

ПОЛУЧЕНИЕ МИНИ–КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ АЭРОПОННЫМ СПОСОБОМ

Е.В. ТЕРЕНТЬЕВА, О.В. ТКАЧЕНКО

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

*Оздоровление семенного материала картофеля биотехнологическими методами является важным этапом семеноводства. При получении мини–клубней в условиях теплиц велика вероятность вторичного их заражения, а коэффициент размножения недостаточно высокий. Аэропонный метод получения мини–клубней является альтернативным традиционному и позволяет максимально ускорить процесс получения семян, но процедура выращивания и эффективность метода остаются дискуссионными. Целью исследований являлось изучение эффективности аэропонного способа получения мини–клубней при выращивании наиболее распространённых в производстве четырех сортов и селекционной линии картофеля. Микрорастения картофеля сортов Розара, Ред Скарлетт, Невский, Кондор и линии Л2, оздоровленные в культуре *in vitro*, высаживали в аэропонную установку и проводили сравнение их темпов роста и продуктивности. Полученные данные показывают, что сортовые особенности имеют большое значение при выращивании картофеля в аэропонных условиях, как и при выращивании растений в почве. В условиях выращивания микрорастений в аэропонной установке формировались полноценные растения картофеля с площадью листовой поверхности более 3,5 тыс. см². Количество и масса клубней с растения различались по сортам, при этом величина урожая не была связана напрямую с величиной вегетативной массы растений. Расчет площади листьев показывает, что максимальная площадь фотосинтетической поверхности формировалась у сортов Розара, Невский и линии Л2 (3469, 3795, 3786 см²/растение). При густоте стояния 23 растения на 1 м² сбор мини–клубней в среднем составил 14,5 шт. с растения при массе 1 клубня около 20 г и среднем диаметре более 35 мм. Максимальный коэффициент размножения составил 16,6 шт. у линии Л2, а максимальная продуктивность получена у сорта Ред Скарлетт (более 8 кг/м²). Расчет экономической эффективности показывает, что, несмотря на высокие первоначальные и текущие затраты, аэропонный способ выращивания может быть рентабельным при условии получения не менее 600 клубней с 1 м².*

Ключевые слова: *Solanum tuberosum L.*, картофель, семенной картофель, мини–клубни, семенные клубни картофеля, оздоровленный посадочный материал, аэропонная установка.

Введение

Картофель – одна из основных сельскохозяйственных культур, требующая при возделывании значительных затрат на проведение агротехнических мероприятий, а также на поддержание качества семенного материала. Возделывание картофеля сопряжено с высоким риском поражения болезнями. Потери от вирусных и бактериальных болезней могут составлять от нескольких процентов до полной гибели всего урожая. Степень зараженности зависит от соблюдения многих мероприятий и многих факторов, таких как сорт растения, вид вируса. Повреждения клубней ухудшают

форму и товарность клубней, снижают содержание в них крахмала и белка.

В Российской Федерации в последнее время семеноводству картофеля уделяется повышенное внимание (<http://mcx.ru/activity/state-support/programs/>). Четкая научно обоснованная структура семеноводства картофеля от НИИ–оригинатора до производителя товарной продукции все еще не сформирована. Это связано с тем, что на протяжении длительного периода времени проще было импортировать семенной картофель для дальнейшего размножения, чем обеспечивать полноценную отечественную систему семеноводства [2]. Негативное воздействие на развитие семеноводства оказало отсутствие в стране централизованного научного обеспечения, несовершенство системы правовых норм, регулирующих экономические взаимоотношения внутри семеноводства между производителями и потребителями семян, а также резкое снижение уровня государственной поддержки региональной селекции и семеноводства картофеля [2].

В настоящее время на первый план выходят инновационные технологии получения мини–клубней картофеля, позволяющие максимально ускорить процесс получения семян. Наиболее перспективные методы - это гидропонный и аэропонный способы выращивания растений, каждый из которых имеет свои плюсы и минусы [4]. Аэропоника – это процесс выращивания растений без использования почвенного или водного субстрата. При аэропонном методе экономическая эффективность процесса выше, так как затраты на водный раствор значительно ниже, чем на субстрат [1]. Корни при этом способе выращивания висят в воздухе, а питательные вещества доставляются к ним в форме аэрозолей, тем самым происходит обеспечение кислородом [8]. Конструкция аэропонной установки обеспечивает свободный доступ к корневой системе и формирующимся мини–клубням растений. Данная технология позволяет экономить энергию и воду, а также увеличивать эффективность контроля за здоровьем растений [7]. Выращивание растений в аэропонной установке во многом зависит от человека: с одной стороны, повышается управляемость процессом получения продукции, а с другой – требуется повышенное внимание как к отдельным технологическим элементам, так и к их сочетанию [6, 7].

