

## ЛЕКЦИЯ 3.1. ПИТАНИЕ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

1. Химический состав растений, внутренние и внешние факторы питания.
2. Роль и значение элементов питания
3. Роль воды при малообъемной технологии выращивания овощных культур.

### 1. Химический состав растений

Растение строит свой организм из определенных химических элементов, находящихся в окружающей среде. Оно состоит из сухого вещества и содержит значительное количество воды. В большинстве вегетативных органов сельскохозяйственных культур содержание воды составляет 70-95 %, а в семенах - от 5 до 15 %.

Обеспеченность растительных клеток водой во многом определяет скорость и направленность процессов жизнедеятельности в растительном организме. В свою очередь, условия минерального питания, а также условия водоснабжения и биологические особенности растений определяют уровень содержания в них воды.

В состав сухого вещества растений входит 90-95 % органических соединений и 5-10 % минеральных солей. Основные органические вещества представлены в растениях белками и другими азотистыми соединениями, жирами, крахмалом, сахарами, клетчаткой, пектиновыми веществами

*Таблица 1 - Среднее содержание основных веществ в овощных культурах, % сырой массы*

Культура	Сахара	Органические кислоты	Азотистые вещества	Клетчатка	Зола	Аскорбиновая кислота, мг/100 г
Капуста белокочанная	4,0	0,3	1,3	0,8	0,7	30
Капуста цветная	3,0	0,1	2,5	1,2	0,8	100
Томат	3,0	0,5	0,6	0,2	0,5	30
Перец сладкий	4,0	0,2	1,5	1,0	0,7	200
Баклажан	3,0	0,2	0,9	1,0	0,5	5
Огурец	1,5	0,005	0,8	0,5	0,4	5
Лук	10,0	0,2	1,6	0,6	0,5	7
Чеснок	0,5	0,2	7,0	1,0	1,0	15

Качество сельскохозяйственной продукции определяется содержанием в ней необходимых органических и минеральных соединений.

Различные сельскохозяйственные культуры выращивают для получения продукции с определенным содержанием белков, сахаров, клетчатки, витаминов и других веществ. Например, высокое содержание

клетчатки в сене ухудшает его кормовые свойства, в то же время такие культуры, как хлопчатник, лен, коноплю, выращивают ради получения волокна, которое состоит в основном из клетчатки.

Качество сахарной свеклы оценивают по содержанию сахарозы. Бобовые культуры оценивают по величине накопления белка.

Растения и сухая растительная масса значительно различаются по элементному составу. Рассмотрим среднее содержание химических элементов в растениях (по Виноградову). Основную часть массы живых растений составляет кислород.

Из диоксида углерода, поглощаемого в основном листьями, и воды, поступающей через корни, в растении в процессе фотосинтеза образуются простые безазотистые органические вещества, состоящие из углерода, кислорода и водорода; в состав белков входит еще азот. На долю углерода, кислорода, водорода и азота приходится 95 % сухой массы растений (углерод 45 %, кислород 42, водород 6,5, азот 1,5 %). Эти четыре элемента названы органогенными.

При сжигании растения остаются зольные элементы, на долю которых приходится около 5 % массы сухого вещества.

Содержание азота и зольных элементов в растениях зависит от биологических особенностей и условий выращивания и неодинаково в различных органах. Например, в корнях, стеблях и листьях больше зольных элементов, чем в семенах.

На данном этапе развития научных знаний 20 элементов относят к необходимым элементам питания и 12 элементов считают условно необходимыми (условно необходимые элементы даны в скобках):

I. H, (Li), Na, K, Си, (Ag).

II. Mg, Ca, Zn, (Sr, Cd).

III. B, (Al).

IV. C, (Si), (Ti, Pb).

V. N, P, V.

VI. O, S, Mo, (Cr, Se).

VII. Cl, I, Mn, (F).

VIII. Fe, Co, (Ni).

К необходимым относят элементы, без которых растения не могут полностью закончить цикл развития и которые нельзя заменить другими элементами. По 12 условно необходимым элементам в ряде опытов имеются сведения об их положительном действии.

Элементы, содержащиеся в растительном организме в значительных количествах (от сотых долей до целых процентов), называют макроэлементами. Элементы, содержание которых в растениях выражается тысячными и стотысячными долями процентов, относят к микроэлементам, а элементы, находящиеся в еще меньших количествах, - к ультрамикроэлементам. Такое деление весьма условно. Например, железо по количественному содержанию следует относить к макроэлементам, а по выполняемым функциям - к микроэлементам.

Содержание микроэлементов в различных органах растений имеет определенные закономерности. Например, марганец и молибден, как правило, в больших количествах содержатся в листьях, а цинк, бор, кобальт, медь при достаточной обеспеченности этими элементами накапливаются как в вегетативных, так и в генеративных органах. Для зерновых культур характерно относительно более высокое содержание бора в зерне, а для большинства бобовых растений - в вегетативных органах.

Разные биологические группы растений существенно различаются по своим требованиям к оптимальным концентрациям отдельных микроэлементов. Например, кукуруза и табак нуждаются в больших количествах цинка, зерновые культуры отзывчивы на дополнительное обеспечение марганцем и молибденом.

