

АЭРОПОННЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ МИНИ-КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Е.В. ТЕРЕНТЬЕВА, О.В. ТКАЧЕНКО

(Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова)

Развитие промышленного семеноводства картофеля требует совершенствования этапов процесса получения оздоровленного посадочного материала, в том числе разработки новых способов получения мини-клубней. В статье обобщены сведения литературных источников и собственные данные, касающиеся методики получения мини-клубней картофеля аэропонным способом. Данный метод является разновидностью бессубстратного метода выращивания растений. В настоящее время он мало распространен и плохо изучен, особенно в России. Установлено, что при наличии общих принципов метода не существует единой методики по выращиванию мини-клубней в аэропонных условиях. Анализ литературных данных показывает, что при совершенствовании методики получения мини-клубней картофеля с наивысшей рентабельностью необходим тщательный подход к созданию оптимальных условий. Определены основные элементы метода, существенно влияющие на выход мини-клубней, приведены их параметры. Существует потребность в подборе благоприятной густоты посадки растений, состава питательного раствора, режима аэрации, освещения, сбора мини-клубней. Установлено, что величина биомассы побегов связана с урожайностью мини-клубней. Необходимо создавать условия для ее оптимального накопления в первый период выращивания растений до начала клубнеобразования и сохранения в период сбора урожая. Обнаружены сортовые особенности продуктивности мини-клубней, которые не всегда коррелируют с характеристикой продолжительности вегетационного периода сорта при его выращивании в открытом грунте. Для выращивания в аэропонной установке преимущество имеют сорта с компактным кустом, но способные формировать большое количество мини-клубней, что позволяет повысить коэффициент размножения семенного материала. Продолжительность вегетации растений в условиях аэропоники, по литературным данным, может составлять от четырех до восьми месяцев. За это период может быть получено порядка 45 мини-клубней с одного растения. По мнению некоторых авторов, природный потенциал растений в аэропонике может достигать 250-300 мини-клубней с одного растения. Следует разрабатывать новые пути повышения эффективности аэропонного метода выращивания картофеля.

Ключевые слова: *Solanum tuberosum L.*, семенные клубни картофеля, мини-клубни, оздоровленный посадочный материал, аэропонный метод.

Картофель – одна из важнейших сельскохозяйственных культур универсального применения. По данным Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), площади под картофелем в мире составляют более 19 млн га. Урожайность картофеля в мире в среднем около 19 т/га, в России 14,8, при этом в Европе 31,2, в Германии – 45,7, в Северной Америке 41, в США 44,7 т/га [19].

Одним из факторов, определяющих низкую урожайность картофеля, является низкое качество семенного материала. Вегетативный способ размножения этой культуры способствует накоплению и быстрому распространению возбудителей заболеваний. Заражение картофеля встречается практически во всех регионах России и мира. Наиболее эффективным, экологически безопасным методом сдерживания процесса распространения инфекций картофеля является селекционный процесс, направленный на создание иммунных сортов [2]. Для сортов уже введенных в реестр допущенных к использованию определен механизм поддержания качества семян в процессе семеноводства оригинального и элитного семенного материала картофеля на оздоровленной основе [1].

Процесс семеноводства картофеля предполагает сочетание биотехнологических методов оздоровления растений на основе технологии культивирования *in vitro* апикальных меристем и стерильных растений с последующим выращиванием мини-клубней в защищенных условиях. При традиционном способе получения оригинальных мини-клубней в поле или тепличных условиях существует возможность повторного инфицирования растений грибной, вирусной и бактериальной инфекциями. Необходимо внедрение новых технологий выращивания высших репродукций семенного картофеля, обеспечивающих высокие темпы размножения оригинального материала в сочетании с гарантированным сохранением фитосанитарной чистоты.

Способ круглогодичного выращивания растений в защищенных условиях в изолированном помещении при искусственном освещении в водной культуре известен достаточно давно [2]. По сравнению с традиционной технологией, использующей почвенный субстрат, он имеет ряд преимуществ [8]: отсутствуют трудоемкие и затратные мероприятия с субстратом (замена или обеззараживание старого субстрата, защита от почвенных инфекций и вредителей); растения сбалансированно обеспечиваются питательными элементами, водой и кислородом; контролируется развитие клубней для получения однородных по размеру стандартных мини-клубней семенного картофеля.