Семеноводство картофеля традиционно ведется в северных или высокогорных районах для обеспечения необходимого фитосанитарного состояния, что усложняет логистические схемы доставки и реализации семенного материала в центральные районы, особенно для мелких фермерских и личных хозяйств. Для Среднего и Нижнего Поволжья с их экстремальными температурными условиями и высокой инфекционной нагрузкой производство семян картофеля аэропонным способом представляется особенно перспективным.

Целью исследований являлось изучение эффективности аэропонного способа получения мини–клубней при выращивании наиболее распространенных в производстве сортов и селекционной линии картофеля.

Материал и методы

Работы по получению и микроклонированию оздоровленного посадочного материала картофеля, а также по получению мини–клубней картофеля в аэропонной установке «Урожай 9000» проводились в биотехнологической лаборатории кафедры растениеводства, селекции и генетики агрономического факультета ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ.

В качестве исследуемого материала использовали *in vitro*–коллекцию стерильных оздоровленных растений ранних сортов картофеля Розара, Ред Скарлетт, среднеранних – Невский, Кондор, входящих в реестр и рекомендуемых для выращивания

ния в засушливых условиях Саратовской области [14]. Также в изучение была взята селекционная линия Л2, исходные образцы которой были выделены из местной популяции Карабулакского района Саратовской области.

Полученные в результате микрочеренкования в стерильных условиях *in vitro* микрорастения с 5–7 междоузлиями и развитыми корнями вынимали из пробирок. Перед высадкой в установку проводили их адаптацию в дистиллированной воде в течение 3–х суток. Адаптированные растения высаживали в аэропонную установку с густотой посадки 23 растения на 1 м² [7]. Первое время растения выращивали в условиях длинного светового дня (16 часов). В течение 1–2 недель им необходим был питательный раствор с небольшим содержанием макро– и микроэлементов. На этапе увеличения биомассы растения переводили на удвоенный по составу минеральных солей питательный раствор. После нарастания необходимого количества биомассы исключали из питательного раствора нитрат аммония и переводили растения на короткий световой день (12 часов).

На протяжении всего вегетационного периода у выращиваемых сортов проводили измерение морфометрических показателей высоты растений, количества побегов и листьев, а также площади листьев. Отмечали наступление фаз роста и развития растений, фиксировали фазы бутонизации, цветения и увядания ботвы. Сбор мини–клубней проводили при достижении ими стандартного размера, определенного ГОСТ [3].

Оценку урожайности проводили по основным показателям: количество клубней с 1 растения (шт.), средняя масса 1 клубня (г), масса клубней с 1 растения (г), наибольший диаметр (мм). Интегрирующим показателем являлась урожайность с 1 м² (г). Также проводили визуальную оценку клубней на наличие повреждений и болезней.

Данные, полученные в результате всех проводимых экспериментов, обрабатывали методом однофакторного и двухфакторного дисперсионного анализа со сравнением частных средних по тесту Дункана с использованием программы AGROS–версия 2.10 [5]. В данной работе представлены результаты трех экспериментов, проведенных в 2015–2017 гг.

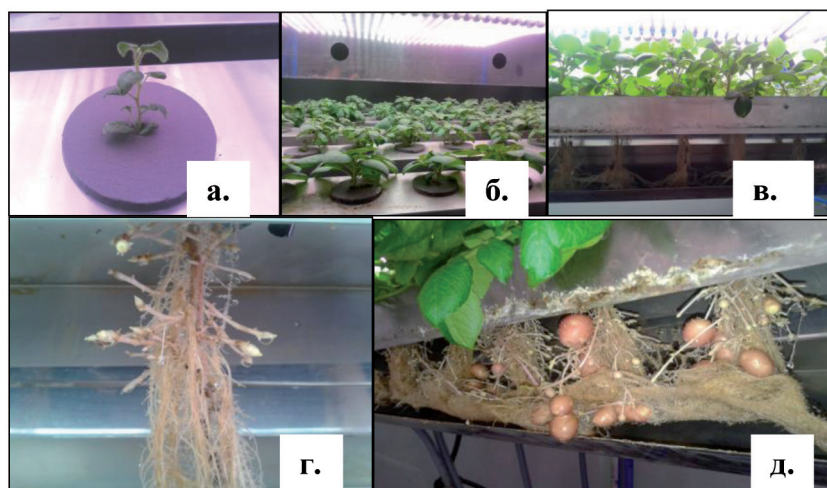


Рис. 1. Технология выращивания микрорастений картофеля и получения мини–клубней в аэропонной установке: а. микрорастения после высадки; б. растения на 1 этапе измерения; в. растения на 2 этапе измерения; г. образование столонов; д. образование мини–клубней