Особенности содержания и распределения в растениях элементов минерального питания определяют различия в требованиях отдельных сельскохозяйственных культур к элементам питания.

Биологические особенности растений, а также условия их выращивания определяют вынос элементов минерального питания с урожаями различных культур.

Различают биологический и хозяйственный вынос элементов питания. Биологический вынос - это вынос питательных веществ из почвы всеми частями растения: основной и побочной продукцией, убираемой с поля, пожнивными остатками, корнями, опавшими листьями, оставшимися на поле.

Под хозяйственным выносом подразумевают вынос питательных веществ с урожаем убираемой с поля основной и побочной продукции (например, зерно и солома) (табл. 2).

*Таблица 2 - Хозяйственный вынос основных элементов питания урожаем овощных культур, % от биологического*

Культура	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Многолетние травы (клевер с тимофеевкой)	48	48	52
Клевер первого года пользования	40	40	50
Клевер второго года пользования	40	40	47
Однолетние травы (вика, горох с овсом)	61	68	66
Зерновые	75	79	64
Картофель	71	72	79
Кукуруза на силос	80	82	71
Кормовые бобы на силос	76	85	70
Томат	66	72	86
Огурец	53	60	58
Капуста белокочанная	55	49	38

Лук-репка	67	73	80
Капуста цветная	25	21	27

Соотношение элементов питания, расходуемых на создание сельскохозяйственной продукции, может значительно меняться в зависимости от культуры и структуры урожая. Интенсивное применение минеральных удобрений значительно повышает вынос всех элементов минерального питания возрастающими урожаями сельскохозяйственных культур.

### **Поступление элементов питания в растения**

Элементы питания растений относятся к факторам внешней среды и в то же время принципиально отличны от ряда других факторов (температуры, рН и т. д.), так как в процессе поглощения превращаются из внешнего фактора среды во внутренний фактор растительного организма.

Существуют два типа питания живых организмов: автотрофный - усвоение минеральных солей, воды и диоксида углерода и синтез из них органического вещества, и гетеротрофный - использование организмами готовых органических веществ. Животные и большинство микроорганизмов относятся к гетеротрофам. Растения - автотрофные организмы.

Благодаря процессу питания (воздушному и корневому) растение создает свои структурные элементы и при хорошо сбалансированном питании быстро наращивает массу.

В основе жизни растительного организма лежит многообразие реакций обмена как с внешней средой, так и внутри клетки и между клетками или различными органами. При этом сбалансированное поступление отдельных химических элементов обеспечивает последовательность и сопряженность всех биологических реакций и физиологических функций организма.

Основным процессом, в результате которого создаются органические вещества в растениях, является фотосинтез, хотя растения в небольших количествах могут усваивать из окружающей среды аминокислоты, ростовые вещества, витамины, антибиотики, а также  $CO_2$  в процессе темновой фиксации. Интенсивность усвоения элементов минерального питания зависит не только от биологических особенностей данного растения и условий внешней среды (наличие элементов в доступной форме и в достаточном количестве в почвенном растворе, необходимая температура, аэрация почвы и т. д.), но и от количества энергии и органических веществ, образованных им в процессе фотосинтеза.

Поступление минеральных веществ в растение лимитируют многие факторы. Растение через листья получает 95 % и более диоксида углерода и может усваивать путем некорневого питания из водных растворов также зольные элементы, серу и азот. Однако основное количество азота, воды и зольных элементов поступает в растение из почвы через корневую систему.

В зависимости от биологических особенностей и условий выращивания растения развивают корневую систему различной мощности. На бедных

почвах и в засушливых районах в поисках пищи и воды они создают относительно большую массу корней.

Применение удобрений, как правило, несколько уменьшает соотношение массы корней и надземной массы растения, но повышает абсолютную величину этого показателя и глубину распространения корневой системы. Таким образом, удобрение сельскохозяйственных культур не только увеличивает надземную массу, но и положительно действует на развитие корневой системы.

Теория минерального питания получила подтверждение в 1858 г., когда в искусственной питательной среде (водная культура) впервые удалось довести растение до полного созревания. Позднее была предложена полная питательная смесь для выращивания растений в песчаных культурах.

О природе поглощения веществ живой клеткой определенные высказывания сделал еще Дютроше (1837), который считал, что проникновение в клетку воды и растворенных в ней веществ происходит путем диффузии через пористые цитоплазматические мембраны.

Сакс отмечал «накопляющую диффузию», так как химические процессы, происходящие в клетке, постоянно нарушают равенство концентраций веществ внутри клеток и в окружающем их растворе.

Сторонниками диффузионно-осмотической теории были Пфеффер, Де Фриз, Майер и другие ученые. Согласно этой теории через корневую систему в растения вместе с водой засасываются питательные вещества, а вода постоянно испаряется. Таким образом, поступление питательных веществ находится в прямой зависимости от интенсивности транспирации растений. Однако имевшиеся данные о закономерностях поступления веществ в растения не укладывались в рамки представлений диффузионно-осмотической теории.

