



**Подборка материала
по овощной культуре
Руководство по организации
специализированного питания
растений
Томат**



Harmen Tjalling Holwerda (M.Sc.)



Благодарю всех моих коллег из SQM и Yara и следующие организации за предоставленные прекрасные фотографии и рисунки:

Applied Plant Research, Naaldwijk (Нидерланды):
Рисунки 12, 41, 42, 44-48, 51-61, 64-65.

Seminis, Enkhuizen (Нидерланды):
Рисунок на обложке, на страницах 2, 6, 44 и 74
и Рисунки 1, 2, 3, 4, 5, 6, 22, 25 и 32.

Аделаидский университет (Австралия): Рисунок 50.

Yara (Норвегия): Рисунки 14 и 35.

Перевод с английского Геннадия Лахмана.

©2006 Авторское право принадлежит компании SQM S.A.
Воспроизведение настоящего издания в какой бы то ни было форме(в виде печатного материала или с использованием цифровой технологии) без предварительного письменного разрешения компании SQM S.A. запрещено.

©2006 by SQM S.A.
Reproduction in any form (printed matter or digital) without the written permission of SQM S.A. is prohibited.

Предисловие

Компания SQM является крупным поставщиком специализированного питания для растений и соответствующих услуг дистрибьюторам и овощеводам во всем мире.

В рамках своей политики приверженности сельскохозяйственному сообществу компания разработала серию Подборок материала по отдельным овощным культурам. Каждая подборка материала по культуре состоит из Руководства по организации специализированного питания растений, презентации в программе PowerPoint и компакт-диска с соответствующими рисунками и фотографиями.

В этих руководствах собраны результаты длительных исследований и разработок, а также практический опыт специалистов компании со всего мира, чтобы обеспечить **Информацию по организации специализированного питания растений** дистрибьюторам компании SQM, агрономам, овощеводам и фермерам.

В настоящем **Руководстве по организации питания растений томата** обобщены основные требования рынка и организация питания растений, необходимая для получения высоких урожаев томатов высшего качества для употребления в свежем виде и переработки.

Дополнительную информацию можно получить через агрономов компании SQM или нашего партнера по коммерческому союзу – компанию Yara. Компания SQM понимает, что не существует единой универсальной программы для производства томатов, и, поэтому, настоящее руководство не содержит детально разработанной системы питания растений томата. Однако в сотрудничестве с вашим местным агрономом Вы, наверняка, добьетесь высокой продуктивности этой культуры. Для ознакомления с системой питания растений для конкретного региона обратитесь к местному дистрибьютору или агроному, являющемуся представителем компании SQM в данном регионе.

Настоящее руководство, которое было разработано при полной поддержке ведущих мировых специалистов по специализированному питанию растений, является частью серии наиболее полных из существующих **Руководств по организации специализированного питания растений**. Конкретно это Руководство по питанию растений томата подготовлено в тесном сотрудничестве с нашим партнером по коммерческому союзу – компанией Yara.

Harmen Tjalling Holwerda

Содержание

Введение	6
1 Уровень питания культуры и его отношение к продуктивности культуры	7
2 Описание культуры томата	8
2.1 Ботаническое название и разновидности	8
2.2 Мировое производство томатов	11
2.3 Климатические условия	13
2.3.1 Температура	13
2.3.2 Освещение	14
2.4 Вода и почва	15
2.4.1 Вода	15
2.4.2 Почва	17
2.5 Гумус и органическое удобрение	19
2.6 Засоленность почвы	20
2.7 Фенология	21
2.7.1 Индетерминантные и детерминантные сорта	21
2.7.2 Фенофазы	23
2.8 Одновременное созревание	25
2.9 Физиологические нарушения	26
2.9.1 Рыхлость, пустотелость или квадратная форма плода	26
2.9.2 Поверхностное побурение плодов	27
2.9.3 Пыльниковые рубцы на плодах	27
2.9.4 Образование сетки трещин вокруг вершины плода	28
2.10 Вредители и болезни	28
2.11 Показатели качества томатов, предназначенных для употребления в свежем виде и для переработки	29
2.11.1 Показатели качества томатов, предназначенных для употребления в свежем виде	29
2.11.2 Показатели качества томатов, предназначенных для производства сгущенной томат-пасты	30
2.11.3 Показатели качества томатов, предназначенных для консервирования очищенных от кожицы целых и нарезанных на дольки плодов	30
3 Роль питательных элементов, с особым акцентом на калии и кальции	31
3.1 Калий	31
3.1.1 Подкормка калием с целью повышения качества и количества	31
3.1.2 Повышенный уровень калия в растениях томата	33
3.2 Подкормка кальцием для получения мощных растений	33
3.3 Основные трудности при выращивании томатов, связанные с недостатком калия и кальция	35

3.4	Краткое обобщение основных функций питательных элементов	36
4	Общие нормы, облегчающие организацию питания растений	37
4.1	Питание растений томата при выращивании в открытом грунте	37
4.1.1	Кривые поглощения питательных веществ растениями томата при выращивании в открытом грунте	37
4.1.2	Организация азотного питания растений томата при выращивании в открытом грунте	39
4.1.3	Организация азотного питания при выращивании томатов для переработки	40
4.2	Питание растений томата при выращивании в теплице	40
5	Визуально различимый дисбаланс питательных элементов, выражающийся в недостаточности или избытке питательных веществ	45
6	Особенности продукта специализированного питания растений, обеспечивающие эффективность устранения дисбаланса питательных элементов	55
6.1	Выбор удобрения	55
6.2	Специализированное питание растений в расчете на отдельный питательный элемент	56
6.2.1	Азот	56
6.2.1.1	Мочевина	56
6.2.1.2	Аммоний	56
6.2.1.3	Нитрат	57
6.2.1.4	Нитрат как альтернатива сульфату и хлориду в питании растений томата	58
6.2.1.5	Азотсодержащее специализированное питание растений	59
6.2.2	Фосфор	60
6.2.3	Калий	61
6.2.4	Кальций	61
6.2.5	Хлорид	62
6.2.6	Магний	62
6.2.7	Сера	63
6.2.8	Водорастворимые и гранулированные полные удобрения (азот, фосфор, калий)	63
6.2.9	Краткое обобщение наиболее широко используемых водорастворимых и гранулированных удобрений, содержащих питательные макроэлементы и мезоэлементы	63
6.2.10	Питательные микроэлементы	65
7	Практика подкормки растений и эффективные системы подкормки	66
8	Результаты исследований, указывающие на необходимость сбалансированного питания растений	71
9	Доказанная рентабельность систем сбалансированного питания растений	78
10	Литература	81

Введение

Целью настоящего Руководства по организации питания растений томата является обеспечение деловых партнеров компании SQM, таких как индустрия производства и переработки томатов, агенты по продаже томатов, агрономы и овощеводы, исчерпывающей информацией по организации питания растений томата.

В Главе 1 описывается, как организация и регулирование питания/подкормки растений томата позволяет оптимизировать продуктивность растений (урожайность, качество продукции), принося, тем самым, максимальный денежный доход овощеводу.

Общее описание культуры томат приводится в Главе 2, за которым следует обзор функциональных элементов, с особым акцентом на калии и кальции, излагаемый в Главе 3.

В Главе 4 изложены рекомендации, облегчающие организацию и регулирование питания растений. Фото галерея с примерами заметного дисбаланса питания растений, вызванного недостаточностью и избытком питательных элементов, представлена в Главе 5. Свойства препаратов, применяемых в Специализированном питании растений, влияющие на эффективность устранения дисбаланса питательных веществ (Глава 6), лежат в основе практики и эффективных систем питания растений (Глава 7). Научное подкрепление с помощью результатов исследований, указывающих на необходимость сбалансированного питания растений, дается в Главе 8.

В Главе 9 обобщены экономические результаты с демонстрационных полей компании SQM, на основании которых проводили сравнение традиционной системы питания растений томата и системы сбалансированного питания. Демонстрацию эффективности двух систем осуществляли как на томатах, выращиваемых в теплице, так и на томатах, выращиваемых в открытом грунте и предназначенных для употребления в свежем виде и для переработки.

В Главе 10 приводится список литературы, использованной при написании брошюры.

На заметку читателю:

В настоящей брошюре точка (.) используется в качестве знака, отделяющего тысячи, а запятая (,) – в качестве десятичной запятой. Поэтому число 1.500 следует читать как «одна тысяча пятьсот», а число 1,5 следует читать как «полтора».



1 Уровень питания культуры и его отношение к продуктивности культуры

В настоящей главе описывается, как организация и регулирование питания растений томата позволяет оптимизировать продуктивность растений (урожайность, качество продукции), принося, тем самым, максимальный денежный доход овощеводу.

Сбалансированное питание растений означает обеспечение растений всеми необходимыми питательными элементами в хорошо сбалансированных пропорциях и в соответствующем количестве, анализ кривой роста растения с целью оптимизации его потенциала. Продуктивность растения, рассматриваемая с точки зрения приносимого дохода, фундаментально связана со здоровьем растения. В соответствии с этим баланс уровней питательных веществ в различных тканях растения на каждой стадии роста является определяющим фактором для здоровья растения. В случае дисбаланса – как вызванного недостаточностью питательных веществ, так и обусловленного их избыточностью – наблюдается снижение продуктивности растения.

В результате общего выноса питательных веществ в минеральной форме из почвы в месте выращивания культуры – в процессе уборки урожая, вследствие выщелачивания и со стоками воды – обычно необходимо пополнение запаса питательных веществ. Поэтому регулирование уровня питания растений обычно включает своевременное внесение минеральных питательных веществ в правильном соотношении.

Идеальная система удобрения должна обеспечивать совершенный баланс питательных веществ как с точки зрения их количества, так и с точки зрения своевременного их внесения. Для облегчения регулирования баланса питательных веществ можно использовать рекомендации, вырабатываемые в результате целенаправленных исследований. Такая информация может существовать в виде норм некорневой подкормки для листьев, взятие проб которых производилось на определенной стадии развития с использованием определенного метода листовых проб. Данные о поглощении питательных веществ – как их количество, так и соотношение отдельных питательных элементов – различными органами растения в процессе его роста и развития (кривые поглощения питательных веществ) могут также являться ценной информацией, используемой для поддержания баланса питательных веществ. Свойства почвы и нормы питательного режима почвы также являются полезной информацией. В качестве рекомендаций следует приводить такие данные, которые получены на наиболее продуктивных растениях.

Удобрения, будь то используемые в качестве некорневых подкормок на надземной части растения или вносимые в почву, следует рассматривать как средство для достижения и поддержания баланса питательных веществ. Удобрения могут сильно различаться по своей способности поддерживать баланс питательных веществ, причем одни из них более эффективны в этом, чем другие.

Получение доходов зависит от величины урожая и качества продукции. Качество продукции диктуется целевым рынком и запросами потребителей. (Каждый баланс питательных веществ имеет свое количественное отношение показателей качество/урожай (доход)). Рекомендации должны, поэтому, основываться на результатах, полученных на наиболее продуктивных растениях с точки зрения приносимых доходов, причем доход является функцией требования целевого рынка и величины урожая (т.е. зависит от требований целевого рынка и величины урожая).

2 Описание культуры томат

В настоящей главе описывается культура томат с позиций таких понятий, как ботаническое семейство и разновидности, мировое производство томатов и статистика культуры, климатические условия (температура, освещение), вода и почва, гумус и органическое удобрение, засоленность почвы, фенология, одновременное созревание, физиологические нарушения, вредители и болезни, а также показатели качества для томатов, предназначенных для употребления в свежем виде и для переработки. Эта информация должна способствовать оптимальному пониманию томата как культуры вообще, а также поможет принятию правильных решений по организации и регулированию питания растений томата.

2.1 Ботаническое название и разновидности

Томат (*Lycopersicon esculentum* Mill.) принадлежит к семейству пасленовых (Solanaceae).

Томаты продаются в виде разрозненных плодов или кистями. Томаты различаются по форме: на рынке обычно встречаются томаты типа Черри, типа Коктейль, сливовидные, округлые и типа Биф (Рисунки 1, 2, 3, 4, 5 и 6).



Рисунок 1. Томат типа Биф для уборки отдельными плодами. Сорт Big Beef F1 – Компания Seminis.



Рисунок 2. Томат с плодами средних размеров, предназначенный для уборки отдельными плодами. Сорт Flexxion F1 – Компания Seminis.



Рисунок 3. Томат типа Черри для уборки отдельными плодами. Сорт Cherry Belle F1 – Компания Seminis.



Рисунок 4. Сливовидный томат типа Коктейль. Сорт Exxtasy F1 – Компания Seminis.



Рисунок 5. Томат типа Коктейль для уборки кистями. Сорт Timotion F1 – Компания Seminis.



Рисунок 6. Желтоплодный томат для уборки отдельными плодами. Сорт Lemon Boy F1 – Компания Seminis.

Томаты варьируют по размеру от черри (вишневидных) и сливовидных, у которых завязь разделена на две полости или гнезда, до крупных типа биф, завязь которых разделена на шесть и более гнезд (Рисунок 7).

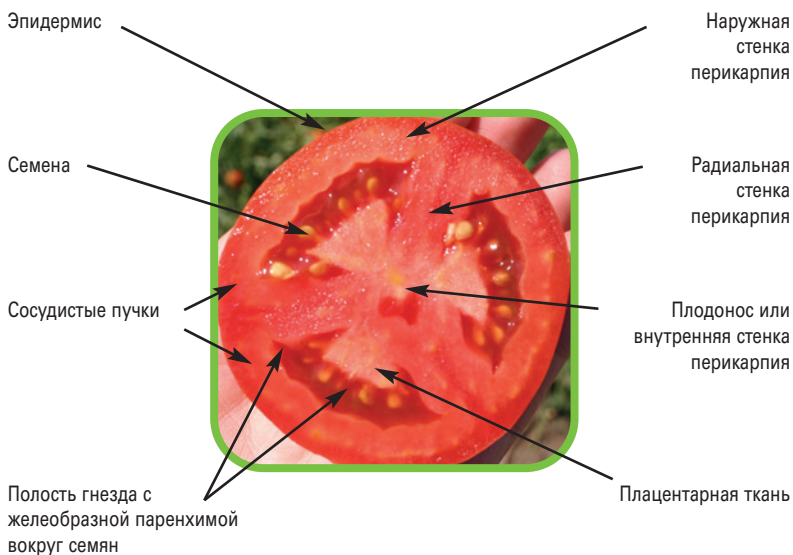


Рисунок 7. Поперечные сечения плодов томата.
Верхний рисунок: плод томата с трехгнездной завязью. Нижний рисунок: плод томата с шестигнездной завязью.

2.2 Мировое производство томатов

Примерно 75% производимых в мире томатов используется для употребления в свежем виде, в то время как 25% идет на переработку (для производства сгущенной томат-пасты, кетчупа, соусов, консервирования очищенных от кожицы цельноплодных и нарезанных дольками томатов и т.п.).

На пять стран-производителей томатов приходится 56% мирового объема производства (Таблица 1) и 55% уборочной площади (Таблица 2): Китай, Индия, Турция, Египет и США. Китай производит 26% мирового объема томатов для употребления в свежем виде, США (главным образом Калифорния) производят 35% мирового объема томатов для переработки (Таблица 3).

Таблица 1. Обзор основных стран/регионов-производителей томатов, их объем производства (в миллионах тонн) и их доля участия в мировом производстве томатов (%).

Место (в мир. пр-ве)	Страна/Регион	Пр-во (млн. тонн)	Доля участия (%)
1	Китай	30,1	26
2	США	12,4	11
3	Турция	8,0	7
4	Индия	7,6	7
5	Египет	6,8	6
	Промежут. итог 1-5	64,9	56
	Остальные страны	50,0	44
	Всего в мире	114,9	100

Источник: Данные FAOSTAT, 2004

Таблица 2. Обзор основных стран-производителей томатов, их уборочная площадь (в тысячах гектаров) и их относительная доля в мировой уборочной площади под томатами (%).

Место	Страна/Регион	Убор. пл. (х 1000 га)	Доля (%)
1	Китай	1.255	29
2	Индия	540	13
3	Турция	220	5
4	Египет	191	4
5	США	176	4
	Промежут. итог 1-5	2.382	55
	Остальные страны	1.925	45
	Всего в мире	4.307	100

Источник: Данные FAOSTAT, 2004



Таблица 3. Обзор основных стран-производителей томатов для переработки, их объем производства (в миллионах тонн) и их доля участия в мировом производстве томатов для переработки (%).