Аэропонный метод получения мини-клубней картофеля является разновидностью бессубстратного метода выращивания растений. В отличие от гидропоники в аэропонных установках питательный раствор под давлением распыляется непосредственно на корни растений. Периоды впрыскивания раствора чередуются с периодами аэрации корневой системы растений. Конструкция аэропонной установки обеспечивает свободный доступ к корневой системе и формирующимся мини-клубням растений.

В настоящее время этот метод пока является мало распространенным и плохо изученным, особенно в России. В мире наиболее активно данный метод разрабатывается в Латинской Америке, в том числе в Перу, Испании, Китае, Корее, Кении [9-15, 17]. При принципиально общих подходах не существует единой методики по выращиванию мини-клубней в аэропонных условиях.

Выращивание растений картофеля в строго контролируемых условиях аэропонной установки с одной стороны повышает управляемость процессом получения продукции, а с другой – требует повышенного внимания как к отдельным технологическим

элементам, так и к их сочетанию. В настоящее время дискуссионными являются абсолютно все этапы и элементы методики, начиная с размещения растений при высадке, количества и качества подаваемого питательного раствора, интенсивности и качества освещения, до сбора готовых мини-клубней. В данной статье представлен сравнительный анализ различных методических подходов, направленных на повышение количества семенного материала картофеля в установках аэропонного типа.

Густота посадки растений является важным фактором при получении клубней картофеля. Ritter провел сравнительное изучение двух вариантов густоты посадки растений: 60 и 100 растений на 1 м² [17]. По его данным достоверная прибавка в урожайности в 4 раза была достигнута при уменьшении количества растений на 1 м². В варианте с 60 растениями на 1 м² масса клубней составляла 118,6 г на одно растение и 800 мини-клубней с 1 м². Dong Chil Chang с соавторами высаживали растения на расстоянии 20x25 см, что соответствует 30 растениям на 1 м², считая такую схему оптимальной при выращивании картофеля в аэропонной установке [9]. Во ВНИИ сельскохозяйственной биотехнологии Мартиросяном сконструирована установка «Урожай 9000», в которой расстояние между растениями составляет 30x15 см, что соответствует 25 растениям на 1 м² [4, 5]. Muthoni с коллегами считают, что в аэропонных условиях вегетативная масса растений развивается более интенсивно и обеспечивает повышенное клубнеобразование, поэтому необходимо увеличивать площадь поверхности, отводимой на одно растение [7]. Способ посадки растений напрямую связан с конструкционными особенностями установки, поэтому установление оптимальной густоты посадки необходимо для разработки универсальной конструкции.

Температура. Важным параметром при выращивании растений является поддержание благоприятной температуры воздуха. По данным Mbiyu, оптимальной температурой культивирования можно считать 18-22 °С днем и 14-18 °С ночью [14]. Мартиросян считает, что важным является не только сама температура культивирования, но различие в температуре воздуха и питательного раствора [4]. В начале вегетации градиент между температурами «надземной и подземной» частей растений должен поддерживаться в интервале 8-16°С. При этом в дневное время разность температур должна быть положительной, а в ночное – отрицательной. Он полагает, что параметры микроклимата, поддерживаемые в период от цветения до прекращения прироста ботвы, оказывают первостепенное влияние на получение конечной урожайности [4].

Питательный раствор. Важнейшее влияние на рост биомассы и урожайность мини-клубней оказывают состав и режим подачи питательного раствора. Mbiyu в качестве источников азота в составе питательного раствора использовал KNO₃ – 0,4 г/л и Ca(NO₃)₂ – 3 г/л [14]. Muthoni и Farran выращивали растения на питательном растворе: KNO₃ – 2,2 г/л, Ca₃(PO₄)₂ – 0,8, MgSO₄ – 0,8, Fe (ЭДТА) – 0,036, смесь микросолей Fetrimon – 0,048 г/л [6, 11]. Мартиросян Ю.Ц. рекомендует раствор Кнопа: Ca (NO₃)₂ – 1 г/л, KH₂PO₄ – 0,25, KCl – 0,125, FeCl₃ – 0,125 г/л [4]. При этом на первой неделе необходимо применять разбавленный в 4 раза раствор, на второй – в 2 раза, на третьей неделе – неразбавленный раствор. На этапе формирования клубней ряд авторов рекомендуют исключить из питательного раствора аммонийные формы азота, которые провоцируют рост побегов и задерживают инициацию клубней [10, 14]. Dong Chil Chang проводил исследования по влиянию прерывания подачи питательного раствора на десять дней в период между 25 и 55 сутками вегетации [9]. В это время проводили только подачу

