

## Зарождение и развитие физиологии растений в XVI- XIX вв.



Бернар Палисси

"Сейчас, когда выяснены условия, необходимые для того, чтобы почва была плодородной и способной поддерживать жизнь растений, вероятно, никто не захочет отрицать, что дальнейшего прогресса в сельском хозяйстве можно ожидать только от химии" (Юстус фон Либих).



Бернар Палисси Овальное блюдо. 1560. Лувр, Париж

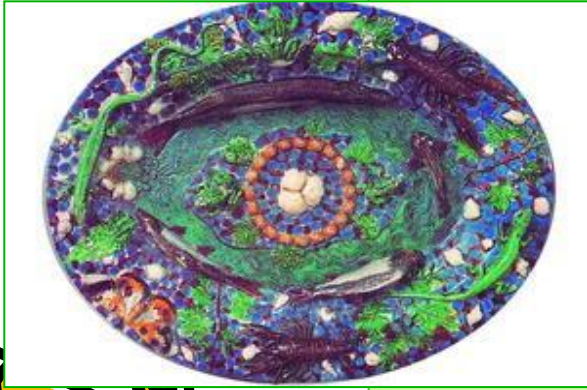
Ирина Ремовна Фомина  
(курс лекций) 2017



Музей-усадьба А.Т. Болотова "Дворяниново"



Бернар Палисси  
Королева Екатерина Медичи защитила его в Варфоломеевскую ночь (24 августа 1572)



Блюдо. 1560-е. Музей "Кусково", Москва

Формирование физиологии растений стимулировалось потребностями сельского хозяйства. Не случайно первые исследования касались проблем питания растений.

**Бернар Палисси (1510-1589)** - «замечательный керамист, геолог, садовый архитектор, писатель, мыслитель - он выдерживает сравнение с крупнейшими мастерами Возрождения. ... Недаром герой романа Бальзака «Шагреновая кожа» замечает в лавке древности в первую очередь изразцовую печь, «настоящее чудо искусства, порожденное гением Бернара Палисси»» (Лев Дьяков. Бернар Палисси — мастер французского Возрождения. Научные чтения. <http://art.1september.ru/articlef.php?ID=200601815> )

- В 1589 был заключён в Бастилию как гугенот, где и скончался (<http://www.physchem.chimfak.rsu.ru/Source/History/Persones/Palissy.html>)
- В книгах «**Действительное средство, благодаря которому все жители Франции могут увеличить свое состояние, а также те, которые не имеют никаких научных познаний, смогут научиться философии, необходимой всем обитателям Земли. А также книга эта содержит рисунок сада, представляющего столь же приятное, как и полезное изобретение. А также рисунок и план защищенного и совершенно неприступного города**» (1563) и «**Чудесные рассуждения о природе вод и источников естественных и искусственных, о металлах, солях, камнях, землях, об огне и эмали, со многими другими тайнами предметов, встречающихся в природе. С прибавлением трактата об удобрении земли, все представленное в виде разговоров, которые ведутся Теоретиком и Практиком**» (1580) объяснял **плодородие почв наличием в них солевых веществ**.
- Он предвосхитил основные положения «**минеральной теории**» плодородия почв, но его слова были надолго забыты из за блестящих, но неверно истолкованных опытов Гельмонта и Бойля.





Ван Гельмонт

Опыт голландского биолога **Яна Баптиста ван Гельмонта** (1579 - 1644), поставленный в 1600, принято считать **первым физиологическим экспериментом**.

Вырастивая ивовую ветвь в сосуде с определенным количеством почвы при регулярном поливе, он через пять лет не обнаружил какой-либо убыли в весе почвы, в то время как ветка выросла в деревцо. **Ван Гельмонт сделал вывод, что своим ростом растение обязано не почве, а воде.**



Роберт Бойль

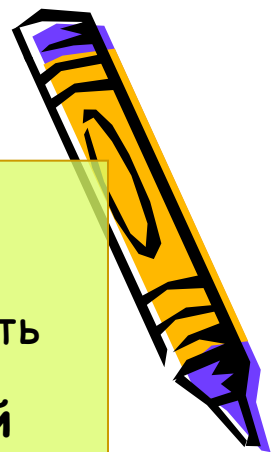
Аналогичное наблюдение в 1661 провел с тыквой английский физик **Роберт Бойль** (1627 - 1691). Он также пришел к выводу, что источником роста растений является вода.

