

С.Х. Майрапетян

**ГЛАВНЫЕ ФАКТОРЫ ГИДРОПОНИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ,
СПОСОБСТВУЮЩИЕ ИНТЕНСИВНОМУ РОСТУ, РАЗВИТИЮ И
ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ
(ОБЗОР)**

Известно, что усилия агрохимиков и физиологов растений в основном направлены на разработку научных основ дальнейшего повышения продуктивности и управляемого биосинтеза сельскохозяйственных культур. Одним из основных звеньев этих исследований являются разработка вопросов улучшения питательного и водно-воздушного режима корневой системы, высокая поглотительная и метаболическая активность, которая в свою очередь стимулирует деятельность надземных органов и, таким образом, обеспечивает высокую биологическую и хозяйственную продуктивность растений.

"Руководить непосредственно развитием растения в первую очередь и скорее всего земледelec может через корневую систему" — справедливо отмечал К.А. Тимирязев [132].

Кроме того, установлена способность корневых систем самостоятельно синтезировать и передавать надземным органам аминокислоты, витамины, белки, фосфорсодержащие органические вещества, ферменты, гиббереллины, цитокинины и другие биологически активные вещества [118, 126].

При гидропонической культуре растений в первую очередь оптимизируются именно условия корнеобитаемой среды, что приводит к усиленной жизнедеятельности подземных и надземных органов, интенсивному росту и развитию и, в итоге, к многократному увеличению урожайности растений. Так, по данным М.Бентли [23], при естественном освещении, в районах Южной Африки, в открытых вермикулитовых гидропониках получается до 20 кг/м² урожая томата. В Бенгалии с одного куста томата получили в среднем около 10 кг плодов, а в почвенном контроле — 3,6–4,5 кг; с одного гектара посевов риса получен урожай 8970 кг, а на почве — 4485 кг [140]. По другим данным [116], в водной культуре один куст помидора дает в среднем 8 кг плодов (рекорд до 14 кг/м²). Чесноков и Базырина [141] считают, что в искусственных условиях растения растут примерно вдвое быстрее, чем на почве. С одного м² за год они получили 90 кг томата, 60 кг огурцов, более 200 т/га картофеля, 60 т/га кукурузы, 90 т/га риса и т.д. Дж. Ранкин [167] в Замбии

(Центральная Африка) в условиях открытой гидропоники, с железобетонных делянок "макси" ($10 \times 1,5 \text{ м}^2$) получал за каждые 6 недель 150-350 кг картофеля, а с делянок "мини" ($10 \times 0,5 \text{ м}^2$) - 300-600 кг помидоров.

при бессубстратном (аэропонном) культивировании картофеля в искусственных условиях за 90 дней вегетации получен урожай 12 кг/м^2 [83].

Весьма высокие урожаи различных культур получают в функционировании в союзе и за рубежом светокультурных исследовательских установках с искусственной средой, при повышенной освещенности от искусственных источников света [59, 82, 83, 105, 108].

Урожай огурцов, томатов и др. овощных культур в гидропонике всегда выше, чем на почве. Они раньше начинают плодоносить, плоды обычно крупнее, чем у почвенных. В условиях гидропоники наблюдается ускоренный темп прохождения фаз развития, а также некоторое повышение содержания витамина С, каротина, сахаров, сухого вещества и других качественных показателей [7, 9, 24, 58, 137, 152, 153, 171, 175-177].

Многочисленными опытами сотрудников Института агрохимических проблем и гидропоники АН АрмССР доказана возможность и эффективность беспочвенного производства овощных, пряных, технических, цветочных, декоративных, эфиромасличных, лекарственных и других культур, достигнуто многократное увеличение продуктивности этих растений в условиях открытой гидропоники [12, 13, 16, 17, 35, 39-41, 44, 51, 53, 98-102, 128, 129, 131].

Один из инициаторов промышленной гидропоники в СССР, академик АН АрмССР Г.С. Давтян [47], отмечает: "Несмотря на сомнительность некоторой части полученных в мире данных, на основании 15-летних опытов и критических наблюдений мы все же утверждаем, что в условиях открытой гравийной гидропоники, по сравнению с обычным земледелием, возможно получение урожая от 2 до 10 раз больше, по мере совершенствования метода можно ожидать еще более высоких результатов. Многократное увеличение продуктивности растений при их производстве без почвы можно считать бесспорным фактом".

Каковы же основные факторы, которые определяют интенсивный рост, развитие и высокую продуктивность сельскохозяйственных культур при их беспочвенном выращивании?

1. Главным из этих факторов является обильное, практически постоянное и одновременное обеспечение корней растений водой, воздухом и питательными веществами (иными словами оптимизация корневого питания растений), которое было и остается одной из главнейших задач классического земледелия. Все способы обработки почвы, а также орошение лишь частично решали это главнейшее усло-

вие продуктивности растений [47, 52].

В почвенной культуре благоприятное для растения сочетание трех фаз — твердой, жидкой и газообразной (50:25:25) — достигается лишь очень кратковременно [71]. Остальное время растения находятся в неблагоприятных для жизни условиях, или не хватает воды (с минеральными элементами), или воздуха (кислорода). Поэтому все время возникают "ножницы" между потребностями растений и их удовлетворением, причем "ножницы", в основном находятся в широко раскрытом состоянии [47]. Этим фактом объясняется и то, что в почвенных условиях урожай никогда не достигает возможных для данного вида максимальных величин [109].

Иная картина в гидропонике, где все факторы корнеобитаемой среды практически возможно регулировать, исходя из потребностей растений. Питательный раствор по трубам с помощью насоса периодически подается к вегетационным деланкам. При подпитывании наполнителя питательный раствор вытесняет весь имеющийся воздух, удаляя продукты дыхания корней, а во время слива, когда раствор уходит из деланок, всасывается свежий воздух. При этом питательный раствор одновременно омывает частички наполнителя, которые покрываются пленкой воды с питательными элементами. Таким образом, корни растений постоянно снабжены водой, воздухом и питательными веществами, что почти полностью обеспечивает оптимальный режим корнеобитаемой среды. Необходимо отметить, что в создании таких оптимальных условий для жизнедеятельности корней растений решающее значение имеет основное положительное свойство наполнителей вегетационных деланок — их необходимая воздухоемкость и водоудерживающая способность ее частиц.

Обобщая сказанное, отметим, что сегодня более чем актуально звучит высказывание К.А. Тимирязева [133], который считал, что для повышения продуктивности растений и выявления потенциальной индивидуальной продуктивности их надо освободить от власти земли.

Ниже вкратце рассмотрим отдельные аспекты этого основного фактора.

1.1. Вода в корнеобитаемой среде играет большую роль не только в процессе роста корневой системы, но и в обеспечении биосинтетических и терморегулирующих процессов в надземной части. Проникновение корней через сухую почву связано с огромным сопротивлением, что приводит к значительным энергетическим затратам и снижению продуктивности растений. Для получения высоких урожаев растения должны иметь большое количество доступной для них влаги [124].

Небольшой водный дефицит (1-2%) не отражается на общем состоянии растения, но увеличение свыше 20% ведет к снижению интенсивности фотосинтеза. Особенно сильно недостаток воды ска-

(Центральная Африка) в условиях открытой гидропоники, с железобетонных декинок "макси" ($10 \times 1,5 \text{ м}^2$) получал за каждые 6 недель 150-350 кг картофеля, а с декинок "мини" ($10 \times 0,5 \text{ м}^2$) - 300-600 кг помидоров.

При бесубстратном (аэропонном) культивировании картофеля в искусственных условиях за 90 дней вегетации получен урожай 12 кг/м² [83].

Весьма высокие урожаи различных культур получают в функционирующих в СССР и за рубежом светокультурных исследовательских установках с искусственной средой, при повышенной освещенности от искусственных источников света [59, 82, 83, 105, 108].

Урожай огурцов, томатов и др. овощных культур в гидропонике всегда выше, чем на почве. Они раньше начинают плодоносить, плоды обычно крупнее, чем у почвенных. В условиях гидропоники наблюдается ускоренный темп прохождения фаз развития, а также некоторое повышение содержания витамина С, каротина, сахаров, сухого вещества и других качественных показателей [7, 9, 24, 58, 137, 152, 153, 171, 175-177].

Многолетними опытами сотрудников Института агрохимических проблем и гидропоники АН АрмССР доказана возможность и эффективность беспочвенного производства овощных, пряных, технических, цветочных, декоративных, эфиромасличных, лекарственных и других культур, достигнуто многократное увеличение продуктивности этих растений в условиях открытой гидропоники [12, 13, 16, 17, 35, 39-41, 44, 51, 53, 98-102, 128, 129, 131].

Один из инициаторов промышленной гидропоники в СССР, академик АН АрмССР Г.С. Давтян [47], отмечает: "неомотря на сомнительность некоторой части полученных в мире данных, на основании 15-летних опытов и критических наблюдений мы все же утверждаем, что в условиях открытой гравийной гидропоники, по сравнению с обычным земледелием, возможно получение урожая от 2 до 10 раз больше, по мере совершенствования метода можно ожидать еще более высоких результатов. Многократное увеличение продуктивности растений при их производстве без почвы можно считать бесспорным фактом".

Каковы же основные факторы, которые определяют интенсивный рост, развитие и высокую продуктивность сельскохозяйственных культур при их беспочвенном выращивании?

1. Главным из этих факторов является обильное, практически постоянное и одновременное обеспечение корней растений водой, воздухом и питательными веществами (иными словами оптимизация корневого питания растений), которое было и остается одной из главнейших задач классического земледелия. Все способы обработки почвы, а также орошение лишь частично решали это главнейшее усло-

вие продуктивности растений [47, 52].

В почвенной культуре благоприятное для растения сочетание трех фаз - твердой, жидкой и газообразной (50:25:25) - достигается лишь очень кратковременно [71]. Остальное время растения находятся в неблагоприятных для жизни условиях, или не хватает воды (с минеральными элементами), или воздуха (кислорода). Поэтому все время возникают "ножницы" между потребностями растений и их удовлетворением, притом "ножницы", в основном находятся в широко раскрытом состоянии [47]. Этим фактом объясняется и то, что в почвенных условиях урожай никогда не достигает возможных для данного вида максимальных величин [109].

Иная картина в гидропоникуме, где все факторы корнеобитаемой среды практически возможно регулировать, исходя из потребностей растений. Питательный раствор по трубам с помощью насоса периодически подается к вегетационным деланкам. При подпитывании наполнителя питательный раствор вытесняет весь имеющийся воздух, удаляя продукты дыхания корней, а во время слива, когда раствор уходит из деланок, всасывается свежий воздух. При этом питательный раствор одновременно омывает частички наполнителя, которые покрываются пленкой воды с питательными элементами. Таким образом, корни растений постоянно снабжены водой, воздухом и питательными веществами, что почти полностью обеспечивает оптимальный режим корнеобитаемой среды. Необходимо отметить, что в создании таких оптимальных условий для жизнедеятельности корней растений решающее значение имеет основное положительное свойство наполнителей вегетационных деланок - их необходимая воздухоемкость и водоудерживающая способность ее частиц.

Обобщая сказанное, отметим, что сегодня более чем актуально звучит высказывание К.А. Тимирязева [133], который считал, что для повышения продуктивности растений и выявления потенциальной индивидуальной продуктивности их надо освободить от власти земли.

