

УДК 631.893.1'2'6:631.589.2:635.64

О ПРИМЕНЕНИИ МАГНИЙ-АММОНИЙ-ФОСФАТА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ТОМАТА В УСЛОВИЯХ МАЛООБЪЕМНОЙ ГИДРОПОНИКИ

А. Н. КУЛЮКИН, П. А. АПОСТОЛ

(Кафедра агрономической и биологической химии)

В настоящее время многие специалисты [1, 3, 6, 12] считают строительство гидропонных теплиц с большими поддонами нецелесообразным. В них расходуется большое количество субстрата (по 50—75 л на растение), затрудняются обогрев и устранение течи при повреждении поддона, повышается опасность занесения инфекции в субстрат [8]. В таких поддонах неэкономно расходуется вода, а для промывания и дезинфекции субстрата затрачиваются большие объемы растворов, которые после сбрасывания загрязняют окружающую среду.

Уменьшение объема корнеобитаемого слоя при выращивании растений в закрытом грунте, по свидетельству отечественных и зарубежных исследователей [3, 4, 5, 12, 13, 15—18, 20], позволяет существенно снизить затраты на строительство и упростить приготовление и циркуляцию питательного раствора, улучшить условия выращивания растений, решить ряд вопросов охраны окружающей среды. Есть все основания полагать, что в гидропонных теплицах вполне достаточно иметь на одно растение 2,5—4 л субстрата (керамзита или гравия).

При производственной проверке узкостеллажной гидропонной теплицы получен высокий экономический эффект [1].

В условиях малообъемного субстрата необходима более частая подача питательного раствора растениям, что требует упрощения его приготовления, контроля и корректировки. В этой связи возрастает значение безбалластных медленнодействующих комплексных удобрений, которые можно вносить в субстрат (за один прием) на весь период вегетации. К таким концентрированным медленнодействующим удобрениям относится магний-аммоний-фосфат, при использовании которого существенно упрощается процесс контроля за составом питательного раствора [7, 9, 10, 11].

В задачи наших исследований входило определение возможности применения магний-аммоний-фосфата (МАФ) при выращивании томата гидропонным способом на малообъемном субстрате, а также изучение некоторых вопросов, связанных с приготовлением питательного раствора при использовании водопроводной воды и МАФ, в частности вопрос о дополнительном введении Са в раствор.

Методика опытов

В 1975—1977 гг. были проведены 3 опыта.

В опыте I (1975 г.) изучали зависимость урожая плодов и их качества от объема керамзита и применения магний-аммоний-фосфата. В соответствии со схемой опыта I (табл. 1) в 1-м и 3-м вариантах питательные элементы периодически добавляли в питательный раствор с растворимыми солями (смесь Гейслера), во 2-м и 4-м — источником

Схема опыта I

Вариант	Количество керамзита* на растение		Объем питательного раствора, л на растение	Источник P ₂ O ₅	Источник MgO
	кг	л			
1	4	6	3	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O·CaSO ₄	MgSO ₄ ·7H ₂ O
2	4	6	3	MgNH ₄ PO ₄ ·H ₂ O	MgNH ₄ PO ₄ ·H ₂ O
3	2	3	1,5	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O·CaSO ₄	MgSO ₄ ·7H ₂ O
4	2	3	1,5	MgNH ₄ PO ₄ ·H ₂ O	MgNH ₄ PO ₄ ·H ₂ O

* Бескудниковский керамзит, фракция 5—10 мм.

фосфора, магния и азота (до цветения) служил магниевый-аммоний-фосфат, который вносили в дозе 5,12 г (2 г P₂O₅, 0,6 г N и 1,13 г MgO) за один прием в рассадный горшочек при выращивании рассады.

До цветения в вариантах с МАФ калий давали в виде K₂SO₄, а кальций в эквивалентных количествах по отношению к 1-му и 3-му вариантам соответственно с водной вытяжкой гипса. В вариантах 1 и 3 на каждое растение до цветения было дано, как и во 2-м и 4-м вариантах, по 0,6 г N.

