



Теории питания растений

Роберт Антон Эрикович,
председатель совета по НИРС Российского
Университета Дружбы Народов





Теории питания растений

- Водная теория питания растений;
- Гумусовая теория питания растений;
- Минеральная теория питания растений.



Развитие воззрений на питание растений

- Для понимания того, как человечество перешло от использования золы до применения концентрированных минеральных удобрений необходимо, хотя бы в общем виде, рассмотреть эволюцию взглядов на питание растений и работы наиболее выдающихся агрономов, химиков и мыслителей своего времени.
- Эпоха раннего и развитого средневековья охватывает в Западной Европе целое тысячелетие (5 -15 век). Этот период, в сравнении с античностью, характеризуется значительным упадком уровня агрикультуры.
- Первые появлявшиеся сочинения («Варварские правды» Григория Турского, «Начала» Исидора Севильского) содержали в себе проблески знаний о почве, подчерпнутые у античных авторов и, главным образом, у Палладия.
- Одна работы развитого средневековья заслуживают отдельного упоминания. Это трактат «О растениях» Альберта Великого. В трактате указано следующее: «вокруг растения располагалась гниющая пища, затем влажность ее притягивалась корнями и они питались бы ею» ... «необходимее, чтобы оно (органическое удобрение) было на пути к разложению, чем оказалось уже испепелившимся». Здесь мы видим прообраз гумусовой теории питания растений.

Альберт Великий





Эпоха Возрождения

- Возрождение, наступившее в Европе в 15 веке, оказало мощное воздействие на развитие естествознания. По словам Энгельса, «это был величайший прогрессивный переворот..., эпоха, которая нуждалась в титанах и которая породила титанов по силе мысли, страсти и характеру, по многосторонности и учености»
- Гениальный мыслитель Леонардо да Винчи, перечисляя «примеры и доказательства роста земли», делает такую запись:
- «Возьми сосуд и наполни его чистой землей и поставь на крышу: увидишь, что немедленно же начнут прорасти в нем густо зеленеющие травы и, возросши, производить различные семена; и когда дети опять упадут к ногам своих старых матерей, ты увидишь, что травы, производя свои семена, засохли и, упав на землю, в короткий срок обратились в нее и дали ей приращение; затем увидишь ты, что рожденные семена совершат тот же круг, и всегда будешь видеть, как народившиеся, совершив естественный свой круг, дадут земле приращение, умирая и разлагаясь».
- В этом отрывке мы находим гениальное предвидение концепции геобиологической сущности почвы; здесь намечен принцип круговорота веществ, описан, вероятно, первый эксперимент по воспроизведению процесса почвообразования.



Первая теория питания растений

- Самой первой была выдвинута минеральная теория.
- Базовые её положения были сформулированы французским естествоиспытателем Бернаром Палисси, который опубликовал в 1563 году трактат «*Les sels vegetatifs*» (Способствующие росту соли). Под солью Палисси подразумевал все необходимые для растений минеральные вещества.
- В этой работе мы встречаем первое изложение минеральной теории питания растений: «соль есть основа жизни и роста всех посевов»...«Если несколько лет подряд засеять поле, не унаваживая, то посевы извлекут из земли соль, необходимую для своего роста; земля, таким образом, обедняется солями и перестает давать урожаи».
- Палисси были сформулированы три научных положения, которые значительно опережали научную мысль своего времени и были экспериментально подтверждены лишь спустя три столетия:
 1. Почва служит источником минеральных веществ для растений.
 2. Почва истощает свое плодородие при формировании урожая.
 3. Для поддержания плодородия почвы необходимо возвращать в почву вещества, поглощенные растениями в процессе роста, в виде соответствующих удобрений («навоз был бы бесполезен, если бы не содержал соли»).
- В многочисленных агрономических сочинениях 16 века точка зрения Палисси, однако, не нашла не только поддержки, но и отзвука.