воды. Растения испытывали стресс, происходило разрастание столонов, но в конечном итоге минеральное голодание негативно сказывалось на растениях и их урожайности. Исследование Farran показало, что увеличение концентрации ионов Fe в питательном растворе отрицательно влияет на количество и качество мини-клубней [10].

Многие исследователи обращают внимание на показатель активности ионов водорода в питательном растворе. Mbiyu с коллегами считают наиболее приемлемым показателем pH питательной среды равный 6,5-6,8 [14]. При этом раствор необходимо менять каждые четыре недели. Мартиросян считает оптимальной реакцию питательной среды 5,5-6,5 [4]. Muthoni рекомендует реакцию среды 6,5 [15]. По мнению Farran необходимо поддерживать слабокислую реакцию среды – около 5,7 ед., так как картофель лучше растет на подкисленных почвах [10].

При переходе к культивированию в промышленном масштабе полная замена питательного раствора становится невозможна, что затрудняет контроль за качеством раствора. В этих условиях важное значение приобретает показатель электропроводности раствора. В гидропонных установках с песочным субстратом было показано, что повышение электропроводности раствора до 5,8 dS/m не способствует повышению выхода мини-клубней, но снижает их массу, для успешного использования достаточно ЕС 1,0 dS/m [16].

Аэропонный способ выращивания растений предполагает длительные периоды нахождения растений в воздушной среде в перерывах между орошением корней питательным раствором. Считается, что такой режим по сравнению с гидропонным методом, при котором корни постоянно погружены в раствор, способствует лучшему снабжению корней кислородом и улучшению количества и качества мини-клубней. Mbiyu рассчитал оптимальный временной промежуток подачи питательного раствора в 5 мин и 15 мин аэрации корней [14]. Farran для экономии питательного раствора предлагает другой интервал подачи питательного раствора и аэрации: 10 с через 20 мин, что важно в производственных масштабах [10]. Мартиросян полагает, что интервал подачи раствора и аэрации необходимо менять по мере роста растений [4]. Чем растения старше, тем меньше должен быть период впрыска питательного раствора и соответственно дольше время аэрации корней.

Свет. При выращивании растений в искусственных условиях для эффективного фотосинтеза необходимо обеспечить им необходимый уровень освещенности. Мартиросян рекомендует на этапе активного наращивания надземной биомассы растений усилить в осветительном блоке содержание оранжево-красной составляющей спектра (625-670 нм), а в период клубнеобразования – синей его составляющей (380-460 нм) [5]. Сравнение влияния ламп ДНАТ-600 и СД 630+470 показало, что скорость роста растений была выше под лампами ДНАТ-600 [6]. Для снижения энергетических затрат рекомендуется использовать светодиодные светильники LED 80 [8]. Спектр излучения их должен включать в себя, кроме синего и красного другие участки спектра видимого диапазона, в том числе ближней ультрафиолетовой и дальней красной радиации [5].

Сбор урожая. Важным показателем, влияющим на итоговую продуктивность мини-клубней при выращивании картофеля, являются продолжительность вегетации и периодичность сбора мини-клубней, связанная с нормированием размера собираемых клубней. В статье испанских ученых описана продолжительность вегетационного периода – 5 месяцев, при этом они предлагают собирать клубни один раз в неделю, так как сбор каждые 10 и 14 дней показал более низкие результаты урожайности [10]. По

данным Ritter E., вегетация длилась 7 месяцев, спустя 2 месяца после высадки растений в установку начинался сбор клубней с периодичностью 15 сут [17]. За время вегетации было проведено 8 сборов. Muthoni с соавторами начинали собирать клубни спустя 5 недель после высадки растений в установку [15]. Сборы проводились еженедельно. Общая вегетация длилась 5,5 месяцев. В течение первых двух месяцев выращивания каждые две недели они рекомендуют срезать нижние листья и опускать растения, что, по их мнению, способствует лучшему столонообразованию. Mbiyu в своей статье показывает, что сбор мини-клубней следует проводить каждые 10-14 дней, при этом клубни желательно собирать в прохладное утреннее время [14]. Mateus-Rodríguez с соавторами проводили сбор мини-клубней каждые 20 дней, вегетация длилась 5,5 месяцев [13].