Выращивали томаты сорта Белый налив 241. Повторность 6-кратная. Рассадку с 10 по 29 мая поливали 1—2 раза в день питательным раствором, используя субиригационный способ, и один раз водой из лейки. После высадки рассады на постоянное место (29 мая) питательный раствор подавали в зависимости от погодных условий 3—6 раз в сутки. Анализ и корректировку его производили через каждые 3 дня. pH измеряли на потенциометре и поддерживали на уровне 5,5 путем добавления в питательный раствор азотной кислоты. После пикировки сеянцев в рассадные горшочки растения через каждые 15 дней (4 раза) опрыскивали раствором микроэлементов (на 1 л воды борной кислоты — 0,2 г, сернокислого марганца — 0,3, сернокислой меди — 0,2, лимоннокислого железа — 0,25 г). Опыт закончили 25 августа.

Таблица 2

Схема опыта II

Вариант	Источник P ₂ O ₅	Добавление кальция в питательный раствор
1 (контроль)	Ca (H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O·CaSO ₄	Суперфосфат
2	MgNH ₄ PO ₄ ·H ₂ O	Водная вытяжка гипса в рассадный период до уровня контроля
3	То же	То же в течение вегетации
4	» »	То же до начала завязывания плодов на 3-й кисти

Примечание. Во всех вариантах постоянным источником Ca являлась водопроводная вода.

В опыте II (1975 г.), также включающем 4 варианта (табл. 2), сорт томата, сроки и условия выращивания, способ внесения МАФ были такими же, как и в опыте I.

Опыт III (1977 г.) был производственным. Его проводили в зимней теплице колхоза им. Владимира Ильича Ленинского района Мос-

Схема опыта III

Вариант	Субстрат	Источник P ₂ O ₅	Источник MgO	Система питания
1	Торф верховой	Суперфосфат	MgSO ₄ ·7H ₂ O	Периодические подкормки азотом, калием, магнием и микроэлементами
2	Керамзит	То же	То же	Субиригационная подача (периодически) питательного раствора
3	Торф верховой	МАФ	МАФ	Как в варианте 1
4	Керамзит	»	»	Как в варианте 2

ковской области. Учетная площадь делянки 25 м². Повторность 2-кратная.

Для выращивания растений в условиях малого объема корнеобитаемого слоя были сооружены из полиэтиленовой пленки специальные желоба 6×0,10×0,15 м. При густоте посадки 6,2 растения на 1 м² в гидропонной культуре на одно растение приходилось по 2 л керамзита, а на торфяной при той же густоте посадки — 5,5 л торфа. При отсутствии автоматического полива практически невозможно в производственных опытах на большой площади (200 м²) применять очень малый объем (2 л) торфяного субстрата.

МАФ вносили в рассадный горшочек (0,4 л) в дозе 7,68 г на растение, что соответствовало 3 г P₂O₅, 0,93 г N и 1,69 г MgO. В 3-м и 4-м вариантах добавляли кальций в виде Ca(NO₃)·4H₂O до начала завязывания плодов на 3-й кисти из расчета 0,5 концентрации питательного раствора Гейслера (2-й вариант). В остальном метод питания был таким же, как в предыдущих опытах. В вариантах с торфяным субстратом всю дозу фосфора вносили в полиэтиленовый рассадный горшочек (1 л). МАФ и простой суперфосфат применяли в порошковидной форме. Так как торф был произвесткован (рН ≈ 5,5) и поливная вода содержала 120 мг кальция на 1 л, то в 3-м варианте кальций не вносили.

За рассадный период (с 3 по 15 февраля) каждое растение на торфяном субстрате получило по 0,5 г K₂O, а в варианте 1 — дополнительно по 0,1 г N и 0,02 г MgO. За период вегетации растения подкармливали 10 раз. Всего в расчете на одно растение в каждом варианте опыта было внесено по 12 г K₂O, 7 г N, 3 г P₂O₅ и 1,7 г MgO. Рассадку выращивали с применением искусственного освещения. Сорт томата Украинский тепличный 285. Окончание опыта 25 июня.