Бернар Палисси





Первая теория питания растений

- Похожая судьба, но с некоторыми оговорками, постигла и другую работу, значительно опережавшую свое время - «*Teutschlands Wohlfahrt*» (*Благо Германии*) Рудольфа Глаубера.
- В своей работе Глаубер указывает: «зольные вещества (соли) и азот (именуемый "душой селитры") представляют единственную причину роста растений, если говорить только о почве» ... «Вероятно, вся селитра которой мы пользуемся, происходит из растений».
- В трактате «Благо Германии» встречаются некоторые представления о цикле азота: «*Nitrum* это как бы птичка без крыльев, которая летает день и ночь без отдыха, она проникает между всеми элементами и несет с собой дух жизни. Это начало никогда не погибает, оно меняет только форму; когда входит в тело животных под видом пищи, оно выходит оттуда в экскрементах и таким образом возвращается в землю, чтобы оттуда подняться частично в воздух с парами и выделениями, и вот оно снова среди элементов. Оно существует в корнях растений, и вот оно снова в пищевых веществах. Таким образом, круговорот идет от элементов в пищевые вещества, из пищи — в экскременты и оттуда снова в элементы».
- Взгляды Палисси и Глаубера были очень прогрессивны для своего времени. К сожалению, они не были восприняты ученым сообществом и не оказали серьезного влияния на понимание вопросов питания растений и действия удобрений. Прежде чем вернуться к минеральной теории питания растений научная мысль еще несколько столетий блуждала между различными системами взглядов.



Водная теория питания растений

- В 17 веке доминирующей была водная теория питания.
- Первым ученым, высказавшим предположение о водном питании растений, был Френсис Бэкон. Бэкон являлся сторонником опытной науки, и применения рационального подхода к чувственным данным. Наблюдая за тем, сколько растения используют влаги, Бэкон пришел к выводу, что именно вода выступает основой для питания растений, в то время как почва лишь сглаживает перепады температур и обеспечивает им механическую опору.
- Однако в воззрениях Бэкона имелись и черты гумусовой и минеральной теорий питания растений – он утверждал, что растения поглощают из почвы «особый сок», делая её менее плодородной для конкретного вида растения или родственников ему, но не для всех растений вообще. Бэкон советовал использовать **селитру** как удобрение, называя её «солью плодородия».
- Стоит отметить, что именно селитра была первым примененным концентрированным удобрением - в 1660 году Кенельм Дигби выступил с докладом в обществе «...для развития философских познаний путем опытов», в котором изложил результаты экспериментов с азотнокислым калием: «С помощью обыкновенной селитры, разведенной и смешанной в воде с некоторыми другими соответственными землистыми веществами»...«я собрал урожай с самой бесплодной почвы, как с самой хорошей».



Водная теория питания растений

- Сторонниками водной теории питания растений были голландский химик Ван-Гельмонт и английский физик Роберт Бойль.
- Ян Ван-Гельмонт поставил знаменитый эксперимент с выращиванием ивы в сосуде. Поставленный им опыт заключался в следующем – в сухую, высушенную в печи почву фиксированной массы (≈ 91 кг.), была посажена ветвь ивы, весившая около 2 кг. Ван-Гельмонт поливал иву дождевой водой, не убирая при этом опадающую листву из сосуда. Через 5 лет ива была выкопана и взвешена – её масса составила порядка 77 кг., а масса высушенной почвы осталась прежней. На самом деле, почва все же уменьшилась в весе, примерно на 57 г., однако ученый не придавал этому особого значения.
- На основании результатов опыта Ван-Гельмонт сделал следующий вывод – поскольку ива значительно прибавила в весе, а масса почвы практически не изменилась, следовательно, 75 кг. массы растение сформировало из воды. Этот вывод представляется совершенно логичным, однако является в корне неверным – в нем не учтена роль воздуха и тех 57 г. питательных веществ, которые все же были поглощены из почвы.
- Бойль повторил этот опыт с индийской тыквой. Он подверг тыкву сухой перегонке и получил «соль, спирт, землю и даже масло», следовательно, «они могут быть произведены из воды».

Ян Баптиста ван Гельмонт





Альтернативные теории и интерпретации

- Прежде чем перейти к гумусовой теории питания растений, одержавшей на какое-то время победу над другими концепциями, скажем об одном экспериментаторе середины 18 века – Френсисе Хоме.
- Он ставил опыты с растениями в сосудах с почвой, к которой добавлялись селитра, сернокислый магний и калий, и пришел к заключению, что пища растений — это не одно единственное вещество, а по меньшей мере шесть: воздух, вода, земля, различные соли, масло и огонь в «закрепленном состоянии».
- Признание воды, воздуха и почвенных солей компонентами питания растений было важной догадкой. Интересны взгляды Амвросия Цейгера и Мюнхгаузена; первый полагал, что растения питаются «растительным маслом», образующимся в почве из селитры, а второй эту же роль приписывал пару, возникающему из масла, соли, огня и землистых частиц,



