

Изучение элементов технологии выращивания томата в условиях субирригационной аэропоники в установке «Фитопирамида»

The study of the elements of tomato cultivation technology in the conditions of subirrigation aeroponics at Fitopiramida greenhouse

Фаравн Х.К., Леунов В.И., Усманов Р.Р.,
Терешонкова Т.А., Голубович В.С., Аль-Рукаби М.Н.М.

Faravn Kh.K., Leunov V.I., Usmanov R.R., Tereshonkova T.A.,
Golubovich V.S., Al'-Rukabi M.N.M.

Аннотация

Технологии аэро- и гидропоники – вершина технологий для защищенного грунта. Для производителей овощей большой интерес представляет многоярусная гидропоника. Один из вариантов ее реализации – многоярусная установка «Фитопирамида». Она предназначена для бесубстратного выращивания растений аэродонным методом (субирригационная аэропоника). Первым этапом селекционного процесса по созданию гибридов для малообъемной культуры типа «Фитопирамида» стало сравнительное испытание сортов и гибридов томата с различной окраской и массой плода. Предварительные эксперименты показали эффективность и хорошую приспособленность томатов с детерминантным типом роста для условий «Фитопирамиды». Поэтому было принято решение испытать два коммерческих детерминантных гибрида, отличающихся по скороспелости, массе и окраске плода. Для основного питания в технологии «Фитопирамида» используется раствор удобрений постоянного состава, специально подобранный для культуры томата. Однако из литературы известно, что растения томата на различных этапах развития нуждаются в специфических соотношениях основных элементов и микроэлементов, поэтому для оптимизации роста и развития растений было предложено испытать несколько вариантов некорневых подкормок. Цель работы: подбор и оценка сортирмента детерминантных томатов на пригодность к возделыванию в условиях этой технологии, изучение влияния на урожайность двух детерминантных гибридов различных некорневых подкормок, а также оценка уровня взаимодействия «сорт-вариант подкормки» на основе статистического анализа результатов. Исследования, проведенные в 2019-2020 годах, позволяют сделать предварительные выводы. Из 24 испытанных детерминантных гибридов выделены наиболее раннеспелые, с относительно высоким показателем содержания сухого вещества, ликопина. Гибрид F₁ Розанна более пригоден для условий «Фитопирамиды», это достоверно и по признаку урожайности, и по признаку продуктивности. Из исследуемых вариантов применения минеральных удобрений наилучшие и достоверные результаты были получены в варианте 3NPK; на основании статистической обработки установлен оптимальный вариант взаимодействия «сорт-уровень минерального питания» – гибрид F₁ Розанна на фоне 3NPK.

Ключевые слова: аэропоника, томат, гибриды, малообъемная технология, подкормки, детерминантные гибриды, скороспелость, урожайность, продуктивность

Для цитирования: Изучение элементов технологии выращивания томата в условиях субирригационной аэропоники в установке «Фитопирамида» / Х.К. Фаравн, В.И. Леунов, Р.Р. Усманов, Т.А. Терешонкова, В.С. Голубович, М.Н.М. Аль-Рукаби // Картофель и овощи. 2020. №12. С. 8-11. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.55.99.001>