Ниже вкратце рассмотрим отдельные аспекты этого основного фактора.

I-I. вода в корнеобитаемой среде играет большую роль не только в процессе роста корневой системы, но и в обеспечении биосинтетических и терморегулирующих процессов в надземной части. Проникновение корней через сухую почву связано с огромным сопротивлением, что приводит к значительным энергетическим затратам и снижению продуктивности растений. Для получения высоких урожаев растения должны иметь большое количество доступной для них влаги [124].

Небольшой водный дефицит (1-2%) не отражается на общем состоянии растения, но увеличение свыше 20% ведет к снижению интенсивности фотосинтеза. Особенно сильно недостаток воды ска-

зывается в период формирования репродуктивных органов [25].

Все химические соединения, участвующие в питании растений, могут быть поглощены только с водой, являющейся средством их растворения и перемещения. Вода служит также в качестве питательного вещества при построении растения. Велика ее роль также в выполнении фитофизиологических функций [71]. При избытке влаги в корнеобитаемой среде корни растений могут испытывать недостаток кислорода, вследствие чего задерживается их рост [119]. Установлено также, что при дефиците в субстрате влаги повышается содержание азота и калия в растениях [34].

Как отмечает Э.А. Алиев [10], при выращивании на искусственных субстратах, обеспечение растений водой намного облегчается, так как вода всегда находится в гидропонических субстратах в достаточном количестве, не связывается с наполнителем и легко доступна для корневой системы растений.

Английские ученые Гурд и Грейвз [157] большое значение придают режиму подачи воды (питательного раствора) в гидропонических системах, особенно при минерально-пленочной технике (NFT). Они считают, что с помощью режима подачи раствора можно контролировать все основные жизненно важные для корневой системы факторы — воду, минеральное питание, аэрацию, pH, температуру. Управление водным режимом корнеобитаемой среды соленоидными клапанами они предлагают осуществлять с помощью солнечного интегратора, который учитывает не только уровень солнечной радиации, но и потребность живого растения в воде.

1.2. Воздух играет довольно большую и многогранную роль в корнеобитаемой среде, поэтому все существующие системы обработки почвы предусматривают обеспечение наилучших условий для ее аэрации. Соотношение между объемами воздуха и воды является важнейшей характеристикой почвы. Однако для интенсификации направления биологических процессов в корнеобитаемой среде важную роль играют как пористость и воздухоемкость почвы, так и состав почвенного воздуха [124], который меняется не только в течение вегетации, но и суток. Например, опытами Н.Н. Полесова (по Ревут, [124]) показано, что за 48 часов при отсутствии отвода газов в почвенном воздухе наблюдалось накопление 4,2% углекислоты, а кислорода оставалось всего 13,5%. Таким образом, можно констатировать, что в ризосфере идет непрерывный процесс образования углекислоты и уменьшения содержания кислорода.

Высшие растения весьма чувствительны к составу воздуха в ризосфере. По данным В.А. Новиковой (по Ревут, [124]), содержание в почвенном воздухе 7-12% кислорода, что имеет место в хорошо обрабатываемых структурных почвах, обеспечивает интенсивное дыхание корней, хороший рост их и интенсивное поглощение мине-

ральных веществ. В тяжелых глинистых, плохо аэрируемых почвах, где наблюдается снижение содержания кислорода до 1-2%, рост корней замедляется, поглощение воды и питательных веществ ухудшается и прекращается рост надземной части растений.

От степени аэрации корня и питательных растворов зависит интенсивность поглощения питательных веществ растениями. В плохо аэрируемых условиях ухудшается снабжение поглощающих клеток кислородом и повышается содержание углекислоты. Некоторыми авторами было установлено, что максимальное поглощение минеральных веществ растениями происходит при содержании в среде 2-3% кислорода. Дальнейшее повышение концентрации O_2 не сказывается на скорости поглощения солей. Подобная зависимость поглощения веществ от содержания кислорода свидетельствует о том, что в этом процессе решающее значение имеют ферментные системы, обладающие высоким сродством к кислороду. Однако необходимо отметить, что установленная оптимальная концентрация кислорода (3%), конечно, не является одинаковой для всех растений [130, 136].

По данным Р.Бретфильда и др. (по Ревут, 1964), в зависимости от условий аэрации среды химическое состояние некоторых соединений существенно меняется (табл. I), что говорит о значении состава воздуха корнеобитаемой среды для нормального питания сельскохозяйственных растений.

Таблица I

формы химических соединений в зависимости
от аэрации почвы (по Ревут)

Химический элемент	Нормальная форма в хорошо аэрированных почвах	Восстановленная форма в перенасыщенных водой почвах
Углерод	CO_2	CH_4
Азот	NO_3^-	NH_2^- и NH_3
Сера	SO_4^{--}	H_2S
Железо	Fe^{+++}	Fe^{++}
Марганец	Mn^{+++}	Mn^{++}

Таким образом, доказано, что постоянная и хорошая аэрация зоны роста и развития корней является важнейшим условием активной поглотительной и функциональной деятельности корневой системы.

При гравийно-гидропоническом производстве растений наполнители вегетационных деланок имеют достаточную воздухоемкость (~ 50%), что, наряду с периодической подачей и сливом питательного раствора, позволяет бесперебойно снабжать корневую систему растений кислородом. Таким образом, в гравийной куль-

туре корень растений фактически постоянно находится во влажной воздушной среде. Именно постоянное одновременное присутствие кислорода и воды вокруг корней, что имеет место в условиях гравийной гидропоники, по-видимому, приводит к усиленному обмену веществ в клетках корня. Это, в свою очередь, интенсифицирует метаболические и формообразовательные процессы во всем растении [42].

1.3. Температура корнеобитаемой зоны сильно сказывается на развитии и активности корней, процессах жизнедеятельности и продуктивности растений, являясь одним из решающих факторов. Химические реакции, растворимость и поступление в растения питательных веществ, кислорода и углекислоты, газообмен между корнеобитаемой средой и атмосферным воздухом и т.п. также зависят от температуры среды. Понижение температуры почвы (среды) снижает скорость поступления воды в корни растений, так как водоотдающая сила при 0°C составляет от $1/3$ до $1/2$ от этой величины при 25°C [124].

Влияние температуры корнеобитаемой среды на поглощение питательных ионов рассматривается в работах многих авторов [10, 26, 65, 68, 70, 80, 84, 130, 134, 142, 145, 161, 162]. Несмотря на то, что мнения этих исследователей во многом различны, все они единогласно утверждают, что температура корнеобитаемого слоя оказывает решающее влияние на поглощение растениями элементов минерального питания и на функциональную активность корней и надземной части. Так Липс [161] показал, что повышение температуры корнеобитаемой среды до 35°C резко повышает интенсивность фотосинтеза (особенно сильно — в 5–10 раз — в присутствии иона NO_3^-). Дальнейшее повышение температуры корнеобитаемой среды приводит к резкому снижению интенсивности фотосинтеза. По данным Н.Д. Алексинной [145], при температуре 25°C повышение содержания NO_3^- в ростках 12-дневных растений озимой пшеницы выше, чем когда корни находятся в условиях 12°C , а ростки — 25°C .

Другого мнения придерживается Б.С. Мошков [109], который показал, что для получения высокого урожая большое значение имеет высокая температура воздуха (порядка $25\text{--}30^{\circ}\text{C}$), а не почвы (субстрата). Последняя может быть такой же, как температура воздуха или на 10°C меньше, что не влияет на конечный хозяйственный эффект.

Как справедливо отмечают Вавилов и др. [25], тепловой режим корнеобитаемой среды в полевых условиях трудноуправляемый фактор и практически очень мало возможностей воздействия на него. Однако, как показали наблюдения [49, 79, 85, 100], в условиях открытой гравийной гидропоники, применяя различные по физико-химическим свойствам наполнители вегетационных деленок, частично

возможно регулировать и этот фактор, изменяя частоту подачи питательного раствора в течение дня и вегетации. Например, в условиях сухого и жаркого климата Аракатской долины для производства помидоров методом открытой гидропоники рекомендуется применять вулканический шлак, который меньше нагревается и намного больше поглощает воды, чем, скажем, гравий. Вода в этом случае играет роль терморегулирующего фактора. При производстве же теплолюбивой розовой герани предлагается применять гравий или смесь гравия с вулканическим шлаком в соотношении примерно 3 : 1.

1.4. Минеральное питание растений является одним из важнейших и мощных факторов, от которого зависят не только направленность и интенсивность биосинтетических процессов в растительном организме, но и продуктивность целого растения. Д. Абба и В. Смит [144] показали, что недостаточное минеральное питание снизило урожайность растений и их устойчивость к различным инфекционным заболеваниям. Недостаток элементов, играющих активную роль в фотосинтезе и в обмене веществ в клеточных оболочках (например Са, N, K, B), приводит к большей потере урожайности и устойчивости, чем недостаток остальных элементов. Д. Натр [166] отмечает важное значение минерального питания не только для интенсивности фотосинтеза и высокой продуктивности растений, но и для анатомического строения листа. В работе Е. Швонка и В. Малевского [174] показано влияние макро- и микроэлементов на аминокислотный состав растений, причем отмечено, что под влиянием удобрения изменялось не содержание лейцина и аланина, а частично — содержание аргинина. Сера оказалась самой активной в отношении влияния на содержание аргинина, аспарагиновой кислоты, глицина, валина, тирозина, глутаминовой кислоты, изолейцина и фенилаланина, а примененные автором дозы азота и кальция не оказали воздействия на содержание аминокислот.

Известно, что значительная часть питательных элементов находится в почве в труднорастворимом или адсорбированном состоянии, а также в виде органических соединений. В этих условиях почвенный раствор не всегда в состоянии полностью удовлетворить потребность корневой системы и растительного организма в целом.

При беспочвенном выращивании растений в водной, воздушной или гравийной гидропонической культуре резко улучшается корневое питание, так как питательные элементы в растворе подаются в неограниченном количестве в физиологически уравновешенном и активном состоянии в виде ионов, практически готовых к усвоению корнями. В этом состоит основное преимущество искусственного субстрата перед почвой. При беспочвенном выращивании растений практически осуществляются также автоматический контроль и

управление минеральным питанием (коррекция и обновление питательных растворов, периодические промежуточные поливы водой и т.д.), что в свою очередь создает все предпосылки для получения высоких урожаев при минимальных затратах питательных веществ и воды.

Рассмотрим причины, обуславливающие, а иногда лимитирующие поглощение и эффективность минеральных элементов.

1.4.1. Концентрация питательного раствора считается одним из важнейших условий поглощения питательных элементов корнями растений в условиях гидропоники. Оптимальная концентрация раствора различна как для разных растений, так и для одного и того же растения в течение онтогенеза. Еще Хогланд (по Хьюитту, [139]) считал оптимальным питательный раствор, имеющий "наименьшую концентрацию, которая обеспечивает наибольший урожай и повышение которой не дает никакого дальнейшего улучшения". От концентрации питательного раствора зависит его осмотическое давление, которое в питательных растворах, применяемых в промышленных гидропониках, всегда ниже, чем осмотическое давление клеточного сока корней. По М. Бентли [23], осмотическое давление питательного раствора должно колебаться в пределах 0,75-1,25 атмосферы, что соответствует концентрации элементов до 2000 мг/л.

