

Г. С. ДАВТЯН

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДСТВА РАСТЕНИЙ БЕЗ ПОЧВЫ В АРМЯНСКОЙ ССР И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГИДРОПОНИКИ

Наш век насыщен научными и техническими открытиями. Люди учатся у природы, познают ее, а затем воспроизводят не только природное, но, изменяя его, создают новое, совершенно неожиданно открывающее невиданные ранее аспекты и перспективы перед творческим трудом, ищущим талантом человека для благосостояния человеческого общества.

Такой процесс мы можем наблюдать и в области исследования эффективного плодородия почв и питания растений. Человеческая история неразрывно связана с использованием земли; борьба за землю на всех этапах истории, меняя свою сущность и форму, являлась одной из наиболее характерных черт в жизни и деятельности человеческого общества. Многие поколения исследователей в области агрохимии и физиологии растений шаг за шагом (иногда по ошибке отклоняясь от истины) познавали факторы плодородия почв и материальные источники питания растений. Эти исследования позволили из года в год совершенствовать возделывание почв на обширных пространствах земного шара. И именно эти исследования почвы и питания на них растений привели к реальной возможности выращивания растений **вовсе без почвы** и в условиях искусственного регулирования других факторов внешней среды растений.

Культура растений без почвы в водных и песчано-водных средах, как метод исследования в агрохимии и физиологии растений, известна очень давно.

Может быть Вудворд (Woodward) своими обнародованными в 1695 г. опытами по выращиванию мяты в воде одним из первых применил метод водных культур. Но опыты Вудворда в конце XVII века еще не были осмыслены. Только спустя почти сто лет знаменитый химик Лавуазье писал, что растения черпают материалы для своей организации в минеральном царстве и что «животные питаются или растениями или другими животными, которые в свою очередь питались растениями, так что вещества, из которых они состоят, в конце концов всегда почерпнуты из воздуха или минерального царства». Но эти мудрые изречения Лавуазье долгое время оставались без отклика; после многовековых блужданий прояснение в познании питания растений пришло в середине и второй половине XIX века. Классические исследования Буссенго и Либиха, Вигмана и Польсторфа, Сальм-Горстмара, Ноббе, Кнопа, Сакса, Дюгамеля, Гельригеля и других, затем выдающихся исследователей конца XIX и

первой половины нашего века—бессмертного Менделеева, Тимирязева, Прянишникова, Коссовича, Гедройца, Кирсанова, Лебеяднцева и многих других агрохимиков и физиологов растений обеспечили разработку весьма эффективного метода и его наиболее чистых вариантов—водных и песчаных культур.

Особенно энергично развивал и пропагандировал эти новые методы знаменитый физиолог растений К. А. Тимирязев. Еще в 1876 г. в лекциях о жизни растений он не только описал метод выращивания растений в водной среде (что в дальнейшем было названо гидропоникой), но впервые предсказал возможность его производственного использования в будущем, на питательных средах с песком, перлитом, щебнем, «стеклянными бусами» путем подачи в эти «инертные» пористые массы питательных растворов. Еще тогда К. А. Тимирязев упомянул ту допустимую концентрацию питательного раствора (0,2%), около которой находятся концентрации, применяемые во всем мире в наши дни. На Нижегородской выставке 1896 г. К. А. Тимирязев демонстрировал прекрасные опыты по выращиванию растений в сосудах без почвы. Сам он об этом писал: «Это был первый и, насколько мне известно, до сих пор единственный не только у нас, но и на западе пример такой широкой и наглядной пропаганды законов питания растений, лежащих в основе их разумной культуры» (Соч., т. III).

Опыты К. А. Тимирязева были весьма убедительны. Об одном из них в 1897 г. он писал: «На единицу сухого вещества посеянных семян получилось более трехсотпятидесяти единиц сухого вещества в урожае. А между тем ни одно из этих растений не видало под собой земли,—убедительнейшее доказательство того, что из всех веществ, находящихся в почве, растение нуждается в той щепотке солей, которая была растворена в воде этих сосудов» (т. III).