Отсутствие определенной зависимости между поступлением воды и питательных веществ в растения отмечал еще К. А. Тимирязев, который писал, что для питания растения не нуждаются в тех громадных количествах воды, которые они испаряют. Это же положение было развито в работах Д. А. Сабина. Им было показано, что при небольших количествах веществ в питательном растворе они значительно концентрируются в пасоке растений.

В последние десятилетия теория поступления элементов минерального питания растений значительно эволюционировала, но и в современном виде включает ряд основных понятий из ранее выдвинутых теорий.

Корень - специализированная часть растения, закрепляющая его в почве и выполняющая функции поглощения, первичного усвоения, включения в метаболизм, распределения и транспорта воды и минеральных веществ. Он является органом, в котором осуществляются многочисленные биосинтетические процессы и выполняется ряд специальных функций.

Мощность и характер развития корневой системы в значительной мере определяют способность растений к усвоению питательных веществ. Общим является то, что основную массу питательных веществ поглощают молодые, растущие участки корня.

Зоны роста растущей части корня представлены зоной деления (меристемой), в которой клетки еще не дифференцированы на ткани, зоной растяжения и зоной корневых волосков, имеющей развитые элементы ксилемы и флоэмы и эпидермис с корневыми волосками (рис. 5). Клетки зоны корневых волосков наиболее интенсивно поглощают элементы минерального питания по сравнению с зоной деления и зоной растяжения.

Поглощающую поверхность корня очень сильно увеличивает наличие корневых волосков. Считается, что зона корневых волосков и является зоной поглощения. Однако поглощение элементов питания может происходить вдоль корня на 0,5 и даже на 1 м от кончика корня, т. е. там, где корневых волосков уже нет.

Корневые волоски не обладают специальными поглотительными свойствами. Об этом говорит опыт Кларксона. Если вырастить ячмень в водной культуре с сильной аэрацией раствора (при постоянном его перемешивании), то на корнях корневые волоски не образуются, а поглощение ионов тем не менее идет весьма интенсивно. Вероятно, основная роль корневых волосков заключается в максимальном увеличении поверхности корня для обеспечения снабжения растений в первую очередь фосфором. Как известно, движение фосфора в почве очень медленное, а скорость его поглощения растением высокая. За короткий срок корни поглощают весь окружающий их фосфор и увеличивают свою поверхность для поглощения следующих количеств фосфора. Другие ионы имеют большую подвижность по сравнению с фосфором, и для их поглощения корневые волоски менее необходимы. Следует отметить, что в почве согласно хемотропизму, корень растет и продвигается в сторону большей концентрации питательных элементов.

Растения, развивая мощную корневую систему в процессе вегетации, осваивают все новые и новые участки почвы, и корни вступают в контакт с новыми количествами питательных веществ почвы. Вследствие активного поглощения корнями воды постоянно происходит движение почвенного раствора в направлении корней растений.

Когда из-за интенсивного поглощения растениями питательных веществ в зоне корня наблюдается снижение концентрации раствора, питательные вещества поступают к корню по законам диффузии.

Деятельность корневой системы тесно связана с надземными органами растения. Функция корня заключается не только в поглощении и передвижении воды и элементов минерального питания, в корневой системе осуществляется синтез ряда физиологически активных веществ, аминокислот и белков. Не все количество питательных элементов транспортируется в надземные органы растений, часть их включается в синтетические процессы, происходящие непосредственно в корневой системе.

Из нижних, закончивших рост листьев в корни оттекают ассимиляты в форме сахарозы. Используя сахарозу, корень способен успешно синтезировать все многообразие соединений, из которых формируются клетки, осуществляющие основные функции корня.

Сахароза, поступившая в корень, используется в следующих процессах: на метаболизм самого корня, на рост корня и поддержание зрелых, функционирующих клеток в физиологически активном состоянии; на построение веществ, выделяемых корнем в наружную среду; на построение веществ, поступающих с пасокой в надземные органы, т. е. на обеспечение синтетической деятельности корня.

Набор органических кислот в корнях разнообразен и обязан своим происхождением превращениям притекающей в корень сахарозы. На корневые выделения растения расходуют небольшие количества ассимилятов. Например, из корней бобов выделяется в виде органических соединений всего лишь 0,5-0,7 % углерода, поступившего в листья в форме  $\text{CO}_2$ . В составе корневых выделений обнаружены сахар, аминокислоты, органические кислоты и в меньшем количестве - витамины, ферменты, летучие органические вещества, в частности этилен.

Выделительная функция корня связана с поглощением питательных веществ. Например, люпин может за счет подкисляющего действия корневых выделений лучше усваивать фосфор из труднорастворимых соединений.

Корневые выделения по количеству и составу специфичны и определяются видовыми и сортовыми особенностями растений. Так, у бобовых они богаче аминокислотами, чем у злаков.

Накопление корневых выделений при выращивании изолированных корней в стерильных условиях ведет к подавлению роста. Оно обусловлено накоплением аминокислот — основного компонента корневых выделений — до концентраций, токсичных для растений.

В 1940 г. Д. А. Сабинин выдвинул концепцию о превращениях веществ при их прохождении через корень и в дальнейшем развил положение о синтетической деятельности корня. Основные положения этой концепции сводятся к следующему.

