

ФІЗІОЛОГІЧЕСКОЕ ИЗСЛѢДОВАНІЕ

Н А Д Ъ

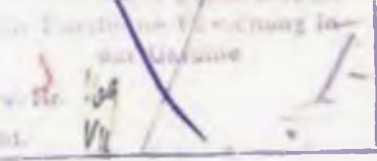
ДЫХАНІЕМЪ КОРНЕЙ.

А. Е. Зайкевича.

СЪ 2 ТАБЛИЦАМИ ЧЕРТЕЖЕЙ.

Х А Р Ъ К О В Ъ.
ВЪ УНИВЕРСИТЕТСКОЙ ТИПОГРАФІИ.

1 8 7 7.



ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗСЛѢДОВАНИЕ

№ 54г.

Н А Д Ъ

ДЫХАНІЕМЪ КОРНЕЙ.

А. Е. Зайкевича.

109559

Съ 2 таблицами чертежей.

Х А Р Ь К О В Ъ.

Въ Университетской Типографіи.

1 8 7 7.



Напечатано по опредѣленію общаго собранія Общества испытателей природы при Императорскомъ Харьковскомъ Университетѣ.

Отдѣльные оттиски изъ XI т. «Трудовъ Общества испытателей природы».



ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗСЛѢДОВАНИЕ надъ дыхаііемъ корней

«Знаніе нѣхъ свойствъ и вида корней растений есть основаніе полеводства; нѣ работы, какія сельскій хозяинъ производить на полѣ, должны исполнѣ соответствовать приросту и свойствамъ корней тѣхъ растений, которыя онъ хочетъ воздѣлывать; все стараніе сельскаго хозяина только и можетъ быть обращено на корни; что возило, то находится уже нѣ его власти».

Юстус Либихъ (Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. II Band. 1862, p. 13).

Настоящее изслѣдованіе представляетъ начало труда, который я намѣренъ посвятить изученію дыханія корней растений. Въ историческомъ обзорѣ относящихся сюда сочиненій, сдѣланномъ мною ниже, можно видѣть — какъ мало еще этотъ вопросъ затронутъ наукою. Физиологи, занимавшіеся изслѣдованіемъ объема газовъ у растений, имѣли въ виду преимущественно изученіе этихъ процессовъ у зеленыхъ хлорофильныхъ органовъ, изученію же объема газовъ у корней удѣляли весьма мало вниманія, касались его вскользь, такъ-сказать мимоходомъ; между-тѣмъ изученіе этого вопроса представляетъ интересъ какъ съ физиологической точки зрѣнія, такъ и съ точки зрѣнія агрикультурной практики и вообще фитокультуры. Что касается физиологическаго значенія этого вопроса, то разработка его

можетъ представить новыя данныя къ теоріи объёма газовъ у растений вообще и къ теоріи дыханія растений въ-частности; потому что законы, выведенные изъ наблюденій надъ объёмомъ газовъ и дыханіемъ хлорофильныхъ органовъ, едва-ли во всѣхъ случаяхъ могутъ быть примѣнимы къ корнямъ, по крайней мѣрѣ—судя по морфологическимъ и физиологическимъ особенностямъ этихъ органовъ, а также принимая во вниманіе тѣ условія, въ которыхъ они находятся относительно объёма газовъ и дыханія въ почвѣ. Въ агрокультурномъ отношеніи значеніе этого вопроса опредѣляется тѣмъ значеніемъ, какое имѣетъ для сельскаго хозяйства знаніе всѣхъ условій, способствующихъ успѣшному развитію корней въ почвѣ; къ числу которыхъ принадлежитъ и нормальное отношеніе корней къ кислороду, принимающему постоянное участіе въ ихъ дыханіи, а между-тѣмъ отношеніе это изучено до постоянныхъ поръ весьма мало. Въ-слѣдствіе недостаточной разработки этого вопроса, остается необъяснимымъ цѣлый рядъ явленій, имѣющихъ важное значеніе для земледѣлія, напримѣръ явленій, обусловливаемыхъ отношеніемъ различныхъ степеней уплотненія почвы къ растеніямъ; а также остаются невыясненными настоящія причины полезнаго дѣйствія всѣхъ тѣхъ земледѣльческихъ операцій, въ которыхъ сельскій хозяинъ имѣетъ въ виду разрыхлять почву въ періодъ произрастанія на ней растений, напримѣръ окучиванія, окapyванія, прорыхленія между рядами при рядовомъ посѣвѣ, взламыванія каткомъ корки, борошенія посѣвовъ, борошенія луговой дернины весною и полей многолѣтнихъ травъ посѣвѣ каждаго укоса и проч. Вѣроятно, какъ въ зависимости растений отъ различныхъ степеней уплотненія почвы, такъ и во всѣхъ этихъ операціяхъ разрыхленія играетъ важную роль кислородъ, его непосредственное отношеніе къ корнямъ растений; но чтобы имѣть вѣрное сужденіе о роли кислорода въ этихъ операціяхъ, необходимо предварительное изученіе явленій дыханія корней съ