Обсуждение результатов

Во всех опытах запасное внесение МАФ (на весь период вегетации) в керамзит рассадного горшочка позволило получить такой же урожай, как и при периодическом добавлении в питательный раствор магния и фосфора в виде сернокислого магния и водной вытяжки суперфосфата (1-е варианты в опытах I и II, 2-й вариант в опыте III). В опыте I качество урожая плодов при внесении МАФ было лучше, чем в контроле, в остальных опытах существенных различий вариантов по показателям качества не отмечалось (табл. 4 и 5). Однако в вариантах с МАФ во всех опытах отношение сахаров к органическим кислотам было выше, чем в контроле.

Результаты производственного опыта в зимне-весенней теплице показали, что гидропонный способ выращивания томата (2-й и 4-й ва-

Урожайность томата и качество плодов в вегетационных опытах I и II

Вариант	Объем питательного раствора на растении, л	Масса плодов на растении, г	Содержание на сырое вещество				Абсолютное содержание на растение				С:К	Количество плодов с верхней гнилью на растении
			органических кислот, %	сахаров, %	каротина, мг%	витамина С, мг%	органических кислот (К), г	сахаров (С), г	каротина, мг	витамина С, мг		
Опыт I												
1	3	2006	0,46	2,25	0,96	18,5	9,2	45	19	373	4,9	0,5
2	3	2183	0,45	2,50	1,10	18,5	9,8	55	24	405	5,6	2,5
3	1,5	2065	0,44	2,40	1,02	18,4	9,1	50	21	380	5,5	1,0
4	1,5	2080	0,45	2,60	1,12	18,5	9,4	54	23	386	5,7	2,5
F _ф < F _т , P = 1,3%												
Опыт II												
1	2	2260	0,62	2,25	1,36	21,4	14	51	31	484	3,6	0,1
2	2	1980	0,51	2,15	1,62	20,2	10	43	32	400	4,3	1,8
3	2	2360	0,43	2,12	2,02	28,9	10	50	47	682	4,9	0,0
4	2	2200	0,48	2,22	1,85	24,6	11	49	41	541	4,7	0,0
F _ф < F _т , P = 3,3%												

рианты) позволяет получать значительно больший урожай плодов, чем выращивание на верховом торфе (1-й и 3-й варианты). Видимо, в первом случае создаются лучшие условия для роста и развития томата.

Опыт I убедительно доказывает возможность существенного (в 2 раза) снижения объема субстрата и питательного раствора на одно растение.

Как уже говорилось, при малообъемной гидропонике необходимо обеспечивать более частую подачу и корректировку питательного раствора. В таких условиях применение магний-аммоний-фосфата позволяет значительно упростить контроль за его составом. Выявлено, что для поддержания концентрации кальция в питательном растворе на уровне около 160 мг/л (0,5—доза Са в контроле с суперфосфатом), при корректировке его на содержание калия достаточно добавлять смесь KNO₃ и Са (NO₃)₂·4H₂O в соотношении 1 : 0,5. В 4-м варианте опыта III питательный раствор анализировали только на содержание калия.

Таблица 5

Урожайность томата и качество плодов в опыте III (производственные условия)

Вариант	Урожайность на 1 м ² инвентарной площади, кг	Содержание на сырое вещество				Абсолютное содержание в урожае				С:К
		органических кислот, %	сахаров, %	каротина, мг%	витамина С, мг%	органических кислот (К), г	сахаров (С), г	каротина, мг	витамина С, г	
1	7,3	0,76	2,05	1,22	36,2	56	150	89	2,6	2,6
2	10,3	0,70	2,42	1,35	32,2	72	249	139	3,3	3,5
3	7,2	0,60	2,00	1,40	34,4	43	144	101	2,5	3,3
4	10,8	0,54	2,35	1,28	35,2	58	254	138	3,8	4,4
НСР ₀₅	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—