В литературе нет единого мнения о влиянии концентрации питательного раствора на продуктивность растений. Ряд исследователей считают, что концентрация питательного раствора оказывает весьма интенсивное и многостороннее влияние на рост и развитие растений.

Опыты З.И. Щурбицкого [61, 66] с огурцами, выращенными в песчаных культурах, показали, что с повышением концентрации солей в питательном растворе от 3 до 11 мМ резко увеличиваются вес растения и общее количество испаряемой им воды. При дальнейшем повышении концентрации солей до 23 мМ увеличение веса растения менее ощутимо. С повышением концентрации относительно снижается усвоение азота и увеличивается усвоение калия, а усвоение фосфора почти не изменяется [67]. Исследованиями установлено, что при выращивании томата аэроагрегатным методом в условиях интенсивной светокультуры следует применять высокую (2,0-2,5-кратную, т.е. 3,6-4,5 г/л минеральных солей) концентрацию питательного раствора Кнопа, а в фазу начала завязывания плодов и в конце вегетации концентрацию необходимо снижать до одинарной, что повышает продуктивность растений [81, 91]. Доказано, что избыточная концентрация Al, Mn, Fe, сопутствующая кислой реакции, еще в большей мере, чем кислотность, нарушает обмен веществ и снижает продуктивность ячменя.

многочисленными экспериментами в водной культуре (на смеси кнопа, в которой варьировалась концентрация калия) А.Е. Петров-Спиридонова и Н.С. Гагарина [121], на примере пшеницы и фасоли, показали, что концентрация калия 1 мМ является оптимальной концентрацией, обеспечивающей наилучший рост и продуктивность этих культур.

В опытах по беспочвенному выращиванию бромелии показано, что уровень урожайности зеленой массы и содержание в ней NPK соответствуют повышению концентрации питательного раствора. Такую же закономерность получил и проф. Пеннингсфельд [160]. В опытах по выращиванию помидора и перца в условиях открытой гравийной гидропоники показано, что лучшей по ряду показателей (продуктивность растений, осмотическое давление клеточного сока, площадь листьев, число генеративных органов, интенсивность транспирации и т.д.) является общая концентрация раствора 11,5–13,3 мМ, когда осмотическое давление не превышает 1,08–1,15 атм. Низкие (6,0–6,9 мМ) и высокие (23,0–54,2 мМ) концентрации питательного раствора не обеспечивают необходимым количеством питательных элементов и вызывают ослабление роста и развития растений [2,5]. Установлено также, что при 3–6-кратном повышении концентрации раствора меньше отношение свободной воды к связанной, в результате чего снижается продуктивность растений [3]. В опытах с лекарственным растением катарантусом розовым на питательных растворах Давтяна, чеснокова, гейслера и Бойс-Томсонского института наибольший урожай был получен при половинной концентрации питательного раствора Давтяна; при этом осмотическое давление питательного раствора не превышало 0,6 атм. [4].

На основании многолетних результатов для растений помидора и перца при их открыто-гравийно-гидропоническом производстве установлены оптимальные величины некоторых физиологических показателей (осмотическое давление, концентрация клеточного сока, сосущая сила клеток). Достижение этого предела является сигналом для подачи питательного раствора (или воды), исходящим из потребности самого растения, что обеспечивает повышение продуктивности растений [4].

Другая группа авторов показывает, что концентрация питательного раствора в широком диапазоне не влияет на скорость поступления ионов и их содержание в растениях, соответственно, не влияет на продуктивность растений.

При выращивании помидоров на щебне при осмотическом давлении раствора, равном 0,35; 0,70; 1,05 атмосфер, разницы в урожае плодов не наблюдалось [163].

По Стейнеру и Купперу (цитируется по D. Alt, [146]), растения не так уж чувствительны к изменениям концентрации питательного раствора, но Д. Альт считает более целесообразным поддерживать постоянную концентрацию питательного раствора.

В пользу второго подхода говорит и то, что для выращивания саженцев березы и сеянцев огурца требуется одинаковый питательный раствор [158].

Как видно из этого весьма неполного и краткого обзора, значение концентрации и осмотического давления питательного раствора пока не выяснено окончательно. Сейчас в гидропониках используются сотни питательных растворов с общей концентрацией от 0,6 до 6,0 или чаще от 1,3 до 3,0 промилле, которые, по утверждению их авторов, весьма эффективны [40]. Решение данного вопроса представляет не только научный интерес, но и имеет важное практическое значение для ежегодно расширяющихся гидропоникомов мира.

1.4.2. реакция (pH) корнеобитаемой среды при беспочвенном выращивании растений приобретает особое значение, поскольку буферность гидропонических субстратов крайне низка по сравнению с буферностью почв. Поэтому создание и поддержка реакции питательного раствора в оптимальных пределах в течение вегетации являются важнейшим условием промышленной гидропоники. Для гидропоники обычно рекомендуют pH в пределах 5,5–6,5 (оптимум около 6,0), что обеспечивает хорошую растворимость питательных веществ.

Концентрация водородных ионов в корнеобитаемой среде чрезвычайно важна при поглощении растением фосфатов, так как при постепенном подкислении среды происходит видоизменение преобладающей формы фосфатов от одновалентной (H_2PO_4^-) к двухвалентной (HPO_4^{2-}) и, наконец, к трехвалентной (PO_4^{3-}). Как показали Нонерт и Норкин (по Бабахаян и др. [19]), только одновалентные ионы ортофосфорной кислоты поглощаются растениями в значительных количествах. Поэтому замедление роста ряда растений при щелочных значениях pH может быть вызвано невозможностью усвоить в этих условиях необходимое количество соединений фосфора [130].

Как показывает И. Михалик [165], скорость поглощения фосфора в зависимости от pH среды значительно меняется, что указывает на участие H^+ – насоса – источника биоэлектрической энергии, на накопление фосфатов.

Кислая реакция среды оказывает на растения прямое и косвенное действие. При повышенной концентрации водорода задерживается поступление азота и зольных элементов, подавляются син-

тетические процессы в корнях и в надземных органах, в частности, нарушается углеводно-белковый обмен, тормозится рост корневой системы [81].

Опыты, проведенные в Институте агрохимических проблем и гидропоники в условиях открытой гравийной гидропоники, показали, что при pH 3 и 9 рост растений алоэ был подавлен, нарушилось поглощение ионов Mg^{2+} , NH_4^+ и PO_4^{3-} . Лучшим по развитию куста, урожайности и реакции клеточного сока оказались растения, выращенные на питательном растворе с pH 5 [20].

Многочисленными опытами подобрана также оптимальная реакция раствора для растения перца (pH 5,6-6,0). При подкислении раствора (pH 3,2-2,7) усиливается поглощение анионов, что, по мнению авторов [78], нарушает нормальное питание растений.

1.4.3. Соотношение химических элементов в питательных растворах интерпретируется по-разному. Классическая точка зрения в этом вопросе следующая: питательная смесь должна в усвояемой форме, нужном количестве и соотношении содержать все необходимые элементы для нормального роста и развития, а также высокого урожая растений [122].

За сравнительно короткий срок (около 50 лет) существования промышленного растениеводства в различных странах мира разработано около 1000 питательных растворов для выращивания различных культур. Несмотря на их различия по составу и соотношению питательных веществ (табл. 2), содержание азота в общей сумме NPK колеблется в пределах 12,5-40,5; фосфора - 14,2-44,4; калия - 30,4-64,5% [40, 64].

В литературе имеется немало данных о влиянии состава и соотношения питательных ионов на рост, развитие и продуктивность растений. Так Дурбицкий [63, 65], учитывая изменчивость потребности растений в питательных веществах в течение вегетации, указывает на важнейшее значение соотношения между основными питательными элементами и их концентрациями. Он предлагает, для определения потребности растений в питании в течение всего периода вегетации, учитывать соотношение усваиваемых растениями питательных элементов, так как именно направление изменения соотношения питательных элементов в течение вегетации является наиболее устойчивой характеристикой каждого растения.

Для сахарной свеклы, пшеницы и кукурузы А.Д. Хоменко [138] считает оптимальными комплексные удобрения, в которых соотношение $N : P_{2O_5} : K_2O$ и катионно-анионный состав соответствуют общему выносу питательных веществ с урожаями.

Если соотношение различных ионов во внешнем растворе изменяется, то обычно изменяется и соотношение этих элементов в растениях [134].

таблица 2

Соотношение основных элементов в питательных
смесях и дозы N, P₂O₅ и K₂O в мг/л
(сумма N + P₂O₅ + K₂O = 100) по Шурбицкому 65

Авторы	Дозы, мг/л			Соотношения		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Бентли, для лета	165	292	202	25.2	44.4	30.4
университет Пордью для лета	295	103	303	40.5	14.2	45.3
по циркуляру № 328	101	187	526	12.5	23.0	64.5
Огайо	127	182	378	18.5	26.5	53.0
Джерике	140	150	465	18.5	19.8	61.7
Гелер	149	150	523	18.1	18.2	63.7
чесноков, Базырина	140	87	230	30.8	18.7	50.5
Кноп	206	130	204	38.2	24.0	37.8
Пянишников	84	71	94	33.8	28.4	37.8
Мори, Абе	199	92	329	32.1	14.8	53.1

Как отмечают М.В. Вильямс и соавт. [28], сбалансированный питательный раствор низкой концентрации обеспечивает растения необходимыми элементами на протяжении онтогенеза на круглосуточном освещении, при этом наблюдается повышение урожая биомассы у растений свеклы и моркови.

Е. Ермаков [59], который указал, что при аэрогидролитовом методе выращивания растений урожай зерна, накопление соломы, половы и корней существенно зависят от содержания азота и фосфора в питательном растворе, важную роль придает составу питательного раствора. При увеличении содержания азота в растворе кнопа существенно возрастает продуктивность растений.

В. Ромер и Г. Шиллинг [169] указывают, что для получения высокого урожая зерна пшеницы необходимо высокое содержание в питательной среде фосфора, особенно в ранней стадии вегетации. Отмечается также [159], что при высоких дозах калия урожай зерна и соломы растений, которые испытывали умеренный водный стресс, был выше, чем при средних дозах. Растения, подвергшиеся сильному водному стрессу, резко снижали урожай при всех дозах калия. При высокой дозе калия наблюдалось также снижение транспирационного коэффициента.

Определенное значение придают составу и соотношению питательных элементов в растворах и другие исследователи [27, 125,

154, 155, 158], которые для составления оптимального питательного раствора и лучшего соотношения химических элементов предлагали различные подходы, с учетом интенсивности роста, среднего содержания питательных веществ в растениях, урожая на различных смесях и т.д.

Другие исследователи [121] указывают, что для роста растений соотношение между K , Ca , Mg и Na в растении имеет большое значение, чем соотношение в питательном растворе. Резкое нарушение катионного равновесия в листьях фасоли, в условиях калийной недостаточности и повышенном поглощении двухвалентных катионов (особенно кальция), приводит к подавлению роста.

Некоторые авторы [168] показали, что оптимальная доза цинка повышает активность нитратредуктазы. Однако между концентрациями цинка и активностью нитратредуктазы корреляции не обнаружено.