К этому вопросу в дальнейшем не раз возвращался К. А. Тимирязев, развивая мысль о том, что по мере развития общества культура растений без почвы получит все большее распространение, как метод интенсивного производства растительных веществ.

Особенные заслуги в деле разработки рациональных питательных смесей для выращивания растений без почвы принадлежат акад. Д. Н. Прянишникову и его многочисленным сотрудникам. В литературе хорошо известны уравновешенные питательные растворы Кнопа, Гельригеля, Прянишникова и др.

В течение первой половины нашего века агрохимии и физиологии растений с переменным успехом во многих странах мира развивали метод выращивания растений без почвы. Однако применение беспочвенной культуры в производственных целях начало развиваться лишь в течение последних 30—35 лет, сначала в виде несмелых опытов, затем в течение последнего десятилетия более интенсивно в некоторых странах Европы, Азии и Америки. Одним из первых успешно осуществил беспочвенное выращивание помидоров В. Герике в 1929 г. в Калифорнийском университете, назвав новый метод гидропоникой. Однако это дело тогда фактически заглохло и воспряло снова лишь после Второй мировой вой-

ны и теперь в разных странах мира уже существуют не только опытные, но и производственного значения гидропонические хозяйства, главным образом в области тепличного овощеводства и цветоводства.

Опыты по культуре растений без почвы в СССР, прерванные войной, возобновились и расширились в течение последних 10—15 лет. Уже имеются или создаются крупные гидропонические хозяйства в Москве, Ленинграде, Киеве, Риге, Ереване и во многих республиках.

Таким образом, промышленный метод культуры растений без почвы уже вошел в народное хозяйство. Но если классическое земледелие, осуществляемое на основе возделывания почвы в течение сотен веков, нуждается во все возрастающем объеме самых разносторонних исследований, то зарождающаяся новая область промышленной агрохимии, тем более, требует развертывания физиолого-агрохимических исследований применительно к совершенно новым, специфическим условиям производства растений без почвы в искусственно регулируемых условиях внешней среды.

Метод производства растительной продукции без почвы, в искусственно создаваемых средах, знаменует собой большой успех агрохимической науки, прогресс по пути освобождения человека от некоторых тяжелых условий традиционного земледелия. Новый метод индустриального производства растений подтверждает оптимистические высказывания Д. Н. Прянишникова о «законе возрастающего плодородия почвы».

* * *

Исследования в области гидропоники были начаты в Лаборатории агрохимии Академии наук Армянской ССР в 1956 г. Мы полагали, что наряду с тепличными вариантами представляют большой интерес также открытые установки гидропонического производства овощей и цветов на юге, где не только длинный вегетационный период в 6,5—7 месяцев позволяет получать два урожая определенных культур, но и возможно с успехом продлить этот срок на 1—1,5 месяца весной и осенью путем укрытия открытых гидропонических вегетационных делянок легкими каркасами с полимерной пленкой. До 1961 г. мы имели всего 100 кв. м вегетационных делянок по 2,5 кв. м с гравийной культурой под открытым небом. Первые же опыты показали большие возможности нового метода.

В частности заинтересовали пищевую промышленность успешные опыты по выращиванию без почвы моркови. Дело в том, что производство овощных консервов остро нуждается в моркови с конца июля, когда начинают обильно поступать на заводы подлежащие фаршированию основные овощи—помидоры, баклажаны, перец. Колхозы же убирают морковь начиная с сентября. В условиях гидропоники для консервной промышленности Армении эта проблема решается идеально: морковь поспевает на 35—60 дней раньше, чем на полях, причем урожай в гравийной культуре моркови в 5—10 раз выше. Следовательно, организовав гидропонические хозяйства, консервная промышленность может обеспечить себя высококачественной морковью по графику, начиная с конца июля и в августе. Вот почему Совнархоз Армянской ССР построил для