чисто физиологической точки зрѣнія, безъ чего на основаніи однихъ только общихъ соображеній, вопросы эти не могутъ быть подвинуты къ разрѣшенію.

Изученіе явленій дыханія корней, съ точки зрѣнія естественной группировки явленій, можетъ быть раздѣлено на изученіе явленій дыханія при неполномъ доступѣ кислорода, въ атмосферахъ, обогащенныхъ угольною кислотой, и на изученіе явленій дыханія при неограниченномъ доступѣ кислорода въ присутствіи возможнаго минимума угольной кислоты. Изученіе явленій перваго рода безъ-сомнѣнія ближе всего могло бы привести насъ къ пониманію явленій и условій дыханія корней въ почвѣ; по такъ-какъ условія послѣдняго рода несравненно хуже первыхъ, то съ теоретической точки зрѣнія правильнѣе было начать изученіе съ этихъ послѣднихъ, почему я въ моемъ изслѣдованіи имѣлъ въ виду изученіе хода дыханія корней только при неограниченномъ доступѣ кислорода и въ присутствіи возможно-малыхъ количествъ угольной кислоты. Уже предварительныя изслѣдованія, произведенныя мною въ ботанической лабораторіи лейпцигскаго университета, надъ дыханіемъ корней цѣлыхъ растений показали мнѣ, что энергія дыханія этихъ органовъ, въ продолженіи сутокъ, при постоянныхъ вышнихъ условіяхъ, окружающихъ корень, не остается постоянною, но испытываетъ нѣкоторыя колебанія, характеръ которыхъ для меня тогда былъ еще неполно извѣстенъ. Въ теченіи прошлаго лѣта мнѣ представилась возможность продолжать начатое мною изслѣдованіе въ здѣшней химической лабораторіи, и я прежде всего обратился къ изученію замѣченныхъ мною колебаній въ дыханіи, которыя, какъ оказалось потомъ, имѣютъ характеръ суточной періодичности. Намъ уже извѣстно нѣсколько растительныхъ процессовъ, проявленіе которыхъ связано съ суточною періодичностью, состоящею въ томъ, что эффектъ процесса не идетъ равномерно въ продолженіи сутокъ, но повышается и падаетъ въ различные часы дня и ночи, повторяясь приближи-

тельно въ одномъ и томъ-же порядкѣ въ слѣдующія сутки въ зависимости отъ вѣншихъ условій или же до извѣстной степени отъ нихъ независимо. Изученіе этой періодичности постоянно обращало на себя вниманіе физиологовъ, и въ этомъ отношеніи изучены уже періодическія явленія въ процессахъ роста, въ энергіи всасыванія корнемъ воды, въ испареніи и въ нѣкоторыхъ движеніяхъ растительныхъ органовъ, а потому интересно было подвергнуть изученію также и процессъ дыханія, относительно періодичности, тѣмъ болѣе, что, на основаніи періодическихъ повышеній и пониженій собственной теплоты растений¹, вытекающихъ несомнѣнно изъ періодическихъ измѣненій во внутреннихъ процессахъ окисленія, слѣдовало было ожидать, что подобнаго рода періодичность должна существовать также и въ дыханіи. Представленные мною въ этомъ изслѣдованіи экспериментальныя данныя касаются поэтому преимущественно суточной періодичности въ дыханіи корней, которую я изучалъ надъ корнями цѣлыхъ растений при постоянныхъ температурахъ и постоянномъ составѣ среды, въ которой находились корни, и при переменномъ суточномъ освѣщеніи зеленыхъ вегетативныхъ органовъ и переменнѣй температурѣ окружающаго ихъ воздуха. Я долженъ замѣтить, что для изученія явленій періодичности въ дыханіи хлорофильныхъ растений корни представляютъ то несомнѣнное преимущество, что процессъ дыханія въ этихъ органахъ можетъ быть наблюдаемъ одновременно съ процессомъ ассимиляціи, совершающимся въ зеленыхъ органахъ одного и того-же растенія, слѣдовательно непрерывно въ продолженіи сутокъ и при томъ при условіяхъ совершенно нормальныхъ, не прибѣгая къ искусственной темнотѣ, что совершенно невозможно сдѣлать при наблюденіи дыханія хлорофильныхъ органовъ.