1. Корень способен не только поглощать минеральные элементы, но и полностью или частично перерабатывать их и подавать в надземные органы в измененном виде.

2. Синтетическая деятельность корня осуществляется на основе притекающих в корни ассимилятов, т. е. зависит от фотосинтеза.

3. Корень оказывает воздействие на надземные органы путем не только обеспечения водой и минеральными элементами, но и продуктами специфических реакций обмена веществ, протекающих в корнях, — фитогормонами неауксиновой природы.

Среди ростовых веществ, обнаруживаемых в пасоке, в первую очередь следует назвать цитокинины, которые рассматривают как фактор, способствующий интенсивному метаболизму листьев и задерживающий их старение. Вырабатываются цитокинины главным образом в корне и частично в листьях.

*Гиббереллины* необходимы для роста стебля. Прекращение роста надземных органов при удалении корней связано не только с ухудшением поступления элементов питания, но и с прекращением притока из корней

цитокининов и гиббереллинов. Образование в период активного роста воздушных корней на стеблях и стволах растений можно объяснить необходимостью выработки цитокининов и гиббереллинов.

Интересно, что при старении растений в клетках повышается концентрация кальция и снижается концентрация калия. Присутствие в больших количествах ионов  $K^+$  характерно для молодого, активно функционирующего растительного организма. Следует отметить, что обработка растений ростовым веществом кинетин-ном способствует выводу из клеток ионов  $Ca^{2+}$  и увеличению концентрации ионов  $K^+$ . Желтеющие листья вновь становятся зелеными, прекращается разрушение субклеточных структур и значительно усиливается биосинтез белка.

Мембрана определяет способность клетки к избирательному поглощению ионов. Она способна осуществлять реакции обмена веществ и энергии. Контакт клетки с окружающей средой осуществляет цитоплазматическая мембрана, или плазмалемма. Одновременно плазмалемма принимает участие во многих других функциях клетки. По современным представлениям, мембрана клеток состоит из двух слоев фосфолипидов, которые смыкаются гидрофобными концами. В определенных участках в молекулы фосфолипидов встроены белки, т. е. плазмалемма представляет собой бимолекулярный фосфолипидный слой со встроенными молекулами белков-переносчиков (рис. 6). Благодаря мозаичной структуре отдельные участки цитоплазматической мембраны имеют положительные и отрицательные заряды, за счет которых может происходить адсорбция катионов и анионов из наружной среды (Бергельсон, 1975). Фосфолипиды, являющиеся основным компонентом мембраны, могут образовывать несколько типов жидкокристаллических структур

*Фосфолипидные молекулы* имеют полярные «головки» — гидрофильные группы, и неполярные «хвосты» — длинные углеводородные гидрофобные остатки. Фосфолипиды плохо растворяются как в полярном растворителе — воде (мешают неполярные «хвосты»), так и в неполярной среде — масле (мешают полярные «головки»), Моно-молекулярный слой на границе раздела ограничивает проницаемость веществ.

В результате непрерывных биологических, физических, химических и физико-химических процессов в почве сложные минеральные или органические вещества распадаются на простые. Образующиеся продукты распада постоянно используются для питания растений, хотя некоторая часть их может теряться в газообразной форме или вымываться в расположенные ниже горизонты или в близлежащие водоемы, а также необменно закрепляться почвой. Основное количество элементов питания растения усваивают в ионной форме (в виде анионов и катионов) через корневую систему. Кроме того, для питания растений в незначительных количествах могут использоваться аминокислоты, сахара, сахарофосфаты и другие органические соединения.

## **2. Роль и значение элементов питания**

*Азот* — основной биогенный элемент; он входит в состав белка и

нуклеиновых кислот. Этим и определяется его роль в жизни всех организмов на земном шаре. Азот входит в состав таких жизненно важных веществ, как аминокислоты, хлорофилл, фосфатиды, а также таких органических соединений, как алкалоиды, гликозиды и др.

Поступившие в растения минеральные формы азота проходят сложный цикл превращений, в конечном итоге включаясь в состав органических соединений.

Для образования аминокислот вначале нитраты и нитриты в тканях растений восстанавливаются до аммиака. Причем, если растение содержит значительное количество углеводов, процесс их восстановления происходит уже в корне.

Процесс восстановления нитратов катализируется ферментами и имеет несколько промежуточных стадий. Активность восстанавливающих ферментов зависит от наличия в растительных тканях магния и микроэлементов: молибдена меди, железа, марганца.

Нитратный азот способен накапливаться в растениях в значительных количествах, что совершенно безвредно для растительного организма. Однако содержание нитратов в овощах и других продуктах растительного происхождения выше определенного уровня вредно для животных и человека.

Свободный аммиак в растениях содержится в незначительных количествах. Это связано с тем, что он быстро взаимодействует с углеводами, содержащимися в растительных тканях.

Результатом взаимодействия является образование первичных аминокислот. Чрезмерное накопление аммиака, особенно при дефиците углеводов, ведет к отравлению растений.