Результаты формирования биомассы картофеля в аэропных условиях

После высадки микрорастений в аэропную установку на первом этапе растения интенсивно формировали корни. За неделю длина корней увеличивалась более чем в 2 раза. Спустя 20 дней наблюдалось смыкание корней соседних растений. У селекционной линии Л2 смыкание произошло уже на 15 сутки, у сорта Невский на 19 сутки, у сорта Розара на 21 сутки, у сорта Ред Скарлетт в течение 22 суток. Наиболее раннее наступление всех фаз было отмечено у линии Л2 и среднераннего сорта – Невский по сравнению с ранним (Розара) и среднеранными сортами (Кондор, Ред Скарлетт).

Рост побегов у сортов происходил неравномерно, но в фазу бутонизации максимальная высота побегов составила в среднем 38 см и достоверно не различалась, кроме линии Л2, длина побегов которой составила более 48 см (рис. 2). Количество побегов на первых этапах росло медленно, составляя менее 2 побегов на растение в первое измерение и от 2 до 4 побегов на растение во второе измерение, но к периоду бутонизации максимальное количество побегов сформировали сорт Невский – 7 шт., сорт Розара – 6,8 шт. и линия Л2 – 8,6 шт. на 1 растение (рис. 3).

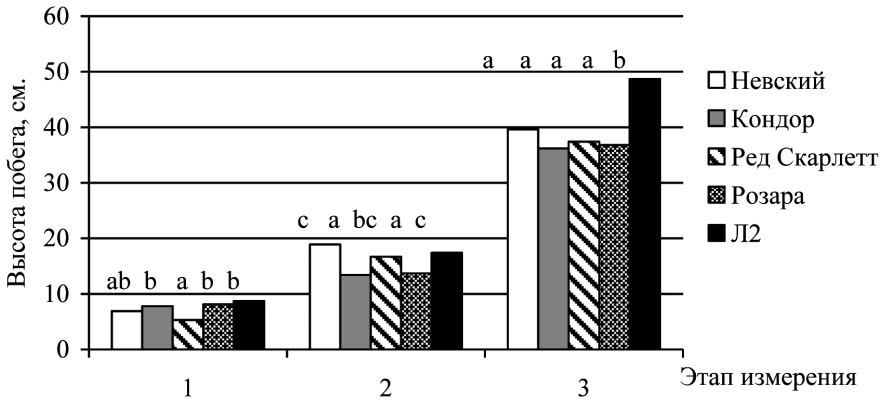


Рис. 2. Высота побегов растений картофеля, см (в среднем по 3 экспериментам)

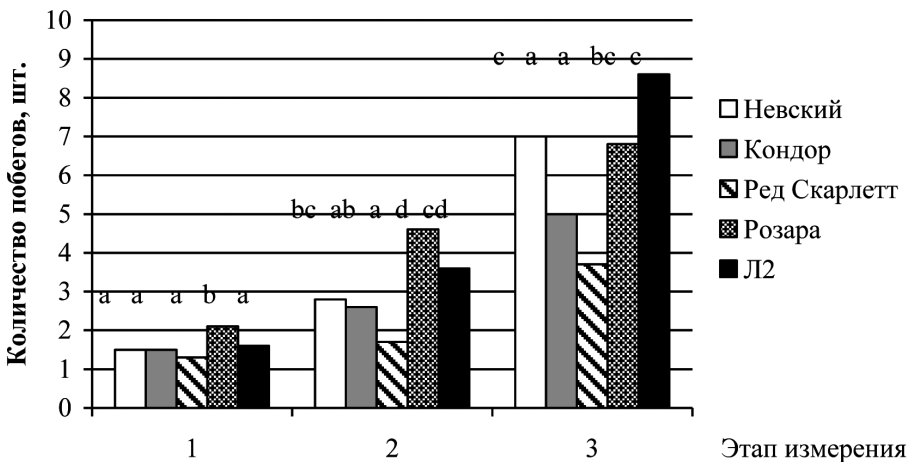


Рис. 3. Количество побегов на растениях картофеля, шт. (в среднем по 3 экспериментам)

Количество листьев при 1 и 2 измерениях не имело достоверных различий между сортами, но при измерении в фазу бутонизации максимальное количество листьев было отмечено у сорта Невский – 212 шт. и у линии Л2 – 215,7 шт. на 1 растение (рис. 4).