¹ Dutrochet, Sur la température propre des végétaux. Ann. des sc. natur. Seconde sér. Botan. 1839. p. 77 ff.

Относительно періодичности въ дыханіи растений до настоящихъ поръ извѣстно было только, изъ изслѣдованій Майера¹ и Гишави², существованіе такъ-называемыхъ «большихъ періодовъ дыханія» у проростающихъ растений; что же касается суточной періодичности, то вопросъ этотъ до настоящихъ поръ оставался неизученнымъ.

Историческій очеркъ изслѣдованій надъ дыханіемъ корней.

Прежде чѣмъ перейти къ историческому изложенію вопроса о дыханіи корней, я считаю необходимымъ остановиться нѣсколько на самомъ явленіи дыханія корней, а равно сказать хотя въ-кратцѣ и о химико-физиологической сущности дыханія растений вообще. Если въ дистиллированную воду, окрашенную чувствительною лакмусовою тинктурой въ голубой цвѣтъ, вставить совершенно здоровый и неповрежденный корень, лучше всего корень растения, выросшаго въ водныхъ, питательныхъ растворахъ, то чрезъ нѣкоторое время, смотря по величинѣ корня, можно замѣтить, что голубой цвѣтъ лакмусовой тинктуры принимаетъ фіолетовый оттѣнокъ, указывающій на то, что въ водѣ появилась какая-то кислота, повліявшая на измѣненіе цвѣта тинктуры. Если воду прокипятить, то кислота улетучивается и тинктура принимаетъ снова свой первоначальный голубой цвѣтъ. Химическія свойства этой кислоты могутъ быть охарактеризованы ближе, если въ дистиллированную воду, въ которой находились нѣкоторое время корни, прибавить баритовой воды; образующійся при этомъ бѣлый, объемистый, вскипающій съ кислотами осадокъ укажетъ на присутствіе въ водѣ угольной

¹ Landwirth. Versuchs-Stat. Bd. XVIII, 1875, p. 245.

² Landwirth. Versuchs-Stat. Bd. XIX, 1876. p. 322.

кислоты, источником которой могли служить только корни, если съ помощью реакции мы убѣдились, что ея тамъ прежде не было. Этотъ простой фактъ выдѣленія угольной кислоты корнями принадлежитъ къ числу самыхъ раннихъ открытій, сдѣланныхъ въ экспериментальной растительной физиологiи.

Многочисленныя изслѣдованія въ области животной растительной физиологiи успѣли пролить уже нѣкоторый свѣтъ на химизмъ процессовъ, слѣдствиемъ которыхъ является выдѣленіе угольной кислоты въ живомъ организмѣ. Какъ въ животной, такъ и въ растительной физиологiи въ настоящее время принимаютъ, что главный очагъ всѣхъ окислительныхъ процессовъ въ живыхъ организмахъ есть протоплазма, вещество которой претерпѣваетъ рядъ непрерывныхъ измѣненій подѣ влияніемъ интрамолекулярнаго кислородообразующаго процесса, стремящагося образовать угольную кислоту и воду съ элементами углеводородистыхъ радикаловъ, входящихъ въ составъ протоплазмы, причежъ азотистая, амидообразная группа этой послѣдней освобождается, сохраняя однако-же способность въ присутствіи углеводовъ и жировъ снова регенерироваться въ протоплазму. Такимъ образомъ по этой гипотезѣ, съ особенною ясностью развитой въ послѣднее время Пфлюгеромъ для объясненія химизма дыханія животныхъ и принятой Борздиномъ¹ для объясненія такихъ-же процессовъ у растительныхъ организмовъ, прямо протоплазма и косвеннымъ образомъ углеводы и жиры служатъ источникомъ образованія угольной кислоты, выдѣляемой при дыханіи.

Значеніе протоплазмы, какъ главнаго фактора при процессахъ дыханія, признается впрочемъ вообще физиологами современнаго времени Гаро. «Процессы, происходящіе въ живой кѣлѣчкѣ, говорятъ Саксъ²,

¹ Физиологическія изслѣдованія надѣ дыханіемъ листоносныхъ побѣговъ. 1876. стр. 45 и слѣд.

² Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen. 1865 года, стр. 286.

находятся подъ влияніемъ своеобразныхъ силъ, зависящихъ отъ химическаго состава и молекулярнаго строенія протоплазмы; вѣроятно, что и дыханіе и обусловливаемые имъ химическіе процессы также зависятъ отъ протоплазмы». Самый химизмъ образованія угольной кислоты при этихъ процессахъ онъ понимаетъ слѣдующимъ образомъ. «Когда оболочки клѣтокъ, говорить онъ, образуются и растутъ, то клѣтковина отлагается на поверхности протоплазмы, между-тѣмъ-какъ сахаръ, крахмалъ и жиры исчезаютъ изъ содержимаго клѣтки; ясно, что они самымъ тѣснымъ образомъ смѣшиваются съ протоплазмой, и, въ то время, когда ихъ частицы находятся между ея частицами, они претерпѣваютъ измѣненія, вслѣдствіе которыхъ и переходятъ въ клѣтковину; можетъ быть, что именно въ это самое время вдыхаемый кислородъ оказываетъ на нихъ свое дѣйствіе».

Изъ богатаго литературнаго матеріала, относящагося къ дыханію растеній, я укажу въ моемъ историческомъ очеркѣ только на тѣ сочиненія, въ которыхъ содержатся данныя, относящіяся непосредственно къ дыханію корней; что же касается сочиненій о дыханіи растеній вообще, то на нихъ я буду указывать тамъ, гдѣ это окажется необходимымъ для уясненія и развитія затронуемаго мною вопроса.

Самое раннее изслѣдованіе надъ дыханіемъ корня, равно какъ и надъ дыханіемъ растеній вообще представлено было англійскимъ ученымъ Ингенгаусомъ въ его извѣстномъ сочиненіи «Эксперименты надъ растеніями»¹, появившимся въ октябрѣ 1779 года. Хотя методъ изслѣдованія, принятый этимъ ученымъ, согласно той ступени развитія, на которой стояла экспериментальная физиологія въ концѣ прошлаго столѣтія, отличается чрезвычайною примитивностью, тѣмъ не менѣе добытыя имъ научныя

¹ Experiments upon vegetables, discovering their great power of purifying the common air in the sunshine and of injuring it in the shade and at night. 1779 года.

даппия совершенно вѣрны съ фактической стороны и достаточно характеризуютъ изучаемыя имъ явленія.

«Три полныя горсти корней горчицы, говорить онъ¹, хорошо очищенныхъ и промытыхъ водою, положены были мною, въ воду и выставлены на-солнце; по прошествіи шести часовъ они образовали воздухъ, который мгновенно тушилъ огонь. Двѣ горсти корней обыкновеннаго ситника (*Juncus*), приготовленныхъ такимъ-же образомъ, развляли воздухъ, который не въ состояніи былъ поддерживать пламени». Произведя цѣлый рядъ такихъ опытовъ, онъ нашелъ, что корни всѣхъ растений, надъ которыми онъ экспериментировалъ, выдѣляли вредный воздухъ (такъ называетъ онъ углекислоту) и портили обыкновенный атмосферный во всякое время дня и ночи, исключая впрочемъ корней поточника (*Veronica Vesicaria*), которые при тѣхъ-же условіяхъ не оказали никакого вреднаго вліянія на воздухъ, что по его мнѣнію объясняется тѣмъ, что зеленое вещество этихъ корней по виду мало отличается отъ зеленого вещества стеблей. Чтобы показать отношеніе зеленыхъ органовъ растений къ газу, выдѣляемому корнями, онъ помещалъ въ воду цѣлое растение съ стеблемъ и листьями и замѣтилъ, что цѣлое растение выдѣляетъ не испорченный, а очищенный, «дефлогистинированный воздухъ»; что указываетъ на то, замѣчаетъ онъ, что цѣлебныя свойства цѣлаго растения превѣшиваютъ вредныя свойства корней.

Наблюденія, сдѣланныя Ингенгаусомъ, не могли быть однакоже объяснены имъ самимъ, такъ-какъ химическія и физиологическія основы этихъ явленій въ то время еще не были извѣстны. Только послѣ изслѣдованія химическаго состава угольной кислоты

¹ Такъ-какъ при составленіи исторической части моего труда я не могъ пользоваться подлинникомъ этого сочиненія, то приводимы здѣсь ссылаи сдѣланы по нѣмецкому переводу—*Versuche mit Pflanzen*. D. Johann Ingenhaus. Leipzig. 1780, p. 54 ff. p. 139 ff.