Качество продукции зависит от того, какие из соединений азота усваиваются в больших количествах. При усиленном аммиачном питании повышается восстановительная способность растительной клетки, и идет преимущественное накопление восстановительных соединений. При нитратном питании усиливается окислительная способность клеточного сока, образуется больше органических кислот.

Усвоение растениями аммиачного и нитратного азота зависит от концентрации питательного раствора, его реакции, содержания сопутствующих элементов, обеспеченности растений углеводами и, конечно же, от биологических особенностей культуры.

*Фосфор* содержится в растениях в значительно меньших количествах, чем азот, но является не менее важным для жизнедеятельности растений биогенным элементом. Фосфор выступает в роли спутника азота, при его недостатке в растении усиливается накопление нитратных форм азота. Этот элемент назвали "ключом жизни", так как без фосфорной кислоты не может существовать ни одна живая клетка.

В растениях фосфор содержится как в органических (до 90% от общего количества), так и в минеральных формах. Причем в молодых органах растений доля органического фосфора всегда больше, чем в старых.

Наибольшие количества этого элемента концентрируются в репродуктивных органах: в 3—6 раз больше, чем в вегетативных.

*Фосфор* содержится в клеточной протоплазме, хромосомах, нуклеиновых кислотах, витаминах, ферментах. Он принимает активное участие в синтезе белковых соединений.

В живых клетках фосфор также присутствует в виде орто- и пиродифосфорных кислот и их производных. Фосфатная группа способна к образованию ковалентных связей и за их счет активно связывает катионы металлов и аминов. При помощи ковалентных связей фосфор образует целый ряд соединений: от простых эфиров до сложных молекул дезоксирибонуклеиновой (ДНК) и рибонуклеиновой (РНК) кислот. Он входит в состав ферментов, ускоряющих кислотный обмен.

Фосфор содержится в нуклеиновых кислотах — сложных высокомолекулярных веществах, состоящих из азотистых оснований, углеводов (рибозы и дезоксирибозы) и фосфорной кислоты. В этих соединениях на долю фосфора (в пересчете на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) приходится около 20%.

Нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК) являются основными носителями наследственной информации. То есть благодаря наличию в растительных клетках этого элемента возможна работа хромосомного аппарата.

Органические вещества, содержащие фосфор, играют огромную роль в обмене веществ растительного организма. Эти соединения содержат богатые энергией связи, в составе которых находится фосфор, принимают участие во всех физиологических процессах растительного организма: фотосинтезе, дыхании, биосинтезе белков, жиров, крахмала и других соединений.

Соединения фосфора с белками — фосфоропротеиды — являются важнейшими растительными ферментами, катализирующими биохимические реакции.

При участии фосфора происходит углеводный обмен. Фосфорная кислота активно взаимодействует с углеводами (фосфорилирование), и эти соединения играют огромную роль в процессах дыхания и фотосинтеза, ферментативных превращениях и передвижениях углеводов. Фосфор, поступающий в растения, способствует накоплению крахмала, Сахаров, красящих и ароматических веществ, повышают лежкость плодов.

Соединения фосфора с жирами (фосфолипиды) — сложные эфиры глицерина и жирных кислот, регулируют проницаемость клеток, процессы прорастания семян и обеспечивают их энергетический запас.

*Калий* — один из основных элементов минерального питания — находится в растительных организмах в ионной форме и не входит в состав органических соединений клетки. В ядре клетки этот элемент не содержится, основные его запасы обнаружены в цитоплазме и вакуолях.

Клетки растений около 20% этого элемента содержат в поглощенном состоянии в обменной форме; основная часть калия, около 80%, находится в клеточном соке и только 1% поглощается митохондриями необменно.

Почти весь калий находится в растениях в ионизированном состоянии и не образует нерастворимых в воде соединений. Их старых тканей он

довольно легко выщелачивается водой. По мере созревания урожая возможен отток калия через корневую систему.

*Калий* регулирует водный обмен клетки, физическое состояние коллоидов цитоплазмы, ее набухаемость и вязкость. Под влиянием калия возрастает водоудерживающая способность цитоплазмы, что уменьшает опасность кратковременного завядания растений при временном недостатке влаги. Наличие калия в растительной клетке обеспечивает нормальный ход окислительных процессов, углеводный и азотный обмен. Накопление калия способствует активизации обменных процессов растений.

Повышая активность ферментов, калий способствует накоплению в растениях крахмала и Сахаров, обеспечивает повышение иммунитета; усиливает использование аммиачного азота при синтезе аминокислот и белка.

Для калия характерна высокая подвижность — отток калия из более старых листьев и тканей в более молодые, энергично растущие побеги и листья. Фактически растительный организм за счет такой подвижности получает возможность использовать калий повторно.

*Кальций*. Необходимость в этом элементе проявляется в росте надземных органов, корневой системы растений. Кальций играет важную роль в фотосинтезе, в передвижении углеводов в растении. Он участвует в формировании клеточных оболочек, обуславливает обводненность и поддержание структуры клеточных органелл. Недостаток кальция оказывает влияние на развитие корневой системы растений. В результате его дефицита не растут корни, не образуются корневые волоски, корни утолщаются, ослизняются и гнивают. Листья при этом замедляют рост, появляется хлоротичная пятнистость, пожелтение и отмирание. Кальций не реутилизируется, поэтому признаки голодания проявляются прежде всего на молодых листьях.