Место	Страна/Регион	Пр-во для переработки (миллионов тонн)	Доля (%)
1	США	10,0	35
	Калифорния	9,4	33
	Остальная часть США	0,6	2
2	Италия	4,8	17
	Сев. Италия 50% томат-пасты	2,4	8
	Юж. Итал. 50% цельноплодных	2,4	8
3	Испания	1,4	5
4	Турция	1,3	5
5	Китай	1,2	4
	Промежут. итог 1-5	18,7	65
	Остальные страны	10,1	35
	Всего в мире	28,8	100

Источник: На основании данных AMITON от 2001/2002 (средние значения за 1999-2001) + обновленный отчет AMITON за 2003.

В Таблице 4 обобщены данные объема производства томатов по системам возделывания культуры и типичный диапазон урожайности.

Таблица 4. Тип системы возделывания культуры и типичный диапазон урожайности (тонн на 1 га), который достигается при определенной системе возделывания.

Система возделывания культуры	Урожайность (т/га)
Средняя урожайность в мире (данные FAOSTAT, 2004)	27
В открытом грунте, неорошаемая	50-70
В открытом грунте, с капельным орошением/фертигацией*	80-150
Необогреваемые теплицы (9-месячный оборот/цикл)	180-220
Современные теплицы Голландии, круглогодичная	550-700

*фертигация (fertigation) – удобрительное орошение, внесение удобрений через систему капельного орошения (примечание переводчика).

2.3 Климатические условия

2.3.1 Температура

Томат – теплолюбивая культура. Идеальная температура при выращивании томата колеблется от 18°C до 27°C. По этой причине в большинстве случаев культура открытого грунта выращивается в районах с умеренным климатом – между 30-й и 40-й параллелями как в северном, так и в южном полушарии.

Температуры ниже 10°C отрицательно влияют на формирование цветков, а ночные заморозки приводят к серьезным повреждениям культуры (Рисунок 8).



Рисунок 8. Повреждение растений томата ночными заморозками.

Температуры выше 35°C в сочетании с низкой влажностью обычно приводят к недоразвитию цветков, а высыхание пыльцы сильно снижает жизнеспособность пыльцевых зерен. Установлено, что применение системы сбалансированного питания растений вместо системы несбалансированного питания снижает гибель соцветий томата в условиях таких высоких температур.

2.3.2 Освещение

Количество суммарного солнечного излучения определяет количество сахаров, вырабатываемых в листьях в процессе фотосинтеза. Чем выше количество производимых сахаров, тем больше плодов растение способно дать, и, поэтому, тем выше может быть урожай томатов.

Томат чувствителен к низкой освещенности, поскольку для цветения этой культуре необходим прямой солнечный свет на протяжении минимум 6 часов в день. Однако ввиду того, что продолжительность дня не является критическим фактором в производстве томатов, теплицы используются для выращивания томатов в очень широком диапазоне географических широт.

Если интенсивность солнечной радиации слишком высокая, может наблюдаться растрескивание плодов, солнечный ожог и неравномерная окраска при созревании. Хорошая облиственность растения обеспечивает защиту плодов от солнечного ожога. Достаточный уровень калия и кальция способствуют поддержанию тургора клеток и их прочности, что делает растительную клетку более толерантной к потере воды и, следовательно, более устойчивой к солнечному ожогу (Рисунок 9).



Рисунок 9. Повреждение плодов томата солнечным ожогом.

2.4 Вода и почва

2.4.1 Вода

Для гарантии получения высоких урожаев и хорошего качества продукции очень важно правильно организовать и осуществлять полив растений (Рисунок 10). При выращивании томата в открытом грунте норма полива может составлять до 6.000 м³/га, в теплице – до 10.000 м³/га.

Ежедневное удобрительное орошение небольшими дозами питательных веществ позволит избежать стресса, вызванного засолением в корнеобитаемом слое почвы (засоленности), или потери (в результате вымывания, выноса) питательных веществ на ранних стадиях развития растения (недостатка питательных веществ), как это может наблюдаться в случае еженедельного внесения удобрений.

Недостаток воды (Рисунок 11) обычно приводит к замедлению роста вообще и пониженной интенсивности поглощения кальция в частности, что приводит к вызванному недостаточностью кальция дисбалансу питательных веществ, который проявляется на плодах томата в виде вершинной гнили (Рисунок 12). Недостаток воды отрицательно влияет на процесс цветения, и может происходить гибель и опадение соцветий. С другой стороны, избыток воды может приводить к отмиранию корней в анаэробных почвенных условиях, запоздалому цветению и аномальному развитию и болезням плодов (Рисунок 13).



Рисунок 10. Оросительная система.



Рисунок 11. Стресс, вызванный засухой.



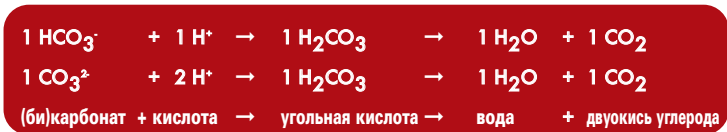
Рисунок 12. Вершинная гниль плодов томата.



Рисунок 13. Растрескивание плодов томата.

Поливная вода с высоким уровнем pH обычно характеризуется высоким содержанием бикарбоната и карбоната кальция и бикарбоната и карбоната магния. При подаче такой поливной воды растениям рекомендуется ее подкисление, чтобы снизить уровень pH до 5-6. Это повысит доступность растениям некоторых питательных элементов, таких как фосфор (P), железо (Fe), цинк (Zn), медь (Cu), марганец (Mn) и бор (B), и предотвратит осаждение нерастворимых солей, которые могут засорить систему капельного орошения.

Добавление кислоты (H^+) в бикарбонат (HCO_3^-) или карбонат (CO_3^{2-}) приведет к образованию угольной кислоты – неустойчивому соединению, которое сразу превращается в воду и двуокись углерода.



Рекомендуется нейтрализовать кислотой примерно 90-95% содержащихся в воде (би)карбонатов. Благодаря этому поливная вода будет сохранять небольшую буферность pH, которая позволит избежать дальнейшего падения уровня pH. Очень кислый pH поливной воды нежелателен и может приводить к растворению токсических элементов, имеющихся в почве, таких как алюминий (Al^{3+}).

2.4.2 Почва

Идеальной почвой для выращивания томатов является хорошо структурированная почва с хорошей дренирующей способностью. Корнеобитаемый слой – верхние 60 см почвы, причем 70% всего объема корней располагается в верхнем слое почвы толщиной 20 см.

Идеальный уровень pH почвы колеблется в пределах 6,0–6,5 (Рисунок 14). При уровне pH > 6,5 питательные микроэлементы, представленные металлами (Fe, Zn, Mn, Cu), бор (B) и фосфор (P) становятся менее доступными для поглощения растениями. При уровне pH < 5,5 фосфор (P) и молибден (Mo) становятся менее доступными для растений.

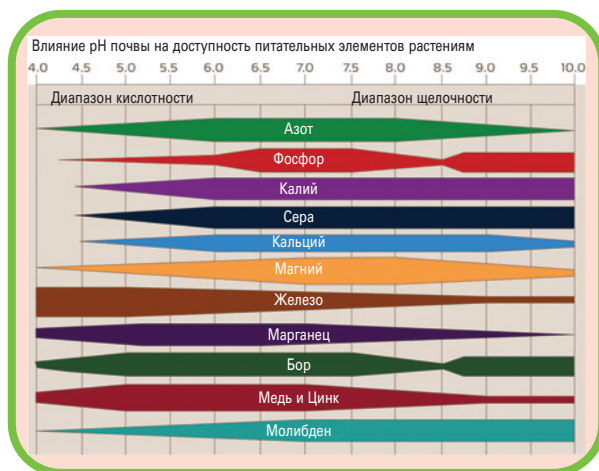


Рисунок 14. Влияние уровня pH почвы на доступность питательных элементов растениям.

Альтернативные субстраты для выращивания растений томата в теплицах: минеральная вата (Рисунок 15), перлит (Рисунок 16) и мешки с коксовым волокном (Рисунок 17).



Рисунок 15. Тепличные томаты, выращиваемые на субстрате из минеральной ваты.



Рисунок 16. Тепличные томаты, выращиваемые на субстрате из перлита.



Рисунок 17. Тепличные томаты, выращиваемые в мешках, заполненных коксовым волокном.

2.5 Гумус и органическое удобрение

Гумус (органическое вещество) и органическое удобрение (навоз) вносятся в почву для увеличения водоудерживающей способности почвы с целью улучшения структуры и микробиологической активности почвы. Следует учитывать, что органическое удобрение может содержать значительные количества питательных веществ, повышая, тем самым, риск создания в корнеобитаемой зоне избытка питательных веществ (риск засоления почвы) и возникновения дисбаланса некоторых питательных элементов.

Внесение органического удобрения в дозе 10-50 тонн на 1 га обеспечит значительную часть общей потребности растений в питательных веществах. Сухой птичий помет (Таблица 5) является более концентрированным удобрением, чем сухой коровяк (Таблица 6). С 10 тоннами птичьего помета в почву вносится 243 кг N/га. Если вносится сухой коровяк в дозе 50 т/га, это равноценно внесению 275 кг общего азота на 1 га (50 т/га x 5,5 кг общего азота/тонуна = 275 кг общего азота на 1 га).

Таблица 5. Среднее содержание питательных элементов в сухом птичьем помете.

		N-общ.	N-мин.	N-орг.	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Na ₂ O
		в килограммах на 100 кг помета						
Птичий помет (сухой)		2,4	1,1	1,3	2,8	2,2	0,4	0,3
Вносимая доза (т/га)	10	243	109	134	283	222	35	30

Источник: Handboek Meststoffen NMI, 1995.

Таблица 6. Среднее содержание питательных элементов в сухом коровяке.

		N-общ.	N-мин.	N-орг.	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Na ₂ O
		в килограммах на 100 кг Коровяка						
Коровяк (сухой)		0,55	0,11	0,44	0,38	0,35	0,15	0,10
Вносимая доза (т/га)	10	55	11	44	38	35	15	10

Источник: Handboek Meststoffen NMI, 1995.

Большая часть азота присутствует в органически связанной форме и высвобождается в период вегетации вследствие микробиологической активности. Это обычно приводит к тому, что на более поздних этапах вегетационного периода, когда растения томата уже находятся в генеративной фазе роста, происходит высвобождение значительных количеств азота, что, вероятно, обуславливает неравномерное созревание плодов, ухудшение их вкуса/аромата и снижение лежкости.

Поскольку это является одной из основных проблем, с которой сталкиваются овощеводы, рекомендуется ограничивать внесение навоза до такой дозы, которая обеспечивает 25% общей потребности в азоте. Остальную часть питательных веществ растениям дают в виде специализированной подкормки.



2.6 Засоленность почвы

Засоленность – это накопление всевозможных солей в корневой зоне в такой степени, что в результате ограничивается потенциальный урожай культуры. Например, засоленность может быть вызвана неправильной системой удобрения, недостатком воды или недостаточными осадками в виде дождя, в результате чего наблюдается недостаточная промывка почвы (от избытка солей), и/или высокой электропроводностью (ЕС) (Рисунок 18).

Во избежание дополнительного увеличения электропроводности в почве, в засоленную почву не рекомендуется вносить гумус и/или использовать удобрения с хлоридом и сульфатами (KCl, сульфат аммония и сульфат калия). Другие меры, позволяющие избежать проблем засоленности или уменьшить их, включают: повышение дренирующей способности почвы, отказ от использования гранулированных удобрений при основном внесении удобрений и при внесении в междурядья, смешивание воды плохого качества с водой хорошего качества, выбор солеустойчивых сортов для выращивания, использование однострочной посадки с двумя поливными трубопроводами системы капельного орошения, применение мульчи из полимерной пленки и конструирование оросительной системы, способной обеспечить избыточное орошение в объеме до 35% (для промывки почвы от избытка солей).



Рисунок 18. Накопление удобрительной соли на поверхности почвы.

Томат относительно толерантен к засоленности почвы (Таблица 7). Для предотвращения снижения потенциального урожая томата электропроводность (ЕС) насыщенной почвенной вытяжки (saturated soil extract, se) должна составлять: $EC_{se} < 2,5 \text{ mS/cm}$ (формулу следует читать: электропроводность насыщенной почвенной вытяжки составляет менее 2,5 миллисименс на сантиметр (мСм/см); S = сименс (См); mS = миллисименс (мСм); примечание перев.). Электропроводность поливной воды должна составлять: $EC < 1,7 \text{ мСм/см}$. Например, $EC_{se} = 3,5 \text{ мСм/см}$ снижает потенциальный урожай на 10%. Однако в некоторых случаях более высокое значение ЕС желательно, поскольку способствует улучшению вкуса, повышению индекса °Brix (например, у томатов типа черри) и лежкости плодов томата.

Таблица 7. Снижение потенциального урожая томатов, вызванное засоленностью почвы.

%	ЕС насыщенной почвенной вытяжки	ЕС поливной воды	Необходимое выщелачивание (%)
0	< 2,5	< 1,7	7
10	3,5	2,3	9
25	5,0	3,4	14
50	7,6	5,0	20

Источник: Libro Azul, 2002.

2.7 Фенология

Выращивают как индетерминантные, так и детерминантные сорта томата. Растения обоих типов томата в своем развитии проходят одни и те же фенологические фазы.

2.7.1 Индетерминантные и детерминантные сорта

В случае **индетерминантного роста** продолжается рост главного стебля и боковых побегов. Число листьев между соцветиями – более или менее постоянное, начиная с определенного соцветия. Индетерминантные сорта томата выращивают для употребления в свежем виде, и уборку плодов производят вручную в течение определенного периода времени (Рисунок 19).

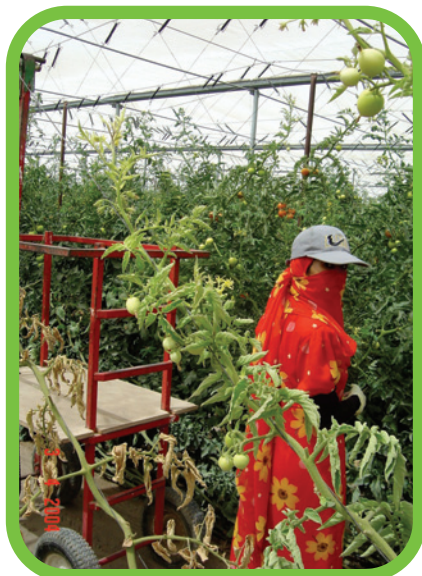


Рисунок 19. Убираемые вручную томаты для употребления в свежем виде.

Индетерминантные томаты в своем развитии проходят через те же фенологические фазы, что и детерминантные, с той лишь разницей, что вегетационный период (и сезон уборки урожая) при выращивании в теплице может быть намного длиннее, чем при выращивании в открытом грунте (Рисунок 20). Продолжительность жизни растений томата, выращиваемых в открытом грунте, составляет 90–150 дней с момента пересадки. Продолжительность жизни растений томата при выращивании в теплице составляет 120–300 дней со дня пересадки.



Рисунок 20. Томаты, выращиваемые в теплице.

В случае **детерминантного роста** главный стебель и боковые побеги перестают расти после образования определенного числа соцветий, которое варьирует в зависимости от сорта. Плоды детерминантных сортов, выращиваемых для переработки, убирают вручную за 2 или 3 сбора (Рисунок 21), или же проводят одноразовую механизированную уборку урожая (Рисунок 22). Поэтому дружное созревание томатов, однородность плодов по размеру и равномерное созревание плодов имеют большое значение, особенно при машинной уборке урожая.



Рисунок 21. Ручная уборка томатов.



Рисунок 22. Механизированная уборка томатов на переработку.

2.7.2 Фенофазы

Цикл роста растений томата включает в себя различные стадии развития: укоренение проростков, вегетативный рост, цветение, развитие и созревание плодов (Рисунок 23). Каждая стадия отличается по потребностям растения в питательных веществах. Ниже рассматриваются фенологические фазы растений томата при выращивании в открытом грунте. Описание носит чисто информативный характер, поскольку время наступления и продолжительность различных фенофаз зависят от сорта, условий окружающей среды и используемых агротехнических приемов.

-  **Укоренение проростков:** на этой стадии важно сосредоточивать внимание на развитии хорошей корневой системы и формировании первоначальных надземных органов растения.
-  **Вегетативный рост:** происходит на протяжении первых 40–45 дней, после чего начинается непрерывное развитие плодов. После этого периода наблюдается 4-недельный период быстрого роста, в течение которого растение цветет и формирует плоды. По прошествии 70 дней почти не наблюдается дальнейший вегетативный рост и не происходит накопления сухого вещества в листьях и стеблях.

