

ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ ПОСАДКИ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ СОРТА СОЛНЕЧНЫЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА АЭРОГИДРОПОННЫХ УСТАНОВКАХ



О. О. Новиков, младший научный сотрудник,
e-mail: novickoww@yandex.ru,

Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра
агробиотехнологий Российской академии наук



М. С. Романова, кандидат биологических наук, заместитель директора
по научно-исследовательской работе,
e-mail: estrel@yandex.ru,

Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра
агробиотехнологий Российской академии наук



Е. В. Хаксар, научный сотрудник,
e-mail: mileno4ka1988@mail.ru,

Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра
агробиотехнологий Российской академии наук



Е. И. Косинова, младший научный сотрудник,
e-mail: miss.cosinova@yandex.ru,

Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра
агробиотехнологий Российской академии наук

В работе изучено влияние различной плотности посадки на рост, развитие и урожайность оздоровленного картофеля сорта Солнечный. Рассмотрено три варианта плотности посадки: 55; 27 и 21 растение/м². Изучены следующие параметры культивируемых микрорастений: высота, длина корневой системы, количество листьев и междоузлий, масса побега, масса корневой системы. Дана оценка продуктивности растений картофеля и фракционного состава полученных миниклубней. Показано, что самым экономически выгодным вариантом среди представленных является вариант с плотностью расположения растений 55 растений/1 м².

Ключевые слова: картофель, густота стояния растений, аэрогидропоника

ВВЕДЕНИЕ

Являясь третьей по величине потребления человеком сельскохозяйственной культурой, картофель занимает существенное место в рационе питания [1, 2]. Однако недостаток качественного семенного материала значительно снижает урожайность данной культуры. Для повышения качества семенного материала используется технология оздоровления картофеля методом апикальной меристемы с дальнейшим выращиванием микрорастений на аэрогидропонных установках с целью получения оздоровленных миниклубней [3–6]. Следу-

ет отметить, что отечественный рынок оздоровленного посадочного материала картофеля заполнен еще очень слабо, и его развитие должно сопровождаться увеличением производительности картофелеводства и переходом отрасли на качественно новую основу.

Необходимо внедрение новых технологий выращивания высших репродукций семенного картофеля, обеспечивающих высокие темпы размножения оригинального материала в сочетании с гарантированным сохранением фитосанитарной чистоты. Одним из перспективных методов выращивания семенного материала является аэрогидропонный метод.

Аэрогидропонный метод получения миниклубней картофеля – разновидность бесструатного метода выращивания растений. При получении миниклубней картофеля на аэрогидропонных установках очень важными показателями являются качество питательного раствора, спектральный состав света, плотность посадки растений, температурный режим, режим увлажнения и другие показатели, оказывающие большое влияние на процессы роста, регенерации и ризогенеза растений. Актуальным является разработка технологий и способов выращивания оздоровленного картофеля с использованием аэропонных установок, позволяющих удешевить производство продукции [7].

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являлись оздоровленные материнские микроклоны картофеля *Solanum tuberosum* L. сорта Солнечный.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данной работы являлось изучение влияния различной плотности посадки оздоровленных растений картофеля сорта Солнечный при аэрогидропонном выращивании на ростовые процессы и урожайность растений.

Задачи:

1. Изучить морфометрические показатели растений картофеля при выращивании его на аэрогидропонных установках с различной густотой стояния растений.
2. Изучить продуктивность картофеля при выращивании его на аэрогидропонных установках с различной густотой стояния растений.
3. Изучить фракционный состав миниклубней картофеля, полученных при выращивании на аэрогидропонных установках с различной густотой стояния растений.
4. Определить экономическую эффективность использования изучаемых вариантов густоты посадки растений.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа проводилась в СибНИИСХиТ – филиале СФНЦА РАН в 2020 году.

Оздоровленные микрорастения картофеля получены методом апикальной меристемы. Микроклональное размножение пробирочных растений картофеля осуществлялось с помощью микрочеренкования.

Диагностику полученных микрорастений картофеля на наличие/отсутствие вирусной инфекции проводили при помощи метода ПЦР в реальном времени. Для выделения нуклеиновых кислот из растительного материала использовали набор реагентов «ФитоСорб». Детекцию вирусов осуществляли с помощью прибора АНК-32 и набора реагентов для выявления и дифференциальной диагностики РНК вирусов X и Y, M и L, S и A, вириода веретеновидности клубней картофеля.