Исследованиями установлено, что величина биомассы побегов коррелирует с урожайностью мини-клубней, поэтому необходимо создавать условия для ее накопления в первый период выращивания растений до начала клубнеобразования [7]. В то же время пролонгирование непродуктивного периода культивирования увеличивает затраты на производство и снижает его рентабельность. В наших исследованиях сбор клубней начинался в среднем спустя 2,5 месяца после высадки растений в установку, всего проводили 3-8 сборов клубней, вегетация длилась 4,5-5 месяцев.

Главным показателем эффективности выращивания семенного картофеля является коэффициент размножения, при этом количество клубней связано с их размером. Разные авторы предлагают в качестве семенного материала использовать мини-клубни различного размера, начиная от 1 г и более. Dong Chil Chang считает, что клубни массой 1 г уже являются ценным семенным материалом [9]. Mbiyu [14], Mateus-Rodríguez [12] и Farran [10] собирали клубни средней массой около 8 г, считая их оптимальными по массе и диаметру. По данным последнего автора, выход мини-клубней составил 13,4 шт. с одного растения [14]. Mateus-Rodríguez с соавторами проводили испытания на сортах Chusmarina, Serranita и Yana Imilla. Крайние значения массы клубней колебались 6,3-12,1 г, при этом выход клубней с одного растения составил 71,7 шт. для сорта Chusmarina, 56,2 – для Serranita и 30,6 – для Yana Imilla [12]. По данным Ritter, масса одного клубня перед сбором в среднем составляла 13,3 г [17]. Muthoni проводил исследования на двух сортах [15]. У сорта Tigoni было получено 112 мини-клубней с одного растения, а у сорта Asante – 54. Собранные клубни делили на три фракции в соответствии с их большим диаметром: 0,5-1,5 см, 1,51-2,5 см и 2,51-3,5 см. По их данным при высадке в грунт клубней трех фракций получена достоверная прибавка урожайности от более мелких клубней диаметром 0,5-1,5 см [15].

В России размер мини-клубней для семенных целей регламентируется ГОСТом Р 53136-2008 [1]. Для категории оригинальных семян установлен диаметр мини-клубней 7-55 мм. В наших исследованиях при сборе клубней в соответствии с установленными требованиями стандарта средний диаметр собранных клубней составлял 31,3 мм, а средняя масса мини-клубней – около 13 г.

Появление новых гидропонных, гидроаэропонных и аэропонных технологий ставит вопрос о преимуществах и недостатках каждого из методов, а также сравнения их с традиционным способом получения мини-клубней из микрорастений в грунте. Ritter проводил сравнение в выращивании растений картофеля в аэропонной и гидропонной установке и показал, что в первом варианте урожайность выше на 70% [17]. Средняя масса клубней в аэропонике была ниже на 33%, но число клубней выше в 2,5 раза. Muthoni с соавторами сравнивали эффективность получения мини-клубней в аэропонной установке с традиционным методом выращивания микрорастений в грунте [15]. По