При введении в питательный раствор кальция физиологическая уравновешенность раствора восстанавливается. Катионы кальция оказывают сильное антагонистическое действие против других катионов ( $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$  и др.), препятствуют избыточному поступлению их в растения. Кальций поступает в растения в течении всего периода активного роста. При наличии в растворе нитратного азота поступление его в растения усиливается, а в присутствии аммиачного, вследствие антагонизма, снижается.

Многие растения отличаются по потреблению кальция. Однако потребность растений в кальции и отношение их к кислотности почвы не всегда совпадают. Кальций выщелачивается из почвы, поэтому запасы его быстро уменьшаются и зависят от типа почвы, количества осадков, норм, форм извести и минеральных удобрений.

*Магний*. Функции, которые выполняет магний в растении, многообразны. Он входит в состав молекулы хлорофилла и принимает непосредственное участие в фотосинтезе. Магний, находясь непосредственно в растении, входит в состав пектиновых веществ, фитина. При недостатке магния содер-

жание хлорофилла в листьях уменьшается, проявляется влияние "мраморности". Листья при этом скручиваются и затем опадают. Это замедляет рост и уменьшает урожай. Магний с фосфором находятся прежде всего в растущих частях растений, в семенах. Он более подвижен, чем кальций, и может реутилизироваться (использоваться повторно). После выполнения функций в листе растения магний накапливается в семенах и в основном концентрируется в зародыше. Магний участвует в передвижении фосфора в растениях, активизирует некоторые ферменты (фосфатазы), ускоряет образование углеводов, влияет на окислительно-восстановительные процессы в тканях растений. Этот элемент способствует восстановительным процессам и накоплению восстановительных органических соединений — эфирных масел, жиров и др. При недостатке магния усиливаются окислительные процессы, возрастает активность фермента пероксидазы, снижается содержание инвертного сахара и аскорбиновой кислоты. Овощные культуры потребляют магний в различных количествах. Кислые почвы содержат мало магния.

*Магний* при недостаточном содержании кальция проявляет токсичность. Наилучшим соотношением магния и кальция является 1 : 6,5.

Увеличение поступления калия в растения за счет высоких доз задерживает поглощение магния.

*Сера* — необходимый элемент питания растений и по своему физико-биохимическому значению стоит в одном ряду с азотом и фосфором. Ее роль определяется тем, что сера входит в состав белков; содержится в аминокислотах (цистин, метионин); витаминах группы В; является составным элементом некоторых антибиотиков.

Этот элемент играет большую роль в окислительно-восстановительных процессах, активизации ферментов, синтезе белков и хлорофилла.

В молодых органах растений сера находится преимущественно в восстановленной форме, а по мере старения растительного организма превалирует накопление окисленных форм. Сера сдерживает накопление нитратов в растениях.

Источником серы для растений могут служить как органические, так и неорганические соединения. В довольно больших количествах сера содержится в торфах.

Содержание в растениях микроэлементов колеблется от тысячных до сотысячных долей процента. Но их активность определяет полноценность окислительно-восстановительных процессов, углеводного и азотного обмена, образование хлорофилла. Они входят в состав многих ферментов и витаминов, влияют на проницаемость клеточных мембран и скорость поступления элементов питания в растения.

Микроэлементы содержатся в минеральных и органических соединениях, причем их доступность растениям колеблется в значительных пределах, но каждый из них играет свою физиологическую роль.

*Железо*. Как микроэлемент железо входит в состав окислительно-восстановительных ферментов растений, участвует в синтезе хлорофилла,

процессах дыхания и обмена веществ. В дерново-подзолистых почвах железа достаточно для растений. В иных условиях при его недостатке проявляется хлороз.

**Бор.** Микроэлемент бор участвует в реакциях углеводного, белкового, нуклеинового обмена и других процессах. Бор необходим растениям в течение всего периода их жизни. Он не реутилизируется в растениях, поэтому от его недостатка страдают прежде всего молодые листья и точки роста. Недостаток бора вызывает нарушение синтеза, особенно передвижение углеводов, формирование репродуктивных органов.

Избыток бора вызывает своеобразный ожог нижних листьев. Они желтеют и опадают. Порог токсичности бора определяется не только содержанием, но и количеством и соотношением других элементов питания. При хорошей обеспеченности кальцием и фосфором увеличивается потребность в боре.

Избыточное известкование закрепляет бор в почве, что задерживает поступление его в растения. При его недостатке происходит опадание цветков, завязей и отмирание верхушек молодых растений томатов.

В качестве удобрения используют боросуперфосфат и бормагниевые удобрения. Борная кислота в основном используется для обработки семян и внекорневых подкормок.

**Молибден.** Молибдену отводится исключительная роль в азотном питании. Он локализуется в молодых растущих органах и его меньше в стеблях, корнях. Больше молибдена в хлоропластах. При недостатке молибдена задерживается развитие клубеньков на корнях бобовых растений и фиксация азота. Внесение в почву молибдена способствует усвоению азотных удобрений растениями вследствие быстрой нитрификации аммиачных и амидных форм. Это уменьшает потери азота в результате денитрификации и вымывания нитратов.