**Вынос и коэффициент использования фосфора
в зависимости от условий питания томата в опыте I**

Вариант	Число подпитываний в сутки	Объем раствора на растение, л	Вынос P_2O_5 на растение, мг					Коэффициент использования P_2O_5 , %	Вынос P_2O_5 1 кг плодов, мг
			листья	стебли	корни	плоды	общий		
1	3	3	675	113	15	1054	1857	92,8	926
2	3	3	540	112	14	887	1553	77,6	711
3	6	1,5	592	114	17	1105	1828	91,4	885
4	6	1,5	560	102	13	1005	1680	84,0	808

Частая подача питательного раствора в условиях малообъемной гидропоники приводила к увеличению коэффициента использования фосфора из МАФ (табл. 6, 2-й и 4-й варианты), в то время как в вариантах с суперфосфатом он был одинаковым при любом числе подпитываний субстрата.

Представляет интерес и тот факт, что в производственном опыте был получен высокий урожай ранних плодов при расходовании значительно меньших количеств питательных веществ, чем требуется в соответствии с существующими практическими рекомендациями, согласно которым питательные растворы меняются не реже 1 раза в месяц. В наших опытах за весь период вегетации раствор не менялся.

В опыте I проводились наблюдения за появлением вершинной гнили у плодов томата (табл. 4). Полученные результаты свидетельствуют о том, что в вариантах с МАФ (2-й и 4-й при добавлении кальция до цветения количество плодов с вершинной гнилью было больше, чем в вариантах с простым суперфосфатом (1-й и 3-й), хотя независимо от появления вершинной гнили урожай плодов был практически одинаковым во всех вариантах. По имеющимся данным [2, 14, 19], развитию вершинной гнили способствуют высокая концентрация питательного раствора и недостаток в нем кальция, а также нарушение соотношения между поступлением воды в растение и расходом ее в процессе испарения. Японские ученые [19], изучавшие влияние на рост и развитие томатов различного соотношения нитратного и аммиачного азота в связи с кальциевым питанием, обнаружили, что при отсутствии кальция в растворе вегетативный рост не изменялся, но сильно угнетался рост плодов и усиливалось заболевание их вершинной гнилью. Поражение плодов этой болезнью усиливалось с возрастанием концентрации солей и особенно аммония в растворе. В опыте I концентрация питательного раствора во 2-м и 4-м вариантах (с МАФ) была меньше, чем в 1-м и 3-м, где источником фосфора и магния служили простой суперфосфат и сульфат-магния (табл. 7).

Таблица 7

**Динамика накопления солей в питательном растворе (г/л) за период вегетации
в зависимости от источника фосфорного и магниевого питания,
а также от объема корнеобитаемого слоя**

Вариант	Объем корнеобитаемого слоя, л/растение	Концентрация солей				Накопление за период вегетации
		расчетная	30/VI	30/VII	30/VIII	
1	6	2,30	2,60	3,25	3,75	1,5
2	6	1,22	1,45	1,60	1,80	0,6
3	3	2,30	2,75	3,40	4,00	1,7
4	3	1,22	1,50	1,75	1,95	0,7

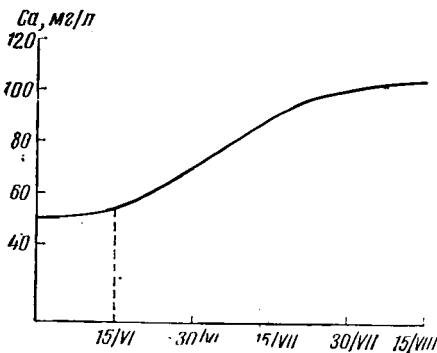
Таблица 8

Расход водопроводной воды за период вегетации в опыте I (л на растение)

Вариант	Число месяца								Общее количество Са, введенного с Н ₂ O	
	30/V — 15/VI начало цветения	15/—30/VI цветение начало плодоношения		30/VI — 15/VII плодоношение		15—30/VII плодоношение		30/VII — 15/VIII		15—25/VIII
	за период	за период	итого	за период	итого	за период	итого	за период		итого
1	5	8	13	11	24	33	57	24	84	4100
2	5	5	10	10	20	34	54	22	78	3900
3	4	5	9	11	20	32	52	21	75	3750
4	4	4	8	14	22	28	50	21	73	3651