Гумусовая теория питания растений

- На смену водной теории питания растений пришла гумусовая теория.
- Предпосылкой к её появлению стала серия опытов, опровергающая основные постулаты водной теории питания. В 1699 г. Вудворд в Англии проверил выводы Ван-Гельмонта.
- Вудвордом был поставлен следующий опыт – в нескольких сосудах выращивались растения, при этом для полива использовалась различная вода – дождевая, водопроводная и водопроводная вода с почвой. Растения, которые поливали водопроводной водой с добавлением почвы, обладали почти в 20 раз большей биомассой, чем растения, выросшие на дождевой воде.
- На основании этого ученым был сделан вывод: «Растения образуются не из воды, а из известного специального почвенного материала»...«растение увеличивается в большей или меньшей степени в зависимости от того, содержит ли вода большее или меньшее количество почвенных частиц: из всего высказанного мы можем заключить, что земля, а не вода, является материалом, из которого состоят растения».

Юхан Готтшальк Валлериус





Гумусовая теория питания растений

- Ключевым шагом к становлению гумусовой теории можно считать работу Адама Кюльбеля. Ученый проводил эксперименты – поливал растений чистой водой и вытяжками из почвы, к которым он не прибавлял солей. Растения, поливаемые почвенными вытяжками, росли интенсивней, чем растения на простой воде.
- Кюльбель объяснял эту разницу большим содержанием «питательного сока» в почвенных растворах – утверждая при этом, что и вода содержит этот сок, но в крайне малом количестве. Идеи Кюльбеля были поддержаны крупным ученым своего времени – шведом Валлериусом, автором сочинения «О химических основах земледелия».
- Именно Валлериус выдвинул предположение, что пищей растениям служит перегной, или гумус, или «тучность» почвы и сформулировал само определение гумуса: «гумус есть земля... рыхлая, окрашенная в большинстве случаев в черный цвет; по мере впитывания воды сильно разбухает и делается губкообразным, при высыхании же становится пылеобразным ...имеет очень большое значение в развитии растений как средство, способствующее поглощению и задержанию «тучности» в окружающей среде».
- По поводу происхождения гумуса Валлериус высказался лаконично: «гумус происходит путем разрушения растительности».



Гумусовая теория питания растений

- Ключевую роль в становлении гумусовой теории питания растений сыграл крупнейший немецкий агроном Тэер, который считал, что плодородие почвы полностью зависит от содержания гумуса и что за исключением воды гумус представляет собой единственное вещество почвы, которое может служить пищей растениям. Минеральным веществам отводилась второстепенная роль – как агентам, ускоряющим усвоение гумуса.
- Тэер пишет: «Так как перегной есть произведение жизни, то он есть также и условие ее, он дает пищу органическим телам, без него невозможна жизнь»...«смерть и разрушение необходимы для воспроизводства новой жизни».
- Активную работу Тэер проводил по переводу земледелия Германии с трехполья на плодосмен. Как писал Д.Н. Прянишников, «Тэер так много способствовал введению этих приемов как словом, так и примером, обладал такой хозяйственной опытностью, что его взгляды массой сельских хозяев принимались на веру, отсюда и его ... роль в распространении гумусовой теории»
- Гумусовая теория питания растений исходила из неверно трактуемого практического наблюдения о количестве собираемого урожая с богатых темным органическим веществом почв. Авторитет поддерживающих её ученых позволил ей победоносно перейти из восемнадцатого века в девятнадцатый.

Альбрехт Даниель Тэер





Минеральная теория питания растений

- Теория минерального питания растений в своей общей форме была выдвинута раньше прочих и в 17-19 веках имела своих приверженцев среди ученых. Однако господство сторонников сначала водной, а затем гумусовой теории питания не позволяли минеральной теории выйти на ведущую позицию.
- Необходимо упомянуть автора, который был очень близок к осознанию минеральной теории питания почти за полвека до Либиха. Это гениальный французский химик Антуан Лавуазье. В его рукописи, которая была найдена и опубликована в 1860 году, уже были сформулированы основные тезисы минеральной теории питания.
- Лавуазье писал: «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 и из минерального царства».
- Д. Н. Прянишников пишет об этом так: «если бы оставшийся незаконченным труд Лавуазье, был закончен и появился в свое время, то Либиху, возможно, не пришлось бы выступать с минеральной теорией в 1840 г.