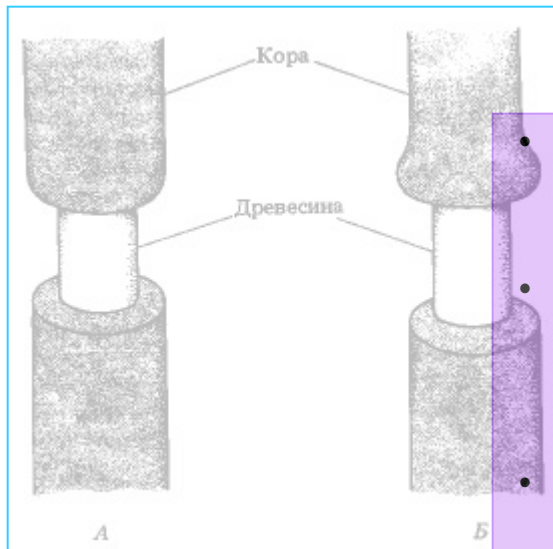




Великий М. Мальпи́ги, наблюдая за развитием семян тыквы, ее семядолей и листьев, высказал предположение, что именно в листьях под действием солнечного света должна происходить переработка доставляемого корнями «сырого сока» в пригодный для усвоения «питательный сок». Это были первые попытки научного объяснения участия листьев и солнечного света в процессе питания растений.

- В работе «Анатомия растений» он не только описал ряд микроскопических структур стебля, в том числе до того неизвестные, наполненные воздухом сосуды со спиральными утолщениями в стенках (он называл их трахеями), но и привел наблюдения, касавшиеся функций этих образований, **проводящих питательные вещества**.
- Посредством кольцевания стеблей он установил, что вода с растворенными в ней питательными веществами, передвигается по **волокнистым элементам древесины** к листьям. Это движение он объяснял разницей давления окружающего воздуха и воздуха, находящегося в трахеях.





Опыт Мальпиги со снятием кольцеобразного куска коры со стебля (А). Набухание ткани над кольцом (Б)

(П.А. КОШЕЛЬ. Стебель <http://bio.1september.ru/articlef.php?ID=200304007>)

- Из листьев переработанный сок передвигается по **коре** в стебель и к другим частям растений, осуществляя их питание и рост.
- Т.о. Мальпиги установил существование в растении **восходящих и нисходящих токов** и их **непосредственную связь с процессом питания растений**.
- Кроме сосудов, проводящих питательные соки, отмечал существование в древесине и коре различных каналов, содержащих млечный сок, смолистые вещества и воздух. **По его мнению, воздух растению также необходим, как и животному.**
- Догадки Мальпиги об участии листьев в питании растений не обратили на себя внимания современников, а его данные о движении растительных соков были использованы лишь для рассуждений об аналогии с кровообращением животных.
- Представления Мальпиги о питании растений разделял только Н. Грю, который полагал, что растения поглощают пищу корнями, здесь она «ферментирует» и дальше направляется к листьям, где подвергается переработке.