Отмечается положительное влияние поливалентных катионов (Fe^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+}) на поглощение фосфатов корнями кукурузы (особенно при их концентрации около 1 ммоль/л), что объясняется понижением десорбции фосфатов и, наоборот, повышением аккумуляции фосфора. Установлено также, что независимо от формы сопутствующего аниона (Cl^- или NO_3^-) K^+ достоверно понижает накопление фосфора в корнях и его транспорт в надземные органы [165].

Многие авторы [47, 72, 105-107, 110, 111, 118, 163, 171-173] считают, что в контролируемых условиях гидропоники, при неограниченном запасе питательных элементов в близости к оптимальным остальным условиям, соотношение основных элементов минерального питания в среде практически не влияет на продуктивность растений.

При беспочвенном выращивании растений часто решающим фактором, влияющим на продуктивность растений, становится не соотношение питательных элементов в растворе, а их ограниченное содержание в среде, что подтверждено исследованиями Edwards и Asher по Осиповой, [117]. Ту же мысль развивает и Н.Т. Ниловская с соавт. [111], отмечая, что там, где уровень питания низкий, уместней говорить о влиянии не соотношения элементов, а о дефиците питания по тому или иному элементу. Этим же они объясняют наблюдаемый исследователями факт, что в вегетационных опытах при различных уровнях питания в гравийной, почвенно-песчаной и почвенной культуре найденное оптимальное соотношение элементов было неодинаково.

Отрицая решающее влияние состава питательного раствора на продуктивность растений и советуя не преувеличивать его значения, В.А. Чесноков [143] указывает, что важным является не только состав, но и способ применения раствора, т.е. режим пи-

тания, которые нельзя отрывать друг от друга.

Обобщая вышеизложенное отметим, что практически не столь важно скрупулезное соблюдение определенного состава и соотношения раствора, сколько полное обеспечение растения данным ионом, ибо в условиях гидропоники избирательное усвоение питательных ионов корнями растений преобладает над уровнем пассивного поглощения того или иного иона, изменяемого в результате возможных резких сдвигов условий в ризосфере, в связи с циклами ее насыщения раствором и быстрого оттока последнего. Поэтому, для обеспечения высокой продуктивности растений в гидропонике необходимо позаботиться, чтобы в питательном растворе был достаточно высокий уровень концентрации питательных ионов, чтобы растение не испытывало недостатка в каком-либо из них [37, 47].

2. Повышение функциональной активности корней в условиях гидропоники. Известно, что улучшение условий корнеобитаемого пространства и высокая корневая обеспеченность приводят к улучшению и усилению их поглотительной и метаболической активности, что в тесном взаимодействии с активной и высокопродуктивной жизнедеятельностью надземных органов, обеспечивают интенсивный рост, развитие и высокую продуктивность сельскохозяйственных культур [73, 126, 147].

Показано также, что при усилении азотного и фосфорного питания рост надземной части растений увеличивается больше, чем рост корней, в результате чего весовое соотношение их падает. При этом уменьшаются абсолютная величина и длина корней. А при дефиците питательных элементов, особенно азота, растение формирует большое количество корней, как бы пытаясь улучшить условия усвоения этих элементов [117].

предполагается [149, 150], что поглощение ионов цитрусовыми, а также другими многолетними деревьями зависит от особенностей роста растений, а также от размеров (мощности) и морфологической структуры корневой системы.

Эффективному регулированию функциональной и поглотительной активности корневой системы растений при их беспочвенном производстве большое значение придает Аммерлаан [148], который считает, что высокая активность корней — это уже половина планированной и возможной урожайности растений.

Экспериментально доказано, что при беспочвенном выращивании растений, когда водно-воздушно-температурный и питательный режим корневой системы приближается к оптимальному, резко возрастают их функциональная активность и общая жизнедеятельность. При этом образуются здоровые, компактные, короткие корни с относительно меньшей массой, но с большой активной поверхностью [29,

47, 74, 75]. В качестве свидетельства интенсификации деятельности корневой системы А.С. Водяник [29] указывает на более полное использование поступающих из листьев ассимилятов, усиление синтеза белка и аминокислот, а также на их интенсивную подачу в надземные органы растений. Перераспределение ассимилятов в пользу надземной части, приводящее к ускорению развития растений, отмечает также А. Стейнер [74].

Вышеизложенное показывает, что сравнительно мало исследований посвящено метаболической и поглотительной активности корней в условиях гидропоники. Эти вопросы нашли освещение в работах В.В. Казарян [74, 76], выполненных в условиях открытой гидропоники в Институте агрохимических проблем и гидропоники АН АрмССР. Автор приходит к выводу, что условия корнеобитаемой среды при гидропоническом выращивании растений способствуют развитию, главным образом, активных, всасывающих корней, вследствие чего повышаются их поглощающая поверхность и метаболическая активность. Это выражается в большем содержании аминокислот, белкового азота и фосфорсодержащих органических соединений в корнях и пасоке гидропонических растений. При этом выявлено, что повышенная активность гидропонических растений, по сравнению с почвенными, обусловлена не величиной суточной амплитуды содержания метаболитов, а общим их количеством, обнаруженным во все часы суток. Благодаря повышенной функциональной активности корней, листья гидропонических растений оказываются физиологически активными, вследствие чего интенсивно развиваются надземные органы, обеспечивающие формирование высокого урожая.

3. Повышение физиологической активности надземных органов в условиях гидропоники

Известно, что общая активная жизнедеятельность и высокая продуктивность растений не зависят от отдельных, пусть самых важных факторов. Все эти факторы взаимосвязаны и сочетаются в едином организме. Благоприятное их соотношение и сочетание в разные периоды онтогенеза обеспечивают конечный результат жизнедеятельности растений — высокую биологическую и хозяйственную продуктивность сельскохозяйственных и других культур.

Приведенный выше краткий обзор о значении функциональной активности корневой системы свидетельствует о глубоком и разностороннем их влиянии на общие биологические процессы целого организма и его продуктивность. Однако, наряду с этим, общепризнанно также громадное значение фотосинтеза, транспирации, дыхания, состояния пигментного аппарата листа, водного режима и других физиологических функций растений на их продуктивность.

Вместе с тем, доказана и взаимозависимость между функциональной активностью корней и деятельностью надземных органов, ибо нормальное функционирование самой корневой системы зависит также от интенсивности и характера фотосинтеза, транспирации, дыхания и т.д.

Теперь рассмотрим каким образом благоприятные условия функционирования корней, описанные в предыдущем разделе, влияют на функционирование надземных органов гидропонических растений и, в итоге, на их продуктивность.

3.1. Фотосинтез является основным процессом питания растений и образования органического вещества. Поэтому урожай растений прежде всего определяется размерами и продуктивностью работы фотосинтетического аппарата [112]. Как указывает Б.А. Рубин: "Среди факторов, определяющих общую продуктивность растений, фотосинтезу несомненно принадлежит ведущая роль, если учесть, что на долю органического вещества, образующегося в ходе фотосинтеза, приходится около 95% массы всех сухих веществ растения Поэтому управление процессами фотосинтеза представляет собой один из наиболее эффективных путей управления продуктивностью растения, воздействия на его урожайность" [126]. Характер и интенсивность фотосинтеза тесно связаны с жизнедеятельностью растения и зависят от различных факторов внешней среды. Среди этих факторов огромное значение придается сочетанию процессов минерального питания и фотосинтеза, которое фактически является основой формирования урожая растений.

Фотосинтез и минеральное питание — две стороны единого процесса жизнедеятельности растений. Важнейшие питательные элементы участвуют в построении фотосинтетического аппарата, входят в состав хлоропластов, оказывают большое влияние на накопление хлорофилла и, таким образом, оказывают сильное и непосредственное влияние на интенсивность фотосинтеза [136].

Между деятельностью корневой системы, поглощающей минеральные вещества, и фотосинтезирующими листьями осуществляется тесное взаимодействие. В частности, повышение продуктивности растений под действием питательных элементов (особенно азота) неразрывно связано с повышением продуктивности фотосинтеза и использования солнечной энергии [118].

А.А. Ничипорович [115] отмечает, что "в условиях оптимального водоснабжения и минерального питания, затрачивая в начальных фазах роста относительно немного ассимилятов и энергии на рост корней, фотосинтетический аппарат (листья) быстро и с ускорением начинает "работать" на собственный рост и формирование несущих осевых органов, образуя в большом количестве азотосодержащие продукты и активные регуляторы ростовых процессов".

Влияние корневой деятельности на основные физиологические функции надземных органов (активность фотосинтеза, дыхания, транспирации, образования хлорофилла, на содержание углеводов, белков, нуклеиновых кислот, водный режим и др.) и продуктивность растений отмечено также в работах целого ряда исследователей [73, 113, 120, 126, 135].

Вышеизложенное дает основание предположить, что при управляемом и оптимальном питании растений в гидропонике создаются лучшие условия для интенсификации фотосинтеза.

Многочисленные эксперименты как у нас в Институте, так и в других учреждениях однозначно доказывают верность этого предположения.

Так, Е.И. Ермаков [59] отмечает интенсивную фотосинтетическую деятельность при выращивании растений аэрогидролитовым методом на пленочном пористом субстрате. При этом указывается, что в период плодоношения томата КПД использования ФАР в интенсивной светокультуре достигает почти 12%.

А.А. Ничипорович [114] указывает, что при культивировании растений в условиях гидропоники энергия солнечной радиации используется с КПД примерно в 3-5%, вместо обычных 0,5-1,0% в полевых условиях.

Еще более высокий КПД света (8-10%) в искусственных условиях микроклимата отмечают А.В. Русаков и Г.Г. Русакова [127], которые считают возможным доведение его при наиболее благоприятных условиях до 12-15%. Усиление физиологической активности фотосинтетического аппарата и более высокий уровень энергетических процессов у гидропонических растений отмечают также А.С. Водяник [29], М.А. Бабаханян и соавт. [14] и другие.

Результаты 20-летних исследований Института агрохимических проблем и гидропоники показали, что интенсивность и чистая продуктивность фотосинтеза, а также дыхания и транспирации у гидропонических растений значительно выше, чем в почвенном контроле. При этом, фотосинтетический положительный баланс у гидропонических растений складывается всегда выше, чем у почвенных. Показано также, что по величине суммарной площади листьев и фотосинтетического потенциала гидропоническая плантация многократно превосходит почвенный контроль.

Увеличение интенсивности и чистой продуктивности фотосинтеза, значительно более раннее достижение уровня "оптимальной площади ассимиляции", многократное увеличение фотосинтетического потенциала, фотосинтетический положительный баланс и т.д. являются основными факторами многократного увеличения продуктивности растений при их производстве в условиях открытой гидропоники [38, 40, 47, 52, 54, 74, 75, 79, 92-94, 96].

3.2. Дыхание является наиболее важным процессом обмена веществ, проходящим в растительном организме. Дышат абсолютно все органы, ткани и клетки растений, однако, дыхание наиболее активно протекает в двух важнейших метаболических центрах — в листьях и корнях. Следовательно, одним из основных метаболических процессов, определяющих продуктивность целого растения, является интенсивность дыхания. Несмотря на это, она фактически не изучена при беспочвенном выращивании растений, лишь некоторые сведения имеются в работе Г.С. Давтяна [40].