Цветение и завязывание плодов: в зависимости от сорта, условий окружающей среды и используемых агротехнических приемов, фаза цветения и фаза завязывания плодов начинаются примерно через 20–40 дней после пересадки и продолжаются на протяжении оставшейся части цикла роста растения. Опыление производится пчелами, ветром и с применением гормона (ауксина) для стимуляции завязывания плодов.

Развитие плодов: после цветения и завязывания плодов начинается развитие и рост плодов. В этот период происходит значительное накопление сухого вещества в плодах с относительно устойчивой периодичностью.

Физиологическая зрелость и уборка: в среднем плоды созревают через 80 дней после пересадки. Уборка плодов продолжается непрерывно, если только она не приостанавливается по погодным (мороз) или по экономическим (цена на томаты) причинам.

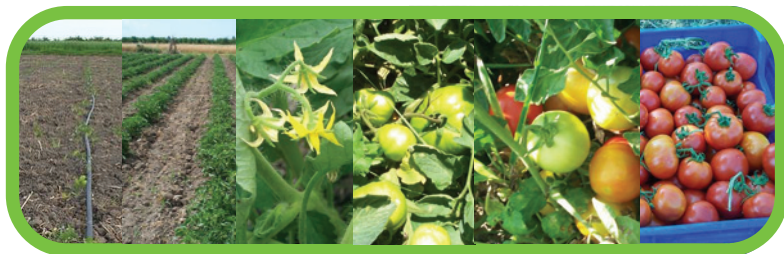
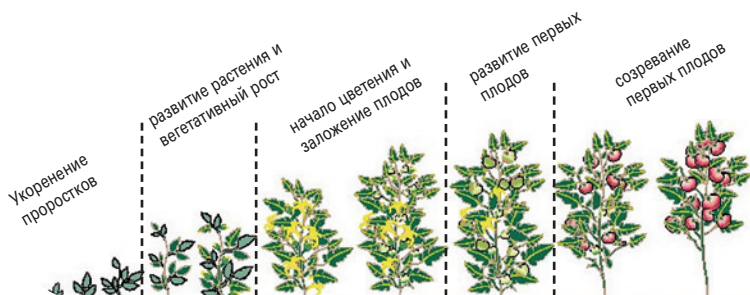


Рисунок 23. Фенологические фазы у томата при выращивании в открытом грунте.

Источник: Брошюра SQM-Mexico

2.8 Одновременное созревание

Сбалансированное питание растений будет способствовать одновременному созреванию плодов, при этом плоды будут однородными по размеру, с хорошей и равномерной окраской. Одновременное созревание урожая томатов означает, что все плоды достигают зрелости одновременно. Это особенно важно для томатов, уборку которых производят механизированным способом. Для этой цели используют детерминантные сорта томата.

Одноразовая уборка томатов с последующим удалением растений с поля начинается тогда, когда, по меньшей мере, 90% плодов созрели (имеют красную окраску). Переработчики принимают томаты и с неравномерной наружной окраской. В некоторых хозяйствах за несколько недель до уборки применяют стимуляторы созревания плодов, чтобы добиться максимального процента плодов с красной окраской (Hartz and Miyao).



Рисунок 24. Убранные томаты, предназначенные для переработки.

Однако плоды томата достигают оптимальных показателей ожидаемых от них качественных признаков за неделю до агрономического срока уборки урожая и сохраняют эти показатели, по меньшей мере, в течение одной недели после этого срока, когда процент созревших плодов все еще низок с агрономической точки зрения. По этой причине выбор наиболее подходящего срока уборки основан на агрономических аспектах в большей степени, чем на физико-химических параметрах (pH, °Brix [содержание растворимых сухих веществ], консистенция, окраска, содержание каротиноида), ввиду того, что урожайность, которую хотят получить к моменту уборки, наблюдается уже после достижения томатами «аналитического» качества (De la Torre *et al.*, 2001).

Плоды должны быть однородными по размеру и с хорошей окраской, особенно если томаты предназначены для цельноплодного консервирования и консервирования нарезанных кубиками плодов (Sonito, 2003).

С точки зрения питания растения это означает, что растение должно получить достаточное количество калия, поскольку для равномерного созревания плодов калий необходим в значительно большем количестве, чем для получения максимального урожая (Roorda van Eysinga, 1966; Winsor and Long, 1967; Adams *et al.*, 1978).



Рисунок 25. Однородные томаты для употребления в свежем виде.

2.9 Физиологические нарушения

У томата могут наблюдаться различные физиологические нарушения. Они обусловлены главным образом экстремальными условиями окружающей среды (высокими или низкими температурами, высокой влажностью) на критических стадиях развития растения (цветение, завязывание плодов).

2.9.1 Рыхлость, пустотелость или квадратная форма плода

Рыхлость плода – это состояние, при котором плод имеет плоские бока, пустоты между наружной стенкой и гнездами и уменьшенное количество семян. В рыхлом плоде отсутствует некоторое количество или вся гелеобразная часть мякоти, которая обычно окружает семена. Внешне плоды выглядят скорее угловатыми, чем округлыми (Рисунок 26).

Рыхлость плода вызывается рядом экстремальных условий окружающей среды, таких как высокие или низкие температуры, низкая освещенность или обильные осадки в виде дождя. Рыхлость плода может быть также вызвана гормональным дисбалансом между ауксинами и цитокининами, особенно в холодных погодных условиях. Это состояние может также быть вызвано внесением избыточного количества азота и дисбалансом, обусловленным недостаточностью калия.

Рыхлость, пустотелость и квадратная форма плода (Рисунок 27) – это проявление различных симптомов одного и того же нарушения.



Рисунок 26. Пустотелость плодов томата.



Рисунок 27. Квадратная форма плодов томата.

2.9.2 Поверхностное побурение плодов

Поверхностное побурение плодов проявляется в виде рубцов коричневого цвета на коже томатов и обусловлено влажными условиями выращивания (обычно в теплице) (Рисунок 28). Сходные проблемы могут возникать в результате повреждения плодов растворами для опрыскивания.



Рисунок 28. Плод томата с симптомами поверхностного побурения.

Частота появления поверхностного побурения плодов возрастает с уменьшением плодовой нагрузки на растение (то есть в тех случаях, когда количество развивающихся на растении плодов меньше 20). Самый высокий процент плодов с симптомами поверхностного побурения наблюдается в начале плодоношения и в конце плодоношения. Большое количество поступающих из листьев ассимилянтов, сравнительно с размером акцентирующего органа (плода), накапливающего поступающие вещества, имеется в наличии для обеспечения развития плода, в результате чего скорость роста плода возрастает. Трещины на поверхности плода возникают ввиду того, что расширение эпидермиса отстает от увеличения плода в размерах.

Потребители часто не обращают внимания на поверхностное побурение плодов, однако лежкость томатов с симптомами поверхностного побурения значительно уменьшается (Grodan, 2005).

2.9.3 Пыльниковые рубцы на плодах

Пыльниковые рубцы на плодах – это вертикальные рубцы вдоль боков плода. Рубец выглядит как застежка-молния или как след от стежков (Рисунок 29). Рубцы возникают в результате того, что пыльник прирастает к краю завязи (недозрелый плод). По мере того как плод увеличивается в размерах, пыльник отрывается от плода, оставляя рубец. Это генетически обусловленное нарушение и оно, вероятно, не вызывается какими-либо условиями окружающей среды.



Рисунок 29. Пыльниковые рубцы на плоде томата.

2.9.4 Образование сетки трещин вокруг вершины плода

Образование сетки трещин вокруг вершины плода приводит к тому, что плод имеет деформированный вид. Это состояние обусловлено аномальным развитием плодов, обычно являющимся следствием холодных погодных условий во время цветения и завязывания плодов (Рисунок 30).



Рисунок 30. Образование сетки трещин вокруг вершины плода томата.

2.10 Вредители и болезни



Рисунок 31. Плоды томата, пораженные фитопатогенным грибом *Botrytis*.

Если в питании растения наблюдается дисбаланс, оно становится более восприимчивым к болезням и поражению вредителями. Например, дисбаланс, вызванный избытком азота, приводит к очень быстрому росту растения, и поскольку новые клетки относительно слабы, они оказываются более уязвимыми при поражении растения вредными насекомыми.

Вызванный недостаточностью кальция дисбаланс также приводит к образованию более слабых растительных клеток, что делает растение более восприимчивым к поражению грибом *Botrytis* (возбудителем серой гнили; Рисунок 31) и другими фитопатогенными грибами.

2.11 Показатели качества томатов, предназначенных для употребления в свежем виде и для переработки

Доход фермера зависит главным образом как от урожая, так и от качества убранной продукции, которое может включать характеристики, оказывающие положительное влияние на здоровье человека, такие как, например, высокое содержание ликопина. Сбалансированное питание растений играет основную роль в соответствии томатов стандартам качества рынка свежей продукции и перерабатывающей промышленности (концентрированная томат-паста, очищенные от кожицы цельноконсервированные и нарезанные кубиками томаты).

2.11.1 Показатели качества томатов, предназначенных для употребления в свежем виде

Для томатов, предназначенных для употребления в свежем виде, важны следующие показатели качества:

- Хорошая и яркая окраска плодов (без зеленых плечиков [зеленого пояса вокруг места прикрепления плодоножки] и незрелых зеленых пятен).
- Плоды должны быть однородными по форме (Рисунок 32).
- Хорошая текстура или плотность при укусе плода (более плотные томаты менее подвержены повреждению и способны дольше храниться).
- Вкус/Аромат: высокое содержание сахара (главным образом фруктозы) и кислоты (главным образом лимонной кислоты) обеспечивают наилучший вкус/аромат.
- Плоды должны быть чистыми и без наружных дефектов.
- Важные для здоровья характеристики, такие как высокий уровень ликопина (противораковый эффект) и высокое содержание витамина С.



Рисунок 32. Высококачественные плоды томата, однородные по размеру и с равномерной окраской.

2.11.2 Показатели качества томатов, предназначенных для производства гущенной томат-пасты

Для производства гущенной томат-пасты важны следующие показатели качества томатов:

- Высокое содержание сухого вещества (растворимые + нерастворимые сухие вещества; Рисунок 33), что означает более низкое содержание воды в плодах и, поэтому, меньшие затраты на удаление воды в процессе концентрации.
- Высокий индекс °Brix; высокое содержание общих сухих веществ (total soluble solids – TSS > 99% сахаров).
- Цвет сока (до и после процесса концентрации).
- Высокое содержание ликопина.
- Вязкость (зависит от содержания нерастворимых сухих веществ, которое составляет около 50% от общих сухих веществ).
- Кислотность (pH).
- Наличие/отсутствие признаков заражения фитопатогенными грибами (индекс Говарда).



Рисунок 33. Поперечное сечение плода томата, на котором видны толстые стенки, что свидетельствует о высоком содержании сухого вещества.

2.11.3 Показатели качества томатов, предназначенных для консервирования очищенных от кожицы целых и нарезанных на дольки плодов

Для консервирования очищенных от кожицы и нарезанных на дольки томатов важны следующие показатели качества:

- Хорошая окраска плодов.
- Отсутствие наружных дефектов (до и после консервирования).
- Легкое отделение кожицы от плода.
- Однородность плодов по размеру.
- Высокое органолептическое качество конечного продукта.



3 Роль питательных элементов, с особым акцентом на калии и кальции

Адекватную систему организации и реализации системы питания растений можно разработать только при полном понимании главной роли, которую играет каждый из питательных элементов в питании растения. Особое внимание уделяется калию и кальцию, которые оказались ключевыми элементами во всех наших демонстрационных полевых работах, нацеленных на повышение урожайности и качества продукции (смотри также Главу 9). Однако при создании сбалансированной системы питания растений все-таки важно учитывать все питательные элементы.

3.1 Калий

Роль калия при выращивании томатов имеет прямое отношение к качеству и количеству. Повышенные уровни калия способствуют повышению продуктивности растений.

3.1.1 Подкормка калием с целью повышения количества и качества

Калий является самым важным питательным элементом, влияющим на качество плодов (Roorda van Eysinga, 1966; Winsor and Long, 1967; Adams *et al.*, 1978). Калий выполняет важные функции в таких процессах как синтез белков, фотосинтез и перенос (транспорт) сахаров из листьев в плоды. Поэтому хорошая обеспеченность растений калием должна поддерживать функции листьев на всем протяжении развития плодов и способствовать положительному влиянию калия на выход продукции (с единицы площади) и на высокое содержание растворимых сухих веществ (больше сахаров) в плодах во время сбора урожая. Около 60–66% поглощаемого растением калия локализуется в плодах (Winsor *et al.*, 1958). Воздействие калия на синтез белков интенсифицирует процесс превращения поглощенного нитрата в белки, способствуя повышению эффективности вносимого азотного удобрения.

Калий является катионом, участвующим в поддержании осмотического потенциала растения (тургора клеток). Одним из следствий такой функции калия является движение устьиц – отверстий, через которые растение осуществляет газообмен и водообмен с атмосферой. Это позволяет растениям поддерживать нормальный водный режим в условиях стресса, такого как засоленность (стресс у растений, вызванный засолением субстрата) или дефицит воды. Действительно, растения томата с высоким уровнем калийного питания обычно характеризуются более высокой эффективностью водопотребления, то есть для производства одного и того же количества биомассы они потребляют относительно меньше воды, чем растения томата с признаками калийной недостаточности. Кроме того, калий участвует в процессах созревания плодов, таких как синтез пигмента ликопина, придающего плодам томата красную окраску. Калий также способствует повышению уровня кислотности, которая важна для формирования хорошего вкуса и аромата плодов.



Краткое обобщение функций калия в растении томата:

- Стимулирует синтез белков (ускоряет процесс превращения в белки).
- Способствует повышению фотосинтетической активности (усиливает ассимиляцию CO_2 , повышает содержание сахаров).
- Интенсифицирует перенос (из листьев в плоды) и запасание (в плодах) ассимилянтов (Рисунок 34).
- Удлиняет период и интенсифицирует процесс ассимиляции (более высокое качество плодов).
- Повышает эффективность азотных удобрений.
- Повышает эффективность водопотребления растениями (меньше воды требуется на 1 кг производимой биомассы).
- Регулирует открытие и закрытие устьиц (работу замыкающих клеток устьиц).
- Обеспечивает синтез ликопина (придающего красную окраску плодам).

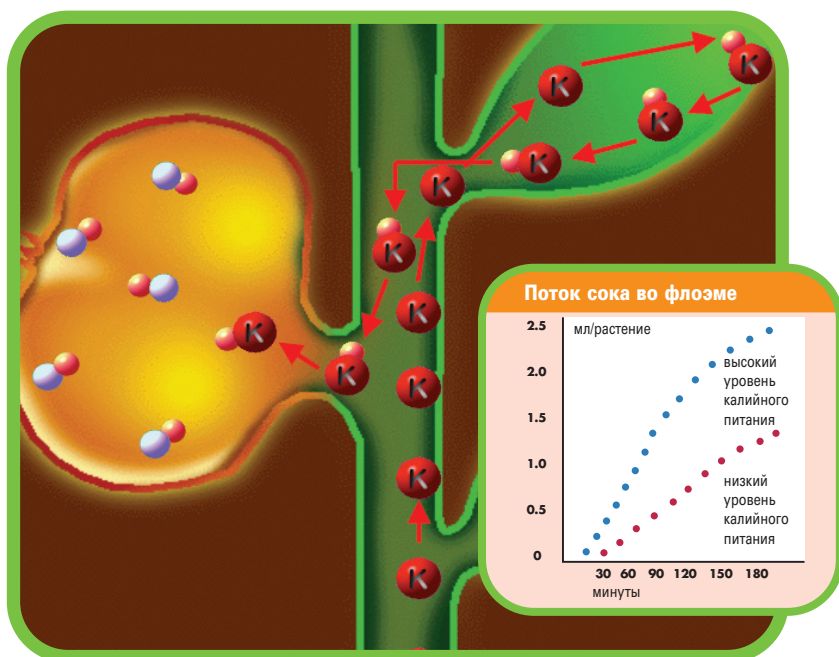


Рисунок 34. Калий интенсифицирует перенос (из листьев в плоды) и запасание (в плодах) ассимилянтов.

3.1.2 Повышенный уровень калия в растениях томата

- Исследования показывают, что повышенный уровень калия в растениях томата вызывает следующие эффекты:
- Улучшает форму плодов (Winsor and Long, 1968).
- Снижает частоту появления нарушений процесса созревания (Bewley and White, 1926; Adams *et al.*, 1978).
- Снижает процент полых плодов (Winsor, 1966).
- Повышает плотность плодов (Shafshak and Winsor, 1964).

Улучшает вкус томатов, благодаря повышению кислотности (Davis and Winsor, 1967).

