonal regulation of tuber formation in potato.- Aksenova N.P., Sergeeva L.I., Kolachevskaya O.O., Romanov G.A..-В книге: Bulbous Plants: Biotechnology. 2016. С. 3-36.
15. Methods of pre-basic seed potato production with special reference to aeroponics (A review) / T. Buckseth [et al.] // Scientia horticulturae. 2016. V. 204. P. 79-87.
16. Rykaczewska K. Field performance of potato minitubers produced in aeroponic culture // Plant, soil and environment. 2016. V. 62. №. 11. P. 522-526.
17. Rykaczewska K. The potato minituber production from microtubers in aeroponic culture // Plant, Soil and Environment. 2016. V. 62. №. 5. P. 210-214.
18. Study on the Mechanism of the Regulation of NAA Promoted the Adventitious Root Formation of the *Dalbergia Odorifera* / Hongxin Wang [et al.]. T. Chen Hardwood Cuttings 2017 5th International Conference on Mechatronics, Materials, Chemistry and Computer Engineering (ICMMC-CE 2017) September 2017.

Conclusions. As a result of the conducted research, it was found that it is advisable to use green cuttings for regular renewal of the reproduction cycle of the improved material. At the same time, the optimal conditions for root formation in cut green cuttings are formed when they are removed from the parent plants growing on the "long bottom". Conditions for growing mother plants with a short-day photoperiod block root formation.

Cultivation of healthy planting material of mini-potato tubers in a hydroponic culture should be carried out in three stages. Each stage of cultivation has its own lighting mode and composition of mineral nutrition.

It is established that when obtaining the first field generation from healthy mini-tubers of potatoes obtained under hydroponic conditions and ensuring the maximum yield of tubers 10-90 g in size, mini-tubers of different fractions must be planted with different nutrition areas. For a fraction of mini-tubers smaller than 10 g, the optimal scheme is 75x40 cm, weighing 10-30 g-75x20-30 cm, and weighing more than 30 g-75x10-20 cm. Thickening when planting potato tubers leads to a decrease in both the weight coefficient of reproduction and the tuber mass of the crop.

References

1. Biotehnologicheskaya ustanovka po kruglogodichnomu proizvodstvu bezvi-rusnyh mini-klubnej kartofelya / S. L. Rubcov [i dr.] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. 2017. № 5-1. P. 200-204.
2. Vyraschivanie miniklubnej kartofelya i topinambura v usloviyah vodno-vozdushnoj kul'tury s ispol'zovaniem iskusstvennogo osvescheniya / O. S. Hutinaev [i dr.] // Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj uni-versitet im. V. P. Goryachkina". 2018. № 4 (86). P. 7-14.
3. Gordeev O. V., Sokolova A. V., Gordeev V. O. Uovershenstvovannaya gid-roponnaya ustanovka dlya proizvodstva mini-klubnej kartofelya iz rastenij in vitro // Tehnicheskie nauki-agropromyshlennomu kompleksu Rossii. 2017. P. 68-71.
4. Ov's E. V., Anisimov B. V., Uskov A. I. Metodicheskie rekomendacii po tirazhirovaniyu in vitro materiala dlya original'nogo semenovodstva kartofelya. M.: FGBNU VNIKH, 2017. 25 p.
5. Perspektivy ispol'zovaniya biotehnologicheskikh ustanovok v bezvirusnom semenovodstve kartofelya v srednem Povolzh'e / A. V. Milehin [i dr.] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2014. T. 16. № 5(3). P. 1184-1191.
6. Produktivnost' meristemnogo kartofelya v iskusstvennyh sredah a]ro-ponnyh i gidroponnyh ustanovok / Ya. A. Nuriddinov [i dr.] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 6 (80). P. 102-106.
7. Semenovodstvo kartofelya: sovremennye tehnologii, normativnoe regulirovanie, proverka kachestva: metodicheskaya rekomendaciya / B. V. Anisimov [i dr.]. M.: MSX RF, 2017. 36 p.
8. Terent'eva E. V., Tkachenko O. V. Poluchenie mini-klubnej kartofelya ajeroponnym sposobom // Izvestiya TSXA. 2018. № 4. S. 61-72.
9. Fominyh T. S., Medvedeva K. D. Virusnye bolezni kartofelya na severo-zapade Rossii // Plant Protection News. 2018. № 4. S. 40-44.
10. Hutinaev O. S., Yurlova S. M., Anisimov B. V. Osobennosti gidroponnogo vyraschivaniya mini i mikro-klubnej na ustanovkah KD-10 i "Minivit". Kartofelevodstvo: sbornik nauchnyh trudov. M.: Vserossijskogo NII kartof. hoz-va, 2012. P. 125-131.
11. Cherezov S. N., Alekseeva A. V., Shishkina L. V. Dinamika osnovnyh obmennyh processov v ontogeneze rastenij kartofelya // Sel'hozbiologiya. 2007. № 1. P. 78-81.
12. Jefferktivnost' zaschitnyh obrabotok v snizhenii reinfekcii U-virusom semennogo kartofelya / F. F. Zamalieva [i dr.] // Zashita kartofelya. 2016. №. 1. P. 9-12.
13. Borna R. S., Hoque M. I., Sarker R. H. In vitro Microtuber Induction and Regeneration of Plantlets from Microtuber Discs of Cultivated Potato (*Solanum tuberosum* L.) // Plant Tissue Culture and Biotechnology. 2019. V. 29. №. 1. C. 63-72.
14. Hormonal regulation of tuber formation in potato.- Aksenova N.P., Sergeeva L.I., Kolachevskaya O.O., Romanov G.A..-В книге: Bulbous Plants: Biotechnology. 2016. C. 3-36.