данным исследования было установлено, что урожайность в аэропонной установке выше в 7 раз. Muthoni с соавторами проводили исследования по сравнению урожайности картофеля в аэропонной установке и горшках с грунтом [15]. В первом случае коэффициент размножения был выше. Kim, Chan-Woo и его коллеги сделали выводы о преимуществе выращивания растений в аэропонной установке в сравнении с тепличными условиями за счет создания оптимальных регулируемых температурных условий и периодичности сбора клубней [11]. Mateus-Rodriguez с коллегами [13] и Tierno [18] также сравнивали способы получения урожая мини-клубней в тепличных и аэропонных условиях. По сравнению с теплицей в аэропонике вегетационный период увеличивался и достигал 8 месяцев при соблюдении всех параметров выращивания. В искусственных условиях усиливался рост биомассы, цветение и клубнеобразование начинались позже. Урожайность мини-клубней у сортов сильно варьировала. Средняя масса клубней была выше у сортов ранней группы спелости. Mateus-Rodriguez с соавторами указывают на высокие темпы размножения семенного материала при использовании аэропоники (коэффициент размножения до 1:45), высокую эффективность производства (до 900 мини-клубней с 1 м²), экономию воды, химических веществ, электроэнергии, а также на лучшую экономику производства в целом [13]. Мартиросян полагает, что природный потенциал растений в аэропонике может достигать 250-300 мини-клубней с одного растения [4]. Многие зависит от длительности вегетации, оптимальных условий выращивания и особенностей сорта картофеля.

Качество получаемых мини-клубней не зависит от способа их получения. По данным Faqan, клубни, полученные в аэропонной и гидропонной установках, после высадки в поле не показали достоверных различий в урожайности [10].

Таким образом, анализ литературных данных показывает, что при совершенствовании метода получения мини-клубней картофеля необходим тщательный подход к созданию оптимальных условий для роста растений и формирования мини-клубней. Существует потребность в подборе благоприятной густоты посадки растений, режима питания, аэрации, освещения и сбора мини-клубней. Важное влияние на эффективность технологии оказывает подбор сортов картофеля. Для выращивания в аэропонной установке желательно использовать сорта, имеющие органичный рост биомассы побегов, но способные формировать большое количество мини-клубней, что позволяет повысить коэффициент размножения семенного материала, а, следовательно, рентабельность производства. Необходимо совершенствовать аэропонный метод выращивания картофеля, разрабатывать новые способы увеличения урожайности и коэффициента размножения мини-клубней. В мире накоплен некоторый опыт в данном вопросе, опираясь на который следует разрабатывать новые пути развития и совершенствования аэропонного метода выращивания картофеля.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 53136-2008. Картофель семенной. Технические условия. М.: Стандартинформ. 2009. 10 с.
2. Бентли М. Промышленная гидропоника. М.: Колос. 1965. 376 с.
3. Замалиева Ф.Ф. Защита картофеля от вирусных болезней в Татарстане// Картофелеводство: сб. науч. тр. матер. Междунар. науч.-практ. конф. «Методы биотехнологии в селекции и семеноводстве картофеля». ГНУ ВНИИКС Россельхозакадемии, 2014. С. 144-147.
4. Мартиросян Ю.Ц., Кособрухов А.А., Диловарова Т.А., Полякова М.Н. Аэропонные

технологии в растениеводстве // Проблемы агробиотехнологии. М., 2012. С. 227-240.

5. *Мартыросян Ю.Ц.* Аэропонные технологии в первичном семеноводстве картофеля – перспективы и преимущества // Картофелеводство: сб. науч. тр. 2014. С. 75-77.

6. *Мартыросян Ю.Ц., Полякова М.Н., Кособрюхов А.А.* Влияние спектрального состава режима облучения на ростовые и фотосинтетические характеристики картофеля // Междунар. науч. конф. и школа молодых ученых: Физиология растений – теоретическая основа инновационных агро- и фитобиотехнологий. Калининград: Акнос, 2014. 2. С. 97.

7. *Терентьева Е.В., Ткаченко О.В., Гревцева Е.С.* Динамика формирования биомассы растений картофеля в аэропонной установке: матер. XVI Междунар. науч.-практ. конф. «Современные концепции научных исследований» // Ежемесячный научный журнал Евразийский союз ученых (ЕСУ). 2015. 7 (16). С. 120-122.

8. *Хутинаев О.С., Юрлова С.М., Анисимов Б.В.* Оптимизация спектрального состава освещения при гидропонном способе выращивания мини-клубней // Картофелеводство. сб. науч. тр. матер. Междунар. науч.-практ. конф.: Методы биотехнологии в селекции и семеноводства картофеля. ГНУ ВНИИКХ Россельхозакадемии, 2014. С. 188-194.