Эдме Мариотт

[http://www.mysopromat.ru/uchebnye\\_kursy/istoriya\\_soprotivleniya\\_materialov/biografii/mariott\\_edme/](http://www.mysopromat.ru/uchebnye_kursy/istoriya_soprotivleniya_materialov/biografii/mariott_edme/)



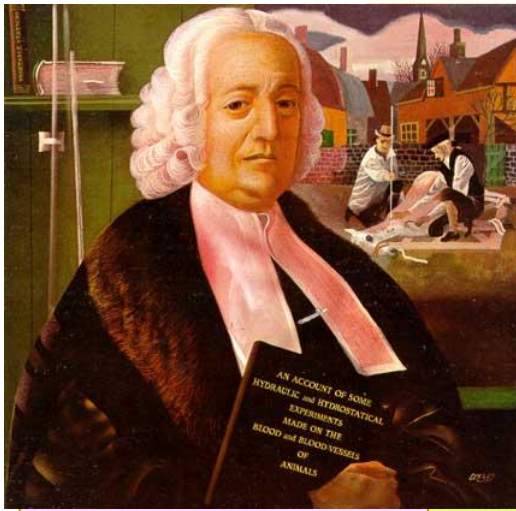
D<sup>r</sup> WOODWARD. W. Kneller del. 1707.  
From an Original in the Possession of the Hon. the Earl of Rothes.  
No. 2. No. 1714. W. Kneller.

- В 1679 Эдм Мариотт (1620 - 1684) - физик, механик, настоятель монастыря св. Мартина вблизи Дижона (Франция) - опубликовал свои наблюдения из области физиологии растений, установив, что **растения питаются солями, растворенными в воде, которую всасывают корни**. Это открытие Мариотта опередило более поздние представления ученых о питании растений.
- Представления Мальпиги, подкрепленные доводами Мариотта, послужили обоснованию новой точки зрения на проблему питания растений, противоположной господствовавшей два тысячелетия.
- В 1699 г. английский ученый **Джон\*** Вудворд (1665 - 1728) тщательно поставленными экспериментами по выращиванию растений в воде, взятой из различных мест, показал, что **в свободной от минеральных примесей воде растения развиваются хуже**. Эти опыты убедительно свидетельствовали о несостоятельности водной теории, но они, очевидно, остались неизвестными на континенте, и водная теория даже в начале XIX в. пользовалась широким признанием в научных кругах Европы.

\*В статье П.А. Кошель (Летопись биологических открытий

<http://bio.1september.ru/article.php?ID=200402307>) он назван Джеймс, но он - Джон (см. WOODWARD, JOHN (b. Derbyshire, England, 1 May 1665; d. London, England, 25 April 1728), *geology, mineralogy, botany*.

- <http://www.chlt.org/sandbox/lhl/dsb/page.500.php>



Стивен Гейлс

<http://www.krugosvet.ru/articles/37/1003711/1003711a1.htm>

Его по праву называют «отцом физиологии растений», родоначальником экспериментального метода в изучении жизни растений.

Особое значение для формирования физиологии растений - работы английского ботаника и химика **Стивена Гейлса** (1677-1761). Учился в Кембриджском университете, где изучал теологию и естественнонаучные дисциплины. В 1703 был посвящен в духовный сан, в 1709 - викарий в Теддингтоне (графство Мидлсекс).

Последователь Ньютона, он попытался построить учение о движении соков в растении и проникнуть в сущность процессов их питания, исходя из строгих начал физики - «Статика растений» (1727).

- Гейлс полагал, что всасывание воды через корень и передвижение ее по растению происходит в результате действия капиллярных сил пористого тела.

Он обнаружил **корневое давление**, а в наблюдениях над испарением растений — **засасывающее действие листьев** в этом процессе. Рассчитал скорость испарения; используя «гемостатический метод», определил давление растительного сока, движущегося от корней по стеблю.

Таким образом, Гейлс установил **нижний и верхний концевые двигатели**, обуславливающие передвижение воды в растении снизу вверх.

- **Изучая дыхание растений, показал, что они поглощают из воздуха газ, в котором животные задышались (вспомним Леонардо).**



- Он определил примерную силу, с которой впитывают в себя воду разбухающие семена, объяснил биологическое значение разбухания, которым начинается процесс прорастания.
- После Гейлса темпы развития физиологии растений резко снизились. Ученые снова и снова возвращались к ошибочной водной теории.