и воды и открытія этихъ веществъ въ продуктахъ горѣнія и дыханія животныхъ, а въ-особенности послѣ смѣлой гипотезы Лавуазье¹ о сущности дыханія, разсматривавшей процессъ дыханія за медленный процессъ горѣнія, сопровождаемый какъ и эго послѣднее развитіемъ теплоты старанія, сдѣлалось возможнымъ произвестъ вѣрную оцѣнку явленій, замѣченныхъ Ингенгаусомъ, и отнести ихъ къ извѣстной физиологической категоріи, что и сдѣлано было отчасти Соссюромъ, въ трудахъ котораго мы находимъ дальѣйшую разработку вопроса о дыханіи корией². Занимаясь изученіемъ объема

¹ Я не могу не привести небольшой цитаты изъ труда этого знаменитаго химика прошлаго столѣтія, изъ которой видно, съ какою удивительною ясностью понималъ онъ химическую сущность дыханія, такъ-какъ высказанныя имъ идеи имѣли вліяніе также и на развитіе ученія о дыханіи растений. Исключая принимаемаго Лавуазье легочнаго дыханія, кажется какъ единственнаго рода дыханія, сдѣланный имъ постановка вопроса остается вѣрною и до нашего времени. La respiration est douée d'une combustion à la vérité fort lente, mais d'ailleurs parfaitement semblable à celle du charbon; elle se fait dans l'intérieur des poumons, sans dégager de lumière sensible parceque la matière du feu devenu libre est aussitôt absorbée par l'humidité de ces organes. Далее онъ говоритъ: En comparant la chaleur dégagée par la combustion du charbon avec la quantité d'air fixe qui se forme dans ces combustions on a la chaleur développée dans la formation d'une quantité donnée d'air fixe; si l'on déterminait ensuite la quantité d'air fixe qu'un animal produit dans un temps donné, on aura la chaleur qui résulte de l'effet de sa respiration sur l'air. Oeuvres de Lavoisier, tome II, MDCCCLXII. p. 331.

² Явленія объема газовъ у растений Соссюръ разделяетъ на двѣ категоріи: на поглощеніе растениями газовъ и на выдѣленіе ихъ. Первую категорію явленій онъ называетъ вдыханіемъ, а послѣднюю выдыханіемъ, прилагая эти названія безразлично ко всѣмъ процессамъ принятія и выдѣленія растениями газовъ. Соссюръ понимаетъ однакоже совершенно ясно, что несвѣтій объемъ газовъ можетъ быть названъ дыханіемъ въ собственномъ смыслѣ слова. «Я даю, говоритъ онъ, этимъ поперемѣннымъ дѣйствіямъ названіе вдыханія (inspiration) и выдыханія (expiration), принимая ихъ какъ выраженіе процессовъ ингибиціи (inhibition) и выдѣленія (émission) газовъ у растений, производящихъ при извѣстномъ соотношеніи результаты, аналогичные съ дыханіемъ животныхъ». Что подѣ дыханіемъ собственно онъ понимаетъ только процессъ поглощенія кислорода, это видно изъ того, что развитіе теплоты у растений онъ ставитъ въ зависимость отъ поглощенія кислорода, на что онъ намекаетъ уже въ своихъ Recherches chimiques sur la végétation и что развиваетъ экспериментально въ Annales des sciences