Площадь листьев в целом была выровненной по всем сортам (рис. 5). У четырех сортообразцов из пяти максимальная площадь листьев составляла более 3 тыс. см²/растение, кроме сорта Кондор, формировавшего 2508 см² листовой поверхности на 1 растение. У остальных сортообразцов максимальная площадь листьев на растении достоверно не различалась и составляла от 3278 см² у сорта Ред Скарлетт до 3795 см² у сорта Невский.

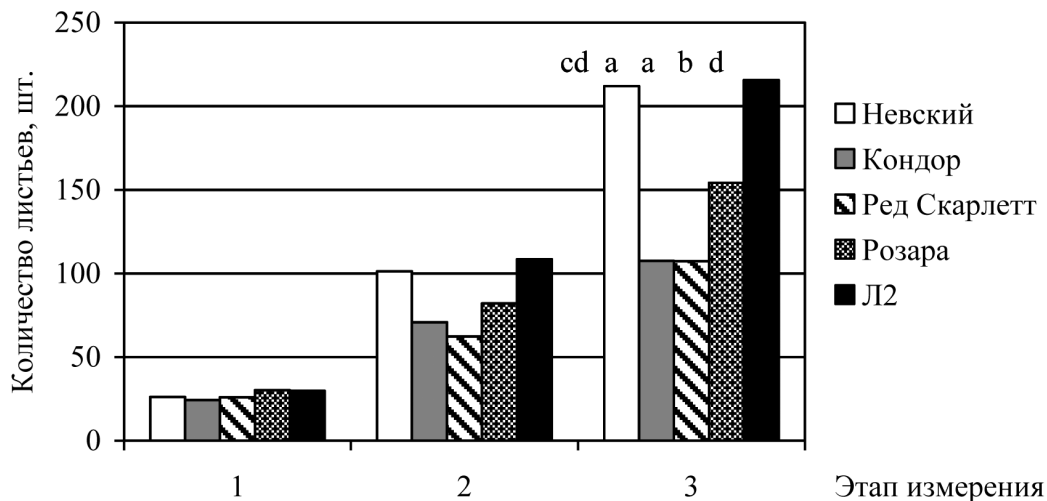


Рис. 4. Количество листьев на растениях картофеля, шт. (в среднем по 3 экспериментам)

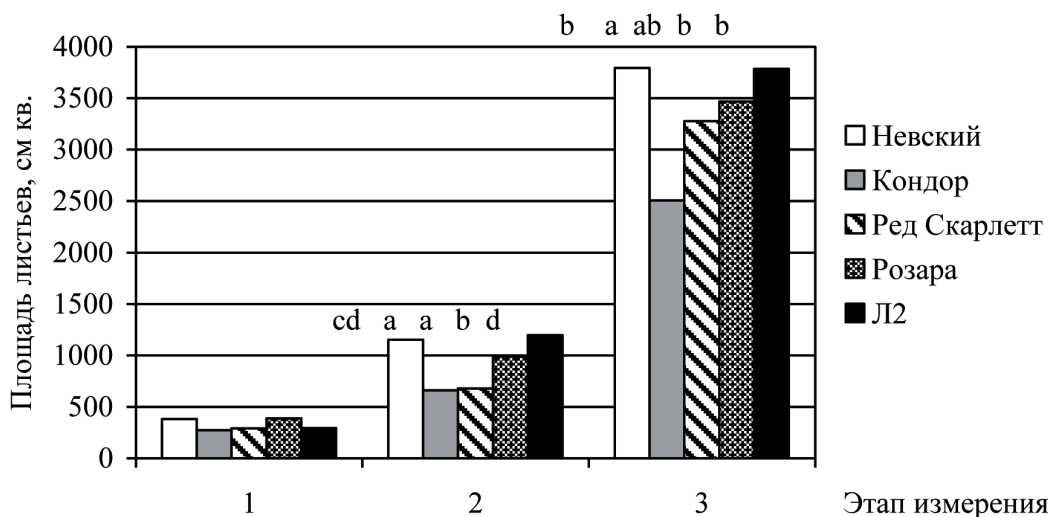


Рис. 5. Площадь листьев растений картофеля, тыс. см²/растение (в среднем по 3 экспериментам)

