

УСЛОВИЯ ПРАВИЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

Чтобы обеспечить получение высоких урожаев, нужны условия для правильного питания культур: оптимальная температура субстрата, его кислотность и концентрация почвенного раствора. Необходимо правильно сочетать корневое, внекорневое питание и применение средств защиты растений.

Питание, в зависимости от температуры усвоения растениями основных элементов, происходит по-разному. При температуре почвы ниже 12°C (сравнительно с температурой 20°C) усвоение растениями фосфора уменьшается на 50%, азота – на 25%. Особенно нежелательно понижение температуры в период формирования корневой системы огурца и томата, когда велика потребность растений в фосфоре. Известно, что при низкой температуре почвы (10–12°C) функционирование корневой системы очень понижается и элементы питания в растения не поступают. В таких экстремальных условиях возрастает роль внекорневой подкормки.

Относительная влажность воздуха отражается на поступлении малоподвижных элементов, например, кальция и бора. Повышение относительной влажности воздуха в ночное время улучшает их поступление. Днем наоборот, нужно обеспечить оптимальную транспирацию и при необходимости ее усилить.

Высокая концентрация солей нарушает соотношение между эле-

ментами питания, отрицательно влияет на растения, увеличение осмотического давления почвенного раствора, которое препятствует поглощению воды и может вызывать явление физиологической засухи.

Кислотность раствора является основным фактором, который влияет на усвоение питательных веществ растениями. Оптимальным для основных тепличных культур является уровень pH 6,0–6,5. Томат лучше реагирует на слабокислую реакцию почвы, а огурец – близкую к нейтральной.

Первые 10–15 дней после появления всходов растения огурца медленно используют азот и фосфор, на протяжении первых 30 дней – калий. Дальше при быстром росте вегетативных органов и в период завязывания плодов они интенсивнее поглощают элементы питания. К началу цветения поступает не больше 10% питательных веществ от общей их потребности. Основная же масса элементов питания используется в период плодоношения.

У растений томата наблюдается другое соотношение питательных

веществ. Так, в период роста рассады постепенно увеличивается потребность в калии и фосфоре. После высадки рассады в грунт, в период нарастания листовой массы, усиливается поглощение азота. В начале завязывания плодов содержание азота в растениях преобладает над калием. При интенсивном нарастании плодов снова возрастает роль калия, и соотношение между ним и азотом в дальнейшем стабилизируется.

Опыт тепличного овощеводства свидетельствует, что регулированием минерального питания можно продлить или сократить сроки старения растений. Внесение азота задерживает физиологическое старение растений огурца, а внесение фосфора в конце вегетации ускоряет старение и сокращает период плодоношения. Это объясняется тем, что азотные удобрения увеличивают гидрофильность коллоидов, которые обуславливают молодость растений, тогда как фосфор понижает их обводнение.

Усиление подкормки калийными удобрениями в период недостаточного освещения в теплицах и одно-

Таблица 1. Характеристика поливной воды для тепличных культур

Качество воды	Растворимые соли, мг/л	Электропроводность, мС/см
Очень хорошее	105	0,16
Хорошее	105–320	0,16–0,50
Удовлетворительное	320–950	0,50–1,5
Неудовлетворительное	950–1 700	1,5–2,6
Плохое	>1 700	>2,6

временно уменьшение азотных, улучшает рост и плодоношение овощных культур. Дополнительная внекорневая подкормка калийными удобрениями совместно с комплексом микроэлементов особенно эффективна при повреждении овощных растений в результате технологических операций (уход за растениями). Она усиливает их устойчивость к заболеваниям и вредителям.

Качество воды

Качество воды является важным фактором, который влияет на возможность и целесообразность успешного выращивания тепличной продукции по интенсивным техноло-

гиям. Типичная овощная теплица требует 8 000 м³/га воды в год. Химический состав поливной воды определяет ее качество и возможность применения в закрытом грунте.

При гидропонных технологиях качество воды имеет первостепенное значение. К наиболее важным показателям относятся:

- общая концентрация солей;
- содержание натрия, хлора, бора и других элементов, усваиваемых растением в малой степени, при накоплении в растворе действующих токсично;
- содержание бикарбонатов, их соотношение и суммарная концен-

трация кальция и магния.

Наиболее важным аспектом качества воды является ее растворимое содержание. Оно измеряется электропроводностью. Чем больше солей растворено в воде, тем легче они проводят электричество. Таким образом, высокая концентрация указывает на низкое качество воды (табл. 1).