- **Михаил Васильевич Ломоносов (1711-1765)** поднял голос против этой теории. В 1763 в работе «**О слоях земных**» он выступил против водной теории в целом и в ясной форме говорил о наличии **воздушного питания растений**, осуществляемого при помощи листьев, которые усваивают из воздуха «**тонкую земляную пыль**».



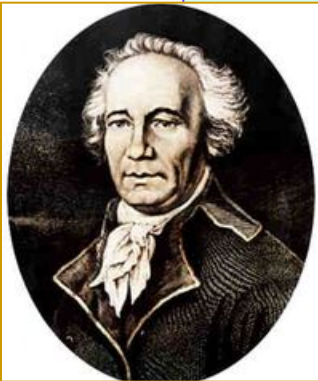
М.В. Ломоносов

Мысль о роли воздушной среды как источника питания растений Ломоносов высказал еще в 1753 в трактате «Слово о явлениях воздушных, от электрической силы происходящих». Однако она осталась незамеченной современниками и очень скоро была забыта.

- Немного биографии: в Москву Ломоносов прибыл в самом начале января 1731 и подал прошение о поступлении в Славяно-греко-латинскую Академию при Заиконоспасском монастыре. Архимандрит Герман приказал сделать ему допрос (указ Синода от 7 июня 1728 «помещиковых людей и крестьянских детей, также непонятных и злонравных отрешить и впредь таковых не принимать»). Ломоносов показал, что он — дворянский сын из Холмогор; удовлетворившись этим, архимандрит принял его в Академию.



- В 1735 глава Петербургской АН - барон Иоганн-Альбрехт фон Корф обратился в Сенат с ходатайством выбрать из монастырей, гимназий и школ России достойных учеников, достаточно подготовленных к слушанию лекций профессоров.
- Сенат изготовил соответствующий указ, и ректору Заиконоспасской Академии было предписано послать 20 учеников, в науках достойных. Их набралось - 12.
- Они прибыли в столицу в день нового 1736 года и были зачислены студентами университета: с этого дня жизнь и деятельность Ломоносова неразрывно связаны с Академией Наук.

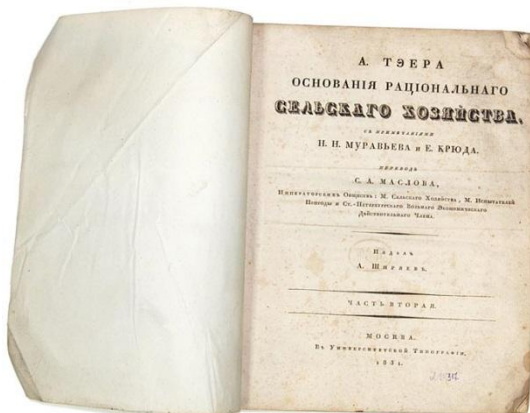


А.Т. Болотов

**Андрей Тимофеевич Болотов (1738—1833)** - один из основоположников отечественной агрономии, наметил основные принципы минеральной теории питания растений и подверг критике водную теорию. **Разработал приемы внесения удобрений в почву.**

«Судьба Андрея Тимофеевича Болотова — уникальное доказательство того, как «деревня» становится центром культуры, как жизнь «государственного» человека естественно проходит вдали от мимолетных увлечений, в трудах повседневных, в выращивании полноценного полезного плода» (К. Ковалев. 34780 прожитых дней. А.Т. Болотов <http://www.kkovalev.ru/index.htm> )

- Даже на рубеже XVIII-XIX вв. водная теория была еще широко распространена в ученых кругах Европы. В 1800 на конкурс, объявленный Берлинской академией наук по теме: «Об источниках питательных веществ для растений», был представлен целый ряд работ, но премии была удостоена работа **Шрадера**, утверждавшая правильность водной теории. (Т. КОШЕЛЬ. Минеральное питание растений и почва. ИСТОРИЯ НАУКИ № 16 <http://bio.1september.ru/articlef.php?ID=200301808>)



<http://www.gelos.ru/2008/bigimages/nb3551-10.jpg>

Со второй половины XVIII в начале XIX в. водную теорию постепенно сменила так называемая **гумусовая теория**, благодаря горячей пропаганде ее германским растениеводом **Альбрехтом Таером (Тэер\*)** (1752-1828). Эта теория базировалась на подтверждавшемся повседневным наблюдением убеждении в существовании связи между урожайностью почвы и содержанием в ней органического вещества – гумуса (перегной) (Т. КОШЕЛЬ Там же).