газовъ у этихъ органовъ, Соссюръ обращаетъ особенное вниманіе на роль кислорода въ этомъ обменѣ. Если, говоритъ онъ¹, подъ приемникъ, наполненный атмосфернымъ воздухомъ и закрытый ртутью, вѣсть корень, обладающій достаточною растительною силой, чтобы во время опыта не перейти въ гниеніе, то корень начинаетъ развивать угольную кислоту на счетъ кислорода воздуха, заключеннаго въ приемникѣ. Общій объемъ воздуха при этомъ уменьшается и часть кислорода фиксируется корнемъ; но какъ-бы долго ни продолжался опытъ и какъ-бы великъ ни былъ объемъ воздуха въ приемникѣ, часть фиксированнаго кислорода всегда будетъ меньше объема самаго корня. Совершенно другой результатъ получили онъ относительно поглощенія кислорода корнями, когда эти послѣдніе находились въ связи съ стеблевыми и листовыми органами. Корни *Polygonum persicaria* и *Polygonum amphibium*, заключенные имъ подъ колоколь, содержащій атмосферный воздухъ, такимъ образомъ, чтобы стеблевая ихъ часть, пройдя подъ краемъ колокола, загружена въ ртуть, во время опыта оставалась на открытомъ воздухѣ, въ состояніи были поглотить отъ 9 до 10 объемовъ кислорода, равныхъ своему собственному объему; но этотъ газъ (кислородъ), говоритъ Соссюръ, совершенно не былъ ассимилированъ растеніемъ, но, поглощаясь корнями, снова выделялся посредствомъ листьевъ въ атмосферу, потому что я видѣлъ, говоритъ онъ, что, оставляя въ приемникѣ все растеніе (*Polygonum persicaria*), съ стеблемъ, листьями и корнями, кислородъ въ приемникѣ болѣе не уменьшался, такъ-какъ листья съ одной стороны отдавали въ атмосферу приемника то, что корни принимали — съ другой. То-же

naturelles, 1822, T. XXI, p. 287 ff. Зависимость между развитіемъ теплоты, поглощеніемъ кислорода и выдѣленіемъ угольной кислоты предполагалъ уже нѣкогда раньше Соссюра Сенебье, наблюдая периодически колебанія температуры у початка *Arum maculatum*. *Physiologie végétale*, t. III, p. 315, 1800 г.

¹ *Recherches chimiques sur la végétation*, 1804. Chap. III и Chap. VII § 8.

самое наблюдать Соссюръ надъ молодою яблоней, находившеюся въ продолженіи 8 дней съ листьями, стеблемъ и корнями подъ пріемникомъ.

Всѣ эти наблюденія приводятъ Соссюра къ тому заключенію, что корни растений не ассимилируютъ кислородъ сколько-нибудь прочнымъ образомъ, но что, поглотивши его, образуютъ съ нимъ угольную кислоту, которую и выдѣляютъ въ атмосферу. Дѣлая такой выводъ, Соссюръ однакоже нисколько не хочетъ отрицать важнаго фізіологическаго значенія этого газа для корней растений; напротивъ, онъ даже дѣлаетъ прямой опытъ съ цѣлю показать это значеніе, сравнивая дѣйствіе кислорода на корень съ дѣйствіемъ на него другихъ газовъ — угольной кислоты, азота и проч. ¹.

Исслѣдованія Соссюра надъ дыханіемъ корней проверены были Гришовымъ ². Повторяя опытъ Соссюра надъ поглощеніемъ кислорода корнями растений, находящимися въ связи съ подземными органами, онъ, на основаніи своихъ опытовъ надъ *Juncus effusus*, пришелъ къ заключенію, что замѣченное Соссюромъ значительное уменьшеніе объема воздуха корнями такихъ растений происходитъ не на счетъ кислорода, какъ думалъ Соссюръ, но на счетъ угольной кислоты всасываемой корнями вмѣстѣ съ водою, которая при опытахъ Соссюра выпускалась подъ колоколъ на поверхность ртути для увлаженія корней. Объясненіе это впрочемъ едва-ли вѣрно; скорѣе можно допустить, что вода способствовала поглощенію того и другаго газа, смачивая корни и предохраняя ихъ отъ высыханія. Онъ замѣтилъ также, что тонкіе, длинныя и волокнистыя корни (*Faser u. Zaser*) дышатъ энергичнѣе, чѣмъ корни деревянистыя и толстыя.

Послѣ изслѣдованій Гришова, въ исторіи развитія изучаемаго мною вопроса наступаетъ длинный перерывъ, продолжавшійся

¹ Recherches chimiques sur la végétation. p. 104.

² Physikalisch-Chemische Untersuchungen über die Athmung der Gewächse von *Karl Christoph Grischow* Apotheker in Hilsenhagen. Leipzig. 1819. p. 151.