3.2 Подкормка кальцием для получения мощных растений

Кальций выполняет три главные функции в растении:

- Он играет важную роль в формировании клеточных стенок и в строении растения. Около 90% кальция локализуется в клеточных стенках. Он действует как фактор сцепления, который скрепляет клетки вместе и сохраняет структуру растительной ткани. Без кальция останавливается развитие новых тканей (деление клеток и их растяжение и увеличение в объеме) в корнях и побегах. Дефицит кальция сильно сказывается на урожайности. Кальций – главный питательный элемент, ответственный за плотность плодов томата. Он замедляет старение растения, в результате чего листья живут дольше и сохраняют способность осуществлять фотосинтез.
- Кальций сохраняет целостность клеточных мембран. Это важно для правильного функционирования механизмов поглощения, а также для предотвращения просачивания питательных элементов из клеток.
- Он также является центральным элементом защитных механизмов растения, которые помогают растениям обнаруживать внешние стресс-факторы и должным образом реагировать на них. Обе функции, которые кальций выполняет в системе защиты растения и в обеспечении прочности тканей, важны для устойчивости растения к воздействию патогенов и порче (гниению) плодов во время хранения.

Одной особенностью кальция является то, что он транспортируется почти исключительно с транспирационным током по ксилеме, то есть он главным образом распределяется из корней в листья – главные органы транспирации (Рисунок 35). С другой стороны, плоды с низкой интенсивностью транспирации плохо снабжаются кальцием. Только 5% кальция поступает в плод (Таблица 8). Поэтому временная кальциевая недостаточность может легко возникать в плодах, особенно в периоды быстрого роста, приводя к некрозу верхушки плода – заболеванию, называемому вершинной гнилью плодов томата (blossom end rot, BER).

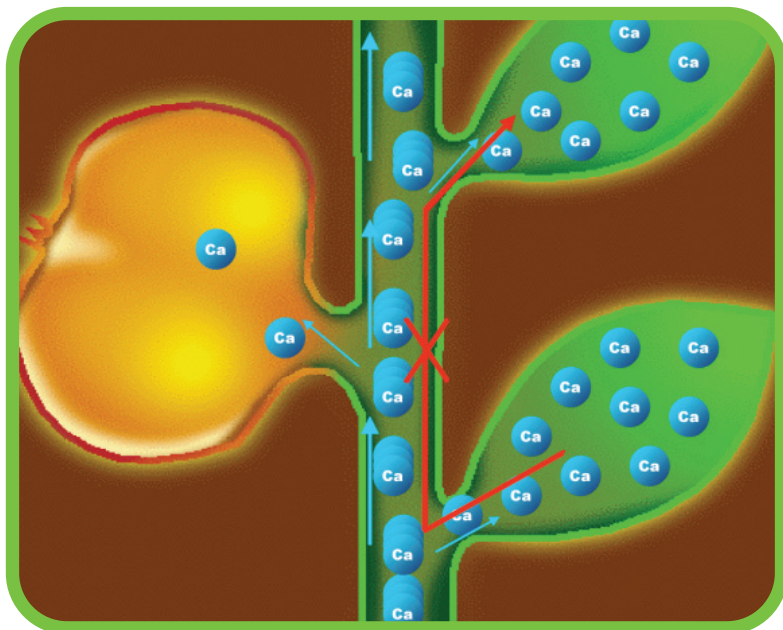


Рисунок 35. Транспорт кальция в растении.

Таблица 8. Распределение питательных элементов и сухого вещества между органами растения, выраженное в процентах от их общего содержания.

Питательный элемент и сухое вещество	Листья %	Стебель %	Боковые побеги %	Все вегетативные органы %	Плоды %	Итого %
N	23	8	8	39	61	100
P	20	15	5	40	60	100
K	19	11	5	34	66	100
Ca	76	15	4	95	5	100
Mg	50	15	5	70	30	100
S	72	8	4	83	17	100
Сухое в-во	20	14	4	38	62	100

Источник: Voogt, 1993.

Факторы, которые либо увеличивают транспирационный ток к листьям (климатические и погодные условия), либо снижают доступность кальция для поглощения растениями (засуха, высокая электропроводность/засоленность, дисбаланс питательных веществ), будут повышать риск возникновения вершинной гнили плодов томата. Только достаточное и постоянное обеспечение растений кальцием в водорастворимой форме с нитратом кальция может предотвратить кальциевую недостаточность.

3.3 Основные трудности при выращивании томатов, связанные с недостатком калия и кальция

В Таблице 9 приводятся основные трудности при выращивании томатов, связанные с дисбалансом питательных веществ, вызванным недостаточностью калия и кальция.

Таблица 9. Основные проблемы при выращивании томатов и их связь с дисбалансом питательных веществ, вызванным недостаточностью калия и кальция.

	Осн. трудности при выращ. томатов	Связанные с	
		К	Са
Продуктивность растения	Низкая урожайность	x	x
	Неоднор. по размеру, недружное созревание	x	
	Ограниченное завязывание плодов	x	
	Нет увеличения в объеме/ мелкие плоды	x	
Наружное качество	Неинтенсивная окраска плодов	x	
	Мягкие плоды/ не плотные	x	x
	Ограниченный срок хранения	x	x
Внутреннее качество (вкус)	Низкий °Brix (растворимых сухих веществ)	x	x
	Недостаточная кислотность	x	
Болезни и дефекты	Вершинная гниль плодов		x
	Растрескивание плодов	x	x
	Солнечный ожог	x	x
Толерантность / Устойчивость	Водный режим (засуха / транспирация)	x	x
	Болезни (грибные)	x	x
	Засоленность	x	x

3.4 Краткое обобщение основных функций питательных элементов

В Таблице 10 приводятся основные функции всех питательных элементов.

Таблица 10. Основные функции всех питательных элементов.

Питательный эл-т	Символ	Основные функции
Азот	N	Синтез хлорофилла и белков (рост и урожайность).
Фосфор	P	Деление клеток, перенос энергии.
Калий	K	Транспорт сахаров. Регуляция водного режима.
Кальций	Ca	Лежкость плодов, пониженная восприимчивость к болезням
Сера	S	Синтез незаменимых аминокислот: цистеина и метионина.
Магний	Mg	Центральная часть молекулы хлорофилла.
Железо	Fe	Синтез хлорофилла.
Марганец	Mn	Необходим для фотосинтеза.
Бор	B	Принимает участие в формировании клеточной стенки (пектин и лигнин), является структурным компонентом клеточной стенки. Участвует в обмене и транспорте сахаров. Необходим для цветения, завязывания плодов и развития семян (прорастания пыльцы + роста пыльцевых трубок).
Цинк	Zn	Рост и развитие на ранних стадиях (ауксины).
Медь	Cu	Влияет на углеводный и азотный обмен. Активатор ферментов в производстве лигнина и меланина.
Молибден	Mo	Компонент ферментов нитратредуктаза ($\text{NO}_3 \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{NH}_3$) и нитрогеназа превращение ($\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3$) в азотфиксирующих бактериях Rhizobium).

4 Общие нормы, облегчающие организацию питания растений

Знание общих норм (обеспечения растений питательными элементами) важно для агронома, чтобы он мог давать производителю томатов объективные рекомендации с учетом требований целевого рынка и запросов потребителей. В настоящей главе приводятся кривые поглощения питательных веществ растениями томата, выращиваемыми в почве в открытом грунте и на субстрате из минеральной ваты в теплице.

Кривые поглощения питательных веществ отражают поглощение растением определенного питательного элемента за фенологическую фазу. Можно построить кривые поглощения питательных веществ отдельно для надземной части растения (цветки, листья, стебли и плоды) и для подземной части (корни, запасающие органы). Кривые поглощения питательных веществ растениями служат основой для рекомендаций по удобрению растений.

Приводятся нормы азотного питания для томатов, выращиваемых в открытом грунте, для томатов, предназначенных для переработки, и для томатов, выращиваемых на минеральной вате в теплице.

4.1 Питание растений томата при выращивании в открытом грунте

4.1.1 Кривые поглощения питательных веществ растениями томата при выращивании в открытом грунте

На Рисунках 36, 37, 38 и 39 представлены кривые поглощения азота (N), фосфора (P) и калия (K) на протяжении цикла развития растений томата, выращиваемых в юго-восточных районах Франции, при расчетной урожайности 90 тонн на 1 га (Dumas, 2005).

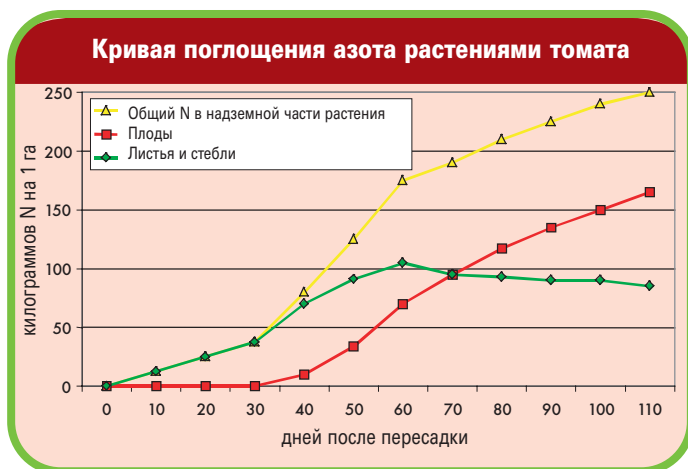


Рисунок 36. Поглощение азота плодами, листьями и стеблями и поглощение общего азота надземной частью растений в культуре томата, выращиваемой в открытом грунте и характеризующейся урожайностью 90 тонн на 1 га.

Кривая поглощения фосфора растениями томата

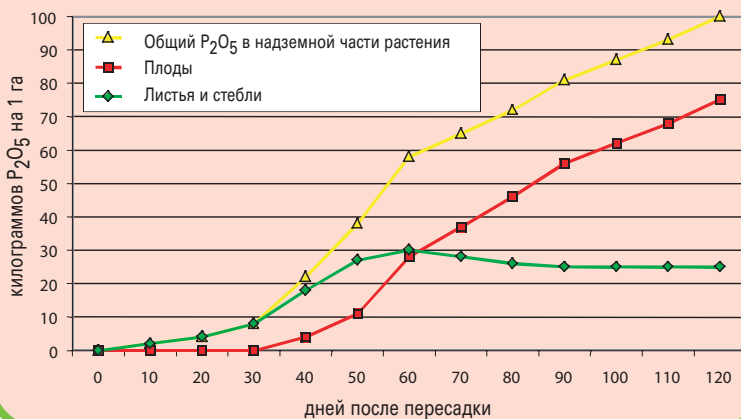


Рисунок 37. Поглощение P₂O₅ плодами, листьями и стеблями и общего P₂O₅ надземной частью растения в культуре томата, выращиваемой в открытом грунте и характеризующейся урожайностью 90 тонн на 1 га.

Кривая поглощения калия растениями томата

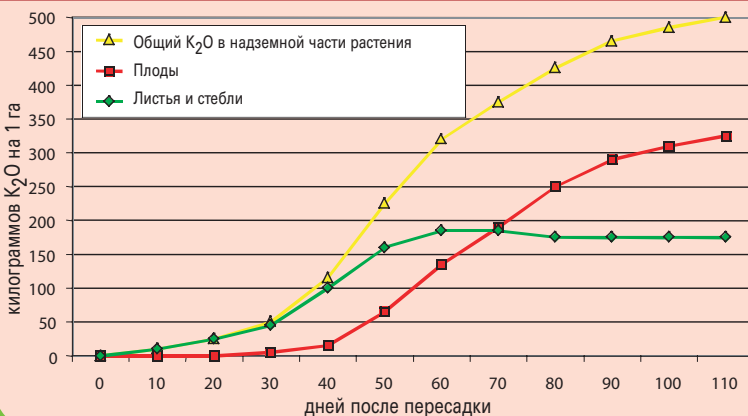


Рисунок 38. Поглощение K₂O плодами, листьями и стеблями и общего K₂O надземной частью растения в культуре томата, выращиваемой в открытом грунте и характеризующейся урожайностью 90 тонн на 1 га.

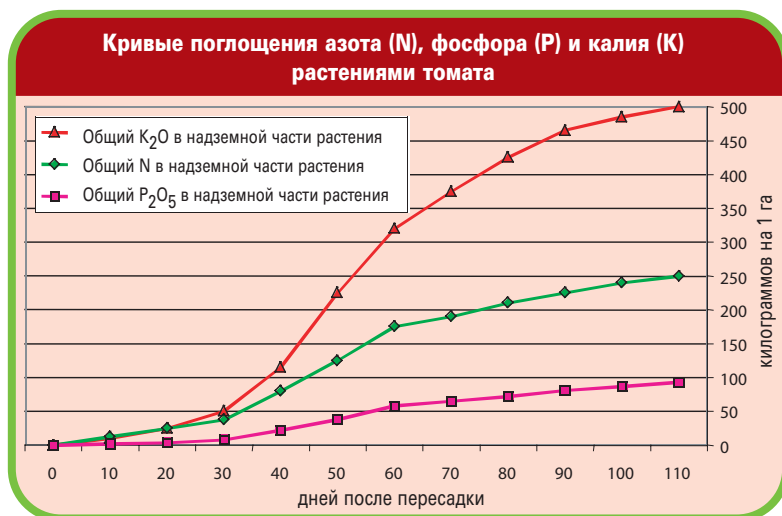


Рисунок 39. Поглощение общего азота (N), P_2O_5 и K_2O надземной частью растения в культуре томата, выращиваемой в открытом грунте и характеризующейся урожайностью 90 тонн на 1 га.

4.1.2 Организация азотного питания растений томата при выращивании в открытом грунте

Азот является главным питательным элементом, ответственным за увеличение листовой поверхности, и поэтому должен присутствовать в растении с самых ранних стадий развития растения и далее. Принимая во внимание тот факт, что поглощение азота происходит на коротком отрезке времени, азот, вносимый в виде удобрения, должен быть немедленно доступен растению и, в идеале, в форме нитрата ($N-NO_3$), поскольку нитрат – это форма азота, которая легче поглощается растением. Рекомендуется вносить не более 20% общего азота в виде аммония и, по меньшей мере, 80% - в форме нитрата (Таблица 12).

4.1.3 Организация азотного питания при выращивании томатов для переработки

При выращивании томатов для переработки можно руководствоваться следующими рекомендациями по организации азотного питания растений:

- Во время основного внесения и на начальной стадии вегетации культуры используйте только $N-NH_4$, чтобы избежать резкого повышения уровня азотного питания в генеративной фазе.
- Создавайте «Азотное голодание».
- Начиная с фазы цветения и далее, овощевод должен уменьшать дозу вносимого азота. Он должен таким способом избегать избыточного вегетативного роста (листьев), который будет усложнять механизированную уборку томатов. Внесение ограниченных доз азота будет также способствовать одновременному и равномерному созреванию плодов и повышению в них содержания растворимых сухих веществ ($^{\circ}Brix$).

4.2 Питание растений томата при выращивании в теплице

На Рисунке 40 приведены кривые поглощения питательных веществ растениями томата при выращивании в теплице на субстрате из минеральной ваты со сбором урожая в течение круглого года. Во время цветения первых 10 кистей (= период повышенной плодовой нагрузки) происходит резкое повышение концентрации поглощаемого растением калия (ммоль/л), причем пик концентрации наблюдается в период между цветением 7-й и 10-й кистей. Это повышение уровня поглощения калия совпадает со снижением уровней поглощения кальция и магния.

В этой фазе, характеризующейся высокой плодовой нагрузкой, наблюдается уменьшение скорости роста корней, что приводит к снижению их способности поглощать кальций и магний. Соотношение уровней поглощения азота, фосфора и серы более или менее неизменно во времени. Рекомендуемые нормы внесения удобрений и их корректировка основаны на этих кривых поглощения питательных веществ растениями. Они соотносятся со стадией развития культуры, для которой выбирается определенное число соцветий во время цветения (Voogt and Sonneveld, 1998).