Abstract

Aeroponics and hydroponics technologies are one of the most advanced today. For vegetable growers, multi-tiered hydroponics is of great interest. One of its variants is the multi-tier plant Fitopiramida – designed for soilless growing of plants by the air method (subirrigation aeroponics). The first stage of the breeding process to create hybrids for a small-volume crop such as Fitopiramida was a comparative test of varieties and hybrids of tomato with different colours and fruit weights. Preliminary experiments have shown the effectiveness and good adaptability of tomatoes of the determinant type of growth for the conditions of Fitopiramida. Therefore, it was decided to test 2 commercial determinant hybrids, differing in early maturity, weight and colour of the fruit. For the main nutrition in the Fitopiramida technology, a solution of fertilizers of constant composition is used, specially selected for the tomato culture. However, it is known from the literature that tomato plants at various stages of development need specific ratios of basic elements and microelements, therefore, to optimize plant growth and development, it was proposed to test several options for foliar feeding. The aim of the work was the selection and assessment of the assortment of determinant tomatoes for suitability for cultivation under the conditions of this technology, the study of the effect on the yield of 2 determinant hybrids of different foliar dressings, as well as the assessment of the level of interaction «variety-option of feeding» based on the statistical analysis of the results. Research carried out in 2019-2020 allow us to draw preliminary conclusions: from 24 tested determinant hybrids, the earliest ripening, with a relatively high level of dry matter content, lycopene, were isolated; the F₁ Rozanna hybrid is more suitable for the conditions of the Fitopyramida. This is reliable, both in terms of yield and in terms of productivity. Among the investigated options for the use of mineral fertilizers, the most maximum and reliable results were obtained in the 3NPK option; on the basis of statistical processing, the optimal variant of the interaction «variety-level of mineral nutrition» was established - hybrid F₁ Rozanna against the background of 3NPK.

Key words aeroponics, tomato, hybrids, low-volume technology, feeding, determinant hybrids, earliness, yield, productivity.

For citing: The study of the elements of tomato cultivation technology in the conditions of subirrigation aeroponics at Fitopiramida greenhouse. Kh.K. Faravn, V.I. Leunov, R.R. Usmanov, T.A. Tereshonkova, V.S. Golubovich, M.N.M. Al'-Rukabi. Potato and vegetables. 2020. No 12. Pp. 8- 11. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.55.99.001> (In Russ.).

Для производителей овощей большой интерес представляет многоярусная гидропоника, позволяющая выращивать растения на ограниченной площади и, следовательно, получать высокий экономический эффект. Один из вариантов оборудования для этой технологии – многоярусная трубная вегетационная установка (МВТУ) «Фитопирамида», разработанная А.И. Селянским и Е.В. Лобашевым. МВТУ предназначена для гидропонного, бесубстратного выращивания растений аэроводным методом (субиригационная аэропоника) [1]. Отсутствие дорогостоящего субстрата, а значит, затрат на мероприятия по его замене и утилизации – одно из преимуществ этой технологии [2, 3, 5].

Первым этапом селекционного процесса по созданию гибридов для малообъемной культуры в этой установке стало сравнительное испытание сортов и гибридов томата с различной окраской и массой плода (от черри до крупноплодных) селекции ВНИИО – филиала ФНЦО и Агрохолдинга «Поиск» на гидропонных установках и в грунтовой теплице. На основании результатов иссле-

ований будут намечены параметры модели гибрида томата для технологии «Фитопирамида».

Предварительные эксперименты показали эффективность и хорошую приспособленность томатов детерминантного типа роста для условий «Фитопирамиды»: компактность растения, большее число плодовых кистей на рабочей длине стебля по сравнению с индетерминантными гибридами, дружное созревание. Поэтому было принято решение испытать два коммерческих детерминантных гибрида, отличающихся по скороспелости, массе и окраске плода.

Для основного питания в технологии «Фитопирамида» используют раствор удобрений с постоянным составом, специально подобранный для культуры томата. Однако из литературы известно, что растения томата на различных этапах развития нуждаются в специфических соотношениях основных элементов и микроэлементов, поэтому для оптимизации роста и развития растений было решено испытать несколько вариантов некорневых подкормок.

Цель работы: подбор и оценка сортамента томатов с детерминантным типом роста на пригодность к возделыванию по технологии «Фитопирамида», изучение влияния различных некорневых подкормок на урожайность двух детерминантных гибридов, а также оценка уровня взаимодействия «сорт–вариант–подкормка» на основе статистического анализа результатов.

Условия, материалы и методы исследований

В Московской области (3 световая зона) была построена и испытана многоярусная вегетационная трубная установка (МВТУ) «Фитопирамида» для гидропонного бесубстратного выращивания растений аэроводным методом (субиригационная аэропоника). Установка базируется в поликарбонатной теплице площадью 490 м². Срок посева семян томата: вторая декада апреля, посадка растений на постоянное место – первая декада мая (возраст растений – 20-35 сут.). Площадь посадки 16,2 раст/м², повторность пятикратная. Рассадку томата выращивали в условиях искусственного досвечивания Микроклимат и срок выращивания соответствовал литературным рекомендациям.