9. *Dong Chil Chang, Choun Soo Park, Sung Yeul Kim, Su Jeong Kim, Yong Beom Lee* Physiological Growth Responses by Nutrient Interruption in Aeroponically Grown Potatoes // Am. J. Potato Association of America. 2008. 85. P. 315–323. DOI 10.1007/ s12230-008-9024-4

10. *Farran Imma, Mingo-Castel Angel M.* Potato minituber production using aeroponics: Effect of plant density and harvesting intervals // American Journal of Potato Research. 2006. V. 83(1). P. 47-53. DOI 10.1007 / BF02869609

11. *Kim Chan-Woo, Song Chang-Khil, Park Jung-Sik, Mun Hyun-Ki, Kang Young-Kil, Kang Bong-Kyoon.* Growth and Yield of Potatoes with Different Mini-tubers in Wick-based Hydroponics // Korean Journal of Horticultural Science and Technology. 2009.V. 27(3). P. 399-403.

12. *Mateus-Rodríguez J., de Haan S., Barker I., Chuquillanqui C. and Rodríguez-Delfín A.* Response of three potato cultivars grown in a novel aeroponics system for mini-tuber seed production // Acta Hort. 2012. 947. P. 361-367. DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.947.46 <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.947.46>

13. *Mateus-Rodriguez J.R., de Haan S., Andrade-Piedra J.L., Maldonado L., Hareau G., Barker I., Chuquillanqui C., Otazú V., Frisancho R., Bastos C., Pereira A.S., Medeiros C.A., Montesdeoca F., Benítez J.* Technical and Economic Analysis of Aeroponics and other Systems for Potato Mini-Tuber Production in Latin America // American Journal of Potato Research. 2013. V. 90(4). P. 357-368. DOI: 10.1007 / s 12230-013-9312-5

14. *Mbiyu M.W., Muthoni J., Kabira J., Elmar G., Muchira C., Pwaisipwai P., Ngaruiya J., Otieno S. and Onditi J.* Use of aeroponics technique for potato (*Solanum tuberosum*) minitubers production in Kenya // Journal of Horticulture and Forestry. 2012. V. 4 (11). P. 172-177. DOI: 10.5897/JHF12.012

15. *Muthoni J. Mbiyu M. and Kabira J.N.* Up-scaling production of certified potato seed tubers in Kenya: Potential of aeroponics technology // Journal of Horticulture and Forestry. 2011. V. 3(8). P. 238-243.

16. *Novella M.B., Andriolo J.L., Bisognin D.A., Cogo C.M., Bandinelli M.G.* Concentration of nutrient solution in the hydroponic production of potato minitubers // Ciência Rural, Santa Maria. 2008. 38(6). P.1529-1533.

17. Ritter E., Angulo B., Riga P., Herrán C., Relloso J., San Jose M. Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers // Potato Research. 2001. 44(2). P. 127-135. DOI: 10.1007/BF02410099.

18. Tierno R., Carrasco A., Ritter E., de Galarreta J.I.R. Differential Growth Response and Minituber Production of Three Potato Cultivars Under Aeroponics and Greenhouse Bed Culture // American Journal of Potato Research. 2014. 91(4). P. 346-353. DOI: 10.1007/s12230-013-9354-8.

19. fao.org

AEROPONIC METHOD FOR PRODUCING POTATO MINITUBERS

E.V. TERENTIEVA, O.V. TKACHENKO

(N.I. Vavilov Saratov State Agrarian University)