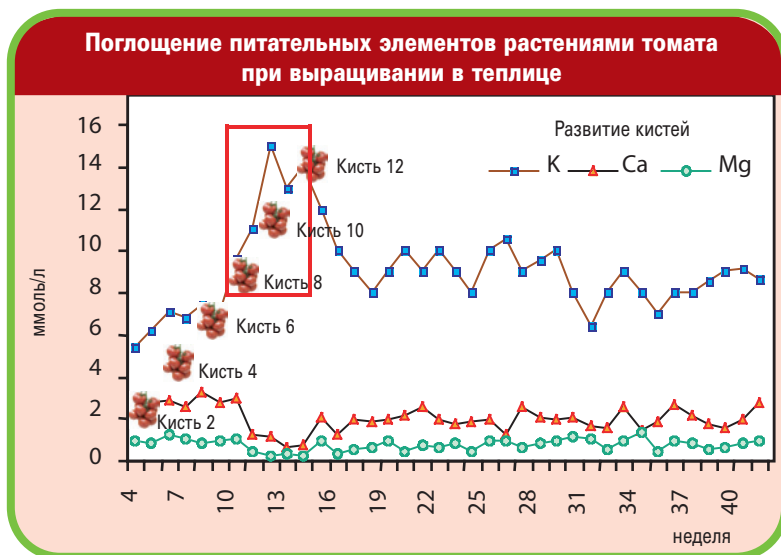


Рисунок 40. Поглощение калия (K), кальция (Ca) и магния (Mg) растением, как функция развития соцветий и функция времени.

В Таблице 11 приводятся данные по стандартному питательному раствору для растений томата, выращиваемых в теплице на субстрате из минеральной ваты с открытым дренажом, и их изменение в зависимости от фенологической стадии. Электропроводность раствора составляет 2,6 мСм/см. Изменения концентрации раствора выражаются в миллимолях на 1 л (ммоль/л) и в частях на миллион (по мере того как разбавленный питательный раствор поступает в растение).

Таблица 11. Стандартный питательный раствор для растений томата, выращиваемых в теплице на субстрате из минеральной ваты с открытым дренажом, концентрация которого изменяется в зависимости от фенологической фазы.

Томат на минвате с откр. дренажем, круглогодичный		NO ₃		K		Ca		Mg		SO ₄		H ₂ PO ₄		NH ₄		Fe		Mn		Zn		B		Cu		Mo	
		16		9,5		5,4		2,4		4,4		1,5		1,2		15		10		5		30		0,75		0,5	
Стандартный пит. раствор																											
Изменение по фенофазам																											
1	насыщение плит из минваты раствором	16		5,7		6,90		3,40		4,7		1,0		0,0		15		10		5		40		0,75		0,5	
2	от посадки до цветения 1-й кисти	17		8,5		5,90		2,90		4,4		1,5		1,2		15		10		5		30		0,75		0,5	
3	с момента цветения 1-го цветка 1-й кисти	16		9,5		5,40		2,40		4,4		1,5		1,2		15		10		5		30		0,75		0,5	
4	с момента цветения 1-го цветка 3-й кисти	16		10,0		5,28		2,28		4,4		1,5		1,2		15		10		5		30		0,75		0,5	
5	с момента цветения 1-го цветка 5-й кисти	16		11,3		4,78		2,15		4,4		1,5		1,2		15		10		5		30		0,75		0,5	
6	с момента цветения 1-го цв. 10-й кисти	16		10,0		5,28		2,28		4,4		1,5		1,2		15		10		5		30		0,75		0,5	
7	с момента цветения 1-го цв. 12-й кисти	16		9,5		5,40		2,40		4,4		1,5		1,2		15		10		5		30		0,75		0,5	

Томат на минвате с отк. дренажем, круглогодичный										частей на миллион																																																																																																																																											
Стандартный пит. раствор										частей на миллион																																																																																																																																											
N-NO ₃					K					Ca					Mg					S					P					N-NH ₄																																																																																																																							
224					371					216					58					141					47					17																																																																																																																							
Изменение по фенофазам																																																																																																																																																					
1 насыщение плит из минваты раствором										224										222										276										83										149										31										0																				0,84										0,55										0,33										0,43										0,048										0,048									
2 от посадки до цветения 1-й кисти										238										332										236										70										141										47										17																				0,84										0,55										0,33										0,32										0,048										0,048									
3 с момента цветения 1-го цветка 1-й кисти										224										371										216										58										141										47										17																				0,84										0,55										0,33										0,32										0,048										0,048									
4 с момента цветения 1-го цветка 3-й кисти										224										390										211										55										141										47										17																				0,84										0,55										0,33										0,32										0,048										0,048									
5 с момента цветения 1-го цветка 5-й кисти										224										439										191										52										141										47										17																				0,84										0,55										0,33										0,32										0,048										0,048									
6 с момента цветения 1-го цв. 10-й кисти										224										390										211										55										141										47										17																				0,84										0,55										0,33										0,32										0,048										0,048									
7 с момента цветения 1-го цв. 12-й кисти										224										371										216										58										141										47										17																				0,84										0,55										0,33										0,32										0,048										0,048									

Данные (с изменениями) приводятся по: Bepestingsadviesbasis substraten, 1999.



В Таблице 12 приведены средние значения поглощения питательных веществ растениями томата, выращиваемыми в длительной культуре в 5 различных теплицах в Голландии. Поглощение питательных веществ целым растением (листья + стебли + плоды) дано в расчете на 1 тонну урожая плодов. Средняя урожайность составила 40 кг/м² или 400 тонн/га.

Таблица 12. Средние значения поглощения питательных веществ растениями томата, выращиваемыми в длительной культуре в 5 различных теплицах в Голландии.

	кг пит. в-ва/ тонну плодов
N	2,2
P	0,5
K	3,9
Ca	1,6
Mg	0,4
S	0,6

	кг пит. в-ва/ тонну плодов
N	2,2
P ₂ O ₅	1,2
K ₂ O	4,7
CaO	2,2
MgO	0,6
SO ₃	1,5

С изменениями по: Voogt, 1993.

В Таблице 13 кратко обобщаются максимальные рекомендуемые уровни аммония для растений томата, выращиваемых на гидропонике и в почве, позволяющие избежать поражения плодов вершинной гнилью (BER).

Таблица 13. Максимальные рекомендуемые уровни аммония для растений томата, выращиваемых на гидропонике и в почве, позволяющие избежать поражения плодов вершинной гнилью (BER).

Система выращивания томата	Максимальный уровень NH ₄ ⁺ в % от общего N	Причина
Гидропоника	5-7	чтобы избежать BER
Почва	20	чтобы избежать BER

Источник Voogt, 2002.



5 Визуально различимый дисбаланс питательных элементов, выражающийся в недостаточности или избытке питательных веществ

Визуальное описание (с использованием фотографий) дисбаланса питательных элементов, выражающегося в недостаточности или избытке питательных веществ (в дальнейшем, для краткости: «дисбаланс из-за недостаточности питательного элемента» и «дисбаланс из-за избытка питательного элемента»; примечание переводчика), является удобным способом определения причины такого дисбаланса. Рекомендуется получить подтверждение и добиться лучшего понимания природы симптомов с помощью анализа растения, почвы и/или воды, выполненного квалифицированной лабораторией. Например, визуально различимый дисбаланс из-за недостаточности определенного питательного элемента может быть вызван дисбалансом из-за избытка другого питательного элемента.

Ниже описываются и иллюстрируются с помощью фотографий симптомы дисбаланса из-за недостаточности питательного элемента. В некоторых случаях приводятся описания и фотографии симптомов дисбаланса из-за избытка питательного элемента.

- Медленный рост растения.
- Желто-зеленые листья, с преждевременным отмиранием самых старых листьев.
- Новые развивающиеся листья – мелкие.
- Толстые и жесткие стебли.
- Низкий процент завязывания плодов из-за опадения цветочных почек.
- Мелкие плоды и зеленые плоды перед созреванием.
- Пониженная урожайность.



Рисунок 41. Дисбаланс из-за недостаточности азота (N).

- Очень темная сине-зеленая или багрянистая пурпурная окраска нижней поверхности листа охватывает как жилки, так и межжилковые участки. Зрелые листья маленькие, с загнутыми книзу листочками, стебли тонкие и чахлые, а корни коричневые и образуют мало боковых ответвлений.



Рисунок 42. Дисбаланс из-за фосфорной недостаточности.

- У молодых растений темно-зеленые листья, небольшие стебли и короткие междоузлия.
- Некроз края листа у самых старых листьев, лист загнут вверх.
- У самых старых листьев имеются некротические пятна в межжилковых участках.
- Плоды легко опадают во время созревания.
- Расплывчатые пятна на созревающих плодах (Hewitt, 1944).
- Плоды безвкусные, с недостаточной кислотностью (Hewitt, 1944).
- На поверхности плода имеются зеленые и желтые участки, сливающиеся с красной окраской (Wallace, 1951).
- Неравномерное созревание плодов (Hewitt, 1944).
- «Глянцевитые» расплывчатые пятна (Seaton and Gray, 1936).
- Уменьшенная высота растения и листовая поверхность (White, 1938).
- Уменьшенное число плодов на кисть (Clarke, 1944).
- Пониженная завязываемость плодов (Clarke, 1944).
- Пониженная средняя масса плода (Clarke, 1944).



Рисунок 43. Дисбаланс из-за калийной недостаточности.



Рисунок 44. Недостаточно интенсивная окраска плодов.



Рисунок 45. Растрескивание кожицы.



Рисунок 46. Лист с симптомами калийной недостаточности.

Дисбаланс из-за кальциевой недостаточности приводит к:

- Выгоранию молодой поросли и гибели точек роста, как на корнях, так и на побегах.
- Листья саженцев деформируются и на них образуются желтые, коричневые или багровые некротические зоны, начинающиеся на краю листа и простирающиеся в межжилковые участки.
- У взрослых растений края самых молодых листьев становятся коричневыми, а некоторые межжилковые участки желтеют.
- Точка роста отмирает, а цветочные почки не развиваются.
- Плоды поражаются вершинной гнилью.



Рисунок 47. Симптомы дисбаланса, вызванного кальциевой недостаточностью.



Рисунок 48. Дисбаланс из-за избытка кальция (золотистая пятнистость), вызванный накоплением оксалата кальция под кожей и проявляющийся в виде небольших пятен на плечике плода (на пояске вокруг места прикрепления плодоножки).

- Пожелтение старых листьев томата и образование у них белых хлоротичных и некротических межжилковых тканей.



Рисунок 49. Симптомы дисбаланса, вызванного магниевой недостаточностью.

Симптомы серной недостаточности сходны с симптомами азотной недостаточности, однако они начинают проявляться на молодых листьях, поскольку сера не столь легко перемещается в растении, как азот.

- Бледно-зеленая окраска молодых листьев.



Рисунок 50. Симптомы дисбаланса, вызванного серной недостаточностью.

- Хлороз тканей верхушки листа, особенно у растений томата, выращиваемых на почве с высоким уровнем pH. Свободный CaCO_3 может вызывать недостаточность железа.



Рисунок 51. Симптомы дисбаланса, обусловленного недостаточностью железа.



Рисунок 52. Дисбаланс, вызванный недостаточностью железа.

Вызванный недостаточностью цинка дисбаланс приводит к тому, что:

- Растение томата развивается низкорослым и чахлым, с белыми и некротическими пятнами в межжилковых зонах старых листьев.



Рисунок 53. Симптомы дисбаланса, вызванного цинковой недостаточностью.



Рисунок 54. Симптомы вызванного избытком цинка дисбаланса, с пожелтением межжилковых участков на листочках (сложного листа).

Вызванный недостаточностью марганца дисбаланс приводит к:

- Хлорозу междолевых участков у распустившихся молодых листьев, причем жилки остаются зелеными.



Рисунок 55. Симптомы дисбаланса, вызванного недостаточностью марганца.



Рисунок 56. Вызванный избытком марганца дисбаланс, обычно проявляющийся в виде черных отложений (здесь не показано) вокруг жилок листа, с пожелтением окружающих их тканей, причем это пожелтение постепенно распространяется по всему листу.

- Вызванный недостаточностью бора дисбаланс приводит к тому, что саженцы томата оказываются сильно угнетенными. Может вызываться избытком известкового удобрения.



Рисунок 57. Симптомы дисбаланса, вызванного недостаточностью бора.



Рисунок 58. Дисбаланс, вызванный недостаточностью бора.



Рисунок 59. Симптомы вызванного избытком бора дисбаланса, с мелкими коричневыми пятнами вдоль краев листочков (сложного листа).

- Края зрелых листьев обычно загибаются вверх и внутрь. Может наблюдаться в органических субстратах, таких как торф.



Рисунок 60. Симптомы недостаточности меди.

- Вначале недостаточность молибдена проявляется как хлоротичная крапчатость в межжилковых зонах старых листьев. Самые мелкие жилки тоже становятся хлоротичными. Края листа скручиваются вверх.



Рисунок 61. Симптомы дисбаланса, вызванного недостаточностью молибдена.

6 Особенности продукта специализированного питания растений, обеспечивающие эффективность устранения дисбаланса питательных элементов

В настоящей главе рассматривается, какие имеются удобрения и почему некоторые удобрения лучше других в устранении дисбаланса питательных элементов путем удовлетворения потребностей растения в процессе его роста и развития.

6.1 Выбор удобрения

Имеется несколько возможностей выбора удобрений для подкормки растений томата. Подкормку можно производить с помощью гранулированных продуктов для специализированного питания растений в полевых условиях (Qrop™), водорастворимых продуктов специализированного питания растений для удобрительного орошения (Ultrazol™) или комбинации двух продуктов. Можно дополнительно выбрать продукт специализированного питания растений для некорневой подкормки (Speedfol™).

Выбор продукта зависит главным образом от:

- Системы выращивания томата (например, богарная/неорошаемая, с поливом затоплением, на капельном орошении).
- Экономики возделывания культуры (отношение дохода к издержкам).
- Доступности удобрений.
- Знаний о продукте (удобрении) и его применении (по цепочке: фермер, консультант по удобрениям, агент по продаже).
- Удобства в применении.

Ultrazol™ **Qrop™**

Speedfol™
Foliar Certified Solutions



6.2 Специализированное питание растений в расчете на отдельный питательный элемент

6.2.1 Азот

Мочевина, аммоний и нитрат, будучи тремя основными формами азота в азотных удобрениях, подвергаются различным процессам в почве (Рисунок 62).



Рисунок 62. Процесс химического превращения в почве при использовании удобрений, содержащих мочевину, аммоний и нитрат.

6.2.1.1 Мочевина

Мочевина не может непосредственно использоваться растениями. Однако, попав в почву, она быстро гидролизуется в аммоний. До гидролиза или в процессе него могут происходить потери азота в результате выноса мочевины или выделения аммиака. Мочевина электрически нейтральна и, поэтому, не будет адсорбироваться на заряженные слои почвы. Следовательно, она будет легко перемещаться к границам смоченного шарика в системе капельного орошения и становится недосягаемой для корней растения.

6.2.1.2 Аммоний

Аммоний легко связывается с почвенными частицами, что делает его менее подверженным выщелачиванию (выносу). В то же время он по этой причине остается почти неподвижным в почве, что ограничивает его доступность растениям. Большая часть аммония превращается в нитрат до поглощения его растением. До этого процесса нитрификации могут происходить потери значительных количеств аммония в виде аммиака (NH_3) на почвах с высоким уровнем pH.

Процесс превращения мочевины и аммония в нитрат может продолжаться от одной до нескольких недель, в зависимости от pH, влажности, температуры и наличия в почве определенных бактерий (нитрифицирующих бактерий *Nitrosomonas* и *Nitrobacteria*).

Большое количество аммония в корневой зоне может приводить к голоданию корней при высокой температуре в корневой зоне из-за потери кислорода, обусловленной процессом нитрификации.

Аммоний конкурирует за возможность быть поглощенным корнями растения с другими катионами (антагонизм), такими как калий, магний и кальций, а это может вызывать нарушения питания растений. В частности, избыток аммония может приводить к проблемам, связанным с вершинной гнилью плодов томата (BER; Рисунок 12), возникающим в результате недостатка кальция в плодах, даже если в питательном растворе имеется достаточное количество кальция.

Применение аммония на карбонатных почвах с уровнем pH > 7,5 будет приводить к образованию и улетучиванию аммиака (NH_3).

6.2.1.3 Нитрат

С другой стороны, растения могут непосредственно поглощать нитрат, вносимый в почву. Он не нуждается в каком-либо превращении и, поскольку нитрат растворим в почвенном растворе, легко приходит в соприкосновение с корнями. Дробное внесение нитратных удобрений позволяет очень точно регулировать снабжение культуры азотом. Нитрат не летуч, и это означает, что не происходит потери азота в виде выделения аммиака. При поглощении питательных элементов растениями между анионами и катионами существует синергизм. Нитрат, будучи анионом, способствует поглощению катионов (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и NH_4^+) (Рисунок 63). В листьях происходит превращение нитрата в аминокислоты. Это энергетически эффективный процесс, поскольку для превращения используется солнечная энергия. Процесс превращения аммония происходит главным образом в корнях. Для поддержания процесса превращения растению приходится сжигать сахара. Это означает, что меньше сахаров остается для роста и для развития плодов. Нитрат не связывается с почвенными частицами и поэтому подвержен выщелачиванию. Однако правильная организация орошения может свести к минимуму риск потери азота из-за выщелачивания.