В 1972-1974 гг. в Институте агрохимических проблем и гидропонии АН Армении были проведены исследования интенсивности дыхания листьев растений розовой герани и табака, выращенных в условиях открытой гидропонии [92-95]. Результаты опытов показали, что в условиях открытой гидропонии и почвы дневной ход интенсивности дыхания у обоих растений характеризуется одновершинной кривой, с максимумом в 13-15 часов дня. А в онтогенезе интенсивность дыхания повышалась по мере роста растений.

Установлено также, что у гидропонических растений табака и розовой герани интенсивность дыхания на всех этапах онтогенеза превышала почвенный контроль на 10-40%, что говорит о более высокой метаболической активности листьев при беспочвенной культуре.

3.3. Значение транспирации для растения чрезвычайно велико. Интенсивность транспирации меняется в течение суток и сезона. Величина транспирации зависит от солнечной радиации, температуры и влажности воздуха, сочетание которых определяет величину дефицита влажности воздуха, как важнейшего фактора транспирации.

Интенсивность транспирации также тесно связана с влажностью почвы. На влажных почвах уровень транспирации растений всегда выше, чем на сухих, а скорость транспирации увеличивается с возрастающей влажностью почвы.

Исследования интенсивности транспирации растений в условиях гидропонии очень ограничены. Приведены лишь некоторые данные в работах З.И. Курбичко [60, 63, 65], касающиеся овощных растений при их теплично-гидропоническом выращивании.

Значительные различия в интенсивности транспирации помидора и перца в зависимости от влажности субстрата в условиях открытой гидропонии получены в исследованиях Института агрохимических проблем и гидропонии АН АрмССР [6]. В условиях недостаточного водоснабжения (полив один раз в 2 дня) интенсивность транспирации была низкой. Максимум транспирации наблюдался в II часов. У наиболее обеспеченного водой варианта (при двух поливах в день) интенсивность была почти в 2 раза

выше и достигала максимума в полуденные часы.

Александян [1, 3] приходит к выводу, что у гидропонических растений помидора, перца и саженцев винограда в течение почти всего вегетационного периода транспирация выше, чем у почвенных. В начале вегетации гидропонические и почвенные растения имели приблизительно одинаковую величину транспирации. В последующем, по мере роста растений, наблюдалось повышение интенсивности транспирации в условиях открытой гидропоники. В конце вегетации наблюдалось снижение транспирации, но у гидропонических растений она оставалась на более высоком уровне, чем у почвенных. Аналогичные результаты приведены также в работах Давтяна [40] и Межуца [93].

Интенсивность транспирации в условиях как почвенной, так и гидропонической культуры меняется в течение дня. Высокая интенсивность транспирации в обоих случаях наблюдалась в 13-15 часов дня, а в утренние часы она была ниже. Однако дневной ход транспирации у почвенных растений выражается более резко ниспадающей кривой [93].

Эффективность использования воды растением может быть охарактеризована такими показателями, как продуктивность транспирации (количество сухого вещества, образовавшегося в растении при потреблении 1 кг воды) и транспирационный коэффициент (количество воды, затраченной в течение вегетации на образование единицы сухого вещества).

В опытах Дл. Александян [1, 3, 6] транспирационный коэффициент в условиях открытой гидропоники был ниже, чем в полевой культуре. Это указывает на более экономное расходование воды гидропоническими растениями. Продуктивность транспирации, наоборот, выше в условиях гидропоники. Следовательно можно полагать, что расход воды в условиях гидропоники более продуктивен, чем в почвенных условиях, что связано с наличием большого количества доступных питательных элементов в корнеобитаемом пространстве.

Из вышеизложенного следует, что в условиях гидропоники регулированием режима полива, т.е. изменяя частоту подачи питательного раствора, можно достичь не только высокой водообеспеченности растений, но и значительного увеличения интенсивности транспирации и продуктивности растений.

3.4. От эффективной работы пигментного аппарата в значительной степени зависит жизнедеятельность и продуктивность растений.

В активном поглощении и использовании солнечной энергии растениями, наряду с другими факторами, решающее значение имеет количественный и качественный состав, а также физико-химические

свойства фотосинтетических пигментов зеленого листа.

Многочисленные исследования показали, что листья гидропонических растений в сравнении с почвенным контролем отличаются большим (примерно 1,2-2,0 раза) содержанием хлорофилла "а" и "б", каротина, лютеина и вилоксантина. Обнаружена также более прочная связь хлорофиллов "а" и "б" с носителем — белково-липидным комплексом. При этом отмечено, что хлорофилл "а" менее прочно связан с липопротеидом, чем хлорофилл "б".

Авторы этих работ [21, 22, 38] предполагают, что более прочная связь хлорофилла "а" и "б" с носителем в пластидах гидропонических растений является своего рода приспособлением к новым условиям существования, в которых они имеют возможность лучше использовать солнечную энергию и с большей интенсивностью осуществлять фотосинтез.

Известно, что ухудшение водоснабжения растений приводит к уменьшению свободной формы воды и увеличению связанной, которая взаимосвязана с ходом физиологических процессов у растений. Известно также, что гидропонические растения из-за обильного и почти постоянного водоснабжения по сравнению с почвенной культурой всегда содержат больше свободной воды, чем связанной [1]. Сокращение частоты полива до одного раза в день вызывает уменьшение свободной воды и содержания хлорофиллов и упрочение их связи с белком в листьях гидропонических растений [77].

Обнаруженные закономерности согласуются с результатами других исследований [29, 74, 75, 93-95]: при этом отмечается корреляция между накоплением и изменениями количества фотосинтезирующих пигментов в листьях с ходом дневной и сезонной динамики фотосинтеза.

З.А. Алиев [10], выращивая огурцы на различных питательных растворах — чеснокова, УНИИОБ, "Киевской овощной фабрики", родникова, Алиева, — больше всего хлорофилла обнаружил в листьях огурцов на растворе родникова, что, по мнению автора, подтверждает возможность регулирования интенсивности накопления пигментов при помощи минерального питания растений.

Имея в виду утверждение Б.А. Рубина [126] о том, что "количество и соотношение пигментов, активность ферментных систем в значительной мере определяются особенностями и спецификой деятельности корневых систем", вполне объяснима наблюдаемая закономерность усиленного накопления зеленых и желтых пигментов у растений, культивируемых в условиях гидропоники.

Как неоднократно отмечали исследователи, это связано с оптимизацией водно-воздушного режима и минерального питания корневой системы растений и усилением их функциональной активности, которые, несомненно, влияют на деятельность фотосинтетического

аппарата растений.

4. Анатомические особенности растений при их беспочвенном выращивании также представляют определенный интерес. При изучении анатомического строения различных культур в условиях гидропоники обнаружены многочисленные изменения. Так, например, у деревянистых растений стимулируется деятельность камбия, который продолжает функционировать до конца вегетации. Это нехарактерно для травянистых растений, у которых деятельность камбия затухает с наступлением фазы цветения. Интенсификация деятельности камбия приводит к сильной дифференциации тканей гидропонических растений. Это приводит к разрастанию стеблей и корней растений в толщину [37, 40, 97].

В листьях сахарной свеклы в условиях открытой гидропоники откладывается меньше оксалата кальция, чем у почвенных растений. У гидропонических растений паслена дольчатого больше объем проводящей ткани, выше соотношение флоэмы и ксилемы, в корнях значительно больше площадь центрального цилиндра и число сосудов ксилемы в нем.

У гидропонических растений алоэ повышается объем мезофилла листа, а также увеличивается общая фотосинтезирующая поверхность за счет большого числа рядов хлорофиллоносных клеток, стимулируется образование проводящей поверхности в листьях. У гидропонических растений валерианы лекарственной на верхней стороне пластинки листа имеются устьица, в то время как у дикорастущих верхние устьица образуются очень редко и только в первой половине вегетации.

Существенные анатомические изменения обнаружены во всех органах и у других растений [30-33], которые по мнению Г.С. Давтяна [40, 47] в значительной степени связаны не только с бесперебойным снабжением растений водой и обильным питанием всеми необходимыми элементами, но и улучшенными условиями аэрации корневых систем растений в пористом слое сыпучего наполнителя.

Совокупность этих благоприятствующих условий приводит к усиленному метаболизму в клетках корня, что в свою очередь, интенсифицирует рост, развитие и анатомические формирования во всем растении.

5. Оптимальные нормы посева или посадок являются одним из важных факторов повышения продуктивности фитоценоза. Образование высокого урожая требует максимального использования факторов внешней среды, что может сделать только полноценный фитоценоз. Поэтому очень важно правильно выбрать оптимальную густоту растений. Одним из главных факторов, определяющих уровень урожайности, является оптимальный размер ассимиляционной поверхности. Ибо

чрезмерное разрастание вегетативной части (особенно листьев) ведет к затенению листьев среднего и нижнего ярусов, в результате чего сокращается фотосинтетическая продуктивность этих горизонтов посева [25, 118, 123]. Как отмечает А.А. Ничипорович [115], посевы с оптимальной плотностью позволяют быстро достигать в них большой суммарной начальной поверхности ассимилирующих органов, которые могут обеспечить быстрый последующий рост как самого фотосинтетического аппарата, так и всех его структур и частей.

При этом важное значение придается также суммарному содержанию хлорофилла и активности рабочих единиц фотосинтетического аппарата в хлоропластах [25].

При разработке агротехники выращивания данной культуры в обычном полеводстве с целью формирования оптимального и полноценного фитоценоза, кроме густоты посадки или нормы посева, учитывается также обработка почвы, полив, удобрение и т.д. Так как эти агротехнические мероприятия в условиях гидропоники полностью отпадают, становится возможным увеличить (иногда в 2-3 раза) густоту стояния растений. По этому поводу Г.С. Давтян [47] замечает, что "в условиях гравийной гидропоники исчезло привычное понятие "площадь питания". Оно заменено двумя связанными понятиями: "объем корневого питания" и "объем воздушного питания". Это обстоятельство позволяет более рационально использовать площадь гидропонических сооружений и тем самым повышать продуктивность на единицу площади".

Необходимо также отметить, что загущенная посадка или посев растений в условиях гидропоники, свойственна самому методу и является одним из несомненных и бесспорных преимуществ беспочвенного, индустриального растениеводства.

6. Другие факторы. Кроме вышеприведенных главных факторов, которые в совокупности оказывают решающее влияние на формирование урожая и повышение продуктивности растений при их гидропоническом производстве, имеются еще многие, более второстепенные факторы, которые также влияют на продуктивность гидропонической плантации. Перечислим некоторые из них [47].

6.1. Исключение возможности "почвенной засухи". Засуха корнеобитаемой среды в полевых условиях часто бывает главной причиной снижения урожайности. В гидропониках она исключена.

6.2. Улучшение качества продукции, уменьшение потерь растительной массы характерны для гидропоники. Многочисленные анализы качества гидропонической продукции показали значительное увеличение содержания сухого вещества, сахаров, аскорбиновой кислоты, каротина, токоферолов, эфирных масел, алкалоидов и т.д.

Абсолютный выход полезных питательных веществ с единицы площади всегда во много раз больше, чем при обычной полевой культуре.

6.3. Ускорение развития растений. Начало генеративной фазы и техническая зрелость у различных растений в условиях открытой гидропоники наступают на 10-60 дней раньше, чем в полевой культуре.

6.4. Полноценность минерального состава растительной пищи и кормов. Во многих биогеохимических провинциях люди и животные испытывают недостаток йода, кобальта, меди и других элементов.

