

УДК 631.82:631.544.4

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УДОБРЕНИЙ С ПОНИЖЕННОЙ РАСТВОРИМОСТЬЮ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОВОЩЕЙ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

А. Н. КУЛЮКИН, К. А. ДЗИКОВИЧ, А. П. ЧЕРНЫШОВ, В. В. ПИВОВАРОВ

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Установлено, что суперфос разных марок по сравнению с двойным суперфосфатом оказывает равноценное действие на урожай огурца и томата. Последние при выращивании в теплицах по усвоению фосфора из этих удобрений не различались. Метасиликат калия является высокоэффективным калийным удобрением. Его можно вносить в запас (одноразово), при этом содержание водорастворимых солей в торфе поддерживается на умеренном уровне в течение всего периода вегетации. Запасное применение высокой дозы нового сложного РКМг-удобрения в виде порошка оказывало по сравнению с эквивалентным внесением соответствующих растворимых солей одинаковое влияние на урожай плодов огурца.

Успешное выращивание овощей в теплицах невозможно без внесения высоких доз минеральных удобрений. В защищенном грунте используются в основном водорастворимые удобрения (простые и сложные), большая часть которых применяется в виде корневых подкормок в течение всего периода выращивания овощных культур. Корневые подкормки, как и внесение удобрений в почвогрунт до высадки рассады, проводятся в строгом соответствии с данными ежемесячного агрохимического анализа почвогрунта.

Применение водорастворимых удобрений в тепличном овощеводстве связано с вымыванием и просачиванием в грунтовые воды значительных количеств питательных веществ (в первую очередь азота и калия), что вызывает загрязнение окружающей среды [3, 16]. Избежать потерь питательных веществ в результате вымывания можно путем широкого использования простых и сложных удобрений с пониженной растворимостью [8, 16]. К их числу относятся слаборастворимые в воде, но доступные растениям соединения и капсулированные легкорастворимые минеральные удобрения [8—13, 16, 17]; все они обладают длительным сроком действия. При одноразовом внесении высоких доз таких удобрений в субстрат полностью обеспечивается потребность овощных культур в азоте, фосфоре, калии, кальции,

магнии, сере и микроэлементах. Кроме того, отпадает необходимость ежемесячного проведения агрохимического анализа почвогрунта и корневых подкормок в виде растворов удобрений.

Удобрения с пониженной растворимостью представляют большой интерес и для выращивания овощных культур на малообъемных субстратах [3]. В этом случае не загрязняется окружающая среда и существенно снижается расход грунта, минеральных удобрений и воды [1, 2, 4—6, 16].

Нами изучалось влияние различных по растворимости фосфорных, калийных и фосфорно-калийно-магниевых удобрений на урожай плодов томата и огурца, вынос основных питательных веществ (с урожаем) и коэффициенты их использования. При этом особое внимание уделялось исследованию сложных удобрений, полученных на основе комплексной переработки сыннырита [14, 15].

Методика

Опыты проводили в 1984—1986 гг. в теплицах колхозов «Ленинский луч» и «Заветы Ильича» Красногорского района Московской области, а также в вегетационном домике кафедры агрохимии Тимирязевской академии. Данные о химическом составе удобрений представлены в табл. 1.

Суперфос был получен из разных фосфоритов, содержание общего, усвояемого и водорастворимого P_2O_5 в нем заметно различалось (табл. 1). Сложное РКМг-удобрение — это ре-

зультат комплексной переработки сыннырита путем спекания поташных растворов с магниесодержащим фосфатным сырьем. Питательные вещества этого сложного удобрения практически полностью растворимы в 2% лимонной кислоте.