нас специальную экспериментальную станцию искусственного питания растений без почвы с площадью выращивания в бетонных делянках в 960 кв. м. Эта открытая станция гидропоники вступила в эксплуатацию в 1962 г. и после серьезных переделок первоначального проекта и важнейших узлов оборудования, испытывалась в 1963 г. Специальная насосная станция управляемая автоматически, через разработанный в нашей лаборатории распределитель нового типа обеспечивает требуемую циркуляцию питательного раствора. Вегетационные делянки наполнены озерным гравием, вулканическим шлаком, пемзово-кварцевым песком или другим пористым материалом, который периодически насыщается водным раствором питательных солей. Для растений создаются идеальные водно-воздушные условия и питательный режим, которые не могут быть достигнуты в почвах. Мы приведем здесь лишь несколько таблиц, показывающих высокую эффективность открытой гравийно-гидропонической культуры растений.

Урожай моркови с. Нантская (опыт 1956 г.)

Таблица 1

Скелет субстрата	Дата посева	Повторения	Урожай на делянку в 2,5 кв. м в кг	В ц/га
Речной песок	5/V	9	16,3	653
Туфовая крошка	29/V	2	21,6	864
Вулканический пемзово-кварцевый песок	29/V	2	19,8	790

Таблица 2

Краткая сравнительная характеристика качества моркови, выращенной на различных субстратах в опыте 1959 г.

Скелет субстрата	% сухого вещества		Каротин в мг %		Общий сахар в %	Общая кислотность в %	Зольность в %
	весовым методом	рефрактометрическим методом					
Туфовая крошка	10,0	8,2	6,3 7,6	7,0	4,7	0,29	0,87
Пемзово-кварцевый песок	10,3	8,0	7,4 7,4	7,4	4,7	0,29	0,90
Речной крупный песок с гравием	11,0	8,8	12,4 7,6	10,0	5,9	0,38	0,92
Почва (хозяйственный посев)	11,6	9,2	8,7 8,1	8,4	6,2	0,25	0,92

По всем вариантам опыта получены сравнительно близкие показатели, при этом морковь, выращенная на обильно удобренной почве, имела несколько более высокое содержание сухого вещества. Однако качество продукции при искусственном питании растений (без почвы) можно

регулировать, безусловно, легче, чем при выращивании растений на почве, и эта задача входит в план наших ближайших работ.

В нашей первой, еще не оборудованной установке в 1960 г., к концу июля в начале августа получено моркови: на гравии—7,2, а на туфовой крошке—9,2 кг на 1 кв. м или 72 и 92 тонны на га, что в 5—10 раз превосходит урожай моркови на полях колхозов нашей консервной зоны.

В 1961 г. был получен следующий урожай моркови на гравии при трех испытанных растворах от 7,4 до 9,5 кг, а на хорошо удобренной почве—3,5 кг на 1 кв. м. При этом качество моркови было следующее (табл. 3).

Таблица 3

Некоторые показатели качества моркови на гравии при различных растворах
в опыте 1961 г. в ‰

Испытуемый раствор	Сухое в-во	Вода	Редуцирующие сахара	Кислотность	Зола	
					в сухом в-ве	в свежих корнях
Чеснокова и Базыриной	9,0	91,0	4,5	0,36	8,56	0,77
Применяемый в ГДР	8,9	91,1	3,9	0,39	8,46	0,75
Лаборатории агрохимии	8,9	91,1	3,9	0,36	8,09	0,72
В контрольной почве	8,7	91,3	4,6	0,27	7,23	0,52

В 1962 г. опыты были перенесены на новую автоматическую открытую гидропоническую станцию со 192 пятиметровыми делянками. Станция тогда имела ряд проектных и строительных недостатков. Тем не менее, несмотря на перебои в технологическом процессе, в культуре на гравии, вулканическом шлаке и пемзово-кварцевом песке были получены высокие урожаи моркови, огурцов, помидоров, редиса и цветов. Так, например, в пересчете на гектар урожай моркови достигал 92 тонн (почти в 10 раз больше, чем получают наши колхозы), кроме того, на той же площади, после уборки моркови получен дополнительный урожай второй культуры—редиса от 40 до 60 тонн на га, т. е. тоже в несколько раз больше, чем обычно получают от посевов на почве (приводим некоторые результаты опытов 1962 г.—табл. 4, 5, 6).