Производство растений в гидропониках может снять эту проблему.

6.5. В обычном полеводстве сорная растительность иногда выносит из почвы и урожая значительную часть питательных веществ. В гидропониках она практически отсутствует.

6.6. В почвенной культуре болезни и вредители уносят обычно до 10-20% урожая. Гидропонические субстраты, которые до посева (посадки) и после уборки урожая, а при необходимости даже при растущих на ней растениях, полностью дезинфицируются, не являясь подходящей средой для этих болезней и вредителей.

6.7. Культуры, требующие многократной междурядной обработки поля, обычно в той или иной степени страдают от почвообрабатывающих машин и орудий. В гидропониках такие обработки отсутствуют, растения развиваются без травмирования.

Обобщая вышеизложенную краткую и общую характеристику главных факторов, которые определяют высокую продуктивность растений в условиях открытой гравийной гидропоники, отметим, что формирование урожая, как это было показано, очень сложный и многофакторный процесс, который находится под воздействием многочисленных внешних и внутренних условий. Урожай сельскохозяйственных культур может достигнуть своей потенциально возможной величины лишь при оптимальной обеспеченности каждого жизненного фактора, а также при их одновременном, совокупном и благоприятном взаимодействии.

Ա. Խ. Մարաբեդյան

Հիդրոպոնիկայի ստանդարտի գլխավոր գործընկեր ՆԱՍՏՈՒՄ ԵՆ ԳՈՐԴԱՏՆՏՍԱԿԱՆ ԲՈՒՑԱՆԵՐԻ ԻՆՏԵՆՍԻՎ ԱՃՄԱՆ, ԶԱՐԳԱՑՄԱՆ ԵՎ ԱՐԴՅՈՒՆԱԿՆՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐՁՐԱՑՄԱՆԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հողմանում համառոտակի ներկայացված են հիդրոպոնիկական մշակույթի այն գլխավոր գործոնները, որոնք շեշտակի բարձրացնում են բույսերի արդյունավետությունը: Ցույց է արված, որ այդ գործոններից գլխավորը բույսերի արմատներին առաջ, գործնականում անընդմեջ մատակարարումն է ջրով, օդով և հանքային սննդամթերքով, ինչպես նաև բույսերի արմատների և վերին կարգի օրգանների ֆունկցիոնալ ակտիվության կարուկ բարձրացումը և այլն:

MAJOR FACTORS IN HYDROPONIC CULTURE CONTRIBUTING TO
THE INTENSIVE GROWTH, DEVELOPMENT AND PRODUCTIVITY
OF AGRICULTURAL PLANTS

S u m m a r y

The article represents a short survey of the major factors of soilless culture which sharply increase the efficiency of plants. It is shown that the main ones of these major factors are the abundant, practically uninterrupted supply of water, air, nutrient elements to the roots of plants, as well as the sharp increase of the functional activity of the roots and over-ground organs of plants, etc.

Л и т е р а т у р а

1. Александрян Дж. С. Водный режим растений помидоров и перца в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР. 1976. № 15, с. 71-77.

2. Александрян Дж.С., Калачян Л.М. Рост, развитие и урожай томата и перца при различной концентрации питательного раствора. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1979, № 18, с. 109-116.

3. Александрян Дж.С., Карапетян С.А. Концентрация питательного раствора и водный режим растений в условиях гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1980, № 20, с. 52-58.

4. Александрян Дж.С. Физиологические показатели установления частоты подачи питательного раствора в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1981, № 21, с. 87-95.

5. Александрян Дж.С. Рост и развитие помидора и перца при различной концентрации питательного раствора. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1982, № 23, с. 51-60.

6. Александрян Дж.С. Интенсивность транспирации и некоторые показатели водного режима растений в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1984, № 24, с. 37-42.

7. Алиев Э.А., Дюкарев Ю.А., Латенко В.В. Выращивание овощей в теплицах без почвы. Госсельхозиздат, УССР, Киев, 1964, 140с.

8. Алиев Э.А. Питательные растворы для выращивания томатов на искусственных субстратах. Агрохимия, 1966, № 3, с. 95-102.

9. Алиев Э.А., Кадыш А.Г., Плотковский В.И. Засоление и аелопатическое загрязнение субстратов и методы устранения. Агрохимия, 1971, № 9, с. 93-98.

10. Алиев Э.А. Выращивание овощей в теплицах без почвы. Киев, изд. урожай, 1971, 232 с.

11. Алиев Э.А. Питательные растворы для выращивания рассады при беспочвенной культуре. физиология растений, т. 17, вып. 1, 1970, с. 182-188.
12. Аствацатрян Н.З. Влияние густоты посадки на рост, развитие и урожайность ремонтантной гвоздики. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1982, № 23, с. 120-126.
13. Аствацатрян Н.З. Влияние внекорневого питания микроэлементами на продуктивность ремонтантной гвоздики. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, Ереван, № 24, 1984, с. 43-48.
14. Бабаханян М.А., Хазанов В.С., Карапетян С.А., Мартиросян Б.С. Взаимосвязь оптических свойств листьев, интенсивности фотосинтеза и урожая табака, возделываемого в регулируемых условиях открытой гидропоники. III Всесоюзное совещание по управлению биосинтезу и биофизике популяций. "Биологическая спектrophотометрия и фитоактинометрия", Красноярск, 1973, с. 12-13.
15. Бабаханян М.А., Карапетян С.А. Некоторые особенности развития табака в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1976, № 15, с. 30-34.
16. Бабаханян М.А. Производство алоэ методом открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1979а, № 18, с. 25-43.
17. Бабаханян М.А. Производство валерианы лекарственной в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1979б, № 18, с. 49-56.
18. Бабаханян М.А., Дадабянова М.Д., Манвелян С.Л., Аствацатрян Н.З. Ускорение производства алоэ в условиях гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1980, № 20, с. 102-107.
19. Бабаханян М.А., Александян Дж.С., Калачян Л.М. Влияние питательного раствора на рост и развитие алоэ древовидного. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1982, № 23, с. 78-84.
20. Бабаханян М.А., Калачян Л.М. Значение промывочных поливов в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1982, № 23, с. 85-92.
21. Бажанова Н.В., Геворкян А.Г., Оганесян Д.А. Накопление пигментов и состояние прочности связи хлорофилла с липопротеидом в листьях растений, выращенных в условиях гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1972, с. 75-83.
22. Бажанова Н.В. Фотосинтезирующие пигменты и прочность их связи с носителем в листьях гидропонических растений. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1974, № 14, с. 79-88.
23. Бентли М. Промышленная гидропоника. М., Колос, 1965, 376с.
24. Берсон Г.З. Эффективность выращивания помидоров в теплицах без почвы. Сад и огород, 1958, № 11, с. 21.
25. Вавилов П.П., Скоблина В.И. Урожайность: возможность роста. Серия "Сельское хозяйство", 1981, № 11, 63 с.

26. Вашенко С.В. Исследование НИИ овощного хозяйства по выращиванию овощей в теплицах без почвы. Сообщ. Лабор. агрохимии АН АрмССР, 1964, № 5, с. 78-82.
27. Вендик Г.Г. Система питания растений при выращивании их методом гидропонии. Докл. ВАСХНИЛ, Колос, М., 1970, № 12, с. II-12.
28. Вильямс М.В., Цветкова И.В., Алехина Т.Д., Иванова И.Е. Рост и поглощение минеральных элементов растениями свеклы и моркови в условиях сбалансированного питания. Физиология растений, 1982, т. 29, вып. I, с. 38-43.
29. Водяник А.С. Физиологические особенности рассады томатов, выращиваемой в гравийных парниках для открытого грунта в условиях Северного Кавказа. Автореф. дис...канд. биол. наук. Фрунзе, 1974, 22 с.
30. Гзырян М.С. Строение листа перца болгарского в условиях открытой гидропонии. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1972, № 12, с. I25-I31.
31. Гзырян М.С. Об отложении оксалата кальция в листьях сахарной свеклы в условиях открытой гидропонии. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1980, с. I42-I46.
32. Гзырян М.С., Манасян К.С. Особенности строения листа и корня валерианы лекарственной в условиях открытой гидропонии. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1980, № 20, с. I32-I41.
33. Гзырян М.С., Манасян К.С. Анатомические особенности паслена дольчатого в условиях открытой гидропонии и почвы. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1982, № 23, с. I27-I35.
34. Головатый Б.Г., Худакова Х.К. Изменение соотношений и концентрации минеральных элементов в рейграссе вестервольском в зависимости от начального уровня азота, фосфора, калия и влаги в среде. Агрохимия, 1981, № 9, с. 75-79.
35. Давтян Г.С. Некоторые итоги и новое направление научной деятельности лаборатории агрохимии АН Армянской ССР. Сообщ. Лабор. агрохимии АН АрмССР, 1965, № 6, с. 3-12.
36. Давтян Г.С., Кейджян К.Т. Предварительные технологические требования к оборудованию открытых гидропонических установок. Сообщ. Лабор. агрохимии АН АрмССР, 1965, № 6, с. 78-80.
37. Давтян Г.С. Проблема питательного раствора в производстве растений без почвы. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1967, № 7, с. II-19.
38. Давтян Г.С., Бажанова Н.В., Гаспарян О.Б., Микаелян Д.Н. Некоторые физиологические показатели растений, произрастающих в условиях открытой гидропонии и почвы. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1967, № 7, с. 40-46.

39. Давтян Г.С., Майрапетян С.Х. Выращивание розовой герани в условиях открытой гидропоники. IV международный конгресс по эфирным маслам. Тбилиси, сентябрь 1968, т. II, с. 48-51.

40. Давтян Г.С. Гидропоника как производственное достижение агрохимической науки. Ереван, изд. АН АрмССР, 1969, 85 с.

41. Давтян Г.С., Майрапетян С.Х. Культура розовой герани в условиях открытой гидропоники. Биолог. журнал Армении. Ереван, 1969, т. XXII, № II, с. 3-II.

42. Давтян Н.Г. Кислородный режим и анатомическое строение растений в условиях гидропоники. Автореф. канд. дисс. Ереван, 1969, 26 с.

43. Давтян Н.Г. Анатомические особенности моркови в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1972, № 12, с. 84-94.

44. Давтян Г.С., Майрапетян С.Х. Эффективность гидропонического производства розовой герани в Армении. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, Ереван, 1972, № 12, с. 8-13.

45. Давтян Г.С. Развитие исследований лаборатории агрохимии - Институт агрохимических проблем и гидропоники АН АрмССР за 25 лет (1947-1972). Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1974, № 13, с. 3-16.

46. Давтян Г.С. Основные направления исследований в области агрохимии в Армянской ССР. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1974, № 13, с. 35-44.

47. Давтян Г.С. Факторы высокой продуктивности растений в управляемых условиях. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1974, № 14, с. 3-14.

48. Давтян Г.С., Майрапетян С.Х. Эффективность производства розовой герани без почвы. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1974, № 13, с. 100-101.

49. Давтян Г.С., Майрапетян С.Х. Производство розовой герани без почвы. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1976, 134 с.

50. Давтян Г.С., Бабаханян М.А. Продуктивность лекарственных растений в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1979, № 18, с. 22-25.