Высокое содержание молибдена весьма токсично для растений, 1 мг его на 1 кг сухой массы вреден для человека и животных.

Обычно молибден содержится в почве в окисленной форме в виде молибдатов кальция и других металлов.

В кислых почвах молибден образует плохо растворимые соединения с алюминием, железом, марганцем. Количество водорастворимых форм молибдена увеличивается при снижении кислотности почвенного раствора.

Положительное действие молибдена на величину и качество урожая овощных культур обусловлено не только его влиянием на усвоение растениями азота удобрений, но и улучшением использования его из почвы. Применение молибдена на почвах с недостаточным его содержанием обеспечивает наряду с ростом урожая, более полное включение поступившего в растения азота в состав белка, а также ограничивает накопление нитратов в овощной продукции в количествах, токсичных для человека.

**Медь.** Физиологическая роль меди определяется ее присутствием в составе медьсодержащих белков, ферментов, катализирующих окисление

дифенолов и гидроксирование монофенолов: ортодифенолоксидазы, полифенолоксидазы и тирозиназы. Медь входит в состав и других ферментов и принимает участие в процессе фотосинтеза, углеводного и белкового обмена. Очень часто бедны медью торфяно-болотные почвы. Проводимое известкование кислых почв уменьшает поступление меди в растения, так как она связывается с почвой. Известь действует как адсорбент меди, а при подщелачивании создает лучшие условия для образования комплексов органических соединений с медью.

Потребность в меди возрастает в условиях применения высоких норм азотных удобрений.

Марганец. Физиологическая роль марганца определяется тем, что он входит в состав окислительно-восстановительных ферментов и принимает участие в фотосинтезе, углеводного и азотного обмена. Марганец необходим всем растениям. Среднее его содержание в растениях составляет 0,001%. Основное количество его локализовано в листьях и хлоропластах. Марганец относится к металлам с высоким значением окислительно-восстановительного потенциала и может легко участвовать в реакциях биологического обмена.

Наряду с кальцием, этот элемент способствует избирательному поглощению ионов из внешней среды. При исключении марганца из питательной среды в тканях растений повышается концентрация основных элементов питания, нарушается соотношение их. Этот элемент повышает водоудерживающую способность тканей, снижает транспирацию, улучшает плодоношение.

При остром недостатке марганца не образуются продуктивные органы у редиса, капусты, томатов и других растений.

Марганец в дерново-подзолистых почвах содержится в количестве 0,1-0,2%, однако большая часть его находится в почве в виде труднорастворимых окислов и гидратов окислов. Нейтральная среда в почве способствует переходу марганца в труднорастворимые формы.

Цинк оказывает влияние на обмен энергии и веществ в растении, что обусловлено его содержанием в более 30 ферментах. При недостатке цинка накапливаются редуцирующие сахара и уменьшается содержание сахарозы и крахмала, увеличивается накопление органических кислот, снижается содержание ауксина, нарушается синтез белка. При цинковом голодании происходит накопление небелковых растворимых соединений, амидоз, аминокислот. Растения томата при цинковом голодании образуют мелкие скрученные листья, пластинки, черешки. Для всех растений при недостатке цинка характерна задержка роста. Недостаток его проявляется прежде всего на кислых сильно оподзоленных почвах. Цинковые удобрения применяют, когда содержание этого элемента менее 0,2-1 мг на 1 кг почвы.

Кобальт входит в состав витамина B12, роль его проявляется в биологической фиксации молекулярного азота. Среднее содержание кобальта в растениях 0,00002%. Кобальт накапливается в генеративных органах, пыльце и ускоряет ее прорастание. Этот элемент относится к металлам с

переменной валентностью, поэтому имеет большое значение окислительно-восстановительного потенциала, что позволяет иону кобальта принимать активное участие в окислительно-восстановительных реакциях. Доказано положительное действие кобальта, кроме бобовых, на все растения. Положительное действие кобальта прежде всего проявляется на нейтральных почвах с хорошей обеспеченностью элементами питания.

Перспективность применения кобальтсодержащих удобрений определяется не только увеличением урожаев, но и улучшением качества продукции.

Таким образом, применению микроэлементов при возделывании овощных культур должно придаваться важное значение. Главным фактором в этом отношении является создание условий для нормального содержания микроэлементов как в почве, так и в растениях. Избыток и недостаток этих элементов в почвах и растениях приводит к различным последствиям, но чаще всего к болезням. Поэтому необходимость регулирования питания растений в отношении отдельных элементов в агрономической практике имеет исключительно важное значение.

### **3. Роль воды при малообъемной технологии выращивания овощных культур**

При использовании капельного полива качество воды является одним из основных факторов, обеспечивающих успех тепличного производства. Поэтому так важно знать химический состав используемой в хозяйстве воды. Это необходимо, как для расчета количества солей и кислот в питательном растворе, так и при его коррекции. В каждом тепличном комбинате используемая поливная вода имеет определенный химический состав, что следует учитывать еще на стадии проектирования систем капельного полива, с учетом пригодности конкретной воды.