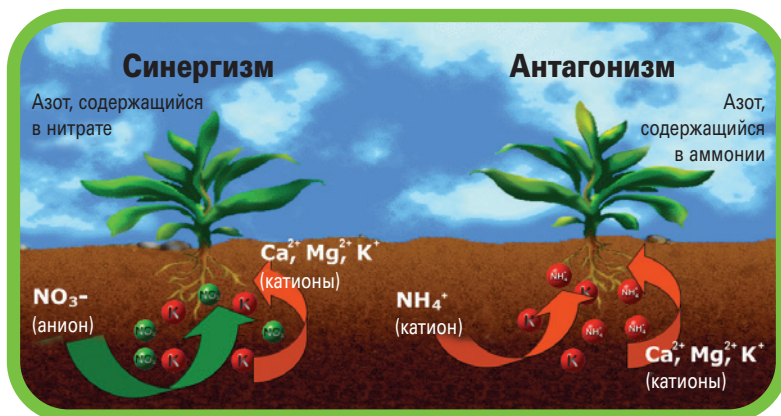


Рисунок 63. Синергизм и антагонизм между катионами и нитратом или аммонием как источниками азота, наблюдающиеся в процессе поглощения питательных элементов растением в корневой зоне.

6.2.1.4 Нитрат как альтернатива сульфату и хлориду в питании растений томата

Концентрация хлорида в корневой зоне положительно влияет на поглощение кальция растением. При увеличении концентрации SO_4^{2-} и, особенно, Cl^- снижалась частота поражения плодов вершинной гнилью (BER). С другой стороны, высокое содержание Cl^- усиливало проявление симптомов золотистой точечности плодов (Рисунки 64 и 65).



Рисунок 64. Золотистая точечность плодов томата.



Рисунок 65. Золотистая точечность: мелкие пятнышки на плечике томата.

Золотистая точечность проявляется в виде мелких пятен на плечике плода, что портит его внешний вид. Золотистая точечность вызывается накоплением оксалата кальция под кожей плода. Это заболевание часто появляется у определенных сортов томата, или в условиях высокой влажности. Повышенные уровни хлорида способствуют более интенсивному поглощению кальция растениями и повышают частоту поражения золотистой точечностью (но снижают частоту заболевания вершинной гнилью плодов, BER).

Повышение концентрации Cl^- и SO_4^{2-} снижает лежкость плодов, поскольку сильно пораженные золотистой точечностью томаты не способны долго храниться (Nukaya *et al.*, 1991). Хотя использование Cl^- (для частичной замены N-NO_3^-) широко распространено в настоящее время, необходимо тщательно регулировать количество вносимого хлорида, во избежание поражения томатов золотистой точечностью. Дополнительную информацию по этому вопросу можно найти в разделе 6.2.5 Хлорид.

6.2.1.5 Азотсодержащее специализированное питание растений

К нитратным удобрениям относятся нитрат калия, нитрат магния, нитрат кальция и нитрат аммония. Нитрат кальция ($15,5\% \text{ N} = 14,3\% \text{ N-NO}_3^- + 1,2\% \text{ N-NH}_4^+$) также частично обеспечивает аммонийный азот, которого может быть достаточно для регулирования уровня pH в гидропонике. Нитрат аммония используется в небольших количествах в теплицах для регулирования уровня pH в корневой зоне и в удобрительном орошении, как часть общего вносимого азота, при выращивании томатов в открытом грунте (Таблица 14). Мочевина является менее предпочтительным источником азота из-за ее неэффективности.

Таблица 14. Основные азотные удобрения с разбивкой по типу источника азота.

Основная форма азота в удобрении	Тривиальное название	Химическая формула
Нитрат	Нитрат калия	KNO_3
	Нитрат натрия и калия	$\text{KNO}_3 \cdot \text{NaNO}_3$
	Нитрат кальция твердый	$(5(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3) \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
	Нитрат кальция жидкий	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ в растворе
	Нитрат магния	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
	Нитрат аммония	NH_4NO_3
	Азотная кислота	HNO_3
Аммоний	Сульфат аммония	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
	Моноаммонийфосфат (MAP)	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
	Диаммонийфосфат (DAP)	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
Мочевина	Мочевина	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
	Мочевинафосфат	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{H}_3\text{PO}_4$



6.2.2 Фосфор

Все фосфорные удобрения являются рН-буферами. Однако некоторые из них являются более сильными подкислителями, чем другие. Еще одно различие фосфора заключается в его химической чистоте и растворимости (т.е. в количестве нерастворимых веществ). Например, имеется два сорта моноаммонийфосфата (МАР): для удобрения растений, выращиваемых в открытом грунте в полевых условиях, и для удобрительного орошения (фертигации). Поэтому решение о выборе фосфорного удобрения должно приниматься в зависимости от желаемого эффекта удобрения на уровень рН воды и почвы и от его растворимости.

Таблица 15. Характеристики фосфорных удобрений.

Тривиальное название	Химич. формула	Характеристики
Моноаммонийфосфат (МАР)	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	для почв с рН > 7,5
Диаммонийфосфат (DAP)	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	для почв с рН 6-7,5
Монокалийфосфат (МКР)	KH_2PO_4	
Тройной суперфосфат (TSP)	гл. обр. $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	для почв с рН < 6
Мочевинафосфат	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{H}_3\text{PO}_4$	сильный подкислитель в жидкой форме
Фосфорная кислота	H_3PO_4	сильный подкислитель в жидкой форме

В системах удобрительного орошения фосфор нельзя смешивать с кальцием в высококонцентрированном маточном (исходном) растворе. Это будет приводить к осаждению фосфатов кальция.

6.2.3 Калий

Таблица 16. Характеристики калийных удобрений.

Тривиальное название	Химич. формула	Характеристики
Нитрат калия	KNO_3	Идеальное калийное удобрение на всех стадиях роста, а также обеспечивает часть потребности растения в нитрате. Высокая растворимость при концентрации 320 г/л при 20°C.
Нитрат натрия и калия	$\text{KNO}_3 \cdot \text{NaNO}_3$	Идеальный продукт с 15% N-нитрата, 14% K_2O . Содержит 19% Na для повышения осмотического давления почвенного раствора с целью увеличения индекса °Brix и содержания сухого вещества в плодах – оба показателя важны для переработчиков.
Сульфат калия	K_2SO_4	Идеальное удобрение для завершающей фазы роста, когда растения не нуждаются в азоте. Сульфат калия имеет ограниченную растворимость – примерно 6% (при смешивании с другими удобрениями).
Бикарбонат калия	KHCO_3	Используется главным образом для корректирования уровня pH в сторону его повышения.
Хлористый калий	KCl	Смотрите раздел 6.2.5 Хлорид

6.2.4 Кальций

Таблица 17. Характеристики кальцийсодержащих удобрений.

Тривиальное название	Химич. формула	Характеристики
Нитрат кальция, твердый	$(5(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3) \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$	Наиболее широко используемый водорастворимый источник кальция. Твердый нитрат кальция содержит некоторое количество аммония для регулирования уровня pH в гидропонике.
Нитрат кальция, жидкий	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ в растворе	Не содержит аммония и может использоваться, когда не требуется аммоний.
Хлорид кальция	CaCl_2	Смотрите раздел 6.2.5 Хлорид

6.2.5 Хлорид

Основными источниками хлорида являются CaCl_2 , MgCl_2 , KCl и NaCl . Хлор иногда используют для улучшения вкуса томата. Однако избыток хлора может легко привести к:

Засолению корневой зоны.

Конкуренции с другими анионами (NO_3^- , H_2PO_4^- , SO_4^{2-}) за участки поглощения (питательных веществ) на корнях, в результате чего возникают различные нарушения баланса питательных веществ.

Поражению плодов золотистой точечностью (обусловленный избытком кальция дисбаланс, вызванный избытком хлора).

Снижению лежкости плодов. С повышением концентрации хлора снижается лежкость плодов, поскольку сильно пораженные золотистой точечностью томаты не способны долго храниться (Nukaуа *et al.*, 1991).

6.2.6 Магний

Таблица 18. Характеристики магниевых удобрений.

Тривиальное название	Химич. формула	Характеристики
Сульфат магния	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Является наиболее широко используемым источником магния. Его нельзя смешивать с кальцием в резервуаре для исходного раствора (образуется гипс (CaSO_4)).
Нитрат магния	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Быстро растворяется и характеризуется высокой растворимостью, даже при низкой температуре. Совместим со всеми другими источниками удобрения в обычно рекомендуемых дозах.

6.2.7 Сера

Таблица 19. Характеристики удобрений, содержащих серу.

Тривиальное название	Химич. формула	Характеристики
Сульфат магния	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	Используется для доведения удовлетворения потребности растений в магнии до полного и для частичного снабжения их серой.
Сульфат калия (SOP)	K_2SO_4	Используется для удовлетворения остальной потребности растений в сере и части потребности в калии в питании растений томата.
Сульфат аммония	$(NH_4)_2SO_4$	Его использование должно быть ограничено рекомендуемыми количествами серы и аммония, чтобы избежать засоления и нарушения баланса питательных веществ в корневой зоне.
Серная кислота	H_2SO_4	Сильная кислота. Ее использование должно быть ограничено рекомендуемыми количествами серы и кислоты.

Сульфат нельзя смешивать с кальцием в высококонцентрированном исходном растворе, поскольку это приведет к осаждению сульфата кальция (образованию гипса).

6.2.8 Водорастворимые и гранулированные полные удобрения (азот, фосфор, калий)

Кроме упомянутых простых удобрений, на рынке имеются многочисленные рецептуры водорастворимых и гранулированных смесей полного удобрения (NPK). Полные удобрения – хорошая альтернатива простым удобрениям, если они удовлетворяют потребности растения в питательных веществах на различных стадиях роста. Их можно сгруппировать по фенологическим фазам (Ultrasol™: для подкормки на начальных стадиях развития растения, для улучшения развития, роста, плодоношения, многоцелевое, для улучшения окраски плодов, качества, для послеуборочного хранения, и специальная рецептура), или по рецептуре для определенных культур (Ultrasol™ для подкормки растений томата, сладкого перца, огурцов, цветов, клубники, салата-латука). Сходное подразделение существует для продукта специализированного питания растений в полевых условиях – Qrop™.

6.2.9 Краткое обобщение наиболее широко используемых водорастворимых и гранулированных удобрений, содержащих макроэлементы и мезоэлементы

В Таблице 20 обобщены наиболее широко используемые водорастворимые и гранулированные удобрения и возможные ограничения на их использование при выращивании томатов. Представленную в таблице информацию следует читать следующим образом. Каждая точка пересечения строки и столбца таблицы представляет собой определенное удобрение. Например: где пересекается нитрат и калий, ячейка таблицы в точке пересечения представляет собой нитрат калия; в месте пересечения фосфора (P) и калия (K) – монокалийфосфат и т.д.

Таблица 20. Краткий обзор наиболее широко используемых водорастворимых и гранулированных удобрений и возможных ограничений на их использование при выращивании томатов.

	H кислота	N-NO ₃ нитрат	N-NH ₄ аммоний	N-NH ₂ мочевина	P фосфор	K калий	Ca кальций	Mg магний	S сера	Cl хлорид
H кислота		X			X				X	
N-NO ₃ нитрат	X		X			X	X	X		
N-NH ₄ аммоний		X			X				X	
N-NH ₂ мочевина					X					
P фосфор	X		X	X		X	X			
K калий		X			X				X	
Ca кальций		X			X			X		
Mg магний		X					X		X	
S сера	X		X			X		X		
Cl хлорид										
NPК		X	X		X	X		X		

X предпочтительный источник
 X источник ограниченного использования
 не рекомендуется

6.2.10 Питательные микроэлементы

В Таблице 21 обобщены основные источники питательных микроэлементов, используемых в удобрительном орошении, некорневой подкормке и подкормке растений в открытом грунте в полевых условиях. При использовании для удобрительного орошения и некорневой подкормки железо (Fe) должно вноситься в форме хелата (внутрикомплексного соединения, комплексона). Тип хелата зависит от уровня pH поливной воды и почвы: Fe-EDTA (Fe-этилендиаминтетраацетат) (pH < 6), Fe-DTPA (Fe-диэтиленetriаминпентауксусная кислота) (pH < 7) и Fe-EDDHA (Fe-этилендиаминдигидроксибензилуксусная кислота) (pH > 7). В случае EDDHA, по меньшей мере, 50% железа (Fe) должно быть хелатировано изомером орто-орто, тогда как 80% орто-орто обеспечит наиболее высокую устойчивость железа в хелате. Помимо продуктов, перечисленных в Таблице 21, имеются многочисленные смеси микроэлементов и другие продукты специализированного питания растений. Чтобы получить дополнительную информацию об этих продуктах, свяжитесь с вашим местным агрономом или дистрибутором компании SQM.

Таблица 21. Обобщение основных источников питательных микроэлементов, используемых в удобрительном орошении, некорневой подкормке и подкормке растений в открытом грунте в полевых условиях.

Символ	Питательный эл-т	Основ. источники	Замечания
Fe	Железо	EDTA	Для удобрительного орошения при pH<6 и в качестве некорневой подкормки.
		DTPA	Для удобрительного орошения при pH<7.
		EDDHA	Для удобрительного орошения при pH>7.
Zn	Цинк	EDTA	EDTA растворяется легче, чем сульфат.
		Сульфат	
Mn	Марганец	EDTA	EDTA растворяется легче, чем сульфат.
		Сульфат	
Cu	Медь	EDTA	EDTA растворяется легче, чем сульфат.
		Сульфат	
B	Бор	Борная кислота	Подкисляющее действие. Растения поглощают бор только в виде борной кислоты, поэтому последняя является самым эффективным источником бора.
		Борат натрия	Щелочная реакция.
		Улексит (натроборокальцит)	Борат натрия и кальция с 32% B ₂ O ₃ для постепенного освобождения бора. Это уменьшает риск токсичности бора и гарантирует длительный период снабжения растения бором.
Mo	Молибден	Молибдат натрия	Молибдат натрия – более дешевый источник.
		Молибдат аммония	

7 Практика подкормки растений и эффективные системы подкормки

Теперь, на основании информации, представленной в предыдущих главах настоящего Руководства по организации специализированного питания растений, можно разработать эффективную систему питания (подкормки) растений.

Ориентированные на конкретные культуры системы подкормки зависят от ряда переменных. Для выяснения того, какая система организации питания растений подходит для вашего региона, проконсультируйтесь у вашего местного дистрибьютора или агронома компании SQM.

Ниже мы приводим пример расчета рекомендуемой дозы удобрения для растений томата при выращивании в открытом грунте.

Для определения рекомендуемой дозы удобрения для растений томата при выращивании в открытом грунте необходимо выполнить следующие шаги:

- Провести анализ почвы или почвенного раствора и воды перед посадкой.
- Сбалансировать состав и содержание питательных элементов в почве в соответствии с результатами анализа и добавить стратегические запасы питательных веществ к основному внесению удобрений.
- При использовании гумуса или органического удобрения учитывайте тот факт, что это удобрение может высвобождать значительные количества питательных веществ в фазе роста. Эти количества следует учитывать при расчете окончательной системы удобрения.
- Схема удобрения должна основываться на поглощении питательных веществ в расчете на фенологическую фазу, с учетом ожидаемого урожая, запасов питательных веществ в почве и эффективности поглощения питательных веществ в расчете на систему орошения.
- После вычисления общего количества питательных веществ, которое необходимо внести для получения ожидаемого урожая, можно осуществлять подбор удобрений для каждой фенологической фазы.
- Рекомендуется проводить повторный анализ почвы через 4-6 недель и 8-10 недель после посадки (фазы начала цветения и завязывания плодов), или осуществлять анализ почвенного раствора альтернативными методами на регулярной основе и, при необходимости, корректировать дозу удобрения.

В Таблице 22 показана потребность растений томата в питательных веществах при ожидаемом урожае 100 тонн томатов на 1 га на капельном орошении.

После вычисления общей потребности растений в питательных веществах из полученной цифры необходимо отнять количество питательных элементов, присутствующих в почве и в поливной воде и доступных для поглощения растениями. Уровень этих питательных элементов следует определять как водорастворимых питательных элементов. Подкисление поливной воды с помощью, например, фосфата мочевины, азотной или фосфорной кислоты может нейтрализовать карбонаты кальция и магния и бикарбонаты кальция и магния и, тем самым, повышать доступность этих питательных элементов для поглощения растениями. Остальную часть питательных веществ нужно распределить с учетом эффективности поглощения каждого питательного элемента при внесении его через систему капельного орошения. Пример расчета приведен в Таблице 23.