почти до 60-х годовъ. Въ этотъ длинный промежутокъ времени химико-физиологическія изслѣдованія надъ корнями сосредоточиваются исключительно на изученіи такъ-называемыхъ корневыхъ выдѣленій, вопроса, который почти не способствовалъ развитію ученія о дыханіи корней, хотя угольная кислота, съ этой точки зрѣнія, также можетъ быть разсматриваема какъ продуктъ выдѣленія корней, въ числѣ которыхъ ее часто и находили. Только съ появленіемъ теоріи Либиха о самостоятельномъ участіи корней въ раствореніи минеральныхъ веществъ почвы¹ началъ обращать вниманіе на выдѣленіе корнями угольной кислоты, придавая ей значенію одного изъ тѣхъ химическихъ агентовъ, съ помощью которыхъ корень растенія разлагаетъ минеральныя вещества, хотя все-таки оставили безъ вниманія изученіе физиологической сущности этого явленія, что отчасти можетъ быть объяснено тѣмъ, что Либихъ, имѣвшій въ свое время сильное вліяніе на направленіе химико-физиологическихъ изслѣдованій въ области растительной физиологіи, не признавалъ существованія у растений дыханія въ тѣсномъ смыслѣ слова и считалъ процессъ выдѣленія угольной кислоты процессомъ аналогичнымъ съ дѣйствіемъ кислорода на мертвую растительную ткань².

Такой взглядъ впрочемъ еще раньше Либиха относительно выдѣленія угольной кислоты не зелеными частями растенія проводилъ Де

¹ *Annalen der Chemie und Pharmacie*. Bd. CV, 563. Въ другомъ мѣстѣ Либихъ прямо указываетъ на вещество, производящее раствореніе минеральныхъ веществъ, приимаемыхъ корнемъ. «Между жидкимъ содержимымъ клетки, говоритъ онъ, и питательнымъ веществомъ, находящимся въ физической связи съ частицами почвы, очевидно можетъ происходить сильное химическое притяженіе, которое при посредствѣ угольной кислоты и воды производитъ переходъ нестарѣющихъ питательныхъ веществъ въ клетку». *Chemie in ihrer Anwendung etc.* Bd. II, 1862. p. 90.

² *Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie*, Bd. I. 1864. p. 34.

Кандоль¹, а по отношению къ корнямъ въ-частности его раздѣлялъ также по-видимому и Тривиранусъ²; такъ, послѣдній говоритъ: ... «Ebenso wenig ist eine Auslehnung von Kohlensäure durch die Wurzel unter die Gesundheitsgemässen Vorrichtungen der Pflanzen zu rechnen».

Въ направленіи, данномъ Либихомъ, произведено было небольшое изслѣдованіе надъ выдѣленіемъ угольной кислоты корнями *Zea Mays* и *Phaseolus nanus*, Кнопемъ³. Этотъ экспериментаторъ вставлялъ растенія эти, воспитанныя въ водныхъ питательныхъ растворахъ, корнями въ цилиндры, содержащіе также питательные растворы, и укрѣпивши тамъ ихъ посредствомъ пробокъ изъ животного клея и терпентина, проводилъ чрезъ растворъ безпрерывно струю воздуха, промытую предварительно посредствомъ ѣдкаго кали. Вытѣсненную изъ растворовъ струю воздуха угольную кислоту онъ улавливалъ въ баритовой водѣ и изъ вѣса углекислаго барита опредѣлялъ количество образованной корнями угольной кислоты. Мансъ, имѣвшій 170 гр. живого вѣса и 9 десм. высоты, выдѣлялъ въ теченіи шести сутокъ слѣдующія количества угольной кислоты:

1-я сутки (24 ч.)	—0,279 gr. CO ₂
2-я » »	—0,243
3-я » »	—0,248
4-я » »	—0,338
5-я » »	—0,347
6-я » »	—0,558.

Выдѣленіе угольной кислоты происходило какъ днемъ, такъ и ночью. *Phaseolus nanus*, имѣвшая 9,2 гр. живого вѣса, выдѣляла:

¹ Physiologie végétale, T. I, 1832. p. 140.

² Physiologie der Gewächse, Bd. II. Bonn. 1835, p. 111. — Этотъ же взглядъ проводится некоторыми еще и въ настоящее время. См. Mercadante и Colosi (Gazzetta chimica italiana. V, 32 — 37). Резерватъ Journal of the chemical Society. 1875. p. 903.

³ Der Kreislauf des Stoffs. 1868. B. I. p. 660.

1-е	»	»	—0,020
2-е	»	»	—0,045
3-е	»	»	—0,063
4-е	»	»	—0,076.