Минеральная теория питания растений

- Однако настал день, когда гумусовая теория питания растений уступила место минеральной. Сокрушительный удар нанес ей известный немецкий химик Юстус Либих. Это случилось в 1840 г., после выхода в свет книги «Химия в приложении к земледелию и физиологии растений».
- Хотя уже тридцатые годы девятнадцатого века можно считать подготовительными для этого триумфа. Сам Либих в дальнейшем писал, что до выхода его работы общепринятой теорией являлась теория Соссюра.
- Соссюр, швейцарский естествоиспытатель, считал поглощение углекислоты и превращение заключенного в ней углерода в ткани растений явлением бесспорным, но осуществляющимся по различным законам в культурных и дикорастущих растениях. Дикорастущие растения формируют органические вещества с помощью углекислого газа, а культурные растения в ходе образования органики главным образом используют гумус и растворенные в почве органические вещества.
- Соссюром была даже предпринята попытка установить количественно сколько углерода растение усваивает из перегноя, а сколько из атмосферы. Результаты расчётов показали, что от перегноя происходила всего лишь $1/20$ часть массы растения. Однако ученый придавал почвенному углероду особую, качественную характеристику. Эти убеждения подвигли Соссюра в конце своей жизни выступить против минеральной теории питания растений в защиту значения перегноя.



Минеральная теория питания растений

- Эдуард Рассел, директор Ротамстедской опытной станции, пишет о выходе работы Юстуса Либиха так: «...в 1840 г., когда, подобно удару грома, разразился над ученым миром знаменитый доклад Либиха Британской ассоциации о положении органической химии, опубликованный впоследствии под названием "Химия в приложении к земледелию и физиологии". В форме утонченной сатиры и с тонким сарказмом высмеивает он физиологов своего времени, которые, вопреки накопившимся очевидным данным, продолжают придерживаться взгляда, будто растения берут углерод из почвы, а не из углекислоты, содержащейся в воздухе. Юмор Либиха сделал то, чего не могла сделать логика Соссюра».
- В отношении питания растений Либих выдвинул следующие положения:
 1. Пищей всех зеленых растений являются неорганические, или минеральные, вещества.
 2. Растение питается углекислотой, аммиаком, азотной кислотой, водой, фосфорной кислотой, серной кислотой, кремнекислотой, известью, магнием, калием, натрием и железом; некоторые растения нуждаются в поваренной соли.
 3. Если в цепи причин, силами которых совершается превращение неорганического вещества в носителя органической деятельности, выпадает хотя бы одно звено, существование растения или животного прекращается.

Юстус Фрайхерр фон Либих





Минеральная теория питания растений

- Из работ Либиха были выведены два исключительно важных для агрохимии закона: «закон минимума» и «закон полного возврата».
- На необходимости возврата минеральных веществ почве Либих горячо настаивал: «Закон возврата указывает ему (сельскому хозяину), каких веществ лишилось поле и сколько он должен возратить ему, чтобы обеспечить возвращение прежних урожаев. Закон учит его, что он не должен руководствоваться в своей деятельности мнениями людей, не интересующихся ни им, ни его полем, а должен обрабатывать свои поля на основании собственных наблюдений».
- Второй закон, «закон минимума», в общей своей формулировке гласит следующее – в первую очередь необходимо восполнить в почве те вещества, которыми она обеднена особо - внесение всех прочих веществ будет совершенно бесполезно, пока не окажутся устраненными первые резкие минимумы. Сам Либих формулировал его так: «Если в почве или в атмосфере один из элементов, участвующих в питании растений, находится в недостаточном количестве или не обладает достаточной усвояемостью, растение не развивается или развивается плохо. Элемент, полностью отсутствующий или не находящийся в нужном количестве, препятствует прочим питательным соединениям произвести их эффект или, по крайней мере, уменьшает их питательное действие».



Минеральная теория питания растений

- Однако в теории Либиха был один серьезный изъян. Ученый считал, что удобрения нужно вносить главным образом калийные и фосфорные, а азот в растения придёт из воздуха.
- Под питанием растений азотом воздуха Либих имел в виду не свободный азот, а примесь углекислого аммония - однако его содержание в воздухе настолько незначительно, что способно оказать значимого влияния на размер урожая.
- При том, что открытие Либиха способствовало развитию промышленности минеральных удобрений, ученого даже обвиняли в том, что он агент калийного синдиката. Причина этого была в том, что Либих считал обеспечение растений азотом из воздуха достаточным и не придавал значения азотным удобрениям. Эффект от использования калийных и фосфорных удобрений, бывший обычно весьма высоким, начал снижаться.
- В этом контексте интересна история Альберта Шульца из Люпица, студента либиховских времен, заочного ученика и ревностного последователя Юстуса. Получив в наследство вересковые заросли, он начал распахивать и удобрять их калием и фосфором и ждал, что азот, как говорил его учитель, придет из воздуха. Однако этого не происходило, урожаи были скромны, а долги имения росли, и молодой человек оказался в затруднительном положении. История, впрочем, окончилась благополучно – наблюдательный юноша начал применять в качестве зеленого удобрения люпин и тот обогащал почву азотом.