В опытах в качестве калийного удобрения использовали также тонкоизмельченный сыннырит, состоящий в основном из субмикроскопических сростаний калиевого полевого шпата (63%) и калисиликата (34%). В не-

Т а б л и ц а 1
Химический состав удобрений с пониженной растворимостью
(содержание P_2O_5 , K_2O и Mg, %)

Удобрение	P_2O_5			K_2O		Mg усвояемый
	общий	усвое- мый	водораств- воримый	общий	кислот- но-раств- воримый	
Суперфос, полученный из фосфорита:						
чилсайского	40,9	28,5	27,8	—	—	—
кингиселпского (Уваровский завод)*	37,5	23,3	19,1	—	—	—
егорьевского	37,8	28,5	16,7	—	—	—
кингиселпского (опытная партия ЛенНИИгипрохим)	37,7	24,0	15,3	—	—	—
Смесь суперфоса и катализированного красного фосфора	40,4	15,7	15,1	—	—	—
РКМг-удобрение	11,4	11,0	—	34,1	34,1	10,0
Сыннырит (тонкоизмельченный)	—	—	—	16,0	6,0	—

* Для получения суперфоса на Уваровском заводе расходуется примерно в 2 раза больше фосфорной кислоты, чем на опытном заводе ЛенНИИгипрохим.

больших количествах в сынныритах присутствуют нефелин, апатит, биотит. Сыннырит имеет слабощелочную реакцию. Его нейтрализующая способность по отношению к CaCO_3 составляет 4—7 %.

В опытах использовали аммиачную селитру (34,5 %), двойной суперфосфат (42,5 % P_2O_5) и сернокислый калий (50 % K_2O).

Опыт 1 проводили в пленочной теплице колхоза «Ленинский луч» в 1984 г. Рассадку огурца (гибрид ТСХА 28) высаживали из полиэтиленовой пленки в наполненные переходным торфом кюветы ($0,15 \times 0,25 \times 1,0$ м) объемом 40 л. В каждую кювету высаживали 3 растения. Повторность опыта 4-кратная. Фосфор в полной дозе (3 г P_2O_5 на 1 растение) вносили перед высадкой рассады в кюветы с произвесткованным торфом, азот и калий — при наполнении кювет торфом из расчета 2 г N и 2,5 г K_2O на 1 растение и при корневых подкормках в период вегетации (14 июня, 2 и 28 июля) — соответственно 6 и 7,5 г на каждое растение. В 9-м варианте всю дозу K_2O вносили в торф (перед высадкой рассады) в виде тонкоизмельченного сыннырита.

Рассадку огурца (сорт Московский тепличный) высаживали на постоянное место 21 мая 1984 г. Растения в период вегетации дважды опрыскивали раствором микроэлементов (через 5 и 20 дней после высадки рассады).

Дозы N, P_2O_5 и K_2O рассчитывали с учетом общего содержания питательных веществ в удобрении. Агрохимические показатели используемого в опыте переходного торфа до известкования были следующие (в мг/л): $\text{N}(\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-)$ —18, P_2O_5 —3, K_2O —12, содержание органического вещества — 87 %. $\text{pH}_{\text{с.о.л}}$ —3,9, после известкования (3 кг $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ на 1 м³ торфа) значение pH возросло до 6,3.

Опыт 2. В этом вегетационном опыте изучали влияние разных форм фосфорных ($\text{P}_{\text{с.д}}$ и суперфос из егорьевского фосфорита) и калийных (калийная селитра и жидкий метасиликат калия) удобрений на урожайность томата. На 1 растение за период вегетации внесено: N—6 г, P_2O_5 —3, K_2O —10, Mg—1 г. Все

варианты опыта были выравнены по количеству питательных веществ. Фосфорные удобрения и метасиликат калия вносили в полной дозе перед высадкой рассады, азот и калий соответственно в виде KNO_3 и NH_4NO_3 — перед высадкой рассады и в период вегетации (провели 4 корневые подкормки). Магний во всех вариантах применяли в виде $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ перед посадкой рассады и при проведении корневых подкормок.

Рассадку томата (гибрид Карлсон) высаживали 17 мая 1985 г. в кюветы из полиэтиленовой пленки, которые вмещали 3 л произвесткованного торфа; подвижные питательные вещества в торфе отсутствовали.