Растения томата формировали в один стебель, еженедельно проводили подкручивание, пасынкование, при формировании первой кисти регулярно удаляли нижние листья. Для лучшего завязывания плодов в теплице использовали шмелей. Убирали плоды по мере созревания. Плодоношение отмечали три раза в неделю.

В эксперименте по оценке эффективности некорневых подкормок изучали два гибрида с детерминантным типом роста: F₁ Пламенный (красноплодный) и F₁ Розанна (розовоплодный).

F₁ Пламенный. Раннеспелый гибрид для открытого и защищенного грунта. Период от всходов до начала созревания 95-98 дней. Растение детерминантного типа, компактное, высотой 70-90 см. В кисти формируется от 3 до 5 округлых, гладких, глянцевых, плодов плотных, ярко-красной окраски, массой 150-180 г, обладающих хорошей лежкостью и транспортабельностью, способных формировать «носик». Плоды используют для потребления в свежем виде, переработки на томатопродукты и для приготовления сока. Гибрид отличается дружным созреванием, устойчивостью к ВТМ, фузариозу и альтернариозу. Растения нуждаются в подвязыва-

Таблица 1. Результаты испытания гибридов детерминантного типа в условиях технологии «Фитопирамида», 2019 год

Гибрид	От всходов до начала созревания, сут.	Сухое вещество, %	Ликопин, мг/100 г сырой массы
F ₁ Пламенный	90	1,4	7,65
F ₁ Розанна	97	1,8	5,63
F ₁ Семко 2005	94	2,4	8,05
F ₁ Семко 2010	92	2	10,18
F ₁ Тверия	94	1,9	-
F ₁ Солнечный дар	97	2,2	1,50
F ₁ Шеди леди	104	2,2	-
F ₁ Иришка	92	1,9	11,42
F ₁ Андромеда	90	1,8	7,05
F ₁ Твист	94	1,6	7,28
F ₁ Прима дона	94	1	5,43
F ₁ 96-16	97	0,9	7,14
F ₁ 152-16	92	1,8	-
F ₁ 139-16	90	2,2	7,08
F ₁ Зинаида	85	2	8,63
F ₁ Донской	94	1,2	10,5
F ₁ Премиум	93	1,4	9,44
F ₁ Персиановский	97	2	-
F ₁ Бобрин	94	1,4	6,89
F ₁ Изящный	94	1,6	10,14
F ₁ Краснодон	94	1,8	9,68
F ₁ Капитан	90	2,6	10,44
F ₁ 8/17Огнев	90	2,2	7,76

вании в основном перед плодоношением. Ключевое условие успешного созревания – отсутствие затенения и соответствующее количество солнечного света. Показатели урожайности обычно высокие – около 12-16 кг/м². Плоды, достигающие в различных условиях выращивания 140-200-граммовой массы, не склонны к растрескиванию [4].

F₁ Розанна. Раннеспелый крупноплодный гибрид, при созревании плоды не растрескиваются. Для открытого грунта и пленочных теплиц. Период от всходов до плодоношения 95-100 дней. Растение высотой 40-50 см, требует подвязки и формирования. Плоды розовой окраски, округлой формы, массой 140-180 г (до 200 г), не растрескиваются на растении. Гибрид устойчив к ВТМ, альтернариозной пятнистости листьев, фузариозному увяданию. Использование универсальное.