Проведенные исследования показывают, что при подборе сортов для выращивания в установках аэропного типа необходимо учитывать особенности формирования биомассы растений. В данном исследовании среднеспелые сорт Невский и линия Л2 отличались максимальным количеством побегов, числом листьев и площадью листовой поверхности по сравнению с другими сортами, а линия Л2 еще и большей высотой побегов. Вероятно, это необходимо учитывать при формировании густоты посадки растений в аэропную установку и расположение ламп освещения. При этом характеристика по срокам созревания сорта в полевых условиях не является гарантией отражения темпов роста в аэропной установке. Сорт Невский и линия Л2, характеризующиеся как среднеранние, имели более высокие темпы формирования биомассы по сравнению с раннеспелыми сортами.

Результаты получения мини-клубней на растениях картофеля в аэропной установке

Сбор мини-клубней начинали в середине третьего вегетационного месяца, далее сбор проводили регулярно, примерно каждые 10 дней. Средний размер мини-клубней составлял 35,8–39,9 мм или от 18,2 до 23 г (табл. 1). У всех клубней отсутствовало повреждение болезнями.

Для получения семенного посадочного материала наиболее важным показателем урожайности является не столько вес мини-клубней, сколько их количество. Количество клубней с 1 растения по сортам достоверно различалось, но в целом разброс значений был не значительный и составил от 12,3 шт. у сорта Невский до 16,6 шт. у линии Л2 (табл. 1).

Наибольшая масса клубней с 1 растения была отмечена у сорта Ред Скарлетт – 381,5 г, а наименьшая у сорта Розара – 246,4 г и у линии Л2 – 258,9 г (табл. 1). Интегрирующим показателем эффективности выращивания картофеля является урожайность с 1 м². Максимальная урожайность была получена у сорта Ред Скарлетт – 8393 г/м², а минимальная была отмечена у сорта Розара – 5420 г/м² и линии Л2 – 5696 г/м² (табл.1).

Таблица 1

Основные показатели урожайности мини-клубней у различных сортов картофеля в аэропной установке (в среднем по 3 экспериментам)

Сорто-образец	Диаметр клубня, мм	Средняя масса 1 клубня, г	Количество клубней с 1 растения, шт.	Масса клубней с 1 растения, г	Урожайность мини-клубней, г/м ²
Невский	38,5 d	21,8 d	12,3 a	314,9 c	6926,8 c
Кондор	35,8 a	18,2 a	13,3 ab	284,6 b	6262,1 b
Ред Скарлетт	39,9 e	23,0 e	14,5 bc	381,5 d	8393,8 d
Розара	37,4 c	20,1 c	15,7 cd	246,4 a	5419,7 a
Л2	36,7 b	19,5 b	16,6 d	258,9 a	5696,3 a
F _{факт.}	357,884*	1029,906*	12,388*	44,332*	44,296*
НСР _{0,05}	0,3	0,2	1,4	23,5	516,8

Полученные данные показывают, что сортовые особенности имеют большое значение при выращивании картофеля в аэропных условиях, как и в полевых. Количество и масса клубней с растения различались по сортам, хотя варьировали в целом незначительно, но по данным урожайности с единицы площади установлены существенные различия между сортами. При этом величина урожая не связана на прямую с величиной вегетативной массы растений: количеством побегов, листьев и их площадью. Так, линия Л2, отличавшаяся мощно развитыми побегами, несмотря на высокий коэффициент формирования клубней, показала низкую по сравнению с остальными сортами общую урожайность с 1 м². Сорт Ред Скарлетт, наоборот, имел максимальную урожайность при сравнительно меньшей вегетативной массе побегов.