51. Давтян Г.С., Майрапетян С.Х. Результаты многолетних опытов по производству розовой герани без почвы в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1979, с. 3-14.

52. Давтян Г.С. Повышение фотосинтетической продуктивности растений в результате усиления их корневого питания в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1980, № 20, с. 8-II.

53. Давтян Г.С., Бабаханян М.А., Гаспарян О.Б. Продуктивность помидора и вынос питательных веществ в условиях открытой гидропоники. Биолог. ж. Армении, 1980, т. XXXIII, № 10, с. 1039-1044.

54. Давтян Г.С. О классификации способов производства растений без почвы. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1982, № 23, с. 3-10.
55. Давтян Г.С., Межунц Б.Х. Фотосинтетическая деятельность растений в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1982, № 23, с. 31-32.
56. Давтян Г.С., Араратян П.А. Накопление микроэлементов растениями на почве и в условиях гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1982, № 23, с. 60-78.
57. Дадабянова М.Д. Каланхоэ перистое в условиях гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1984, № 24, с. 78-81.
58. Дюкарев П.А., Бух М.А. Опыт выращивания овощей гидропонным способом. Укр. НИИТИ. Киев, 1971, с. 8-16.
59. Ермаков Е.И. Основы создания замкнутых систем культивирования растений. Вестник с.-х. наук, 1982, № 7, с. 122-131.
60. Журбицкий З.И. Опыт беспочвенного выращивания овощей. Картофель и овощи, 1961, № 11, с. 63.
61. Журбицкий З.И., Хуан В.Н. Влияние концентрации питательного раствора на поглощение растениями элементов минерального питания. Физиология растений, 1961, т.8, вып. 5, с. 587-595.
62. Журбицкий З.И. Питание растений. Изд. Знание, серия "Народный университет культуры", 1961, № 15, 31 с.
63. Журбицкий З.И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений. Изд. АН СССР, 1963, с. 19-189.
64. Журбицкий З.И., Соколова Л.А. О питательных смесях для выращивания растений на искусственных средах. Сообщ. Лабор. агрохимии АН АрмССР, 1964, № 5, с. 70-77.
65. Журбицкий З.И. Физиологическое обоснование системы питания растений. М., Наука, 1964, 340 с.
66. Журбицкий З.И. Питательные смеси для различных культур. Агрохимия, 1964а, № 2, с. 42-61.
67. Журбицкий З.И. Физиологические основы выращивания растений без почвы (гидропоника). Известия АН СССР, сер. биологии, 1964б, № 4, июль-август, с. 561-576.
68. Журбицкий З.И. Питание растений в условиях гидропоники. Химия в сельском хозяйстве. М., 1966, № 11, с. 8-13.
69. Журбицкий З.И. Послесловие к русскому изданию книги А. Уоллеса "Поглощение растениями питательных веществ из растворов". М., 1966, с. 273-279.
70. Журбицкий З.И. Теория и практика вегетационного метода. М., Наука, 1968, 263 с.
71. Задьцер Э. Гидропоника для любителей. М., Колос, 1965, с. 158.

72. Ильин В.Б. Элементарный химический состав растений. Факторы его определения. Известия Сибирск. отд. АН СССР, серия биол. науки, 1977, № 10, вып. 2, с. 3-14.
73. Казарян В.О. Старение выских растений. М., Наука, 1969, 214 с.
74. Казарян В.В. Активность корней и надземных органов растений в условиях гидропоники. Автореф. дис. канд. биол. наук, Ереван, 1970, 26 с.
75. Казарян В.В. К вопросу о причинах повышенной жизнедеятельности гидропонических растений. Биолог. ж. Армении АН АрмССР, 1972, т. XXV, № 1, с. 47-58.
76. Казарян В.В. К вопросу о суточном ритме изменения содержания метаболитов в листьях почвенных и гидропонических растений. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1974, № 14, с. 73-78.
77. Казарян В.В. Содержание разных форм воды и хлорофилла в листьях гидропонических растений. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1976, № 15, с. 78-84.
78. Качалян Л.М., Александрян Д.С. Влияние реакции питательного раствора различных концентраций на урожай и минеральный состав растений перца. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1979, № 18, с. 117-123.
79. Карапетян С.А., Казарян В.В., Априкова Е.Е. Фотосинтез и водный режим листьев различных ярусов табака и паслена в условиях гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1976, № 15, с. 45-60.
80. Колосов И.И. Поглощительная деятельность корневых систем растений: Мт, изд. АН СССР, 1962, 388 с.
81. Колосова Н.А. Влияние кислой реакции среды на растения. Журн. Агрохимия, 1965, № 2, с. 81-86.
82. Лебедева Е.В., Симонов В.М., Никишанова Т.И. Особенности технологии бессубстратного культивирования и продуктивность некоторых овощных растений. В кн.: Управление скоростью и направленностью биосинтеза у растений. Красноярск, изд. Ин-та физики СО АН СССР, 1973, с. 145.
83. Лебедева Е.В., Климов В.М., Вильямс М.В. Технология культивирования картофеля в искусственных условиях и перспективы ее применения в промышленном растениеводстве. В кн.: Потенциальная продуктивность растений. М., Колос, 1976, с. 63-71.
84. Лычкин В.В., Караев В.А. Выращивание овощей и зеленого корма на заменителях почвы. М., "Московский рабочий", 1964, 103 с.
85. Майрипетян С.Х. Культура розовой герани в условиях открытой гидропоники. Автореф. дисс. канд. биол. наук, Ереван, 1970, 30 с.

86. Майрапетян С.Х. Изучение эфиромасличности базилика обыкновенного в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1972, № 12, с. 14-18.

87. Майрапетян С.Х. Количественное и качественное изменение эфирного масла розовой герани в течение суток в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1976, № 15, с. 85-89.

88. Майрапетян С.Х. Эффективность производства лимонного сорго в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1979, № 18, с. 15-21.

89. Майрапетян С.Х. Возможность и эффективность выращивания ветиверии в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1980, № 20, с. 156-161.

90. Майрапетян С.Х. Эффективность производства некоторых перспективных эфиромасличных культур в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1982, № 23, с. 42-50.

91. Медведева И.В. Влияние концентрации питательного раствора на минеральный обмен и урожай растений томата в условиях интенсивной светокультуры. В кн.: Потенциальная продуктивность растений. М., Колос, 1976, с. 170.

92. Межунц Б.Х. Особенности фотосинтеза и дыхания розовой герани в условиях открытой гидропоники. Биолог. ж. Армении АН АрмССР, 1974, т. XXII, № 10, с. 109-110.

93. Межунц Б.Х. Особенности фотосинтеза, дыхания и транспирации у табака и розовой герани в условиях открытой гидропоники. Автореф. дис. канд. биол. наук. Ереван, 1975, 39 с.

94. Межунц Б.Х. Сезонный ход фотосинтеза и дыхания табака в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1976, № 15, с. 40-44.

95. Межунц Б.Х. Накопление фотосинтезирующих пигментов в листьях табака и розовой герани в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1979, № 18, с. 103-108.

96. Межунц Б.Х. Особенности некоторых физиологических функций у растений розовой герани и табака при гидропоническом выращивании. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1980, № 20, с. 17-25.

97. Меликян Н.М., Давтян Н.Г. Анатомические особенности хлопчатника, выращенного в условиях гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1967, № 7, с. 47-53.

98. Микаелян Л.Н. Сортоиспытание помидоров в условиях открытой гидропоники. Сообщ. лабор. агрохимии АН АрмССР, 1965, № 6, с. 81-86.

99. Микаелян Л.Н. Выращивание помидоров в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1967а, № 7, с. 25-32.

100. Микаелян Л.Н. Влияние температуры субстрата на урожай помидоров в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1967б, № 7, с. 33-39.

101. Микаелян Л.Н. Перспективные сорта помидоров для выращивания в условиях открытой гидропоники в Армении. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1972, № 12, с. 19-26.

102. Микаелян Л.Н., Гаспарян О.Б., Александян Дж.С. Продуктивность и качество некоторых пряных растений в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1972, № 12, с. 44-49.

103. Микаелян Л.Н. Выращивание овощных культур без почвы в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1974, № 13, с. 99-100.

104. Микаелян Л.Н., Александян Дж.С. Культурообороты и уплотненные посевы в условиях открытой гидропоники. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1974, № 14, с. 98-107.

105. Минеев В.Г., Ниловская Н.Т. Агрохимические и физиологические аспекты потенциальной продуктивности растений. Журн. с.-х. биология, 1981, т. ХУІ, № 5, с. 712-717.

106. Мишустина Н.Н. Влияние соотношений минеральных элементов в питательной среде на их поглощение и рост кукурузы. Автореф. дис. канд. М., 1970.

107. Мишустина Н.Н. О двух основных методах построения системы минерального питания растений. Известия АН СССР, серия биологическая, 1972, № 1, с. 88-95.

108. Мошков Б.С., Александрова Л.С., Иванова Т.И. Выращивание растений при искусственных ритмах света и темноты, связанных с различным суточным тарифом на электроэнергию. Сельхозгиз, биология, 1972, № 7, с. 3.

109. Мошков Б.С. Однозначность температурных режимов прохождения онтогенеза яровых и озимых пшениц в искусственных условиях. В кн.: Потенциальная продуктивность растений. М., Колос, 1976, с. 234.

110. Нидовская Н.Т., Арбузова И.Н., Осипова Л.В. Продуктивность яровой пшеницы в зависимости от соотношения элементов минерального питания в среде. Агрохимия, 1982а, № 1, с. 57.

111. Нидовская Н.Т., Арбузова И.Н. О соотношении элементов питания в среде и продуктивности растений. Агрохимия, 1982б, № 3, с. 126-132.

112. Ничипорович А.А. О путях повышения производительности фотосинтеза растений в посевах. В кн.: Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. АН СССР, М., 1963а, с. 5-36.

113. Ничипорович А.А. Введение. В кн.: Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. Изд. АН СССР, М., 1963б, с. 3-4.

114. Ничипорович А.А. КИД зеленого листа. Изд. Знание, М., 1964, 46 с.
115. Ничипорович А.А. Физиология фотосинтеза. Изд. Наука, М., 1982, с. 7-33.
116. Новоселов А. Гидропоника (о методе выращивания растений без земли в искусственной питательной среде). Природа, 1959, № 3, с. 93.
117. Осипова Л.В. Изучение минерального питания пшеницы в контролируемых условиях выращивания. Автореф. дис. канд. биол. наук, М., ВУМ, 1979, с. 18.
118. Панников В.Д., Павлова А.Н. Минеральное питание растений и урожайность. Серия "Сельское хозяйство", М., 1982, № 10, 60 с.
119. Пейве Я.В. Биохимия почв. М., 1961. Изд. с.-х. литературы, журналов и плакатов. 421 с.
120. Петин Н.С., Бровцына В.И. Продуктивность фотосинтеза при различной густоте посева. В кн.: фотосинтез и вопросы продуктивности растений. Изд. АН СССР, М., 1963, с. 105-121.
121. Петров-Спирidonова А.Е., Гагарина Н.С. Катионный состав и продуктивность растений при разном уровне постоянных концентраций калия в питательной среде. Изд. Тимирязевск. с.-х. акад. наук, Колос, 1982, № 6, с. 103-108.
122. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. Агрохимия, 1963, т. I, с. 59-92, 702-725.
123. Расудов Б.Х., Асроров Н.А. Зависимость интенсивности фотосинтеза различных видов хлопчатника от удельной поверхностной плотности листа. В кн.: физиология фотосинтеза. Изд. Наука, М., 1982, с. 270-282.
124. Резут И.Е. физика почв. Д., изд. Колос, 1964, 318 с.
125. Ринькис Г.Я. Основные итоги исследований по оптимизации минерального питания растений. Физиология растений, 1976, т. 23, вып. 6, с. 1128-1133.
126. Рубин Б.А. Проблемы физиологии в современном растениеводстве. М., Колос, 1979, 302 с.
127. Русаков А.В., Русакова Г.Г. Роль космических исследований для земледелия будущего. В кн.: экология и земледелие. М., Наука, 1980, 294 с.
128. Саркисян Э.Д. Прорастание деток гладиолуса в условиях гидропоники и почвы. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1984а, № 24, с. 48-54.
129. Саркисян Э.Д. Размножение ремонтантной гвоздики в гидропонических теплицах. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1984б, № 24, с. 67-71.
130. Сатин Д.Ф. Поглощение минеральных солей растениями. М., Мир, 1964, 221 с.