Вода, пригодная для гидропоники, должна содержать не более 30 мг/л натрия, более высокая концентрация требует предварительной очистки. Содержание ионов хлора не должно превышать 50 мг/л, накопление этого элемента в питательной среде сопровождается повреждением корневой системы растений. Сульфат ионы необходимы для растений, но высокая их концентрация ($S > 2$ ммоль/л) нежелательна, так как при этом ускоряется усвоение натрия, но ослабевает усвоение кальция. Содержание микроэлементов не должно превышать: для железа 1 мг/л, бора 0,3 мг/л, марганца и цинка 0,5 мг/л, аммонийных ионов 10 мг/л. Содержание кальция должно быть меньше 150 мг/л, магния меньше 25 мг/л, а нитратные ионы, фосфор и калий не нормируются.

В связи с изменением качества воды в течение сезона важно контролировать ее состав для предупреждения вредной концентрации некоторых ионов. Наиболее важные ионы (кальций, магний, сульфаты, а иногда калий и нитраты) учитываются при расчете необходимых элементов питания. При высоком содержании некоторых микроэлементов (марганец, бор, медь, цинк) вода становится непригодной для полива. Воду с содержанием железа выше нормы (1 мг/л) необходимо очистить от его избытка.

Большая часть воды для орошения содержит бикарбонаты (HCO₃⁻). Прореагировав с бикарбонатами, кальций и магний прямо недоступны для растений. Кроме того, содержание бикарбонатов является важнейшим фактором влияния на pH. По своей природе вода имеет высокое содержание бикарбонатов, и pH корнеобитаемой зоны может стать очень высоким. В таком случае ухудшается потребление корнями растений железа, цинка, бора и меди. Концентрация

Таблица 2. Состав удобрения в зависимости от фазы роста растений, мг/л

Фаза роста	N	P	K	Mg	Ca
Рассада	160–170	40–60	180–220	20–30	160–190
Высадка	170–190	45–55	230–250	30–40	170–190
Интенсивный рост, вегетация	190–220	40–45	250–290	30–40	170–180
Период уборки	200–240	40	280–330	35–45	160–170
Подкормка на следующий год	до 260	40	до 350	35–45	160–170

Таблица 3. Из чего должен состоять раствор

Состав удобрения	Содержимое в воде, мг/л	Сколько нужно внести г/1000 л воды
N – 240	0	176
P – 40	0	40
K – 310	3	307
Ca – 160	75	85
Mg – 35	15	20
HCO ₃ – 45	330	0

Для данного расчета при внесении 369 мл 56%-й азотной кислоты в раствор поступает 64 г азота

Таблица 4. Справочная таблица внесения необходимого количества кислоты в зависимости от содержания карбонатов в воде

Содержание карбонатов HCO ₃ ⁻		56%-я азотная кислота, мл/1000 л	Дополнительное внесение азота N-Ноз, мг/л	85%-я ортофосфорная кислота, мл/1000 л	Дополнительное внесение фосфора Р, мг/л
мг/л	мм/л				
50	0,82	0	0	0	0
100	1,64	66	11	54	25
120	1,97	92	16	76	36
140	2,30	119	21	97	46
160	2,62	145	25	119	56
180	2,95	171	30	140	66
200	3,28	198	34	162	76
220	3,61	224	39	184	86
240	3,93	250	44	205	96
260	4,26	277	48	227	107
280	4,59	303	53	248	117
300	4,92	329	57	270	127
320	5,25	356	62	292	137
340	5,57	382	67	313	147
360	5,90	408	71	335	157
380	6,23	435	76	356	168
400	6,56	461	80	378	178
420	6,89	487	85	400	188
440	7,21	514	90	421	198

бикарбонатов в исходной воде служит основой определения необходимого количества подкисляющих удобрений. Когда бикарбонаты нейтрализованы, увеличения pH не происходит, а наоборот – оно снижается. Этот процесс происходит в воде непосредственно после добавки азотной или ортофосфорной кислоты. Получаемый в результате нейтрализации азот или фосфор, учитывается при расчете питательных элементов и является наиболее дешевым источником их поставки.

Пример расчета удобрений при

приготовлении питательного раствора для огурцов (табл. 2).

При составлении питательного раствора нужно знать содержимое минеральных веществ в воде. Например, был взят анализ поливной воды: N – 0,2; P – 0,1; K – 3,3; Ca – 75; Mg – 15; pH – 7,4; HCO₃ – 330 мг/л; EC – 0,5 мС/см. Для дальнейшего приготовления рабочего раствора учитываются эти данные, чтобы дополнительно внести нужное количество удобрений. В первую очередь рассчитывается количество азотной или ортофосфорной кислоты для нейтрализации

карбонатности до остаточного количества 50 мг/л, что соответствует pH 5,6. При этом вносится дополнительный азот или фосфор, которые тоже учитываются при расчетах.