The development of industrial potato seed growing requires the improvement of the stages of obtaining healthy planting material including the development of new methods of producing mini-tubers. The paper summarizes the data available in literature and the authors' own data on obtaining potato mini-tubers with an aeroponic method. This method is a kind of the non-substrate method of plant growing. Currently, it is not very commonly used and rather poorly studied, especially in Russia. It has been proved that even if there are general methodological principles, there is not a unique technique of producing potato mini-tubers. The analysis of literature data shows that the improvement of methods of producing potato mini-tubers featuring higher economic efficiency requires a carefully designed approach to the provision of optimal conditions. The authors have determined the main elements of the technique significantly affecting the yield of mini-tubers and presented their parameters. There is an urgent need in determining the best planting density, the nutrient solution composition, the aeration and illumination mode and the conditions of mini-tuber harvest-ing. It has been proved that the degree of the sprout biomass has an influence on to the yield of mini-tubers. The authors have found it necessary to provide conditions for biomass optimal accumulation in the first pe-riod of plant cultivation before the formation of tubers as well as their preservation in the harvest period. The authors have determined varietal characteristics of the productivity of mini-tubers, which are not always correlated with the characteristic length of the varietal growing season in case of open ground growing. The varieties most suitable for growing aeroponically should develop a compact bunch, but should also be capa-ble of forming a large number of mini-tubers, which allow increasing the reproduction factor of the seed material. The optimal normative duration of the vegetation period of plants grown aeroponically should range from 4 to 8 months. During this period, about 45 mini-tubers per plant can be obtained. According to some authors, the natural potential of plants grown aeroponically may reach 250-300 mini-tubers per plant. The authors conclude with recommendations to find new ways of improving the efficiency of the aeroponic method of growing potatoes.

Key words: *Solanum tuberosum* L., potato seed tubers, mini-tubers, healthy planting material, aeropon-ics.

References

1. GOST R 53136-2008. Kartoffel' semenny. Tekhnicheskiye usloviya [Seed potato. Technical conditions]. M.: Standartinform, 2009. 10 p.

2. *Bentli M.* Promyshlennaya gidroponika [Industrial hydroponics]. M.: Kolos, 1965, 376 p.

3. *Zamaliyeva F.F.* Zashchita kartofelya ot virusnykh bolezney v Tatarstane [Protection of potato from viral diseases in Tatarstan] // Kartofelevodstvo. Sbornik nauchnykh trudov. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Metody biotekhnologii v selektsii i semenovodstve kartofelya». GNU VNIKKH Rossel'khozakademii, 2014. Pp. 144-147.

4. *Martirosyan Yu.Ts., Kosobryukhov A.A., Dilovarova T.A., Polyakova M.N.* Aeroponnyye tekhnologii v rasteniyevodstve [Aeroponic technologies in plant growing] // Problemy agrobiotekhnologii. M., 2012. Pp. 227-240.

5. *Martirosyan Yu.Ts.* Aeroponnyye tekhnologii v pervichnom semenovodstve kartofelya – perspektivy i preimushchestva [Aeroponic technologies in primary potato seed production – perspectives and advantages] // Kartofelevodstvo. Sbornik nauchnykh trudov. 2014. Pp.75-77.

6. *Martirosyan Yu.Ts., Polyakova M.N., Kosobryukhov A.A.* Vliyaniye spektral'nogo sostava rezhima oblucheniya na rostovyye i fotosinteticheskiye kharakteristiki kartofelya [The influence of the spectral composition of an irradiation mode on potato growth and photosynthetic characteristics] // Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya i shkola molodykh uchenykh: «Fiziologiya rasteniy – teoreticheskaya osnova innovatsionnykh agrobiotekhnologiy», Kaliningrad: Aksnos, 2014. 2. P. 97.

7. *Terent'yeva Ye.V., Tkachenko O.V., Grevtseva Ye.S.* Dinamika formirovaniya biomassy rasteniy kartofelya v aeroponnoy ustanovke [Dynamics of the formation of the biomass of potato plants in an aeroponic installation] // Materialy XVI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennyye kontseptsii nauchnykh issledovaniy». Yezhemesyachnyy nauchnyy zhurnal Yevraziyskiy soyuz uchenykh (YESU). 2015. 7(16). Pp. 120-122.

8. *Khutinayev O.S., Yurlova S.M., Anisimov B.V.* Optimizatsiya spektral'nogo sostava osveshcheniya pri gidroponnom sposobe vyrashchivaniya miniklubney [Optimization of the spectral composition of illumination in the hydroponic method of mini-tuber growing] // Kartofelevodstvo. Sbornik nauchnykh trudov. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Metody biotekhnologii v selektsii i semenovodstva kartofelya». GNU VNIKKH Rossel'khozakademii, 2014. Pp. 188-194.