В литературе обсуждаются оптимальные условия выращивания картофеля в аэропнике. Важным фактором при выращивании является продолжительность вегетации, периодичность сбора клубней и их размер. Мбиу считает, что сбор мини-клубней следует проводить каждые 10–14 дней, при этом клубни желательно собирать в прохладное утреннее время [11]. Необходимо экспериментальным путем обосновать, какой способ является экономически более рентабельным: более продолжительная вегетация с максимальной урожайностью клубней или короткая, но позволяющая провести больше ротаций за год. Дискуссионным остается вопрос оптимального размера собираемых мини-клубней. В работе Rykaczewska проведено сравнительное изучение двух вариантов густоты посадки растений: 36 и 42 растений на 1 м² [13]. Собирали клубни диаметром около 20 мм. По данным этого исследования количество клубней было максимальным при густоте посадки 36 растений на м² (39 клубней с 1 растения), при густоте посадки 42 растения на 1 м² было получено 33,1 клубня с 1 растения. В наших исследованиях была использована густота 23 растения на 1 м² и получено в среднем 14,5 клубней с 1 растения, но собирали клубни были крупные, в среднем более 35 мм. По данным Ritter E. вегетация длилась 7 месяцев, сбор клубней начинался спустя 2 месяца после высадки растений в установку с периодичностью в 15 суток [12]. В результате средняя масса 1 клубня перед сбором составляла 8,9 г, а количество 12,4 шт. с 1 растения. Mateus-Rodríguez с соавторами проводили сбор мини-клубней каждые 20 дней, и вегетация длилась 5,5 месяцев [9]. Испытания проводились на трех сортах Chusmarina, Serranita и Yana Imilla. Крайние значения веса клубней колебались от 6,3 до 12,1 г, при этом выход клубней с 1 растения составил 71,7 шт. для сорта Chusmarina, 56,2 шт. для Serranita и 30,6 шт. для Yana Imilla [9]. В наших исследованиях мы собирали клубни более крупные, в среднем около 20 г, что, вероятно, сказалось на существенно меньшем их количестве по сравнению с данными Ritter. Сопоставление результатов исследований разных авторов показывает, что общее количество собираемых мини-клубней во многом зависит от их размера. Можно в 2–3 раза увеличить выход мини-клубней, если их размер при сборе уменьшить до 1–2 см. Очевидно, что такие клубни требуют дополнительных условий при последующем выращивании, в том числе использования закрытого грунта, что, на наш взгляд, может сказаться на общей рентабельности процесса семеноводства. В своих исследованиях мы руководствовались принципом получения из микрорастений в аэропнике мини-клубней сопоставимых по качеству и размеру с тепличными. На наш взгляд необходимо добиваться повышения продуктивности растений без снижения качества продукции.

Экономическая эффективность выращивания растений картофеля в аэропной установке

Важное значение при получении семенного материала имеет экономическая эффективность и рентабельность производства. Цена клубня не зависит от способа

его получения, поэтому для сравнения экономической эффективности достаточно сравнения себестоимости продукции. В таблице 2 рассчитана экономическая эффективность для изучаемой лабораторной аэропонной установки.

Таблица 2

Экономическая эффективность получения мини-клубней картофеля в аэропонной установке

Показатель	Значение
Урожайность, шт./м ²	806,4
Прямые затраты, руб./м ²	2000
Прочие затраты, руб./м ²	3000
Расчетная себестоимость 1 мини-клубня, руб./шт.	6,2

По нашим данным, затраты на получение мини-клубней за одну ротацию составляют около 5000 руб./м². Они складываются из прямых затрат на электроэнергию и питательный раствор, а также прочих затрат на кондиционирование помещения и персонал. В результате при урожайности мини-клубней около 800 шт./м² их себестоимость составляет 6,2 рубля. Для сравнения, урожайность мини-клубней в летних каркасных теплицах на 1 м² в год составляет 123 шт., что при затратах 1000 руб./м², дает себестоимость 1 мини-клубня 8 рублей. Следовательно, аэропонный способ выращивания, **несмотря на** высокие первоначальные и текущие затраты, может быть более рентабельным при условии получения не менее 600 клубней с 1 м². При этом качество аэропонных и тепличных мини-клубней не должно различаться.

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 [10].

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что в реализованных условиях выращивания микрорастений в аэропонной установке формировались полноценные растения картофеля с площадью листовой поверхности более 3,5 тыс. см². Сбор мини-клубней в среднем составил 14,5 шт. с растения при массе 1 клубня около 20 г и среднем диаметре более 35 мм. Максимальной продуктивностью отличался сорт Ред Скарлетт, урожайность которого составила более 8 кг/м². Себестоимость 1 мини-клубня составила 6,2 рубля.