Минеральная теория питания растений

- Ошибка в теории Либиха была устранена великим французским ученым Жанном Батистом Буссенго.
- И К. А. Тимирязев, и Д. Н. Прянишников называли именно Буссенго, а не Либиха, основателем современной агрохимии. Они объясняли это не только тем, что Жанн Батист начал свои работы раньше Либиха, но и тем, что Буссенго закладывал полевые опыты и основывал свои выводы на экспериментах – физиологических и агрохимических, а также использовал вегетационный метод.
- По словам исследователя, «нужно спрашивать мнение самого растения». Буссенго пришёл к выводу, что наибольший эффект дают те удобрения, которые богаты азотом и связал применение азотных удобрений с непосредственным показателем плодородия почвы: «Существует...интересное соотношение между высоким плодородием почвы и большим содержанием в ней селитры».
- На основании исследований влияния усвояемого азота удобрений на развитие растений Ж. Б. Буссенго приходит к заключению:
 1. Фосфат кальция и щелочные и щелочноземельные соли, необходимые для образования растений, действуют в том случае, если вносятся вместе с веществом, способным доставить усвояемый азот;
 2. Азот атмосферы принимает участие в развитии растений, но в слишком малом количестве;
 3. Селитра совместно с фосфатом кальция и щелочными солями действует как полное удобрение.

Жанн Батист Буссенго





Начало современной агрохимии

- Буссенго использовал метод баланса, который заключается в подсчете содержания элемента в почве на основании его прихода (вноса с удобрениями и проч.) и расхода (отчуждения с урожаем и проч.). Ученым было отмечено появление излишка азота в плодосмене, который появлялся и был тем больше, чем больше было участие люцерны или клевера в севообороте. Работы Буссенго по азотному обмену положили начало биохимическому направлению в агрохимических исследованиях.
- Таким образом, Либиха можно считать создателем химической школы земледелия, а Буссенго — физиологической. Об отношении последнего к труду и науке можно сложить представление из следующей приведенной цитаты: «нужно уметь критиковать самого себя; только когда исчерпаны все возражения и взвешено их значение, тогда следует делать общий вывод».
- С Буссенго берет свое начало современная агрохимия. Минеральная теория питания растений становится научной парадигмой и с опорой на её положения развиваются научные основы применения минеральных удобрений. Безусловно, существует значительная разница между тем вариантом, в котором минеральная теория питания была представлена во второй половине 19 века, и её состоянием в настоящий момент – накоплен большой объем теоретических и практических данных, уточнены многие положения – но в своем ядре теория осталась неизменной.



Марка с изображением Юстуса фон Либиха. ГДР, 1978 г.

Узнать больше:

Крупеников И. А. История почвоведения (от времени его зарождения до наших дней). – М.: Наука, 1981. – С. 279.

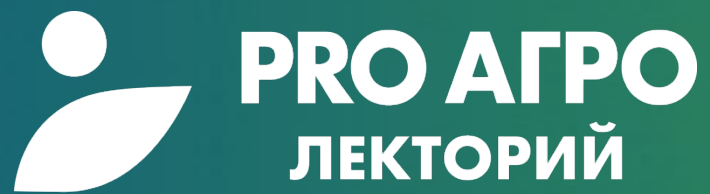
Либих Ю., «Химия в приложении к земледелию и физиологии», М.-Л: СЕЛЬХОЗГИЗ, 1936. – С. 407.

Минеев В. Г., Лебедева Л. А. История агрохимии и методологии агрохимических исследований: учеб. пособие. М.: Издательство Московского университета, 2003. – С. 328.

Минеев В. Г. История и состояние агрохимии на рубеже XXI века. – М.: Издательство Московского университета, 2010. – С. 799.

Прянишников Д. Н. Избранные труды. М.: Наука, 1976 г. – С. 591.





Спасибо за внимание!