Морковь в этих опытах созревала на 40—60 дней раньше, чем в почве.

Некоторые данные о качестве моркови в опытах 1962 г. показывают (табл. 5 и 6), что в условиях гидропоники иногда наблюдалось относительное снижение некоторых показателей. Но общий выход полезных компонентов многократно увеличивался в связи с высокими урожаями без почвы. Однако по мере овладения всей новой технологией гидропонического производства станет возможным значительно улучшать качество продукции, как это уже имеет место в ряде случаев.

Таблица 4

Урожай моркови (с. Нантская) на почве и в гидропонических вегетационных деланках с различными наполнителями в опытах 1962 г.

Среда	Количество вег. деланок по 5 м ²	Дата		Общая площадь учета, м ²	Получено в кг				
		посева	уборки		всего корней	ботвы	корней на 1 м ²	ц/га	%
Естественная почва (контроль)	3	12/IV	8/XI	15	17,0	6,0	1,13	113	100
Вулканический пемзово-кварцевый песок	11	12/IV	28/IX	55	170,4	102,3	3,10	310	274
Вулканический шлак-крошка (4—15 мм)	32	9/IV	28/VIII	160	737,0	396,8	4,61	461	408
Гравий озерный (4—15 мм)	10	22/IV	17/VIII	50	388,3	158,7	7,78	778	688
То же — наивысший урожай	2	22/IV	17/VIII	10	91,5	33,0	9,15	915	810

Таблица 5

Некоторые показатели качества моркови (в %) на 20/VIII—1962 г.

Среда	Сухое в-во	Сумма сахаров	Кислотность	Зола	Витамин С в мг %
Почва	14,52	8,38	0,33	1,03	Не определен
Пемзово-кварцевый песок	12,14	5,97	0,28	0,94	"
Вулканический шлак	12,44	5,79	0,26	0,95	"
Гравий	11,89	5,58	0,28	1,19	"
То же, анализы Ереванского консервного завода	15,00	6,43	0,23	Не определена	4,9

В 1962 г. несколько сот килограммов гидропонически выращенной моркови было передано Ереванскому консервному заводу. Выпущенная опытная партия фаршированного перца, как показал заводской анализ, ничем не отличалась от обычной.

Таким образом, морковь весьма эффективная культура в условиях гидропоники. Следует напомнить, что полевая культура моркови весьма трудоемка, тогда как при гравийной культуре после посева и прореживания остается ждать уборки.

Испытывалось также выращивание на гравии помидоров, редиса, огурцов, фасоли, бобовых трав, хлопчатника, цветов и т. д. Во всех случаях урожай на гравии был намного выше и созревание наступало на 30—60 дней раньше, чем на обычной почве. В 1963 г. на нашей станции выращивался весьма позднеспелый хлопчатник, который развивался на 30—40 дней раньше, чем на почве.

Урожай огурцов, хотя и высокий, но сильно подвержен погодным условиям; в различные годы и на различных субстратах мы получали в условиях открытой гидропоники с 1 кв. м от 5 до 15 кг огурцов разных сортов.

Исследование различных сыпучих материалов—наполнителей гидропонических делянок, как, например, гравия, речного песка, туфовой крошки, вулканического шлака, вулканического пемзово-кварцевого песка показали, что часто употребляемый для этого случая термин «инертные материалы» не правилен. Все эти материалы в различной степени активны и их физико-механические и химические свойства имеют весьма важное значение. Проще всего работать с речным или озерным мелким гравием (если его частицы не покрыты известковой корочкой); труднее наладить нормальный технологический режим с высокопористыми материалами, но они имеют ряд других преимуществ.