В исследованиях, проведенных на кафедре агрономической и биологической химии ТСХА, было показано [9], что при равномерном распределении МАФ в большом объеме керамзита (6 л на растение) потребность томата в кальции удовлетворяется за счет водопроводной воды, содержащей 50 мг кальция на 1 л. Более того, со временем происходит накопление этого элемента в питательном растворе, что объясняется высоким расходом воды в условиях гидропоники. Однако при внесении полной дозы МАФ в рассадный горшочек (5—7 г) добавление кальция в питательный раствор с солями становится необходимым, поскольку в небольшом объеме керамзита (0,3—0,4 л) сосредоточивается значительное количество магния, что при недостатке кальция отрицательно сказывается на росте и развитии растений. К тому же процесс накопления кальция обычно приурочен к более позднему периоду (после цветения растений).

Динамика накопления кальция в питательном растворе за период вегетации (опыт II, 2-й вариант).



Из табл. 8 видно, что расход воды резко увеличивается с периода массового формирования плодов (15 июля).

Анализы питательного раствора показывают, что заметное накопление кальция происходит лишь после цветения растений (рисунок).

Таблица 9

Содержание и вынос кальция в зависимости от условий питания в опыте II

Вариант	Содержание Са, % на сухую массу				Вынос Са на растение, мг					Внесено* Са на растение, мг
	листья	стебли	корни	плоды	листья	стебли	корни	плоды	общий	
1	4,00	1,18	0,93	0,12	1520	295	35	148	1998	6800
2	3,73	1,00	0,91	0,06	1194	200	26	70	1490	3900
3	3,84	1,02	1,25	0,09	1229	224	35	115	1603	6150
4	3,66	1,15	0,88	0,08	1098	278	26	94	1456	4850

* Сумма кальция водопроводной воды и удобрений.

Поэтому при локальном внесении МАФ в первый период вегетации необходимо добавлять кальций. Во 2-м варианте опыта II при локальном внесении МАФ без добавления кальция (его вносили только в рассадный период) наблюдались снижение урожая и появление вершинной гнили плодов. В 4-м варианте того же опыта при дополнительном внесении кальция до начала образования плодов на 3-й кисти полностью устранялось появление этого заболевания.

В опыте II относительное содержание кальция в вегетативных органах томата из вариантов 2, 3 и 4 было сходным и не коррелировало с уровнем кальциевого питания (табл. 9). Плоды в контрольном варианте характеризовались более высоким содержанием кальция (0,12%), чем во 2-м варианте (0,06%). Добавление в питательный раствор кальциевых солей при локальном внесении МАФ повышало содержание и вынос кальция с урожаем плодов.

Т а б л и ц а 10

Динамика поступления урожая плодов нарастающим итогом (кг на 1 м² инвентарной площади) в опыте III

Вариант	Общая урожайность	Дата первого сбора	Апрель		Май		Июнь		После дозирования
			стандарт	нестандарт	стандарт	нестандарт	стандарт	нестандарт	
1	7,3	25/IV	0,1	0,2	3,1	0,5	5,3	0,7	1,3
2	10,3	22/IV	0,9	—	3,7	0,1	6,8	0,2	3,3
3	7,2	25/IV	0,2	0,3	3,3	0,5	5,4	0,7	1,2
4	10,8	18/IV	1,2	—	4,5	0,1	7,6	0,2	3,0

В производственном опыте применение МАФ обеспечило более интенсивное поступление урожая плодов в первые периоды уборки (табл. 10).

Выводы

1. Снижение объема субстрата и питательного раствора при его более частой подаче приводит к возрастанию коэффициента использования фосфора из магний-аммоний-фосфата.

2. При локальном внесении МАФ для предупреждения образования вершинной гнили плодов томата возникает необходимость добавления в питательный раствор солей кальция до периода цветения — начало образования плодов на 3-й кисти.

3. Магний-аммоний-фосфат способствует более раннему созреванию плодов и интенсивному их поступлению в первый период уборки урожая.