Как рассчитать количество внесения кислоты для понижения pH до оптимального?

Расчеты выполняются по расчетным формулам, требующим определенных навыков. Для удобства приводим справочную таблицу и переводные коэффициенты наиболее распространенных кислот (табл. 4).

Примечание. При наличии в воде 220 мг/л или соответственно 3,61 мМ/л бикарбонатов необходимо внести на 1000 л воды 224 мл азотной кислоты, которая обеспечивает 39 г/1000 л азота, или аналогично 184 мл 85% ортофосфорной кислоты, обеспечивающей 86 г/1000 л фосфора.

Для нашего расчета при наличии 330 мг/л бикарбонатов необходимо внести 369 мл/1000 л 56%-й азотной кислоты, что обеспечит 64 г азота (369 мл и 64 г – средние показатели между ближайшими данными в таблице). Применение ортофосфорной кислоты в данном случае внесет избыток фосфора.

Дальнейший подбор составляющих таблицы 5 выполняется в следующей последовательности. Одним из хорошо растворимых удобрений является кальциевая селитра. Кальция нужно внести 85 г, то есть $(85 \text{ г} : 19\%) \times 100\% = 447 \text{ г}$ кальциевой селитры. В состав селитры входит также азот: $(447 \text{ г} : 100\%) \times 15,5\% = 69 \text{ г}$. Фосфор вносим с монофосфатом калия. Потребность фосфора равна 40 г, то есть $(40 \text{ г} : 22,3\%) \times 100\% = 179 \text{ г}$. Дополнительно вносим калий: $(179 \text{ г} : 100\%) \times 28,2\% = 50 \text{ г}$. Недостаток калия составляет: $310 - 3 - 50 = 257 \text{ г}$.

Таблица 5. Состав питательного раствора (макроэлементы), г/1000 л

Название удобрения	N	P	K	Ca	Mg	HCO ₃
Питательный раствор	240	40	310	160	55	–
Вода	0,2	0,1	3,3	75	15	330
56%-я азотная кислота, 369 мл	64	–	–	–	–	до 50
Кальциевая селитра, 447 г	69	–	–	85	–	–
Калий монофосфат, 179 г	–	40	50	–	–	–
Калийная селитра, 673 г	93	–	257	–	–	–
Аммиачная селитра, 41 г	14	–	–	–	–	–
Магний сернокислый, 200 г	–	–	–	–	20	–

Таблица 6. Состав питательного раствора (микроэлементы), г/1000 л
Вариант 1.

Микроэлементы	г/1000 л	Химическое соединение
Железо (Fe)	2,0	15,36 г 13% хелата железа
Марганец (Mn)	0,6	1,846 г 32,5% сернокислого марганца
Бор (B)	0,35	2,0 г 17,5% борной кислоты
Цинк (Zn)	0,33	1,454 г 22,7% сернокислого цинка
Медь (Cu)	0,15	0,588 г 25,5% сернокислой меди
Молибден (Mo)	0,05	0,092 г 54,3% молибдата аммония
Кобальт (Co)	0,05	0,155 г 32,2% азотнокислого кобальта

Таблица 7. Сравнительный состав микроэлементов, мг/л
Вариант 2

Необходимый состав	Fe	Mn	B	Zn	Cu	Mo	Co
Необходимый состав	2	0,6	0,35	0,33	0,15	0,05	0,05
Наличие в Кристалоне	0,7	0,3	0,19	0,19	0,075	0,03	0
Наличие в Тетрафлекс	0,8	0,5	0,25	0,3	0,04	0,04	0

Таблица 8. Вариант 3

Микроэлементы Моно Цеовит, г/л	ЦЕОВИТ МИКРО ПОЧВА		Дополнительное внесение	
	Содержание, г/л	При внесении 20 мл/1000л воды	Хелатов, мл/1000л воды	Обеспечивает, г/1000л
Хелат EDTA-Супер Fe-100	50	1 г	10	1
Хелат EDTA-Супер Mn-100	25	0,5 г	1	0,1
Хелат EDTA-Супер Zn-100	20	0,4 г	–	–
Бор В-100	12	0,24 г	1,1	0,11
Хелат EDTA-Супер Cu-100	10	0,2 г	–	–
Хелат EDTA-Супер Mo-100	5,0	0,1 г	–	–
Хелат EDTA-Супер Co-100	2,3	0,046 г	–	–

Его можно компенсировать калийной селитрой: $(257 \text{ г}:38,2\%) \times 100\%=673 \text{ г}$, дополнительно внесим азот: $(673 \text{ г}:100\%) \times$

$13,8\%=93 \text{ г}$. Недостаток азота составляет: $240-64-69-93=14$. Его можно внести с аммиачной селитрой: $(14 \text{ г}:34\%) \times 100\%=41 \text{ г}$. Недо-

статок магния: $35-15=20 \text{ г}$, вносим с сернокислым магнием: $(20 \text{ г}:10\%) \times 100\%=200 \text{ г}$.