Большое значение для успеха как тепличного, так и открытого гидропонического хозяйства имеет разработка и производство соответствующего рационального оборудования. Комплект автоматического оборудования АБТ-4, разработанный ВИСХОМ, сыграл свою историческую роль, но не войдет в производство, так как уже успешно эксплуатируются более удачные комплекты Киевской овощной фабрики (инж. Б. В. Латенко) и распределитель, разработанный и изготовленный Лабораторией агрохимии Академии наук Армянской ССР, который нам представляется весьма рациональным.

Рассматривая метод открытой гидропоники в целом, даже при очень осторожной оценке можно сказать, что выращивание растений без почвы при массовом распространении окажется вдвое дешевле и обеспечит получение по меньшей мере вдвое большего урожая, чем в обычных полевых условиях. При этом, первоначальные капитальные затраты на устройство искусственных вегетационных площадей и автоматическое оборудование узла приготовления распределения и циркуляции раствора могут быстро окупиться, ибо дальнейшая эксплуатация несравненно удешевляется: совершенно отпадают расходы по обработке поля, потребность в громоздких машинах, горючем и др. Упрощается и удешевляется борьба с сорняками, вредителями, болезнями; трудоемкие физические полевые работы уступают место легкому, но квалифицированному труду меньшего количества людей. Кроме того, за счет отсутствия фильтрации и сокращения непроизводительного испарения с поверхности среды многократно уменьшается расход оросительной воды, которая почти полностью используется для питания и транспирации. Как было показано выше, значительно ускоряются рост и развитие растений, они входят в пору плодоношения раньше, чем в полевых условиях; заметно удлиняется период плодоношения культур, урожай которых собирается в несколько сроков. Наконец, по мере познания биохимизма питания растений увеличиваются возможности регулирования качества урожая путем соответствующего изменения сроков подачи и состава питательных растворов.

Тепличные варианты гидропоники незаменимы, например, на кораблях, в длительных экспедициях, на высокогорных станциях и, конечно, для снабжения промышленных центров свежими овощами. Открытые (нетепличные) гидропонические хозяйства как сравнительно дешевый вариант метода могут найти широкое распространение в наших южных республиках. Но и здесь для круглогодичного снабжения городов свежими овощами мы предлагаем комбинаты гидропонических хозяйств с открытой и защищенной площадями выращивания.

Гидропонические открытые хозяйства могут приобрести особое значение в маловодных районах с неполноценным почвенным покровом. Например, нам кажется целесообразным создание специальных опытных хозяйств для производства растительной продукции без почвы на наиболее трудно осваиваемых содовых солончаках, подстилаемых мощной тяжелой солонцово-глинистой толщей в южной части Араратской равнины в Армении, где имеется обилие света, тепла и воды, но слишком неблагоприятные почвенные условия исключают полевую культуру растений. Мелиорировать и осваивать целесообразнее в первую очередь менее злостные солончаки. На безнадежных пока участках можно организовать гидропонические хозяйства путем гидроизоляции растений от солончаковой почвы; речной песок и гравий имеются там в обилии, а потребность в воде можно удовлетворять за счет пресных подземных вод или оросительных каналов. Следует проектировать и построить опытные дома, крыши которых совмещены с гидропоническими теплицами. Конечно, разработка вопросов, связанных с проектированием и эксплуатацией подобных гидропонических хозяйств, потребует специальных исследований.

Существует вариант метода гидропоники, который может смело претендовать на замену не только почвы, но всех факторов внешней среды растений автоматически регулируемые и искусственно создаваемые условия. Речь идет о вегетационных камерах, в которых автоматически управляемые приборы поддерживают оптимальные для быстрого развития растений условия температуры, освещения, влажности воздуха и его обмена, циркуляции питательного раствора. Подобные установки, судя по рекламным объявлениям, получили некоторое распространение в ряде европейских стран и в США.