Выращивание растений картофеля на аэрогидропонных установках проходило в два этапа: сначала в условиях длинного дня (16-часовой фотопериод) на питательном растворе для первой и второй фаз роста (разработка Ю. Ц. Мартиросяна, таблица 1) – режим впрыска раствора 40 с, аэрация 3 мин при температуре 20–22 °С, затем в условиях короткого дня (10–12-часовой фотопериод) на питательном растворе для третьей фазы роста растений – режим впрыска раствора 1 мин, аэрация 15 мин при температуре 16–18 °С. Контроль и коррекци-

ровку рН производили ежедневно, раствор меняли раз в неделю. Выращивание растений картофеля осуществляли с использованием полноспектрального светодиодного освещения. Таблица 1 – Содержание питательных элементов в питательном растворе Ю. Ц. Мартиросяна

№ п/п	Химический элемент	Содержание элементов в водорастворимом удобрении, %		
		1	2	3
1	Азот	8	14	11
2	Фосфор	12	40	6
3	Калий	38	15	42
4	Магний	4,2	-	-
5	Кремний	0,2	0,2	0,02
6	Марганец	0,2	0,2	0,02
7	Бор	0,5	0,5	0,05
8	Цинк	0,5	0,5	0,05

Статистическая обработка результатов производилась с помощью пакета программ для Windows Statistica 8.0. Для сравнения изучаемых величин использовался критерий Манна-Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве контрольного варианта в эксперименте выступал вариант с плотностью посадки 55 растений/м². Данный вариант плотности посадки был выбран исходя из анализа литературных данных и конструкционных особенностей аэрогидропонной системы «Фагро» [8, 9].

Результаты изучения влияния разной плотности посадки растений при выращивании картофеля сорта Солнечный аэрогидропонным способом на их морфометрические параметры представлены в таблицах 2–5.

Таблица 2 – Влияние плотности посадки на высоту оздоровленных растений картофеля сорта Солнечный при аэрогидропонном выращивании на разных сроках вегетации, см

Вариант опыта	Сутки				
	1	5	15	30	100
55 растений/м ²	11,68±0,39	15,19±0,41	32,99±1,20	54,8±1,30	56,00±0,88
27 растений/м ²	11,90±0,58	15,54±0,67	33,10±1,82	57,85±2,24	71,92±3,64***
21 растение/м ²	11,81±0,57	15,68±0,66	32,75±2,35	59,67±2,77	76,11±5,44***

Примечание: *** – отличия достоверны с $p < 0,001$ по сравнению с контролем.

Как видно из таблицы 2, увеличение плотности посадки растений (55 растений/м²) привело к уменьшению их высоты на более поздних сроках вегетации.

Таблица 3 – Влияние плотности посадки на длину корневой системы оздоровленных растений сорта Солнечный при аэрогидропонном выращивании на разных сроках вегетации, см

Вариант опыта	Сутки				
	1	5	15	30	100
55 растений/м ²	11,55±0,66	16,49±0,48	36,47±1,11	50,07±1,56	64,13±2,97
27 растений/м ²	11,41±0,88	15,45±0,72	33,98±1,33	48,23±2,27	70,92±4,06
21 растение/м ²	11,28±0,99	15,06±0,83	34,93±1,88	48,39±2,96	62,56±4,30

На основе данных таблицы 3 не зафиксировано отличий между вариантами по длине корневой системы выращиваемых растений картофеля.

Таблица 4 – Влияние плотности посадки на количество междоузлий оздоровленных растений сорта Солнечный при аэрогидропонном выращивании на разных сроках вегетации, шт.

Вариант опыта	Сутки				
	1	5	15	30	100
55 растений/м ²	7,47±0,19	9,82±0,23	12,5±0,28	15,38±0,29	18,21±0,35
27 растений/м ²	7,23±0,29	9,58±0,4	12,42±0,58	15,81±0,63	19,75±2,73
21 растение/м ²	7,53±0,25	9,56±0,37	13,17±0,67	15,94±0,69	17,78±0,55

Таблица 5 – Влияние плотности посадки на количество листьев оздоровленных растений сорта Солнечный при аэрогидропонном выращивании, шт.

Вариант опыта	Сутки			
	1	5	15	30
55 растений/м ²	8,43±0,2	10,79±0,23	13,54±0,29	16,67±0,28
27 растений/м ²	8,25±0,28	10,44±0,35	13,52±0,59	17,04±0,61
21 растение/м ²	8,56±0,23	10,61±0,35	14,36±0,67	17,25±0,66

Данные таблиц 4 и 5 показывают, что растения картофеля, выращиваемые с разной плотностью, не отличались по числу междоузлий и количеству листьев.