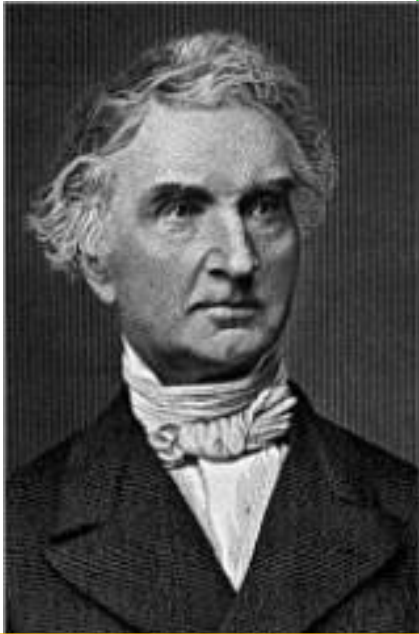


Альбрехт Даниель Тэер (1752-1828)

<http://www.liveinternet.ru/users/kakula/post102494215/>

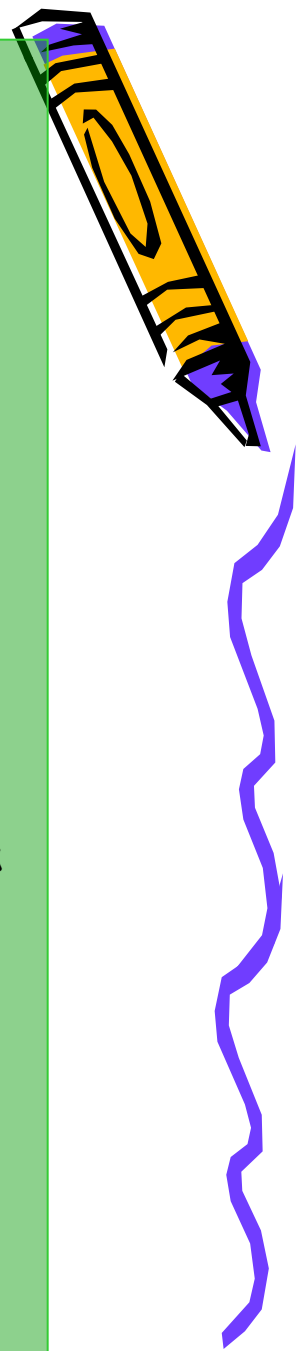
Согласно гумусовой теории основное значение для роста растений имеет почвенный перегной (гумус), а минеральные вещества почвы только косвенно влияют на интенсивность усвоения гумуса.





Юстус фон Либих

- Поставившим точку в спорах и назвавшем вещи своими именами был немецкий агрохимик XIX в Юстус фон Либих (1803-1873):
- **“Растительные организмы, или, следовательно, органические соединения, являются средством питания и поддержания жизни людей и животных. Источником питания растений, напротив, является неорганическая природа”.**
- Так была создана основа современной агрохимии, и направление ее дальнейшего развития:
- **“Сейчас, когда выяснены условия, необходимые для того, чтобы почва была плодородной и способной поддерживать жизнь растений, вероятно, никто не захочет отрицать, что дальнейшего прогресса в сельском хозяйстве можно ожидать только от химии”.**