Перед известкованием торфа значение $\text{pH}_{\text{с.о.л}}$ составляло 3,0, а через месяц после известкования — 6,8. Через 2 нед после высадки рассады проводили внекорневую подкормку растений микроэлементами. Перед корневой подкормкой растений азотом и калием в каждом варианте опыта отбирали образцы торфа для определения содержания водорастворимых солей и $\text{pH}_{\text{с.о.л}}$. Повторность опыта 6-кратная.

Опыт 3. Изучалось действие нового сложного удобрения РКМg на урожайность огурца (гибрид ТСХА 28). Рассадку высаживали 24 июня 1986 г. в наполненные переходным торфом кюветы размером $140 \times 17 \times 20$ см; объем кювет — 40 л торфа. Последний сбор урожая проводили 4 сентября 1986 г. На 1 растение расходовали 10 л торфа. Повторность опыта 4-кратная. В кювету, служившую повторностью опыта, высаживали по 4 растения. Торф предварительно известковали из расчета 3 кг CaCO_3 на 1 м³. Агрохимические показатели торфа были близки таковым в опытах 1 и 3. Во всех вариантах опыта на 1 растение за период вегетации вносили: N—8 г, P_2O_5 —4, K_2O —15, Mg—3,5 г. С новым слаборастворимым сложным удобрением РКМg на 1 растение перед высадкой рассады внесено: P_2O_5 —4 г, K_2O —11,9, Mg—3,5 г (2, 3 и 4-й варианты). Недостояющее в последних трех вариантах количество калия восполнялось путем проведения поздней корневой подкормки растений калийной селитрой. Азот во всех вариантах применяли дробно: до высадки рас-

сады — 2 г на 1 растение и в виде корневых подкормок (4 подкормки). В 1-м варианте всю дозу P_2O_5 вносили с двойным суперфосфатом до высадки рассады, а N , K_2O , Mg —

дробно (перед высадкой рассады и с корневыми подкормками в период вегетации).

Все варианты опыта были выравнены по количеству внесенных N , P_2O_5 , K_2O , Mg , Ca и микроэлементов.

Результаты

Данные о поступлении урожая плодов огурца по месяцам представлены в табл. 2. Фосфорсодержащие удобрения оказывали практически одинаковое влияние на урожайность огурца. Примечательно, что суперфос с 25 % уровнем разложения (6-й вариант) и суперфос, полученный при более значительном расходе H_3PO_4 (4-й вариант), по своему действию на урожай были равноценными. Возникает вопрос, почему суперфос с меньшим содержанием водорастворимого фосфора так же влияет на урожайность огурца, как и суперфос, содержащий более высокое количество водорастворимого P_2O_5 . По-видимому, это обусловлено более интенсивным поглощением в период плодообразования CaO , чем P_2O_5 . Ф. В. Чириков еще в 1958 г. отмечал, что если соотношение $CaO : P_2O_5$ в растениях больше 1,3, то они хорошо усваивают фосфор из фосфорита. Соотношение $CaO : P_2O_5$ в огурцах по мере их роста увеличивается (через месяц после высадки рассады) и к концу вегетации достигает 3,0. Следовательно, данная культура способствует более интенсивному переходу фосфора из неразложившейся части фосфорита в почвенный раствор при выращивании огурца в условиях защищенного грунта.

Эффективным удобрением является тонкоизмельченный сыннырит, он может служить хорошим источником калия для овощных культур. Одноразовое внесение в виде сыннырита всей дозы калия в субстрат позволяет полностью обеспечить потребность огурца в этом элементе (9-й вариант).