Максифол Рутфарм – специальный комплекс, содержащий экстракт водорослей *Ascophyllum nodosum*, специальные аминокислоты, макро- и микроэлементы, разработанный для развития боковых и дополнительных корней, обеспечивая равномерное развитие всей корневой системы растения. Максифол Рутфарм помогает растению пережить травмы при пересадке, а также неблагоприятные факторы, такие, как высокая температура, избыток влаги в воздухе и почве. Экстракт водорослей *Ascophyllum nodosum* содержит большое количество биологически активных веществ, среди которых наиболее значимы бетаин (стимулирует синтез хлорофилла, усиливает способность корневой системы поглощать воду, увеличивает устойчивость растений к низким температурам), цитокинин, ауксин, гиббереллин (стимулируют рост и развитие растений), альгиновая кислота (помогает удерживать воду в корнях, способствует лучшему поглощению элементов питания). Кроме того, комплекс обо-

гащен специальными аминокислотами (триптофан, аргинин, аспарагин, глутамин, фенилаланин, лизин, метионин и треонин), которые активизируют прорастание семян и стимулируют рост кончиков корней, повышают холодостойкость и устойчивость к засолению и стрессам. Цинк повышает содержание ауксинов, участвует в синтезе индолилуксусной кислоты, что необходимо на ранних стадиях роста и после высадки рассады.

Схема опыта по изучению эффективности некорневых подкормок (способы некорневых подкормок)

1 – NPK (контроль); 2 – 2NPK (Максифол 2 г/л); 3 – 3NPK (доза 1 (N:P:K=10:54:10) 2,5 г/л + Максифол 2 г/л); 4 – 4NPK (доза 2 (N:P:K=10:54:10) 1,2 г/л + Максифол 2 г/л).

Подкормки проводили с помощью ручного опрыскивателя, изолируя соседние варианты экраном.

Результаты исследований

Было изучено 24 гибрида томата различных фирм производителей на пригодность к возделыванию по технологии «Фитопирамида» с обращением особого внимания на скороспелость и качество плодов. Из литературы известно, что чем выше в соке плодов содержание сухого вещества, тем, как правило, более насыщен вкус. Томат – один из главных природных источников антиоксиданта ликопина. Огромное влияние условий и технологии выращивания на вкусовые качества плодов томата также хорошо известно, поэтому важно подобрать сорта и гибриды, способные показать наибольшие показатели по содержанию сухого вещества и ликопина в условиях технологии «Фитопирамида».

Из **таблицы 1** видно, что показатели по содержанию сухого вещества невысоки. Тем не менее, выделяются такие гибриды, как **F₁ Капитан** (2,6%), **F₁ Семко 2005** (2,4%) и другие. Из наших экспериментов по выращиванию этих гибридов в условиях почвенной

культуры известно, что гибриды могут показывать более высокие значения по сухому веществу, поэтому имеет смысл дальнейшее совершенствование основного питательного раствора под культуру томата.

Наибольшее содержание ликопина отмечено у гибридов **F₁ Иришка** и **F₁ Донской**. Самыми скороспелыми были **F₁ Зинаида**, **F₁ Пламенный**, **F₁ Капитан** и др.

При разных вариантах некорневой подкормки отмечен рост урожайности обоих гибридов томата (**F₁ Пламенный** и **F₁ Розанна**) с увеличением доз удобрений с одной дозы NPK до 3NPK и снижение при максимальной дозе минерального питания – 4NPK.

Вертикальными линиями на рисунке показаны пределы погрешности, в нашем случае 95% доверительные интервалы для генеральных средних, по которым можно провести статистическую оценку действия изучаемых вариантов. Если границы доверительных интервалов пересекаются, значит между этими вариантами нет существенных различий на принятом уровне значимости. Товарная урожайность гибрида **F₁ Розанна** при всех способах некорневой подкормки с 95% вероятностью превышает урожайность гибрида **F₁ Пламенный**, за исключением дозы 3NPK, при которой различия между гибридами незначимы.

В **таблице 2** представлены результаты оценки по такому признаку, как урожайность за два года. Урожайность гибрида **F₁ Пламенный** достоверно ниже, чем у гибрида **F₁ Розанна**. На этом основании можно говорить о большей пригодности растений этого гибрида к условиям «Фитопирамиды». Влияние доз минеральных удобрений также отмечено по обоим сортам. Причем существенное увеличение было заметно в варианте 3NPK и у **F₁ Пламенный** и у **F₁ Розанна**. В вариантах 2NPK и 4NPK достоверная прибавка урожайности не выявляется также у растений обоих сортов. Следует сказать, что в этих вариантах рост урожайности по сравнению с контролем не имеет такого абсолютного роста, как в варианте – 3NPK, он хоть и достоверен, но ниже, чем в этом варианте. Заметный рост урожайности по сравнению с контролем и уже проанализированными вариантами отмечен у растений в варианте – 3NPK.