9. *Dong Chil Chang, Choun Soo Park, Sung Yeul Kim, Su Jeong Kim, Yong Beom Lee.* Physiological Growth Responses by Nutrient Interruption in Aeroponically Grown Potatoes // Am. J. Potato Association of America. 2008. 85. Pp. 315-323. DOI 10.1007/s12230-008-9024-4

10. *Farran Imma, Mingo-Castel Angel M.* Potato minituber production using aeroponics: Effect of plant density and harvesting intervals // American Journal of Potato Research. 2006. Vol. 83(1). Pp. 47-53. DOI 10.1007/BF02869609

11. *Kim Chan-Woo, Song Chang-Khil, Park Jung-Sik, Mun Hyun-Ki, Kang Young-Kil, Kang Bong-Kyoon* Growth and Yield of Potatoes with Different Mini-tubers in Wick-based Hydroponics // Korean Journal of Horticultural Science and Technology. 2009. Vol. 27(3). Pp. 399-403.

12. *Mateus-Rodríguez J., de Haan S., Barker I., Chuquillanqui C. and Rodríguez-Delfín A.* Response of three potato cultivars grown in a novel aeroponics system for mini-tuber seed production // Acta Hort. 2012. 947. Pp. 361-367. DOI: 10.17660/ActaHortic. 2012. 947.46 <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.947.46>

13. *Mateus-Rodríguez J.R., de Haan S., Andrade-Piedra J.L., Maldonado L., Hareau G., Barker I., Chuquillanqui C., Otazú V., Frisancho R., Bastos C., Pereira A.S., Medeiros*

C.A., *Montesdeoca F., Benítez J.* Technical and Economic Analysis of Aeroponics and other Systems for Potato Mini-Tuber Production in Latin America // *American Journal of Potato Research*. 2013. Vol. 90(4). Pp. 357-368. DOI: 10.1007 / s 12230-013-9312-5

14. *Mbiyu M.W., Muthoni J., Kabira J., Elmar G., Muchira C., Pwaiswai P., Ngaruiya J., Otieno S. and Onditi J.* Use of aeroponics technique for potato (*Solanum tuberosum*) minitubers production in Kenya // *Journal of Horticulture and Forestry*. 2012. Vol. 4(11). Pp. 172-177. DOI: 10.5897/JHF12.012

15. *Muthoni J. Mbiyu M. and Kabira J.N.* Up-scaling production of certified potato seed tubers in Kenya: Potential of aeroponics technology // *Journal of Horticulture and Forestry*. 2011. Vol. 3(8). Pp. 238-243.

16. *Novella M.B., Andriolo J.L., Bisognin D.A., Cogo C.M., Bandinelli M.G.* Concentration of nutrient solution in the hydroponic production of potato minitubers // *Ciência Rural, Santa Maria*. 2008. 38(6). Pp. 1529-1533.

17. *Ritter E., Angulo B., Riga P., Herrán C., Relloso J., San Jose M.* Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers // *Potato Research*. 2001. 44(2). Pp. 127-135. DOI: 10.1007/BF02410099.

18. *Tierno R., Carrasco A., Ritter E., de Galarreta J.I.R.* Differential Growth Response and Minituber Production of Three Potato Cultivars Under Aeroponics and Greenhouse Bed Culture // *American Journal of Potato Research*. 2014. 91(4). Pp. 346-353. DOI: 10.1007/s12230-013-9354-8.

19. fao.org

Терентьева Елена Валерьевна – асп. кафедры растениеводства, селекции и генетики Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова (410012, г. Саратов, Театральная пл., 1; тел. (8452) 23-46-97; e-mail: elena-terenteva@inbox.ru).

Ткаченко Оксана Викторовна – канд. с.-х. наук, доц. кафедры растениеводства, селекции и генетики Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова (410012, г. Саратов, Театральная пл., 1; тел. (8452) 23-46-97; e-mail: oktkachenko@yandex.ru).

Elena V. Terenteva – postgraduate student, Department of Plant Growing, Breeding and Genetics, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov (410012, Russia, Saratov, Teatralnaya square, 1; phone (8452)23-46-97; e-mail: elena-terenteva@inbox.ru).

Oksana V. Tkachenko – PhD in Agricultural Sciences, associate professor, Department of Plant Growing, Breeding and Genetics, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov (410012, Russia, Saratov, Teatralnaya square, 1; phone (8452)23-46-97; e-mail: oktkachenko@yandex.ru).