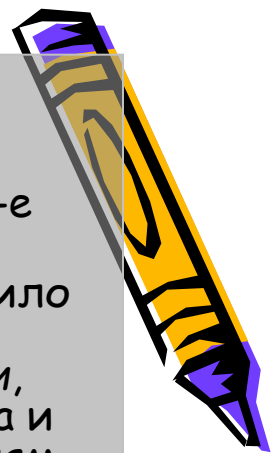
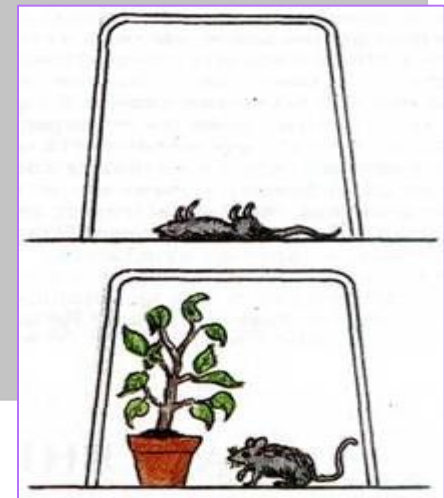
Джозеф Пристли

В годовщину штурма Бастилии в Бирмингеме начались погромы всех тех, кто подозревался в сочувствии к республиканской Франции. Дом, лаборатория, книги и рукописи Пристли были сожжены, а ему самому пришлось бежать в Лондон, а потом выехать в Америку. Там он и провел последние десять лет своей жизни.

- Значительно успешнее шло формирование представлений о воздушном питании растений. Во многом успех был обусловлен развитием в 50—70-е годы «пневматической» химии - химии газов.
- Совершенствование методов исследований позволило открыть углекислый газ (Блэк, 1754), водород (Кавендиш, 1766), кислород (Шееле, 1773; Пристли, 1774; он же - монооксид азота, монооксид углерода и диоксид серы) дать правильное объяснение явлениям горения, окисления и дыхания (Лавуазье), а также вскрыть несостоятельность представлений о флогистоне (гипотетическая «огненная субстанция», высвобождающаяся при горении веществ).

Первые экспериментаторы, исследовавшие значение воздуха и солнечного света в жизни растений, — англичанин **Джозеф Пристли** (1733-1804), голландский врач **Йоханнес (Ян) Ингенхауз** (1730-1799) и швейцарский ботаник **Жан Сенебье** (1742-1809) — в своей деятельности были тесно связаны с химией.

Опыты Пристли, начатые в 1771, указывали на зависимость между растением и воздушной средой при солнечном освещении.



- Зависимость поглощения растением углекислого газа и выделения кислорода от солнечного освещения для Пристли стала ясной лишь в 1781 после того, как **Ингенхауз** в 1779 вскрыл основное условие фотосинтеза — **наличие света и зеленой окраски растений**.
- В 1782 последовало открытие **Сенебье** — участие в этом процессе углекислоты воздуха, что выдвинуло на очередь дня вопрос о **воздушном углеродном питании растений**. Таким образом, исследования **Пристли, Ингенхауза и Сенебье** дополняли друг друга, так как касались разных сторон фотосинтеза, без изучения совокупности которых невозможно было раскрытие его сущности.
- **Сенебье** предложил термин "**физиология растений**" (1791) и написал первый учебник по этой дисциплине ("**Physiologique végétale**", 1800). Заложил экспериментальные основы фотохимии. Ряд работ по метеорологии, физике, химии.



Ян Ингенхауз



Жан Сенебье



Антуан-Лоран  
Лавуазье

Казнен «как зачинщик или соучастник заговора..» 8 мая 1794... Франция лишилась одной из самых блестящих голов... Через два года Лавуазье был признан несправедливо осужденным, однако это уже не могло вернуть Франции замечательного ученого.

<http://www.alhimik.ru/great/lavou sier.html>

- Положение о фотосинтезе как процессе воздушного питания растений под воздействием солнечных лучей, выдвинутое вскоре после выхода в свет работ Пристли, Ингенхауза и Сенебье, стало темой обсуждения широких научных кругов.
- Большинство английских ученых безоговорочно приняло это положение и даже склонно было считать воздух чуть ли не единственным источником питания растений.

**Антуан-Лоран Лавуазье (1743-1794)** академик Парижской Академии наук в последние годы своей жизни заинтересовался этим вопросом, предлагал рассматривать воздушное питание растений в комплексе с минеральным.