В течение последних лет у нас разрабатывались различные варианты интенсивного выращивания растений в специальных камерах искусственного климата или в упрощенных условиях дополнительного освещения и водных культур.

Над созданием советского образца малогабаритной установки — «фабрики» по непрерывному производству в течение круглого года зеленого сочного корма, богатого витаминами, ферментами и другими питательными веществами, Лаборатория агрохимии Академии наук Армянской ССР работает с начала 1961 г. и уже изготовила такую опытную «фабрику». В этой установке осуществляется интенсификация фотосинтетической деятельности зеленого растения путем искусственного авто-

матического регулирования всех факторов внешней среды развития растений. При этом обеспечивается рост растений с 6—10-дневным циклом выхода зеленой продукции. Применение таких установок позволит производить дополнительные ресурсы ценнейшего витаминного корма, независимо от климата, в течение круглого года и, в частности, в зимне-весенний период, когда животные особенно нуждаются в свежем, сочном корме и витаминах.

Наша установка с площадью выращивания в 12 м^2 (из них 2 м^2 — площадь ежедневной съёмки) потребует в год около 3—3,5 т посевного зерна кукурузы или ячменя и произведет 20—30 т зеленого корма, т. е. столько, сколько обычно получается примерно с 10 га естественных горных сенокосов. Таким образом, годовая производительность 1 м^2 ежедневно убираемой площади нашего «луга на этажерке» примерно в 30—50 тыс. раз выше продуктивности 1 м^2 естественного луга.

Массовое производство комплектов оборудования предлагаемой установки и снабжение ими птицефабрик, свиноферм, молочно-товарных ферм и пр., несомненно, оказалось бы весьма эффективным дополнительным средством повышения продуктивности животноводства.

Значительно отличающейся от описанных областью применения гидропоники является выращивание на искусственных средах низших растений, в частности одноклеточных водорослей (хлореллы и др.), которые быстро размножаются, содержат до 50—60% белковых веществ и могут служить кормом для животных, а также сырьем для ряда специальных производств.

Все рассмотренные виды производства растительной продукции без почвы совершенно не похожи на земледелие, а являются скорее индустриальным производством, агрохимической отраслью промышленности с использованием автоматических приборов и других технических средств. Изучение и освоение различных видов гидропоники имеет также особое значение для будущих длительных межпланетных полетов, когда на космических кораблях потребуются воспроизвести полный химико-биологический круговорот веществ в замкнутой среде.

В связи с развитием как тепличной, так и открытой гидропоники возникло большое число исследовательских вопросов не только в области агрохимии, биохимии и физиологии растений, но и в примыкающих к физике, химической технологии и современной технике автоматизации. Задача науки — шаг за шагом разработать ответы на эти новые вопросы, имеющие жизненно важное значение.

В начале доклада отмечена большая роль К. А. Тимирязева в развитии идеи выращивания растений в искусственных средах. Хочется закончить этот доклад весьма меткими определениями того же великого естествоиспытателя. Тимирязев с уверенностью цитирует слова А. И. Герцена о том, что «без науки научной не было бы науки прикладной» (Соч., т. III, стр. 13, Сельхозгиз) и указывает следующее: «Задача о двух колосьях, быть может, самый жгучий, самый коренной политический вопрос, который в ближайшем будущем предстоит решить и нашей стране» (там же, стр. 16).

«Истинный кормилец крестьянина—не земля, а растение, и все искусство земледелия состоит в том, чтобы освободить растение, и следовательно, и земледельца от «власти земли» (там же, стр. 17).

Чтобы не было искажений и перегибов, следует отметить, что гидропоника не может заменить возделывания почвы; именно на обширных территориях почвенного покрова страны должны решаться великие хозяйственные задачи повышения производительности растений, земледелия и животноводства. Однако гидропонические хозяйства различного типа могут служить источником все увеличивающихся дополнительных благ для нашего народа, значение которых в общем балансе продукции постепенно будет расти.