131. Саруханян Н.Г., Варданян А.К. Размножение клеток гладиолуса в условиях открытой гидропоники и почвы. Сообщ. ИАПГ АН АрмССР, 1974, № 14, с. 144-147.

132. Тимирязев К.А. Земледелие и физиология растений. Огиз-сельхозгиз, М.-Л., 1941, с. 8.

133. Тимирязев К.А. Избран. сочинения. т. II, Огиз-сельхозгиз, М., 1948, с. 21.

134. Уоллес А. Поглощение растениями питательных веществ из растворов. М., Колос, 1966, 279 с.

135. Устенко Г.П. фотосинтетическая деятельность растений в посевах как основа формирования высоких урожаев. В кн.: фотосинтез и вопросы продуктивности растений. Изд. АН СССР, М., 1963, с. 37-70.

136. физиология сельскохозяйственных растений. 1967, М., т. I, с. 277-346.

137. Фотиевкова З.Д. Ранняя морковь на искусственном грунте при гидропонном способе питания. Автореф. дисс. канд. с.-х. наук, Кишинев, 1970, 17 с.

138. Хоменко А.Д. Влияние соотношения элементов питания на состав и продуктивность растений. Научно-теоретический журнал физиология и биохимия культ. растений. 1972, т. 4, вып. I, с. 41-45.

139. Хьюитт Э. Песчаные и водные культуры в изучении питания растений. М., изд. ИЛ., 1960, с. 176-180.

140. Цветаева Е.М. Выращивание растений без почвы. (Из иностр. опыта), Сад и огород, 1956, вып. 6, с. 30-31.

141. Чесноков В.А., Базырина Е.Н. Выращивание растений без почвы на искусственных средах. Вестник с.-х. наук, М., 1957, № 4, с. 121-129.

142. Чесноков В.А., Базырина Е.Н., Бушуева Т.М., Ильинская Н.Д. Выращивание растений без почвы. Л., изд. Ленингр. универ., 1960, 169 с.

143. Чесноков В.А. и др. О системе питания растений в гидропонике. 1. Принудительная система питания. 2. регуляция роста растений в гидропонике. В кн.: Вопросы корневого питания растений, 1968, Л., с. 6-19.

144. Abia J.A., Smith B.A. Mineral deficiencies and susceptibility of pumpkin and sunflower seedlings to sclerotonia infection. Abstracts, II Intern. Symp. on mineral nutrition of plants, p. 18, 1983. (Bulgaria).

145. Aliokhina N.D. Nitrate utilization by wheat seedlings growing at different temperatures in the root zone. Abstracts, II Intern. Symp. on mineral nutrition of plants, p. 10, 1983 (Bulgaria).

I46. Alt D. Changes in the composition of the nutrient solution during plant growth - an important factor in soilless culture. 5th ISOSC Congr. Proceed., p. 97-109, 1980 (Wageningen).

I47. Amberger A. Pflanzenernährung. Ökologische und physiologische Grundlagen. 1979, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, S. I-237.

I48. Ammerlaan K. Research in planning and controlling cucumber and tomato production. 5th ISOSC Congr. Proceed., p. 549-554, 1980 (Wageningen).

I49. Altman A. Passive and active components of chloride absorption in the bark and wood of citrus roots. Physiologia Plantarum, V.29, Fasc.2, 1973, Munksgaard, Copenhagen, PGPIAI 29(2), p.I63.

I50. Altman A., Mendel K. Characteristics of the uptake mechanism of chloride in excised roots of a woody plant (citrus). Physiologia Plantarum, V.29, Fasc.2, p.I57, 1973.

I51. Geissler T. Erdelöser pflanzenbau. "Urania Universum", Bd.IV, Sonderdruck, S.212-222, 1958.

I52. Geissler T., Göhler F. Fünfjährige vergleichende Versuche zum erdelosen Anbau von Gemüse unter Glass nach dem Tank und Mineral Kulturverfahren. Arch.Gartenbau, 7, 1964, S.416-423.

I53. Göhler F. Erdelöse Kultur von Gemüse. DDR Dtsch Ak. der Landwirt. Wiss.zu Berlin, Inst. Gemüsebau Grossbeeren, S.59, 1964.

I54. Homes M.V. La solution de culture "hydroponique". Agrochimica, vol. VII, N 2, 1963.

I55. Homes M.V. Effect de la fumure complètement équilibrée sur la production de plants. de gr.culture.Pontif.Ac.Sci., ser.varia N38, 1973, p.2.

I56. Homes M.V., van Schoor G.H.J. Bull.CI.Sci. Acad.roy. Belg., v.62, N 7-8, p.515, 1976.

I57. Eurd R., Graves Ch. Controlling the water supply. "Grower", reprint, Nov.5 (Glasshouse Crops Research Inst., England), 1981.

I58. Ingestad T. Physiol. planterum, v.29,N2,p.239, 1973.

I59. Jensen C.P. Potassium induced modifications in the response of barley to water stress. Abstracts, II Intern. Symp. on mineral nutrition of plants, p.64, 1983 (Bulgaria).

I60. Kämpf A.H. Bromelias in hydroponics. 5th ISOSC Congr. Proceed., p.323-328, 1980 (Wageningen).

I61. Lips S.H. Salinity and nitrate uptake and metabolism. Abstracts, II Intern.Symp. on mineral nutrition of plants, p.23, Varna (Bulgaria).

I62. Markova Yu., Georgieva V., Salyaev R., Kudrev T., Sabirova R., Belyaeva I. The effect of low temperature in root zone on macroelement ratio requirements in tomato plants. Abstracts, II Intern.Symp. on mineral nutrition of plants, 1983, p.91, Varna, Bulgaria.

I63. Meljan P.G., Sintes G.F. Tomatoes soilless culture. Influence of the total concentration of the nutrient solution and its potassium contents. ISOSC Proc. V Intern.congr. on soilless culture, Wageningen, 1980, p.III-II8.

I64. Perez Meljan G., Galvan S.F. Tomatoes soilless culture. IV. Influence of the total concentration of the nutrient solution and its potassium contents. 5th ISOSC Congr. Proceed., p.III-II8, 1980, (Wageningen).

I65. Michalik J. Teoria a prax forforecnej vyzivy obilnin. (Kukurica, Psenica). Autoreferat doctora polnohospodarskychried, Nitra, p.I-96, 1983.

I66. Natr L. The effects of mineral nutrient stress on structures and photosynthetic characteristics of barley leaves. Abstracts, II Intern.Symp. on mineral nutrition of plants, p.21, 1983 (Bulgaria).

I67. Rankin J.B. The use of sawdust as a growing medium for all crops in grow-box-beds in Central Africa. 5th ISOSC Congr. Proceed., p.385-390, 1980 (Wageningen).

I68. Richter R., Brabcova J. Effect of zinc upon some aspect of nitrogen metabolism in plants of spring barley. Abstracts, II Intern.Symp. on mineral nutrition of plants, p.38, 1983 (Bulgaria).

I69. Römer W., Schilling G. Investigations on phosphorus requirement of wheat plants. Abstracts, II Intern. Symp. on mineral nutrition of plants, p.20, 1983 (Bulgaria).

I70. Sholto D.J. Hydroponics, Bengal system. Oxford Univ. Press, 1955.

I71. Steiner A.A. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. Plant and Soil, n15, 1961, p.134-154.

I72. Steiner A.A. The influence of the chemical composition of nutrient solution on the production of tomato plants. Plant and Soil, V.24, n3, p.454-466, 1966.

I73. Steiner A.A. The selective capacity of plants for ions and its importance for the composition and treatment solution. ISOSC Proc. V Intern. Congr. on soilless culture, 1980, p. 83-95.

174. Szwonek E. Malewski W. Effect of macro- and micro-elements on the aminoacid composition of bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.). Abstracts, II Intern. Symp. on mineral nutrition of plants, 1983, p. 22, Varna, Bulgaria.

175. Tempelman W.G. Culture of plants in sand and solutions. Jealott's Hill Res.Sta., (J.G.J.), Bull. 2, 1941.

176. Tempelman W.G. The culture of plants in soil and in aggregate. Imperial Chem. Industries, 1947.

177. Tempelman W.G. Soilless culture. Sci.Hort. Vol. 9, 1949.

С.Х. Майрапетян

КУЛЬТУРА ПОЛЫНИ ОДНОЛЕТНЕЙ В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОЙ ГИДРОПОНИКИ

Полынь однолетняя (*Artemisia annua* Z.) – эфиромасличное растение до 185–220 см высотой, листья овальные, 3–5 см длиной и 2–4 см шириной, корзинки шаровидные, 2,0–2,5 мм шириной многочисленные, в более или менее длинном метельчатом соцветии [6].

Плоды (семена) очень мелкие, масса 1000 семян 0,0535–0,0636 г. В культуре всходы появляются через 14–15 дней после посева. В течение первого месяца полынь однолетняя растет очень медленно. Активный рост начинается в начале июня [11].

Полынь однолетняя, кроме эфирного масла, содержит 11,6% гемицеллюлозы, 8,5% целлюлозы, 9,6% лигнина, 9,3% протеина, 11,1% золы, 2,4% танидов, а также 0,1% алкалоидов [4, 7].

Установлено, что вытяжки из полыни однолетней тормозят развитие сибироязвенной палочки, а количество бактерий в почве под полынью однолетней в 4–14 раз меньше, чем без нее [7]. Это явление связывают с антагонизмом микробов ризосферы и других микроорганизмов почвы. Поэтому проводятся работы по выяснению возможности применения вытяжки полыни однолетней для лечения сибирской язвы. Является также красильным растением – экстракт из ее корней окрашивает шерсть, шелк и кожу в лимонно-желтый цвет [7].

Полынь однолетняя содержит эфирное масло (светло-желтого цвета с зеленоватым оттенком), которое благодаря приятному аромату и хорошей сочетаемости в композициях с другими маслами, применяется в парфюмерно-косметической промышленности.

В 1983г. эфиромасличные заводы Грузии выработали 3–5 т эфирного масла. Последнее получается 3-х часовой обработкой сырья, при перегонке с водяным паром [13], с выходом от 0,06 до 0,064%.