Следующий шаг заключается в том, чтобы произвести разбивку по фенологическим фазам. В Таблице 24 показана разбивка удобрений по отдельным питательным элементам и по фенологическим фазам. Умножение общего количества вносимых питательных веществ (кг/га) на количество питательных веществ, вносимое в расчете на фенологическую фазу (%), позволяет выяснить потребность растений в питательных веществах в расчете на фенологическую фазу в килограммах питательного элемента на 1 га. На основании Таблицы 24 можно вычислить количество водорастворимого удобрения на 1 га на фенологическую фазу. Узнайте у своего местного агронома компании SQM, какие продукты (удобрения) больше всего подходят для того, чтобы удовлетворить потребности растений во всех питательных элементах в соответствии с расчетами рекомендуемых доз, приведенными в этих таблицах.

Таблица 22. Потребности растений томата в питательных веществах при ожидаемой урожайности 100 тонн томатов на 1 га на капельном орошении.

Шаг	Характеристики почвы и растений томата	Ед-ца	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
1								
	Питательные вещества, необходимые для образования полога	kg/ha	95	27	130	260	95	76
	Питательные вещества, необходимые для плодоношения	kg/t	1,8	0,39	3,77	0,17	0,24	0,12
	Пит. в-ва, необходимые для производства плодов (тонн)	100	180	39	377	17	24	12
	Всего (полог + производство плодов)	kg/ha	275	66	507	277	119	88

С изменениями по: Fertirrigaçõ, 1999; Cristou et al., 1999; Voogt, 1993.

Таблица 23. Пример вычитания запаса питательных веществ (имеющихся в почве и поливной воде) из потребности растений томата в питательных веществах при ожидаемой урожайности 100 тонн томатов на 1 га на капельном орошении и поправки на эффективность поглощения каждого элемента, вносимого через систему капельного орошения.

Шаг	Характеристики почвы и растений томата	Ед-ца	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
2								
	Предположение: запасы в почве и воде/основное внесение	кг/га	55	36	82	187	59	43
	Предстоит внести путем удобрительного орошения	кг/га	220	30	425	90	60	45

Шаг	Эффек-сть поглощ. пит. в-в, вносимых через сист. кап. орош.	Ед-ца	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
3								
	Суммарная норма внесения удобрений	%	80	30	85	60	60	60
		кг/га	275	100	500	150	100	75

Таблица 24. Распределение питательных веществ по фенологическим фазам, выраженное в процентах и в кг/га.

Шаг	Фенофазы, в которые вносятся удобрения	DAT (*)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
4			%	%	%	%	%	%
	Укоренение пересаженных растений	0-14	5	17	5	5	5	5
	Развитие растений	15-28	12	17	7	15	20	20
	От начала цветения до нач. завязывания плодов	29-42	20	17	17	20	20	20
	От начала завязывания до формирования плодов	43-63	20	16	20	20	20	20
	От формирования плодов до первой уборки	64-84	17	17	18	20	20	20
	От первой уборки до полного урожая	85-112	17	16	18	15	15	15
	От полного урожая до конца уборки	113-140	9	0	15	5	0	0
		ИТОГО	100	100	100	100	100	100

Шаг	Фенофазы, в которые вносятся удобрения (сгруппированы)	DAT (*)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
5			кг/га	кг/га	кг/га	кг/га	кг/га	кг/га
I	От укоренения пересаженных растений до развития растений	0-28	47	34	60	30	25	19
II	От начала цветения до формирования плодов	29-63	110	33	185	60	40	30
III	От формирования плодов до полного урожая	64-112	94	33	180	53	35	26
IV	От полного урожая до конца уборки	113-140	25	0	75	8	0	0
		ИТОГО	275	100	500	150	100	75

(*) DAT = Days After Transplanting = дней после пересадки



Сходные вычисления можно сделать для вносимых в сухом виде гранулированных удобрений, применяемых для подкормки неорошаемой или орошаемой затоплением культуры томата. В этом случае в Таблице 23 (Шаг 3) можно использовать следующие коэффициенты эффективности поглощения питательных веществ:

Таблица 25. Эффективность поглощения питательных веществ (в процентах) для вносимых в сухом виде удобрений при подкормке неорошаемой или орошаемой затоплением культуры томата.

Питательный элемент	%
N	40-50
P	10-20
K	50-60
Ca	35-45
Mg	30-40
S	30-40

Азот следует вносить дробно, за 3-5 заходов. Первое внесение (основное внесение) может содержать больше аммония, чем нитрата, но при последующих внесениях нитрата должно быть больше, чем аммония. Примерно 55-60% азота следует внести до начала цветения, а остальное – позднее, в виде дробного внесения.

Во время основного внесения можно дать растениям весь фосфор. Некорневую подкормку фосфором во время цветения рекомендуется проводить в сочетании с бором и цинком.

Калий можно давать по той же схеме дробного внесения, что и азот. Во время первого внесения можно использовать смесь, состоящую из 55% нитрата калия и 45% сульфата калия, но при последующих внесениях предпочтительным источником калия является гранулированный нитрат калия. Около 40% общего калия следует внести до начала цветения, а остальное – позднее, в виде дробных внесений.

Кальций следует вносить в виде нитрата кальция на всех стадиях роста растения. Небольшое количество кальция можно включить в основное внесение, а на стадии вегетативного роста и развития плодов – вносить кальций в более значительных количествах.

Немного магния можно включить в основное внесение, а позднее – на стадиях вегетативного роста и развития плодов – внести его в более значительных дозах.

Серу можно полностью дать во время основного внесения.

Микроэлементы следует вносить по мере надобности. От уровня pH почвы будет зависеть, какой источник микроэлементов (хелат, соль) предпочтительнее использовать.

Спросите у вашего местного агронома фирмы SQM, имеется ли у него адаптированная к местным условиям и потребностям система организации питания (подкормки) растений томата.

8 Результаты исследований, указывающие на необходимость сбалансированного питания растений

В настоящей главе дается подборка научных исследований, чтобы продемонстрировать влияние питательных веществ и баланса (нарушения баланса) питательных элементов на урожайность и качество продукции, а также важность правильного выбора продуктов питания растений.

Наиболее высокие уровни калия, кальция и магния в нескольких органах сладкого перца были отмечены в тех случаях, когда в качестве источника азота использовали нитрат (Таблица 26) (Xu *et al.*, 2001).

Таблица 26. Влияние источника питательных элементов на поглощение калия (K), кальция (Ca) и магния (Mg) различными органами растений сладкого перца при подкормке нитратными и аммонийными удобрениями.

Орган	Источник азота	Содержание питательных элементов в сухом веществе (миллиграмм эквивалентов/100 г)		
		K	Ca	Mg
Лист	NO ₃	58	161	30
	NH ₄	29	62	25
Черешок	NO ₃	176	126	38
	NH ₄	90	61	17
Стебель	NO ₃	162	86	35
	NH ₄	54	50	18
Корень	NO ₃	93	44	40
	NH ₄	43	38	11

Использование аммония может вызвать нарушение баланса питательных веществ в растении. Аммоний при поглощении конкурирует с другими основными катионами (антагонизм), такими как калий, магний и кальций, что может приводить к нарушениям питания растений. В частности, избыток аммония может приводить к вершинной гнили плодов томата (BER), которая возникает в результате недостатка кальция в плодах даже в тех случаях, когда имеется достаточно кальция в питательном растворе.

В Таблице 27 показано отрицательное влияние аммонийного азота на то, какая доля (процент) плодов поражается вершинной гнилью (BER), и на содержание кальция в листьях растений томата при выращивании на питательном растворе с рециркуляцией (по Massey and Winsor, 1980).

Таблица 27. Влияние аммонийного азота на процент плодов, поражаемых вершинной гнилью (BER), и на содержание кальция в листьях растений томата при выращивании на питательном растворе с рециркуляцией.

Эффект	% N, вносимого в виде аммонийного азота		
	0	20	40
Количество пораженных BER плодов (%) за первые 4 сбора урожая	0,0	24,0	46,0
Содержание кальция в листьях (% Ca)	1,8	1,5	0,9

В Таблице 28 показана отзывчивость растений томата на удобрение азотом при выращивании на гидропонике (Sonneveld and Voogt, 1983; Sonneveld and Voogt, 1985). Наилучший общий результат был получен при 100% N-NO₃. При внесении 25% или 50% азота в виде аммония или мочевины частота поражения плодов вершинной гнилью (BER) возрастала. Однако внесение азота со 100% N-NO₃ приводило также к наиболее высокому уровню поражения хлорозом. Поэтому при выращивании томатов на гидропонике примерно 7% от общего азота должно вноситься в виде N-NH₄⁺ и 93% в виде N-NO₃⁻. Аммоний будет снижать уровень pH в корневой зоне и поддерживать питательные микроэлементы в доступной для поглощения растениями форме и, тем самым, снижать частоту поражения растений хлорозом (недостаточность железа, марганца).

Таблица 28. Отзывчивость растений томата на удобрение азотом в гидропонной культуре, выражающаяся в повышении качества и прибавке урожая.

Внесение удобрения в %			Относит. урожай	Относ. масса плода	Поражение BER (%)	Уровень хлороза
NO ₃	NH ₄	Мочевина				
100			100	100	0,2	5,2
75	25		101	100	3,0	3,5
50	50		96	90	2,8	2,7
75		25	94	94	2,2	4,4
50		50	104	97	4,2	1,0
75	25)*		96	94	2,7	3,6
50	50)*		101	93	2,1	2,0

)* с ингибитором нитрификации

Из Таблицы 29 видно, что при более высоких уровнях калия плоды томата были более однородными по размеру и спелости (Winsor, 1979).

Таблица 29. Влияние калия на форму плодов томата и на частоту появления нарушений созревания.

Эффект	Внесенный калий (кг/га)			LSD *
	359	706	1.428	(P = 0.05)
% плодов неправильной формы (среди плодов с равномерной окраской)	56,3	32,6	28,0	2,9
% неравномерно созревших	40,4	12,4	5,8	3,3
% неравномерно созревших (только сильно выраженные)	24,1	5,3	1,3	2,6

% By weight = весовой процент.

LSD* = least significant difference = минимальное значимое различие (примечание перев.)

Между уровнем калия в листьях и кислотностью плодов существует прямая зависимость (Рисунок 66). Кислотность является одним из основных компонентов вкуса томатов (Adams *et al.*, 1978).

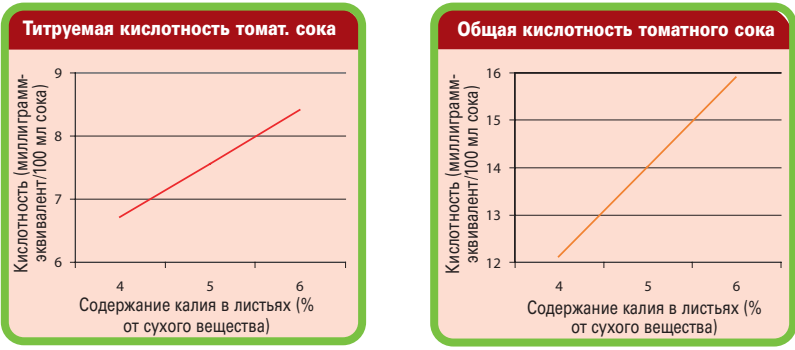


Рисунок 66. Зависимость между содержанием калия в листьях растения томата и титруемой (слева) и общей (справа) кислотностью томатного сока.



В Таблице 30 показано влияние электропроводности (ЕС) на качество плодов томата (Sonneveld and Voogt, 1990). При более высоких значениях ЕС (что соответствовало внесению более высоких доз удобрения) томаты характеризовались лучшей окраской, способностью дольше храниться, а также более высокой кислотностью и более высоким индексом °Brix.

Таблица 30. Влияние электропроводности (ЕС) на качество плодов томата.

ЕС в корневой зоне мСм/см	Слабая окраска %	Лежкость в днях	ЕС мСм/см	Кислотность сока плодов ммоль/л	Сахара °Brix
0,75	21	6,2	4,5	5,9	4,1
2,50	17	6,6	5,1	6,6	4,1
5,00	2	9,1	5,5	7,6	4,6

+



Из Рисунка 67 видно, что более высокое отношение K/Ca (ммоль/ммоль) в питательном растворе приводило к более высокому значению индекса °Brix и повышало лежкость плодов томата. Из рисунка также видно, что, независимо от отношения K/Ca, с увеличением уровня магния возрастало значение индекса °Brix и повышалась лежкость плодов томата.

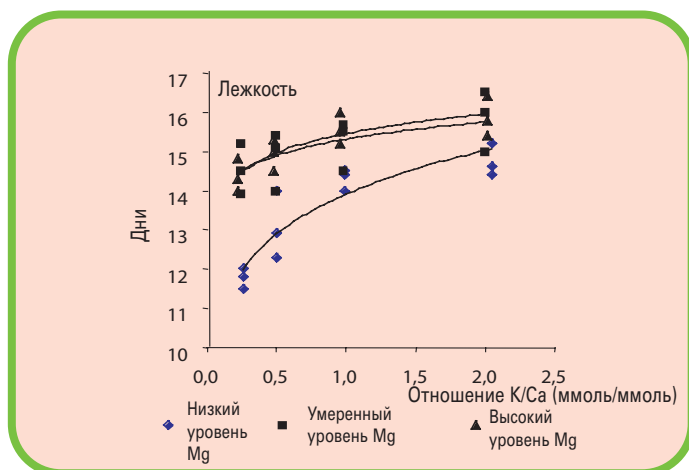
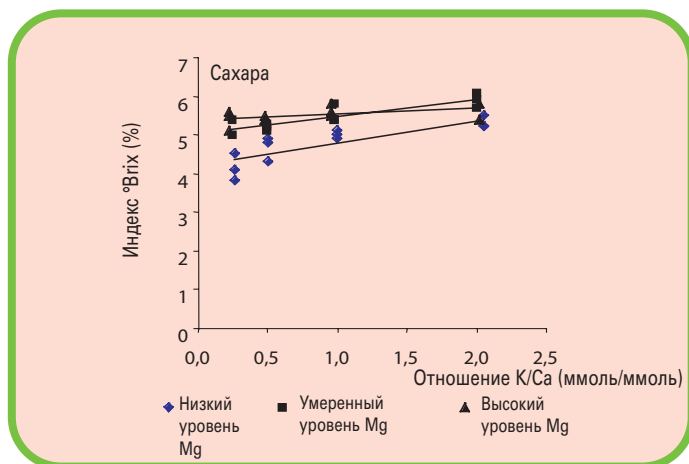


Рисунок 67. Содержание сахара и лежкость плодов томата при различных соотношениях уровней калия (K), кальция (Ca) и магния (Mg) (Voogt, 2002).

Калий ответственен за синтез ликопина в растениях томата. Ликопин является:

-  Каротиноидом, который придает томатам красную окраску.
-  Антиоксидантом и противораковым веществом (против рака простаты, легких, кожи, шейки матки, мочевого пузыря).
-  Веществом, присутствующим в таких продуктах переработки томатов, как кетчуп, томат-паста, соус и сок.

Испытания, проводившиеся в сфере производства томат-пасты в Турции, показали, что увеличение уровня калия приводило к повышению содержания ликопина в продукте (Таблица 31). Индустрия производства томат-пасты поставила перед собой цель довести содержание ликопина в продукте до 14 частей на миллион.

Таблица 31. Влияние дозы KNO_3 на содержание ликопина в свежих плодах томата.

Доза KNO_3 в кг/га	Содержание ликопина в частях на миллион
100	10,3
200	13,3

Почва может содержать большое количество кальция. Однако он присутствует в почве главным образом в форме $CaCO_3$, которая недоступна для поглощения растениями. Проведенное в Турции исследование (Таблица 32) показало, что даже на иловатом суглинке с рН 7,45 и уровнем кальция 4.400 частей на миллион внесение кальция в виде нитрата кальция повышало урожайность, индекс $^{\circ}Brix$ и плотность плодов.

Таблица 32. Влияние дозы CN -удобрения на урожайность, индекс $^{\circ}Brix$ и плотность плодов, наблюдавшееся при выращивании томатов на иловатом суглинке в Турции (Kilinc and Tuna, 1996).

Доза $CN(^*)$ -удобрения кг/га	Урожайность т/га	$^{\circ}Brix$	Плотность плодов кг/см ²
0	64	5,25	2,25
100	63	5,55	2,26
200	71	5,82	2,38
300	87	6,05	2,54
F	*	**	**

F = probability = вероятность

* = значимо при уровне значимости 0,05

** = значимо при уровне значимости 0,01

(*) = нитрата кальция

Высокое значение отношения K/Ca (ммоль/ммоль) и высокие уровни магния (Mg) в питательном растворе конкурируют с поглощением кальция растением. Недостаток кальция приводит к поражению плодов вершинной гнилью (BER) (Рисунок 68).