Кроме вышеприведенных удобрений для компенсации азота, фосфора и калия можно использовать аммофос и сульфат калия.

При наборе микроэлементов предлагаем три варианта:

– традиционный вариант: железо используется в хелатной форме, остальные микроэлементы набираются простыми солями;

– смешанный вариант: используются комплексные удобрения в качестве носителей макро- и микроэлементов, таких как Кристалон, Тетрафлекс;

– перспективный вариант: все микроэлементы используются в хелатной форме и набираются микрокомплексом, для возможного изменения состава существуют хелаты каждого микроэлемента.

Возможно набирать состав микроэлементов в зависимости от потребностей растений.

Для балансировки состава микроэлементов необходимо дополнительное их внесение, что невозможно, так как увеличение количества препаратов разбалансирует состав макроэлементов.

Цеовит Микрокомплекс наиболее сбалансирован под потребности растений. Имеется возможность корректировки состава по стадиям вегетации отдельно предлагаемыми хелатами микроэлементов. Хелатные микроэлементы в удобрениях серии Цеовит представлены в наиболее доступной для растений ионной форме (бессолевой).

Приготовление маточных растворов

При использовании капельных систем обычно пользуются маточными растворами с концентрацией, в большинстве случаев, 1:100. Не все удобрения можно смешивать в повышенных концентрациях, так как они могут выпадать в осадок, становятся малодоступными и забивают капельное оборудование. По этой причине кальций, сульфаты и фосфаты не смешивают в одном баке. Для этого используют два бака: «бак А» и «бак Б».

Бак А (1000 л). Сначала заливают 100 л воды, затем добавляют азотную кислоту и 400 л воды с последующим внесением калий-

Таблица 9. Приготовление маточных растворов при разведении 1:100 с использованием хелата железа и простых солей микроэлементов
Вариант 1 (традиционный)

Удобрение	Содержание и составные, %	Кол-во удобрения, кг (л)/1000 л воды
Бак А		
Селитра кальциевая	15,5% N, 19% Ca	44,7
Селитра калийная	13,8% N, 38,2% K	32,3
Хелат железа	13% Fe	1,5
Бак Б		
Азотная кислота	56%-я	37
Селитра аммониевая	34% N	4,1
Селитра калийная	13,8% N, 38,2% K	35
Монофосфат калия	22,3% P, 28,2% K	17,9
Сернокислый магний	10% Mg	20,0
Борная кислота	17,5% B	0,2
Марганец сернокислый	32,5% Mn	0,185
Цинк сернокислый	22,7% Zn	0,145
Медь сернокислая	25,5% Cu	0,059
Молибдат аммония	54,3% Mo	0,009
Кобальт азотнокислый	32,2% Co	0,015

Таблица 10. Приготовление маточных растворов при разведении 1:100 с использованием хелатного микрокомплекса и хелатов микроэлементов
Вариант 2 (перспективный)

Удобрение	Содержание и составные, %	Кол-во удобрения, кг (л)/1000 л воды
Бак А		
Селитра кальциевая	15,5% N, 19% Ca	44,7
Селитра калийная	13,8% N, 38,2% K	32,3
Азотная кислота	65%-я	37
Бак Б		
Селитра аммониевая	34% N	4,1
Селитра калийная	13,8% N, 38,2% K	35
Монофосфат калия	22,3% P, 28,2% K	17,9
Сернокислый магний	10% Mg	20,0
Цеовит Микрокомплекс почва	Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo, Co	2,0
Цеовит Моно железо	100 г/л Fe	1,0
Цеовит Моно марганец	100 г/л Mn	0,1
Цеовит Моно бор	100 г/л B	0,11