Выращивание растений картофеля аэропонным методом экономически выгодно, дает высокую прибавку в урожайности и позволяет круглогодично получать мини-клубни, отвечающие требованиям ГОСТ. Другим важным моментом является получение мини-клубней, свободных от различных болезней и вирусов, так как отсутствие почвы позволяет избежать переносчиков различных заболеваний. Для повышения урожайности следует подбирать сорта, которые способны полностью реализовывать свой продуктивный потенциал в условиях аэропонной установки. Для повышения урожайности и эффективности производства необходимо подбирать технологические особенности с учетом сортовых особенностей. Использование данного метода позволяет увеличить количество собираемых клубней с 1 растения, то есть увеличить коэффициент размножения семян, что важно для ускоренного

размножения оздоровленного семенного материала. Целесообразное управление системой, подбор и оптимизация технологии позволят повысить эффективность и рентабельность производства семян картофеля в целом.

Библиографический список

1. *Алгазин Д.Н.* Перспективы выращивания тепличных культур с применением аэропоники в условиях сибирского региона // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2014. № 1 (13). С. 36–39.
2. *Болдарук Д.Ю., Ходос Д.В.* Основные направления инновационной деятельности в картофелеводстве // Материалы международной научно–практической конференции молодых ученых «Взгляд молодых учёных на техническую и технологическую модернизацию АПК». Великие Луки, 2013. С. 99–102.
3. ГОСТР 53136–2008. Картофель семенной. Технические условия. / Изд. Картофель, овощи, бахчевые культуры. Технические условия: Сб. ГОСТов. М.: Стандартинформ, 2010. 11 с.
4. *Кибиров А.Я.* Новая технология выращивания картофеля в малых формах // Ваш сельский консультант. Москва, 2011. С. 34–37.
5. *Мартынов С.П., Мусин Н.Н., Кулагина Т.В.* Пакет программ статистического биометрико–генетического анализа Agros версия 2.10 // 1993–2000 гг.
6. Сафронова О.Н. Развитие регионального рынка семенного картофеля: на примере Пензенской области / Диссертация на соискание ученой степени кандидата с.-х. наук, 2005. 145 с.
7. *Терентьева Е.В., Ткаченко О.В.* Аэропонный способ получения мини–клубней картофеля // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2017. Вып. 1. С. 78–84.
8. *Чумак М.С., Потапенко Л.В., Волошин А.П.* Актуальность беспочвенного выращивания растений методом аэропоники // В сборнике: Современный взгляд на будущее науки // Сборник статей Международной научно–практической конференции. Научный центр «Аэтерна». 2014. С. 230–233.
9. Электронный ресурс <http://reestr.gossort.com>
10. *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
11. *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. V. 90(4). P. 357–368. DOI: 10.1007 / s 12230–013–9312–5
12. *Mbiyu M.W., Muthoni J., Kabira J., Elmar G., Muchira C., Pwaipwai 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). Pp. 172–177. DOI: 10.5897/JHF12.012
13. *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.
14. *Rykczyńska K.* The potato minituber production from microtubers in aeroponic culture // Plant Breeding and Acclimatization Institute – National Research Institute, Jadwisin, Poland, 2016. Vol. 62. № 5. Pp. 210–214.

AEROPONIC PRODUCTION OF POTATO MINI-TUBERS

YE.V. TERENTIEVA, O.V. TKACHENKO

(Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov)

Improvement of potato seed by biotechnological methods is an important stage of seed production. When receiving mini-tubers in greenhouses, there is a high probability of secondary infection, and the multiplication factor is not high enough. The aeroponic method of obtaining mini-tubers is an alternative to the traditional one and it allows to accelerate the process of obtaining seeds as much as possible, but the growing procedure and the efficiency of the method still remain debatable. The aim of the research was to study the effectiveness of the aeroponic method for producing mini-tubers in the cultivation of the most common four potato varieties and breeding line. Microgrowth of potato varieties Rosara, Red Scarlett, Nevsky, Kondor and L2 lines, improved in vitro culture, were planted in an aeroponic installation, and their growth rates and productivity were compared. The obtained data has shown that varietal characteristics are of great importance when growing potato in aeroponic conditions, as well as when growing plants in soil. In conditions of growing micro-plants in the aeroponic installation, a full-fledged potato plant with leaf area more than 3,5 thousand cm² was formed. The number and mass of tubers differed in varieties, while the yield was not directly related to the vegetative mass of plants. The calculation of the leaf area shows that the maximum photosynthetic leaf area was formed in potato varieties Rozara, Nevsky and line L2 (3469, 3795, 3786 cm²/plant). With a density of standing of 23 plants per 1 m², the collection of mini-tubers averaged 14.5 pcs from a plant with a mass of one tuber of about 20 g and an average diameter of more than 35 mm. The maximum multiplication factor was 16.6 pcs. in the line L2, and the maximum productivity was obtained from The Red Scarlett variety (more than 8 kg/m²). The calculation of economic efficiency shows that, despite the high initial and current costs, the aeroponic method of cultivation can be cost-effective provided that at least 600 tubers per 1 m² are obtained.