По данным табл. 3 можно судить о хорошей доступности растениям калия сыннырита и фосфора суперфоса, полученно-

Таблица 2

Динамика поступления урожая плодов огурца (кг/м²) (нарастающим итогом) при внесении разных форм удобрений (опыт 1)

Вариант опыта	Июнь	Июль	Август
1-й — фон (NK)	1,3	5,9	9,8
2-й — фон + P с. д.	2,1	8,0	13,2
3-й — фон + суперфос из чилийского фосфорита	1,7	7,6	12,8
4-й — фон + суперфос из кингисеппского фосфорита Уваровского завода	2,1	7,4	12,2
5-й — фон + суперфос из егорьевского фосфорита	1,6	9,2	13,4
6-й — фон + суперфос из кингисеппского фосфорита (ЛенНИИгипрохим)	2,2	8,2	13,2
7-й — фон + гранулированная смесь суперфоса и катализированного красного фосфора	1,9	8,4	13,8
8-й — фон + красный фосфор с катализатором	1,8	8,5	13,9
9-й — N + P с. д + сыннырит НСР ₀₆	2,0	9,6	15,6 1,26

Т а б л и ц а 3

Вынос N, P₂O₅ и K₂O с урожаем огурца (г/м²) при внесении разных форм удобрений (опыт 1)

Вариант опыта	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Вариант опыта	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	23,2	5,3	58,1	6	28,4	6,2	65,0
2	28,1	6,3	65,0	7	26,9	6,0	64,6
3	27,5	6,0	64,5	8	26,7	6,0	65,0
4	28,2	6,2	65,6	9	28,0	6,2	65,4
5	28,1	6,2	64,0				

го при разложении различных фосфоритов фосфорной кислотой. Примечательным является тот факт, что по выносу фосфора урожаем огурца вариант с катализированным красным фосфором

Т а б л и ц а 4

Структура урожая огурца при внесении разных форм удобрений (опыт 1)

Вариант опыта	Сухое вещество, г/м ²			Отношение массы сухих плодов к общей массе, %	Содержание сухого вещества в плодах, %
	Вегетативная масса	Плоды	Общая масса		
1	616	290	906	32	3,0
2	774	431	1105	39	3,2
3	589	409	998	41	3,2
4	515	439	954	46	3,6
5	597	469	1066	44	3,5
6	535	475	1010	47	3,6
7	523	483	1006	48	3,5
8	509	417	1226	34	3,0
9	569	546	1114	49	3,5

(7-й) не отличался от вариантов с другими формами фосфорных удобрений. Следовательно, в произвесткованном переходном торфе создаются оптимальные условия для окисления элементарного красного фосфора в присутствии катализатора.

Т а б л и ц а 5

Урожай плодов томата при внесении разных форм удобрений

Вариант опыта	Урожай, г/растение	Повышение урожая по сравнению с контролем, %
1-й (контроль) — NK (KNO ₃) + P _{с.д.} + Mg	1728	100,0
2-й — NK (KNO ₃) + суперфос + Mg	1883	108,9
3-й — NK (метасиликат) + P _{с.д.} + Mg	1831	106,0
4-й — NK (метасиликат) + суперфос + Mg	2092	114,0
НСР ₀₅	357	

Все изучаемые удобрения оказывали положительное влияние на структуру урожая огурца и содержания в плодах сухого вещества (табл. 4).

Данные об урожае плодов томата приведены в табл. 5. Суперфос по своему действию на урожай не уступал двойному суперфосфату. Метасиликат калия и KNO₃ оказывали практически одинаковое действие на урожайность томата. Внесение с метасиликатом всей дозы

Вынос с урожаем N, P₂O₅ и K₂O и коэффициенты их использования при внесении разных форм удобрений (опыт 2)

Вариант опыта	Вынос, г/растение			Коэффициент использования, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	3,00	0,85	8,56	50,0	28,3	85,6
2	2,60	1,00	8,80	45,5	33,0	88,0
3	2,98	0,99	8,97	49,6	33,0	89,7
4	3,17	0,97	8,27	52,8	32,3	82,7

калия перед высадкой рассады не приводило к снижению урожая. По-видимому, концентрированный метасиликат калия (одноразовое внесение в почвогрунт) можно с успехом применять в теплицах.