Лавуазье показал сложность состава атмосферного воздуха и впервые правильно истолковал явления горения и обжига как процесс соединения веществ с кислородом.







- Лавуазье доказал, что углекислый газ (диоксид углерода) - это соединение кислорода с "углем" (углеродом), а вода - соединение кислорода с водородом.
- Он на опыте показал, что при дыхании поглощается кислород и образуется углекислый газ, то есть процесс дыхания подобен процессу горения.  
Более того, французский химик установил, что образование углекислого газа при дыхании является главным источником "животной теплоты".
- Лавуазье стал одним из основоположников классической химии. Он открыл закон сохранения веществ, ввел понятия "химический элемент" и "химическое соединение«.
- Он - автор первой классификации химических веществ и учебника "Элементарный курс химии".



## Развитие учения о поле и физиологии размножения растений

Отдельные сведения о наличии пола у некоторых растений имелись в глубокой древности; этими знаниями пользовались в Месопотамии при искусственном опылении финиковых пальм. Однако вплоть до второй половины XVII в. вопрос о поле у растений представлялся неясным.

В конце XVI в. вышел труд чешского (польского\*) ботаника **Адама Залузянского** (ум. 1613) «Метод гербария». Он высказал мысль, что среди растений имеются «андрогинные» (т.е. гермафродитные) и раздельнополые (двудомные) виды. Предупреждал против возможного смешения половых отличий и видовых признаков.

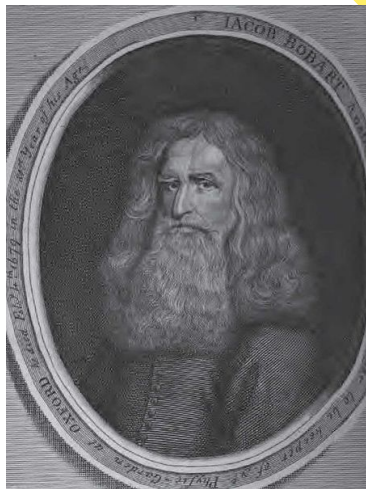
В XVII в. **Н. Грю** описал тычинки, пыльцевые зерна, пестики, семяпочки, семена и высказал мнение, что тычинки и пестики имеют отношение к зарождению семян. Аналогичные мысли высказал и **Дж. Рей**, хотя Рею, как и Грю, многое в этой области оставалось неясным.

В то же время **Мальпиги** трактует тычинки (и лепестки) как органы, служащие для выделения из растений «избыточной жидкости» и «очищения» сока, идущего на построение семян.

**Экспериментально наличие пола у растений установил в 1678 смотритель Оксфордского ботанического сада Яков Бобарт.** На двудомном гвоздичном растении он продемонстрировал необходимость пыльцы для образования семян в женских цветках.



Jacob Bobart the Younger (1640-1719)  
<http://dps.plants.ox.ac.uk/bol/bobart>



Jacob Bobart the Elder  
(1599-1679/80)



Рудольф Иаков  
Камерариус



Joseph Gottlieb  
Kölreuter

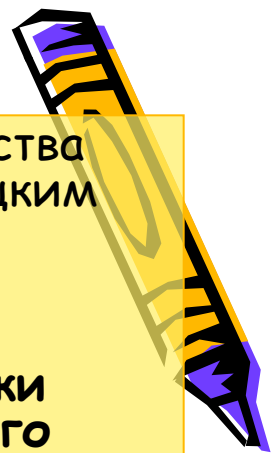
Ясные и полные экспериментальные доказательства наличия пола у растений были приведены немецким ученым **Рудольфом Иаковом Камерариусом** (1665-1721).

Он проделал ряд опытов над двудомными и однодомными растениями: «Так же как пыльники растений являются местом образования мужского семени, так завязь со своим рыльцем и столбиком соответствует женским половым органам...»