Если сравнивать гибриды между собой, то с вероятностью 95% существенны различия между **Розанной** и

Таблица 2. Товарная урожайность/продуктивность гибридов томата в зависимости от доз минерального питания, в среднем за 2019-2020 годы (кг/м²) / (г/куст)

Доза удобрений, В	Гибриды, А		В среднем по удобрениям НСР ₀₅ ^в =3,72/230
	F ₁ Пламенный	F ₁ Розанна	
NPK	17,34/1070	23,36/1442	20,35/1256
2NPK	16,03/990	24,50/1512	20,26/1251
3NPK	23,97/1479	26,01/1605	24,99/1542
4NPK	17,00/1049	22,28/1375	19,64/1212
В среднем по гибридам НСР ₀₅ ^а =2,63/162	18,59/1147	24,04/1484	–
НСР ₀₅ = 5,27/325			

Пламенным при всех дозах удобрений, за исключением 3NPK. Что касается влияния доз удобрений на гибрид Пламенный, можно отметить существенное действие 3NPK по сравнению с другими дозами удобрений.

Характер изменения товарной продуктивности томатов в зависимости от вариантов некорневого питания в целом повторяет динамику товарной урожайности.

В **таблице 2** также представлены результаты оценки по такому признаку как продуктивность. Продуктивность гибрида F₁ Пламенный достоверно ниже, чем у гибрида F₁ Розанна. Это может говорить о большей пригодности растений этого гибрида к условиям «Фитопирамиды». Влияние доз минеральных удобрений также отмечено по обоим сортам. Причем достоверное увеличение и у растений F₁ Пламенный и у растений F₁ Розанна заметно в варианте – 3NPK. В вариантах 2NPK и 4NPK достоверная при-

бавка урожайности не выявляется также у растений обоих гибридов. Следует сказать, что в этих вариантах рост продуктивности по сравнению с контролем не имеет такого абсолютного роста, как в варианте – 2NPK, он хоть и достоверен, но ниже, чем в этом варианте. Заметный рост признака продуктивности по сравнению с контролем и уже проанализированными вариантами отмечен у растений в варианте – 3NPK.

Дисперсионный анализ данных за два года (**табл. 2**) показал на существенные прибавки товарной урожайности гибрида F₁ Розанна по сравнению с гибридом F₁ Пламенный на вариантах NPK, 2NPK, 4NPK (уровень значимости $p < 0,05$), в то время как различия между гибридами на фоне 3NPK не достоверны. Вместе с тем в этом варианте минерального питания отмечена наибольшая урожайность, хотя здесь различия между гибридами томата незначимы.

Выводы

Таким образом, на основании исследований, проведенных в 2019-2020 годах можно предварительно заключить следующее.

Из 24 испытанных детерминантных гибридов выделены наиболее раннеспелые, с относительно высоким показателем содержания сухого вещества (F₁ Солнечный дар, F₁ Шериди, F₁ Капитан, F₁ 8/17Огнев), ликопина (F₁ Иришка, F₁ Донской, F₁ Капитан).

Гибрид F₁ Розанна более пригоден для условий Фитопирамиды. Это достоверно и по признаку урожайности, и по признаку продуктивности.

Из изученных вариантов применения минеральных удобрений наибольшие достоверные результаты были получены в варианте 3NPK.

На основании статистической обработки установлен оптимальный вариант взаимодействия «сорт-уровень минерального питания» – гибрид F₁ Розанна на фоне 3NPK.