В таблице 6 представлены данные о влиянии плотности посадки на параметры развития оздоровленных растений картофеля при аэрогидропонном выращивании в момент завершения вегетации (на 145-е сутки после высадки).

Таблица 6 – Влияние плотности посадки на параметры развития оздоровленных растений сорта Солнечный при аэрогидропонном выращивании на 145-е сутки

Варианты опыта	Масса побега, г	Масса корневой системы, г	Высота растений, см	Длина корневой системы, см
55 растений/м ²	128,71±8,27	21,46±1,3	169,13±9,9	65,5±2,89
27 растений/м ²	156,13±14,01	24,38±3,28	214,21±8,61*	74,54±5,56
21 растение/м ²	156,88±13,3	12,16±1,73***	187,61±10	75,56±5,67

Примечания: * – отличия достоверны с $p < 0,05$ по сравнению с контролем; *** – отличия достоверны с $p < 0,001$ по сравнению с контролем.

По данным, представленным в таблице 6, видно, что растения картофеля сорта Солнечный, выращиваемые с наименьшей плотностью (21 растение/1 м²) отличались сниженной по сравнению с другими вариантами массой корневой системы. Максимальная высота растений отмечена в варианте с плотностью посадки 27 растений/1 м² и составляет 214,21±8,61 см. По другим изучаемым параметрам статистически значимых отличий не наблюдалось.

В таблицах 7 и 8 представлены результаты анализа полученного урожая мини клубней при выращивании картофеля сорта Солнечный аэрогидропонным методом с разной плотностью посадки.

Таблица 7 – Характеристики мини клубней картофеля сорта Солнечный при аэрогидропонном выращивании с разной плотностью расположения растений, шт.

Варианты опыта	Среднее кол-во мини клубней с одного растения, шт.	Средняя масса одного мини клубня, г.	Максимальная масса одного мини клубня, г	Минимальная масса одного мини клубня, г	Количество мини клубней с 1 м ² , шт.
55 растений/м ²	30,35±1,30	9,17±0,30	35,56	0,11	1 669
27 растений/м ²	25,20±0,82**	12,83±0,77*	37,12	0,13	680
21 растение/м ²	15,60±0,54***	13,56±1,08*	40,10	0,15	328

Примечания: * – отличия достоверны с $p < 0,05$ по сравнению с контролем; ** – отличия достоверны с $p < 0,01$ по сравнению с контролем; *** – отличия достоверны с $p < 0,001$ по сравнению с контролем.

Как видно из представленной таблицы, максимальная урожайность миниклубней с одного растения картофеля сорта Солнечный отмечена в варианте с самой высокой плотностью посадки (55 растений/1 м²), минимальная – в варианте с самой низкой плотностью (21 растение/1 м²). При этом с увеличением плотности посадки уменьшалась средняя масса одного миниклубня. Тем не менее самым экономичным вариантом среди представленных является вариант с плотностью расположения растений 55 растений/1 м², так как даже при некотором снижении массы миниклубней наблюдается существенное увеличение их урожайности с 1 м².

Таблица 8 – Фракционный состав миниклубней сорта Солнечный полученных при аэрогидропонном выращивании

Вариант опыта	Фракции			
	Самая мелкая (0–1,5 г), %	Мелкая (1,5–4 г), %	Средняя (4–10 г), %	Крупная (> 10 г), %
55 растений/м ²	27,02	18,41	16,16	38,41
27 растений/м ²	20,79	16,97	28,54	33,70
21 растений/м ²	15,95	17,87	29,54	36,63

Результаты фракционного анализа (таблица 8) подтверждают вывод, касающийся тенденции снижения средней массы миниклубней при увеличении плотности посадки растений. Тем не менее доля миниклубней, пригодных для дальнейшего использования в семеноводстве (средняя и крупная фракции), по вариантам отличается незначительно и во всех изучаемых вариантах составляет более 50 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При увеличении плотности посадки растений картофеля сорта Солнечный на аэрогидропонных установках наблюдается уменьшение их высоты на 100-е сутки выращивания, а также уменьшается средняя масса одного миниклубня: 13,56 г в варианте 21 растение/м², 12,83 г в варианте 27 растений/м² и 9,17 г в варианте 55 растений/м². Максимальная урожайность миниклубней с одного растения картофеля отмечена в варианте с самой высокой плотностью посадки (55 растений/ 1 м²) – 30,35 шт.