**Линней** - помимо того, что представление о наличии пола у растений отображено в предложенной им системе растительного мира, он сам провел много наблюдений над опылением растений и поставил опыты с 11 видами для уяснения процессов оплодотворения. В 1760 за сочинение «**Розыскание о различном поле произрастений**» был удостоен премии Петербургской Академии наук.

Размножение тайнобрачных растений изучали в XVIII в. Михели, Шмидель, Гедвиг и др.

С изучением пола и размножения растений тесно связаны **исследования по гибридизации**. Особенно значительные успехи в этой области **Иосифа-Теофила Кельрейтера** (1733 - 1806) - немецкий ботаник, вызванный из Тюбингена в Петербург, с 1756 по 1761 г. был адъюнктом ботаники в Академии Наук.







*Koelreuteria paniculata*,  
or golden rain tree

- **Исследования Кельрейтера - лучшие работы XVIII столетия по вопросу о поле растений.**

- Он работал с 50 видами растений, и получил множество гибридов — **«растительных мулов»**. Гибриды оказывались по своей форме промежуточными между обоими родительскими видами - вывод о необходимости для формирования нового поколения как мужского, так и женского «семени».

Что касается самой сущности процессов оплодотворения у растений, то она была раскрыта только в первой трети XIX в. В XVIII в. был распространен взгляд, что из семени (или пыльцы) исходит некое «оплодотворяющее испарение»; Линней полагал, что на рыльце смешиваются мужская и женская «семенные жидкости».

- В работах Кельрейтера содержались описания некоторых явлений, важных для понимания наследственности.
- Он констатировал **особую мощь первого поколения гибридов**, прибегал к тому типу скрещивания, который теперь называется анализирующим; заметил явления расщепления в потомстве гибридов. Кельрейтер (а до него Ф. Миллер и Добс) описал также роль насекомых как опылителей, но он считал основной формой опыления самоопыление и не понимал роли перекрестного опыления.





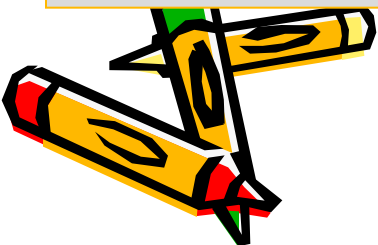
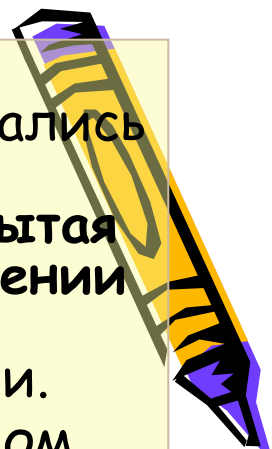
- Немецкий ботаник **Христиан Конрад Шпренгель** (1750—1816). - его работы остались незамеченными современниками, и лишь Дарвин по достоинству оценил их. «**Раскрытая тайна природы в строении и оплодотворении цветов**» (1793) одно из серьезнейших биологических произведений того времени.
- Путем наблюдений в природе над 461 видом растений Шпренгель доказал, что **различные особенности строения и окраски цветков являются приспособлениями, обеспечивающими опыление растений насекомыми, переносящими пыльцу.**



Титульный лист книги К.Х. Шпренгеля "Открытая тайна природы в строении и опылении цветов".

Одним из крупнейших открытий Шпренгеля было обнаружение **дихогамии**. Он показал, что у ряда растений пестики и тычинки созревают не одновременно и это препятствует их самоопылению (явление замеченное, но не понятое Кельрейтером).

Однако, несмотря на наличие указанных работ, в представлениях о поле растений в XVIII в. и даже в первой трети XIX в. не было единодушия.





А.Т. Болотов. Гравюра  
Юрия Селиверстова,  
1988

- **А.Т. Болотов** подметил явление дихогамии (у яблони) и подошел к пониманию биологического значения перекрестного опыления для повышения биологической мощности потомства.
- Несколько позже то же самое отметил и английский ученый **Томас Эндрю Найт (1759-1838)**, писавший о «стимулирующем эффекте скрещивания».

Спасибо за внимание