15. Methods of pre-basic seed potato production with special reference to aeroponics (A review) / T. Buckseth [et al.] // *Scientia horticulturae*. 2016. V. 204. P. 79-87.
16. Rykaczewska K. Field performance of potato minitubers produced in aeroponic culture // *Plant, soil and environment*. 2016. V. 62. №. 11. P. 522-526.
17. Rykaczewska K. The potato minituber production from microtubers in aeroponic culture // *Plant, Soil and Environment*. 2016. V. 62. №. 5. P. 210-214.
18. Study on the Mechanism of the Regulation of NAA Promoted the Adventitious Root Formation of the *Dalbergia Odorifera* / Hongxin Wang [et al.]. T. Chen *Hardwood Cuttings 2017 5th International Conference on Mechatronics, Materials, Chemistry and Computer Engineering (ICMMC-CE 2017)* September 2017.

Authors Information

Mardanshin Ildar Salimyanovich, head of the laboratory of potato breeding and seed production of Bashkir Research Institute of Agriculture – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa 450059, Russia, Richard Sorge street, 19, candidate of biology. E-mail: ildar.mardanshin1966@yandex.ru

Shakirzyanov Anvar Hafizovich, chief researcher of Bashkir Research Institute of Agriculture – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa 450059, Russia, Richard Sorge street, 19, doctor of agricultural Sciences. E-mail: bniish@rambler.ru

Kireev Rustam Sultangazieva chief researcher of Bashkir Research Institute of Agriculture – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa 450059, Russia, Richard Sorge street, 19, doctor of agricultural Sciences. E-mail: bniish@rambler.ru

Информация об авторах:

Марданшин Ильдар Салимьянович, заведующий лабораторией селекции и семеноводства картофеля Башкирского НИИ сельского хозяйства УФИЦ РАН (400059, г. Уфа, ул. Р.Зорге, 19), кандидат биологических наук. E-mail: ildar.mardanshin1966@yandex.ru

Шакирзянов Анвар Хафизович, главный научный сотрудник Башкирского НИИ сельского хозяйства УФИЦ РАН (400059, г. Уфа, ул. Р.Зорге, 19), доктор сельскохозяйственных наук. E-mail: bniish@rambler.ru

Кираев Рустям Султангареевич главный научный сотрудник Башкирского НИИ сельского хозяйства УФИЦ РАН (400059, г. Уфа, ул. Р.Зорге, 19), доктор сельскохозяйственных наук. E-mail: bniish@rambler.ru