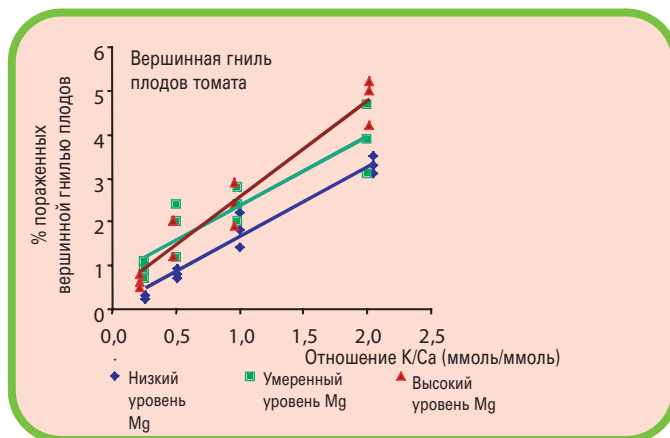


Рисунок 68. Влияние различных соотношений калия (K), кальция (Ca) и магния (Mg) в питательном растворе на заболеваемость томата вершинной гнилью плодов (BER) (Voogt, 2002).

Симптомы нарушения баланса питательных веществ, вызванного избытком кальция

Золотистая точечность плодов томата является симптомом нарушения баланса питательных веществ, вызванного избытком кальция. Несбалансированное питание растений с относительно высоким уровнем кальция (Ca) и низкими уровнями калия (K) и магния (Mg) в питательном растворе (в миллимолях) способствует повышению частоты поражения плодов золотистой точечностью (Рисунок 69). Повышенные уровни хлора (Cl) способствуют более интенсивному поглощению кальция и увеличивают частоту поражения золотистой точечностью (но снижают частоту возникновения вершинной гнили плодов, BER). Пораженные золотистой точечностью плоды томатов характеризуются более низкой лежкостью.

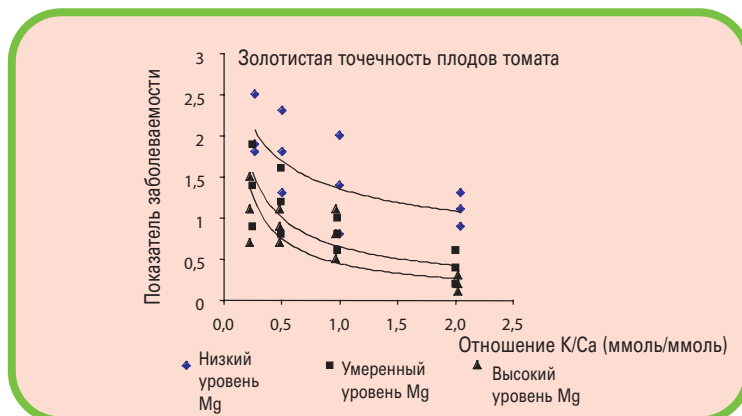


Рисунок 69. Влияние различных соотношений калия (K), кальция (Ca) и магния (Mg) в питательном растворе на заболеваемость томата золотистой точечностью плодов (Voogt, 2002).

9 Доказанная рентабельность систем сбалансированного питания растений

Опыты на показательных участках во многих странах мира, проводившиеся на томатах, выращиваемых в открытом грунте в поле (для употребления в свежем виде и для переработки) и тепличных томатах, подтвердили тот факт, что более высокие дозы удобрений, даваемых растениям во время основного внесения, и водорастворимых удобрений при использовании системы сбалансированного питания позволяют фермеру получить более высокий доход после вычета дополнительных расходов на удобрения (связанных с увеличением дозы удобрения).

Ниже представлено краткое обобщение результатов испытаний, проводившихся на демонстрационных полях на томатах, выращиваемых в открытом грунте на капельном орошении и предназначенных для употребления в свежем виде. Разработанную компанией SQM систему сбалансированного питания сопоставляли с традиционно используемой фермерами системой питания. Хотя общий расход удобрений почти удвоился (Таблица 33), после вычета дополнительных расходов на удобрения овощевод получил дополнительный доход, который в среднем составил 4.700 долларов США на 1 га (Таблица 34).

Главные результаты применения системы сбалансированного питания растений:

- Рентабельность (высокий коэффициент эффективности затрат).
- Более высокая урожайность.
- Более ранние сроки уборки урожая, что позволило осуществлять сбыт продукции по более высоким ценам.
- Лучшая окраска, размеры и форма плодов позволяли назначать более высокие цены на томаты.
- Более высокие значения индекса °Brix и содержания ликопина (важные показатели для переработчиков).
- Более низкая заболеваемость вершинной гнилью плодов (BER).
- Меньшая восприимчивость к болезням (вертициллезу – Verticillium).
- Повышенная устойчивость к стрессам (отсутствует опадение соцветий/кистей в условиях очень жаркой погоды).

Таблица 33. Сравнение расхода удобрений при традиционной системе питания растений и разработанной компанией SQM системе сбалансированного питания, испытанных на томатах для употребления в свежем виде, выращиваемых в открытом грунте на капельном орошении.

Фертигация водорастворимым продуктом специализированного питания растений	Система SQM кг/га	Традиц. система кг/га	Разность кг/га
Общий расход удобрений	3.520	1.881	1.639

Результаты испытаний на томатах, выращиваемых в открытом грунте для употребления в свежем виде, представлены в Таблице 34. На каждый дополнительно вложенный 1 доллар США был получен дополнительный доход в размере 5,1 доллара США, в результате чего прибыль на инвестированный капитал составила 515%.

Таблица 34. Отношение дохода к издержкам в опытах по расходу удобрений при использовании традиционной системы питания растений и системы сбалансированного питания, проводившихся на томатах, выращиваемых в открытом грунте для употребления в свежем виде.

Параметр	Единица измерения	Традиционная система питания	Система сбалансир. питания	Разность	
				абсолютная	в %
Среднее по 8 опытам					
Урожайность	т/га	87	116	29	33
Цена на томаты	US \$/т	152	163	11	7
Валовой доход	US \$/га	13.276	18.927	5.651	43
Общая стоимость удобрений	US \$/га	2.026	2.945	919	45
Чистая прибыль	US \$/га	11.250	15.982	4.732	42
Отнош. дохода к издержкам				5,1	515

Результат испытания на томатах, выращиваемых в открытом грунте для переработки, представлен в Таблице 35. На каждый дополнительно вложенный 1 доллар США был получен дополнительный доход в размере 3,6 доллара США, в результате чего прибыль на инвестированный капитал составила 364%.

Таблица 35. Отношение дохода к издержкам в опыте по расходу удобрений при использовании традиционной системы питания растений и системы сбалансированного питания, проводившемся на томатах, выращиваемых в открытом грунте для переработки.

Параметр	Единица измерения	Традиционная система питания	Система сбалансир. питания	Разность	
				абсолютная	в %
Урожайность	т/га	86	109	24	27
Цена на томаты	US \$/т	67	67	0	0
Валовой доход	US \$/га	5.749	7.323	1.575	27
Общая стоимость удобрений	US \$/га	212	552	340	160
Чистая прибыль	US \$/га	5.537	6.772	1.235	22
Отнош. дохода к издержкам				3,6	364



Результаты испытаний на томатах, выращиваемых в теплице для употребления в свежем виде, представлены в Таблице 36. На каждый дополнительно вложенный 1 доллар США был получен дополнительный доход в размере 7,9 доллара США, в результате чего прибыль на инвестированный капитал составила 794%.

Таблица 36. Сравнение значений отношения дохода к издержкам в опытах по расходу удобрений при использовании традиционной системы питания растений и системы сбалансированного питания, проводившихся на томатах, выращиваемых в теплице для употребления в свежем виде.

Параметр	Единица измерения	Традиционная система питания	Система сбалансир. питания	Разность	
				абсолютная	в %
Среднее по 5 опытам					
Урожайность	т/га	167	189	22	13
Цена на томаты	US \$/т	406	406	0	0
Валовой доход	US \$/га	67.931	76.696	8.765	13
Общая стоимость удобрений	US \$/га	2.744	3.724	980	36
Чистая прибыль	US \$/га	65.187	72.972	7.785	12
Отнош. дохода к издержкам				7,9	794

10 Literature

Adams P., J.N. Davies and G.W. Winsor. 1978. Effects of nitrogen, potassium and magnesium on the quality and chemical composition of tomatoes grown in peat. *J. Hort Sci* 53, 115-122.

Bemestingsadviesbasis substraten. 1999. Eds. C. de Kreijl, W. Voogt, A.L. van den Bos and R. Baas. p. 34-36. PPO 169. ISSN 1387-2427.

Bewley, W.F. and H.L. White. 1926. Some nutritional disorders of the tomato. *Ann Appl Biol* 13, 323-338.

Clarke, E.J. 1944. Studies on tomato nutrition. I. The effect of varying concentrations of potassium on the growth and yields of tomato plants. *J. Dep Agric Repub Ire* 41, 53-58.

Cristou, M., Y. Dumas, A. Dimirkou and Z. Vassiliou. 1999. Nutrient uptake by processing tomato in Greece. IWL. Proc 6th Int. ISHS Symp. On Processing Tomato. *Acta Hort* 487: 219-223.

Davis, J.N. and G.W. Winsor. 1967. Effect of nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium and liming on the composition of tomato fruit. *J. Sci Fd Agric* 18, 459-466.

De la Torre, R., R. Ballesteros, J. Lopez, R. Ortiz and R.M. Ruiz. 2001. Agronomic and physical-chemical evolution of tomatoes during ripening. *ISHS Acta Horticulturae* 542: VII Int. Symposium on the Processing Industry.

Dumas, Y. 2005. INRA Centre de Recherches d'Avignon, France.
www.avignon.inra.fr.

FAOSTAT data. 2004.

Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças. Marcos Vinícius Folegatti –coordinador – Guaíba: Agropecuária. 1999. 460 p. ISBN 85-85347-48-1.

Grodan. 2005. <http://www.grodan.pl/sw13033.asp>.

Handboek Meststoffen NMI. 1995. p. 29. ISBN 90 5439 023 9.

Hewitt, E.J. 1944. Experiments in mineral nutrition. I. The visual symptoms of mineral deficiencies in vegetables and cereals grown in sand cultures. Rep Long Ashton Res Stn 1943, 33-47.

Kilinc, R. and A.L. Tuna. 1996. Effect of soil and foliar applied calcium nitrate doses on yield and quality properties of processing tomato plants grown under field conditions. Annual report of doctorate thesis in soil science department of Ege University, Izmir, Turkey.

Libro Azul. 2002. Manual de fertirriego de SQM. 3a edición. P. 67. ISBN 956-8060-02-2.

Massey, D.M. and G.W. Winsor. 1980. Some responses of tomato to nitrogen in recirculating solutions. Acta Hort 98, 127-137.

Nukaya, A., W. Voogt and C. Sonneveld. 1991. Effects of NO_3 , SO_4 and Cl ratios on tomatoes grown in recirculating system. Acta Horticulturae 294. XXIII International Horticultural Congress.

Roorda van Eysinga, J.P.N.L. 1966. Bemesting van tomaten met kali. Versl Landbouwkundig Onderzoek 667, 37 p.

Seaton, H.L. and G.F. Gray. 1936. Histological studies of tissues from greenhouse tomatoes affected by blotchy ripening. J. Agric Res 52, 217-224.

Shafshak, S.A. and G.W. Winsor. 1964. A new instrument for measuring the compressibility of tomatoes and its application to the study of factors affecting fruit firmness. J. Hort Sci 39, 284-297.

Sonito. 2003. www.sonito.fr/prodraison.asp

Sonneveld, C. and W. Voogt. 1983. Nitrogen source and crop growth. Annual Report 1983. Glasshouse Crops Research and Experiment Station, Naaldwijk, The Netherlands, 20-21.

Sonneveld, C. and W. Voogt. 1985. Stikstofvormen bij intensieve bemestingssystemen voor kasteelten. Intern verslag nr 54. Proefstation voor tuinbouw onder glas, Naaldwijk, 14 pp.

Sonneveld, C. and W. Voogt. 1990. Response of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) to an unequal distribution of nutrients in the root environment. Plant and Soil 124: 251-256.

Voogt, W. 1993. Nutrient uptake of year round tomato crops. *Acta Horticulturae* 339, p 99-112.

Voogt, W. 2002. Potassium management of vegetables under intensive growth conditions. In: Pasricha N.S and Bansal S.K. (eds.). Potassium for sustainable crop production. International Potash Institute, Bern, 347-362.

Voogt, W. and C. Sonneveld. 1998. Nutrient management in closed growing systems for greenhouse production. In: Goto *et al.* Plant Production in Closed Ecosystems, Kluwer ac. press.

Wallace, T. 1951. The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms. 2nd ed. 107 pp. HMSO Lond.

White, H.L. 1938. Observations of the effect of nitrogen and potassium on the fruiting of the tomato. *Ann Appl Biol* 25, 20-49.

Winsor, G.W. 1966. A note on the rapid assessment of "boxiness" in studies of tomato fruit quality. *Rep Glasshouse Crops Res Inst* 1965, 124-127.

Winsor, G.W. 1979. Some factors affecting the quality and composition of tomatoes. *Acta Hort* 93, 335-346.

Winsor, G.W., J.N. Davies and J.H.L. Messing. 1958. Studies on potash/nitrogen ratio in nutrient solutions, using trickle irrigation equipment. *Rep Glasshouse Crops Res Inst* 1957, 91-98.

Winsor, G.W. and M.I.E. Long. 1967. The effects of nitrogen, phosphorus, potassium and lime in factorial combination on ripening disorders of glasshouse tomatoes. *J. Hort Sci* 42, 391-402.

Winsor, G.W. and M.I.E. Long. 1968. The effects of nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium and lime in factorial combination on size and shape of glasshouse tomatoes. *J. Hort Sci* 43, 323-334.

Xu, G., S. Wolf and U. Kafkafi. 2001. Effect of varying nitrogen form and concentration during growing season on sweet pepper flowering and fruit yield. *Journal of Plant Nutrition* 24 (7): 1099-1116.

**SQM S.A.**

Los Militares 4290
Las Condes, Santiago, Chile
Tel: (56 2) 425 2000
Fax: (56 2) 425 2416
Email: spn-chile@sqm.com

Soquimich Comercial S.A.

Los Militares 4290, Piso 3
Las Condes, Santiago, Chile
Tel: (56 2) 425 2525
Fax: (56 2) 425 2266
Email: servicioalcliente@sqm.com

SQM Brasil

Alameda Tocantins 75, Sexto Andar
Alphaville, Barueri, CEP, 06455-020
Sao Paulo, Brasil
Tel: (55 11) 413 37210
Fax: (55 11) 413 37205
Email: spn-brasil@sqm.com

SQM Ecuador S.A.

Avda. Juan Tanca Marengo y Avda.
José Orrantía, Edificio Executive Center,
Piso 3, Of. 307, Guayaquil, Ecuador
Tel: - Fax: (593 4) 269 0639
Email: spn-ecuador@sqm.com

SQM Perú S.A.

Avda. Camino Real N° 348
Oficina 701, Torre el Pilar
San Isidro, Lima, Perú
Tel: (511) 611 2121
Fax: (511) 611 2122
Email: servicioclienteperu@sqm.com

SQM Comercial de México S.A. de C.V.

Industria Eléctrica s/n Lote 30, Manzana A
Parque Industrial Bugambilias, C.P. 45645,
Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, México
Tel: (52 33) 354 01100
Fax: (52 33) 354 01101
Email: infomexico@sqm.com.mx

SQM North America

3101 Towercreek Parkway
Suite 450, Atlanta, GA 30339 USA
Tel: (1 770) 916 9400
Fax: (1 770) 916 9401
Email: spn-northamerica@sqm.com

SQM Europe, Middle East & Africa

Sint Pietersvliet 7, bus 8, 2000
Antwerpen - Belgium
Tel: (32 3) 203 9700/20
Fax: (32 3) 203 9772
Email: spn-emea@sqm.com

SQM China

C610, Beijing Lufthansa Center, N°50
Liangmaquiao Road, chaoyang District, Beijing.
Tel: (86 10) 64618950
Fax: (86 10) 84540885
Email: spn-china@sqm.com

SQM Asia Pacific

Sint Pietersvliet 7, bus 8,
2000 Antwerpen - Belgium
Tel: (32 3) 203 9700/20
Fax: (32 3) 203 9772
Email: spn-asia@sqm.com