Таблица 11. Использование удобрений с Цеовитами микроэлементов
Вариант 1

Удобрение	Необходимое количество, кг (л)/1000 л	Цена, грн./кг (л)	Стоимость
Азотная кислота, 56%-я	370	1,40	728
Кальциевая селитра	450	3,24	1 458
Монофосфат калия	175	6,91	1 209
Калийная селитра	700	3,78	2 646
Магний сернокислый	200	1,80	360
Калий сернокислый	60	3,24	194
Цеовит Микро почва	20	12,8	256
Цеовит Fe	10	9,00	90
Цеовит Mn	1	11,50	11,5
Цеовит B	1,1	15,00	16,5
Всего:			6 969 грн./1000 л

Таблица 12. Использование комплексных удобрений Кристалон
с микроэлементами
Вариант 2

Удобрение	Необходимое количество, кг (л)/1000 л	Цена, грн./кг (л)	Стоимость
Азотная кислота, 56%-я	370	1,40	728
Кальциевая селитра	450	3,24	1 458
Калийная селитра	300	3,78	1 134
Кристалон оранжевый	750	8,10	6 075
Магний сернокислый	70	1,80	126
Всего:			9 520 грн./1000 л

Сравнительная характеристика использования нового набора микроэлементов и набора микроэлементов с комплексными удобрениями Кристалон.

Для сравнения берем ранее рассчитанный питательный раствор следующего состава, мг/л: N – 220, P – 40, K – 340, Ca – 160, Mg – 35, Mn – 0,6, Fe – 2, B – 0,035, Zn – 0,33, Cu – 0,15, Mo – 0,05, Co – 0,05.

Таблица 13. Стандартный набор

Соединения	Концентрация д. в., %	Необходимо, кг/1000 л	Цена, грн./кг	Стоимость
Дисольвин (Fe)	11,6	17,241	56	965,50
Марганец сернокислый	32,5	1,846	6	11,08
Борная кислота	17,5	2,0	4	8,00
Медь сернокислая	25,5	0,588	5	2,94
Цинк сернокислый	22,7	1,454	4	5,82
Молибдат аммония	54,3	0,092	45	4,14
Нитрат кобальта	32,2	0,155	105	16,28
Общая сумма:				1 014 грн.

Таблица 14. Новый набор

Соединения	Концентрация д. в., %	Необходимо, кг/1000 л	Цена, грн./кг	Стоимость
Цеовит Микро почва	Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo, Co	20	12,8	256
Цеовит Fe	100	10	9,0	90
Цеовит Mn	100	1	11,5	11,5
Цеовит B	100	1,1	15	16,5
Общая сумма:				374 грн.

ной, кальциевой и аммиачной селитры. Последним вносят в традиционных случаях бессерный хелат железа (Fe – ДТПА) с добавлением воды до отметки 1000 л с тщательным перемешиванием.

Бак Б (1000 л). Сначала заливают 400 л воды, затем добавляют фосфорную кислоту, воду, затем калийную селитру, сульфат калия, монофосфат калия, магниевую селитру или сульфат магния по необходимости. В конце добавляют микроэлементы с предварительным разведением в теплой воде. После каждого добавления удобрения перемешивают и в конце выравнивают уровень воды до 1000 л.

В баках А и Б поддерживают оптимальное pH 5,0–5,6 и одинаковую концентрацию 1х100, регулируя ее внесением калия. Из-за отрицательного влияния на кислоту хелата железа ее внесение в баки ограничивают. Для регулирования

pH рабочего раствора используют третий бак «В».

На основании анализа субстрата рассчитывается состав питательного раствора. Этот раствор в высоких концентрациях распределяется по двум бакам. Рекомендуется в 1000-литровом баке растворять 100–150 кг удобрений.

Если приготавливать маточный раствор в емкостях по 1000 литров и разводить его в 100 раз, то нужное количество удобрений показано в таблицах 9–10.

Нужно обратить внимание на то, что в первом варианте (табл. 9) микроэлементы вносят в два бака. Это связано с несовместимостью солей микроэлементов и хелата железа. Во втором варианте (табл. 10) все микроэлементы представлены в ионной форме и могут смешиваться в одном баке Б, что в свою очередь расширяет возможности применения кислоты в баке А.

Для приготовления используем воду следующего состава, мг/л: Ca – 75, Mg – 15, HCO₃ – 330.

Во втором варианте (табл. 12) использование Кристалона ограничено набором макроэлементов, при этом невозможно набрать нужное количество микроэлементов (при данной норме состав микроэлементов необходимо увеличить в 2,5 раза, см. табл. 7), стоимость составляющих возрастает на 37%.

Сравнение экономической эффективности применения традиционного и перспективного набора микроэлементов

Состав микроэлементов, мг/л: Fe – 2, Mn – 0,6, B – 0,35, Zn – 0,33, Cu – 0,15, Co – 0,05 (табл. 13, табл. 14)