4. Качество плодов томата при использовании магний-аммоний-фосфата было не ниже, чем при внесении простого суперфосфата и сернокислого магния как источников фосфора и магния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арефьева А., Фролов В. Новый тип оборудования для гидропонных теплиц. «Картофель и овощи», 1970, № 9, с. 28—30. — 2. Алиев Э. А. Выращивание овощей в теплицах без почвы. Киев, «Урожай», 1971. — 3. Горский Г., Орешин М., Лихачев Ю.

Эффективность строительства гидропонных теплиц. «Картофель и овощи», 1972, № 9, с. 32—34. — 4. Давтян Г. С., Кейджян К. Т. Улучшение узла питания гидропонников. Матер. Науч.-техн. совета. Вып. 23, Инженер. пробл. гидропоники, ВИСХОМ, М., 1967, с. 20—

24. — 5. Ермаков Е. И., Штрейс Р. И. Выращивание овощей без почвы. Лениздат, 1968. — 6. Ермаков Е., Медведева И. Перспективы применения пластмассово-минеральных сред. «Картофель и овощи», 1972, № 9, с. 26—28. — 7. Кулюкин А. Н., Макаренко Л. Н. О локальном внесении магний-аммоний-фосфата при выращивании томатов в условиях гидропоники. «Агрохимия», 1975, № 3, с. 112—119. — 8. Крылов Д. Д. Выращивание овощей в гидропонных теплицах. Киев, «Урожай», 1977. — 9. Макаренко Л. Н., Петербургский А. В., Кулюкин А. Н. К вопросу о применении магний-аммоний-фосфата при выращивании томатов гидропонным способом. «Докл. ТСХА», 1972, вып. 183, с. 175—178. — 10. Петербургский А. В., Кулюкин А. Н., Макаренко Л. Н. О применении магний-аммоний-фосфата при выращивании овощных культур в гидропонике. «Изв.

ТСХА», 1972, вып. 3, с. 77—85. — 11. Петербургский А. В., Кулюкин А. Н., Макаренко Л. Н. Магний-аммоний-фосфат в гидропонике закрытого грунта. «Агрохимия», 1973, № 11, с. 95—103. — 12. Чесноков В. А., Тищенко Н. Н. О новых принципах выращивания растений без почвы. «Гидропоника в сельск. хоз-ве», М., «Колос», 1965. — 13. А. Соорег. "Hortic. Industry", 1976, febr., p. 26—27. — 14. В. Гоор. "Communic in Soil Sci. Plant Analysis", 1974, vol. 5, N 1, p. 13—24. — 15. T. Gormley. "Irish. J. Agr. Res.", 1972, vol. 11, N 1, p. 101—115. — 16. K. Lauder. "Grower", 1976, vol. 85, N 4, p. 167, 170, 171. — 17. P. Schippers. "Grower", 1977, vol. 25, N 5, p. 19, 20, 66. — 18. L. Salmela. "Electr. on Farm.", 1972, vol. 45, N 10, p. 26—27. — 19. S. Tachibana. "Bull. Fac. Agr. Mic. Univ. Tsu.", Japan, 1976, N 51. — 20. G. Wilson. "Hortic. Industry", 1976, febr., p. 28—29.

Статья поступила 3 апреля 1978 г.

SUMMARY

The possibility of using magnesium-ammonium-phosphate as a means which essentially simplifies the preparation and correction of a nutrient solution in low-capacity hydroponics was studied. Variations in the amount of nutrient solution and substrate per plant (1.5—3 and 3—6 l respectively) did not effect the yielding capacity of tomato. When magnesium-ammonium-phosphate is applied in small volume (seedling pot of 0.3—0.4 l) in one step at the rate (5—7 g) providing plants with phosphorus and magnesium for the whole growing period and with nitrogen — up to blooming, it becomes necessary to add some more calcium to that of tap water. In the farm trial when magnesium-ammonium-phosphate and superphosphate had been applied, 10.8 and 10.3 kg respectively of tomato fruit were obtained by June 25 from 1 m² of the inventory area, in the same versions on peat substrate the yield was much lower — 7.2 and 7.3 kg per 1 m².