Библиографический список

1. Иванов А.Д. Использование гидропонных технологий для выращивания сельскохозяйственных культур // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Материалы XII Всероссийской конференции молодых ученых. Краснодар, 2019. С. 227–228.
2. Селянский А.И., Лобашев Е.В. Высокопроизводительная, энергоэкономная технология производства томатов. Миф? Реальность! // Овощеводство. 2013. №2. С. 70–72.
3. Селянский А.И., Лобашев Е.В. Гидропоника на «Фитопирамида» // Овощеводство. 2013. №6. С. 62–68.
4. Седых Т.В., Погребняк С.В. Рост и продуктивность огурца в зимних теплицах в осенне-зимнем культурообороте на малообъемной гидропонике (ООО «Сибаргохолдинг») // Вестник Омского ГАУ. 2016. №3(23). С. 53–58.
5. Sapkota S., Sapkota S., & Liu Z. Effects of nutrient composition and lettuce cultivar on crop production in hydroponic culture. Horticulturae. 2019. No5(4). Pp. 2–8.

Об авторах

Фаравн Халид Кадим, аспирант кафедры овощеводства, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева. E-mail: farawn@mail.ru

Леунов Владимир Иванович, доктор с.-х. наук, профессор кафедры овощеводства, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева. E-mail: vileunov@mail.ru

Усманов Раиф Рафикович, канд. с.-х. наук, доцент кафедры земледелия и методики опытного дела, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева. E-mail: usman@rgau-msha.ru

Терешонкова Татьяна Аркадьевна, канд. с.-х. наук, зав. лаб. иммунитета и селекции пасленовых культур, ВНИИО–филиал ФГБНУ ФНЦО, селекционер по томату Агрохолдинга «Поиск». E-mail: tata7707@bk.ru

Голубович Виктор Сергеевич, канд. с.-х. наук, с.н.с. отдела технологий и инноваций, ВНИИО–филиал ФГБНУ ФНЦО. E-mail: ded44@yandex.ru

Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед, аспирант кафедры овощеводства, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева. E-mail: maad_n.m@yahoo.com; ma44na54@gmail.com

References

1. Ivanov A.D. Use of modern hydroponic technologies for growing agricultural crops. Scientific support of the agro-industrial complex. Materials of the XII International conferences of young scientists. Krasnodar. 2019. Pp. 227–228 (In Russ.).
2. Selyanskii A.I., Lobashev E.V. High-Performance, energy-efficient tomato production technology. A myth? A reality! Vegetable growing. 2013. No2. Pp. 70–72 (In Russ.).
3. Selyanskii A.I., Lobashev E.V. Hydroponics on the Fitopiramide. Vegetable growing. 2013. No6. Pp. 62–68 (In Russ.).
4. Sedykh T.V., Pogrebnyak S.V. Growth and productivity of cucumber in winter greenhouses in the autumn-winter crop rotation on low-volume hydroponics (Sibagroholding LLC). Omsk State Agrarian University Herald. 2016. No3(23). Pp. 53–58. (In Russ.).
5. Sapkota S., Sapkota S., & Liu Z. Effects of nutrient composition and lettuce cultivar on crop production in hydroponic culture. Horticulturae. 2019. No5(4). Pp. 2–8.

Author details

Farawn Kh.K., postgraduate student, RSAU–MTAA after K.A. Timiryazev. E-mail: farawn@mail.ru

Leunov V.I., D. Sci. (Agr.), professor, department of vegetable growing, RSAU–MTAA after K.A. Timiryazev. E-mail: vileunov@mail.ru

Usmanov R.R., Cand. Sci. (Agr.), associate professor, department of agriculture and methodology of experimental work, RSAU–MTAA after K.A. Timiryazev. E-mail: usman@rgau-msha.ru

Tereshonkova T.A., Cand. Sci. (Agr.), head of laboratory of immunity and breeding of solanaceous crops, ARRIVG – a branch of FSBSI FSVC, tomato breeder of Poisk Agro Holding. E-mail: tata7707@bk.ru

Golubovich V.S., Cand. Sci. (Agr.), senior research fellow, department of technologies and innovations, ARRIVG – a branch of FSBSI FSVC. E-mail: ded44@yandex.ru

Al-Rukabi M.N.M., postgraduate student, RSAU–MTAA after K.A. Timiryazev. E-mail: maad_n.m@yahoo.com; ma44na54@gmail.com