Анализируя данные табл. 6, можно с полным основанием утверждать, что фосфор частично разложившегося фосфорита использовался так же хорошо, как и фосфор двойного суперфосфата.

Результаты определения электропроводности водной вытяжки приведены в табл. 7. Данные этой таблицы свидетельствуют о низком и умеренном содержании водорастворимых солей в торфе всех вариантов опыта. При одноразовом внесении метасиликата калия в торфяной субстрат (10 г K₂O на 1 растение) концентрация в нем водорастворимых солей была умеренной на протяжении всего периода вегетации.

Метасиликат калия вызывал существенное подщелачивание произвесткованного торфа, особенно в 1-й месяц после высадки рассады (табл. 8).

Результаты учета урожая плодов огурца в опыте 3 приведены в табл. 9.

Изучаемый образец РКMg-удобрения в порошковидной форме (2-й вариант) по своему действию на урожай плодов огурца не уступал двойному суперфосфату, калийной селитре и

Таблица 7

Электропроводность водной вытяжки (см⁻¹) при внесении разных форм удобрений

Вариант опыта	10/VI — 86 г.	28/VI — 85 г.	4/VII — 85 г.	19/VII — 85 г.
1	1,21	0,65	0,60	0,65
2	0,91	0,50	0,50	0,58
3	0,71	0,80	0,58	0,80
4	0,64	0,80	0,58	0,75

Таблица 8
Значение pH_{сод} торфяного субстрата при внесении разных форм удобрений (опыт 2)

Вариант опыта	10/VI — 86 г.	21/VI — 85 г.	4/VII — 85 г.	19/VII — 85 г.
1	7,2	6,8	7,4	6,9
2	7,2	6,8	7,2	7,1
3	8,0	7,7	7,5	7,2
4	8,0	7,6	7,5	7,2

Урожай плодов огурца при внесении сложного РКМg-удобрения (опыт 3)

Вариант опыта	Масса плодов огурца, кг с 4 растений (по повторностям)			
	I	II	III	IV
1-й — N + P _{с.д.} + K(KNO ₃) ÷ Mg	9,40	8,44	9,62	8,93
2-й — N + РКМg (порошок)	9,52	9,04	10,15	8,97
3-й — N + РКМg (0,2—1,0 мм)	10,70	9,38	10,72	9,45
4-й — N + РКМg (1—2 мм) НСР ₀₅	8,11	7,58	7,84	8,30

сульфату магния (1-й вариант). При использовании крупки размером 0,2—1,0 мм урожай был достоверно выше, чем при внесении водорастворимых солей.

Таблица 10

Вынос N, P₂O₅ и K₂O урожаем огурца (4 растениями, г) при внесении сложного РКМg-удобрения (опыт 3)

Вариант опыта	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	28,01	10,43	38,72
2	29,16	10,87	39,59
3	31,91	10,50	44,04
4	24,76	9,04	33,68

и 3-й варианты) положительно влияло на вынос N, P₂O₅ и K₂O урожаем (табл. 10). Вынос питательных веществ значительно снижался при увеличении частиц РКМg-удобрения до 1—2 мм (4-й вариант).

Выводы

1. Разные марки суперфоса, полученного путем неполного разложения фосфоритов фосфорной кислотой (расход H₃PO₄ — 25 и 60 % от уровня использования фосфорной кислоты при получении двойного суперфосфата), оказывали на урожай плодов огурца и томата при их выращивании в теплицах такое же действие, как и двойной суперфосфат.

2. Томаты и огурцы в теплицах усваивали фосфор из суперфоса (с 25 и 60 % уровнем разложения фосфорита) и двойного суперфосфата практически в одинаковом количестве. Хорошая доступность фосфора из суперфоса с 25 % уровнем разложения объясняется тем, что соотношение CaO : P₂O₅ в растениях огурца и томата составляет в период плодообразования примерно 3,0.

3. Метасиликат калия является высокоэффективным калийным удобрением. Это удобрение можно вносить в запас, при

этом полностью обеспечивается потребность томата в калии в течение всего периода вегетации.