Различная по происхождению вода представляет собой сложный раствор, содержащий все известные химические элементы в виде простых и сложных ионов, комплексных соединений, растворенных или газообразных молекул, стабильных и радиоактивных изотопов, а также определенный бактериальный состав.

Сложность состава определяется присутствием большого числа химических элементов, различным содержанием и разнообразием форм каждого из них. В воде отмечается 6 основных групп химических компонентов:

- 1) главные ионы (макроэлементы)  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ;  
растворенные газы — кислород, азот, сероводород, углекислота;  
биогенные вещества — соединения N, P, Fe, Si;
- 4) органические вещества — органические кислоты, сложные эфиры, фенолы, гумусовые вещества;  
микроэлементы;  
загрязняющие вещества.

Суммарное содержание минеральных веществ называется минерализацией воды, которая выражается в мг/дм<sup>3</sup>, г/дм<sup>3</sup>, г/кг, ‰ (промилле (от лат. Pro mille - за тысячу) тысячная часть числа, обозначается — ‰).

По степени минерализации вода бывает пресной до 1‰, солоноватой (1—25‰), соленой (25—50‰), очень соленой (более 50‰). Для капельного орошения лучше использовать воду с содержанием минеральных веществ до 0,5—1‰.

Повышенное поступление солей с поливной водой приводит к засолению субстратов, что отрицательно сказывается на продуктивности растений. Томаты более солеустойчивы, чем огурцы, но на засоленных субстратах сильнее поражаются вершинной гнилью.

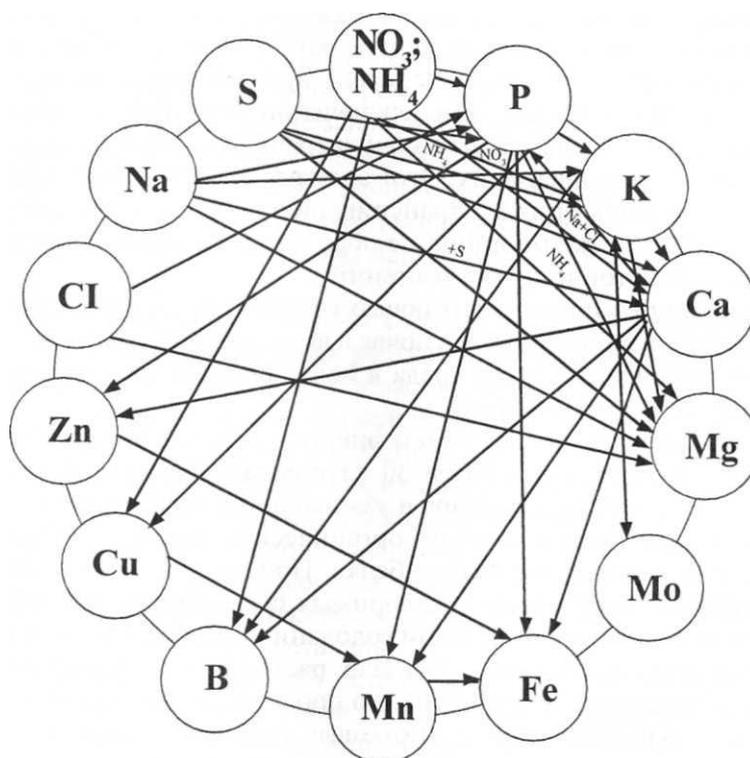
Химический состав воды для приготовления питательных растворов не должен превышать величины указанной в таблице 7.4.

На основе химического состава воды проводится коррекция питательного раствора. Существует правило, по которому концентрация элементов в поливной воде не должна превышать их содержание в стандартных питательных растворах. Особенно это касается микроэлементов, так как выращивание растений в ограниченном корневом объеме может привести к их накоплению и отравлению растений или к явлениям антагонизма элементов.

*Таблица 3 - Химический состав поливной воды (пример)*

Макроэлементы	NH <sub>4</sub>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	P <sup>+3</sup>	Cl <sup>-</sup>
мг/л	0	10,8	32,0	10,0	3,8	22,0	0,2	24,0
Микроэлементы	Fe	Mn	Zn	B	Cu			
мг/л	0,06	0,11	0,02	0,19	0,06			

**Антагонистическое действие избытка элемента питания на другие в субстратных растворах, субстратах и грунтах**



Другие факторы снижения усваиваемости элементов питания:

- затенение >65% снижает усвоение N,P,K,Ca,Mg;
- повышение pH до 6.5 и > -сдерживает поступление Ca;
- повышение pH до 6-5 усиливает усвоение P, особенно в присутствии Na и Cl;
- pH > 7 + Na,Cl- избыточное поступление K; -высокое содержание Fe сдерживает поступление Ca;
- повышение pH против нормы (pH 5-6) уменьшает доступность B,Cu,Fe,Mn,Zn; - понижение pH <5 снижает доступность Mo;
- повышение температуры субстрата от 13°C до 20°C увеличивает поступление Fe,Mn,Cu;
- повышение pH >7 образует нерастворимые гидроксиды Fe,Zn,Cu, снижается растворимость B.