Key words: *Solanum tuberosum L., potatoes, seed potatoes, mini-tubers, seed potato tubers, healthy planting material, aeroponic plant.*

References

1. *Algazin D.N.* Perspektivy vyrashchivaniya teplichnykh kul'tur s primeneniym aeroponiki v usloviyakh sibirskogo regiona [Prospects of growing greenhouse crops using aeroponics in the Siberian region] // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. No. 1 (13). Pp. 36–39.
2. *Boldaruk D. Yu., Khodos D. V.* Osnovnyye napravleniya innovatsionnoy deyatel'nosti v kartofelevodstve [The main directions of innovative activity in potato growing] // Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh "Vzglyad molodykh uchonykh na tekhnicheskuyu i tekhnologicheskuyu modernizatsiyu APK". Velikiye Luki, 2013. Pp. 99–102.
3. GOSTR 53136–2008. Kartofel' semennoy. Tekhnicheskkiye usloviya [State Standard of Russia GOST R 53136–2008. Seed potatoes. Technical conditions]. / Izd. Kartofel', ovoshchi, bakhchevyeye kul'tury. Tekhnicheskkiye usloviya: Sb. GOSTov. M.: Standartinform, 2010. 11 p.
4. *Kibirov A. Ya.* Novaya tekhnologiya vyrashchivaniya kartofelya v malykh formakh [New technology of potato cultivation in small forms] // Vash sel'skiy konsul'tant. Moskva,

2011. Pp. 34–37.

5. *Martynov S.P., Musin N.N., Kulagina T.V.* Paket programm statisticheskogo biometriko–geneticheskogo analiza Agros versiya 2.10 [Software kit of statistical biometric-genetic analysis Agros version 2.10] // 1993–2000.

6. *Safronova O.N.* Razvitiye regional'nogo rynka semennogo kartofelya: na primere Penzenskoy oblasti: dissertatsiya kandidata ekonomicheskikh nauk [Development of the regional market of seed potato as exemplified by the Penza region: PhD (Econ) thesis]. Penzenskaya GSKHA, Penza, 2005.

7. *Terent'yeva Ye.V., Tkachenko O.V.* Aeroponnyy sposob polucheniya mini–klubney kartofelya [Aeroponic method of growing potato mini-tubers] // *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2017. Issue 1. Pp. 78–84.

8. *Chumak M.S., Potapenko L.V., Voloshin A.P.* Aktual'nost' bespochvennogo vyrashchivaniya rasteniy metodom aeroponiki [The importance of groundless plant cultivation by the aeroponic method] // In: *Sovremenny vzglyad na budushcheye nauki* // *Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno–prakticheskoy konferentsii*. Nauchnyy tsentr "Aeterna". 2014. Pp. 230–233.

9. Federal'noye gosudarstvennoye byudzhethnoye uchrezhdeniye "Gosudarstvennaya komissiya Rossiyskoy Federatsii po ispytaniyu i okhrane selektsionnykh dostizheniy" (FGBU "Gossortkomissiya") [Federal state budgetary institution "State Commission of the Russian Federation for Testing and Preservation of Selection Achievements" (FGBU "Gossorgkomissiya")] [Electronic source] <http://reestr.gossort.com>

10. *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

11. *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). P. 357–368. DOI: 10.1007/s 12230–013–9312–5

12. *Mbiyu M.W., Muthoni J., Kabira J., Elmar G., Muchira C., Pwaiswari 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

13. *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.

14. *Rykczevska K.* The potato minituber production from microtubers in aeroponic culture // *Plant Breeding and Acclimatization Institute – National Research Institute, Jadwisin, Poland*, 2016. Vol. 62. No. 5. Pp. 210–214

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

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

Yelena V. Terentyeva – postgraduate student, the Department of Plant Cultivation, Selection and Genetics, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov (410012, Russia, Saratov, Teatralnaya Sq., 1; phone: (8452) 23-46-97; e-mail: elena-terentyeva@inbox.ru).

Oksana V. Tkachenko – PhD (Eng). Associate Professor, the Department of Plant Cultivation, Selection and Genetics, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov (410012, Russia, Saratov, Teatralnaya Sq., 1; phone: (8452) 23-46-97; e-mail: oktkachenko@yandex.ru).