4. При запасном внесении метасиликата калия в торфяной субстрат (10 г K_2O на 1 растение или 7,4 г соли на 1 л субстрата) содержание водорастворимых солей в торфе поддерживалось на умеренном уровне в течение всего периода вегетации.

5. Действие запасного (одноразового) внесения высокой дозы сложного РКМg-удобрения в виде порошка и эквивалентного внесения (до высадки рассады и с корневыми подкормками) соответствующих растворимых солей на урожай плодов огурца было одинаковым. Внесение РКМg-удобрения в виде крупки 0,2—1,0 мм оказалось более эффективным, чем эквивалентной смеси стандартных удобрений. Увеличение размера частиц до 1—2 мм привело к существенному снижению урожая огурца, выноса и коэффициента использования питательных веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Апостол П. А., Санд Валид Али. Сравнительное изучение способов выращивания тепличного томата в малообъемной культуре. — Картофель, овощные и бахчевые культуры, 1987, № 3, с. 12—16. — 2. Братухин М. Н., Вендило Г. Г. Минеральное питание огурца в закрытом грунте. — Картофель и овощи, 1984, № 1, с. 24—31. — 3. Буйволова В. М., Гребнева Г. И. Агрохимическая оценка суперфоса при систематическом внесении под зерновые культуры. — Приемы повышения урожайности зерновых культур. Пермь, 1985, с. 84—88. — 4. Гукова М. М., Борисов М. В., Апостол П. А. Томат на малообъемной культуре. — Картофель и овощи, 1984, № 1, с. 36—40. — 5. Гордецкая С. П., Кохан Е. Г., Пилипчук В. Г. Влияние медленнодействующих и водорастворимых удобрений на превращение азота в почве и потери его от вымывания. — Агрохимия, 1983, № 8, с. 19—24. — 6. Дзикович К. А., Константинова В. И., Паукер В. И. и др. К вопросу об использовании сыннырита в качестве бесхлорного калийного удобрения. — Агрохимия, 1987, № 4, с. 33—37. — 7. Дубинин В. Г. Физико-химические исследования суперфоса. — Деп. рукопись. ВИНИТИ, 1982, № 018140875, с. 61—65. — 8. Исаева Л. И. Использование медленнодействующих удобрений при выращивании овощей под пленкой. — Сельск. хоз-во за рубежом, 1977, № 9, с. 17—20. — 9. Кореньков Д. А., Капцынелъ Ю. И., Сургучева М. П. Результаты исследований новых видов и форм минеральных удобрений в странах-членах СЭВ. — Междунар. с.-х. журнал, 1984, № 2, с. 44—48. — 10. Кузлякина В. М. Выращивание овощей в защищенном грунте в пленочных контейнерах. — Земледелие и растениеводство, 1979, № 6, с. 18—24. — 11. Кулюкин А. Н., Литвинов Б. В. Выращивание огурца и томата на малообъемном торфяном субстрате при использовании медленнодействующих источников питательных элементов. — Изв. ТСХА, 1984, вып. 3, с. 125—133. — 12. Лёбл Д. О. Овощи на малообъемных торфяных субстратах. — Картофель и овощи, 1982, № 11, с. 23—25. — 13. Санд Валид Али. Программирование минерального питания томата в условиях малообъемной гидропонии. — Автореф. канд. дис. М., 1987. — 14. Янишевский Ф. В., Дзикович К. А., Константинова В. И. и др. Агрохимическая оценка комплексных бесхлорных удобрений, полученных на основе продуктов переработки сынныритов. — Агрохимия, 1986, № 9, с. 53—59. — 15. Японский патент № 49—17826. 1974. — 16. Hädel R. — BASF — Mitteilungen für den Landbau Agricultural Bulletin, 1986, N 4, S. 15. — 17. Hall J., Wakev D. — Agron J., 1967, vol. 59, p. 128—136.

Статья поступила 6 октября 1989 г.