Самым экономически выгодным вариантом для выращивания растений картофеля сорта Солнечный на аэрогидропонных установках с целью получения миниклубней среди изученных является вариант с плотностью расположения растений 55 растений/ 1 м².

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дзагиев, Д. А. Картофелепродуктовый подкомплекс: состояние, проблемы, пути развития / Д. А. Дзагиев, Р. У. Баскаева // Вестник научных трудов молодых учёных, аспирантов и магистрантов ФГБОУ ВО "Горский государственный аграрный университет" (г. Владикавказ, 2019): сборник статей. – Владикавказ, 2019. – С. 169–172.
2. Campos, H. The Potato Crop: Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Humankind / H. Campos, O. Ortiz. – Cham: Springer Nature, 2020. – P. 518.
3. Рубцов, С. Л. Методика микроклонального размножения и производство оздоровленных миниклубней в оригинальном семеноводстве картофеля в условиях высокой инфекционной нагрузки Самарской области / С. Л. Рубцов, А. В. Милехин, С. Н. Шевченко, А. Л. Бакунов, Н. Н. Дмитриева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2017. – № 2(4). – С. 650–658.
4. Лебедева, Н. В. Ускоренное размножение ранних сортов картофеля в условиях *in vitro* и его использование в семеноводстве Северо-Запада РФ: дис. ... канд. с.-х. наук:

06.01.05 / Лебедева Надежда Владимировна; ФГБОУ ВПО «Великолукская ГСХА». – Великие Луки, 2015. – 188 с.

5. Гизатуллина, А. Т. Особенности формирования микроклубней картофеля (*Solanum tuberosum* L.) сорта Невский в асептической культуре *in vitro* / А.Т. Гизатуллина, З. Сташевски, Е. А. Гимаева, Г. Ф. Сафиуллина // Ученые записки Казанского университета. Серия: естественные науки. – 2019. – № 3. – С. 375–384.

6. Sevostyanova¹, E. P. Obtaining micro cuttings of potatoes by clonal micropropagation / E. P. Sevostyanova, S. V. Akimova, M. A. Sevostyanov, E. O. Nasakina, A. V. Korshunov, A. P. Glinushkin // The 17th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (18-23 July): Conference paper. – Stockholm, 2021. – P. 1–4.

7. Каримова, Ш. Влияние густоты посадки на урожайность семенного картофеля на торфянике / Ш. Каримова // Труды Уральского НИИСХ. – Свердловск, 1977. – № 19. – С. 139–143.

8. Calori, A. H. Electrical conductivity of the nutrient solution and plant density in aeroponic production of seed potato under tropical conditions (winter/spring) / A. H. Calori, T. L. Factor, J. C. Feltran, E. Y. Watanabe, C. C. de Moraes, L. F. V. Purquerio // Bragantia. – 2017. – № 76(1). – P. 23-32.

9. Ritter, E. Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers/ E. Ritter, B. Angulo, P. Riga, C. Herrán, J. Relloso, M. San Jose // Potato Research. – 2001. – № 44(2). – P. 127–135.

THE EFFECT OF PLANTING DENSITY ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF POTATO OF THE "SOLNECHNIY" VARIETY WHEN GROWING ON AEROHYDROPONIC INSTALLATIONS

O.O. Novikov, junior researcher,

e-mail: novickoww@yandex.ru,

Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – branch of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-Bio Technologies of the Russian Academy of Sciences

M.S. Romanova, PhD in Biology, deputy director for research work,

e-mail: estrel@yandex.ru,

Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – branch of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-Bio Technologies of the Russian Academy of Sciences

E.V. Khaksar, research worker,

e-mail: mileno4ka1988@mail.ru,

Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – branch of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-Bio Technologies of the Russian Academy of Sciences

E.I. Kosinova, junior researcher,

e-mail: miss.cosinova@yandex.ru,

Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – branch of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-Bio Technologies of the Russian Academy of Sciences

The paper discusses the effect of various planting densities on the growth, development and yield of improved potatoes of the "Solnechniy" variety. 3 variants of planting density have been considered: 55 plants/m²; 27 plants/m² and 21 plants/m². The following parameters of cultivated micro-plants have been studied: height, length of the root system, number of leaves and internodes, shoot weight, root system weight. An assessment of the productivity of potato plants and the fractional composition of the obtained minitubers is given. It is shown that the most cost-effective option among those presented is the option with a plant density of 55 plants/1 m².

Keywords: *potatoes, plant population, aeroponics*