Выдѣленіе угольной кислоты у этого послѣдняго растенія происходило только ночью, днемъ же баритовая вода оставалась совершенно свѣтлою. Такимъ образомъ, относительно выдѣленія угольной кислоты корнями, растеніе это показало значительное отклоненіе отъ манса. Въ обоихъ случаяхъ опытъ производился въ комнатѣ у открытаго окна. Къ изслѣдованію Кюона я еще разъ возвращусь ниже и укажу болѣе подробно какъ на методъ изслѣдованія, такъ и на нѣкоторые другіе полученные имъ результаты.

Я упомяну еще объ изслѣдованіяхъ Траубэ¹, который, занимаясь изученіемъ дыханія растеній, касается нѣсколько и дыханія корней. Онъ указываетъ на существованіе тѣсной связи между ростомъ корней и пріи́ятіемъ кислорода, а также указываетъ на способность корней (у проростающаго гороха), продолжать ростъ въ водѣ, между-тѣмъ-какъ стеблевая часть, при погруженіи въ воду, тотчасъ останавливается въ ростѣ, что по его мнѣнію объясняется различною способностью этихъ органовъ извлекать необходимый для дыханія кислородъ изъ окружающей среды.

Болѣе точное и болѣе подробное изслѣдованіе надъ дыханіемъ корней произведено было Волковымъ и Мейеромъ². Эти экспериментаторы брали отрѣзанные отъ стеблевыхъ частей корни проростающихъ растеній *Vicia Faba* и помѣщали ихъ въ приемникъ, наполненный атмосфернымъ воздухомъ, въ которомъ угольная кислота, выдѣляемая корнями, поглощалась растворомъ ѣдкой щелочи. По восхожденію ртути въ узкомъ колѣнѣ приемника, происходящему вслѣдствіе уменьшенія объемовъ воздуха на-счетъ

¹ Berichte der Berliner Akademie. 1859. Landwirthschaftl. Centr.-Blatt. 1859. p. 178.—² «Beiträge zur Lehre über die Athmung der Pflanzen», Landwirthschaftliche Jahrbücher, 1874. p. 481.

исчезнувшего кислорода, они заключали объ энергии дыхания этихъ органовъ. Я приведу здѣсь одну изъ полученныхъ имъ таблицъ (ст. 507), показывающую ходъ дыханія корней при постоянныхъ температурахъ.

Время.	Объемъ воздуха въ приемникъ.	Уменьш. воздуха: абсол.от. часовое.	Средняя температура.
февр. 12 ч. 25 м.	58,57 к. с.		
26	—	1,12 к. с. 0,79 к. с.	21,40°
1 ч. 50 м.	57,45	— 1,12 — 0,74 —	20, 9°
3 ч. 20 м.	56,33	— 0,74 — 0,70 —	20, 9°
4 ч. 25 м.	55,59	— 0,23 — 0,69 —	20, 5°
4 ч. 45 м.	55,36	— 0,57 — 0,57 —	20, 5°
5 ч. 44 м.	54,76	— 1,26 — 0,55 —	21, 8°
8 ч. » м.	53,53	— 2,03 — 0,51 —	21, 5°.
12 ч. » м.	51,50		

Такимъ образомъ энергія дыханія у отрѣзанныхъ корней, не смотря на постоянство температуры, непрерывно падаетъ, что происходитъ отъ двухъ причинъ: 1) отъ удаленія корней отъ сѣмянодолей какъ отъ источника питанія, что составляетъ, безъ сомнѣнія, самую существенную причину паденія энергіи дыханія, и 2) отъ постепеннаго уменьшенія содержанія кислорода въ приемникъ въ теченіи опыта. Въ самомъ дѣлѣ, если принять содержаніе кислорода въ приемникъ въ началѣ опыта въ 12,27 к. см., то содержаніе его въ концѣ опыта было только 5,20 к. см., слѣдовательно уменьшеніе кислорода произошло на 57%. Такое-же постепенное паденіе энергіи дыханія и въ слѣдствіе тѣхъ-же самыхъ причинъ показываетъ опытъ 5-й (на той-же страницѣ). Въ этомъ опытѣ, 8 корешковъ, длиною въ 40 см., при температурѣ 17° С., въ началѣ опыта поглотили 0,57 к. см. кислорода въ часъ, а чрезъ 7 часовъ, при той-же температурѣ,

они поглотили въ такое-же время только 0,49 к. см. Далѣе (ст. 508), въ опытѣ 7-мъ и 8-мъ, они приводятъ данныя, касающіеся вліянія повышенія и пониженія температуры на энергію дыханія корней. 10 корешковъ *Vicia Faba*, длиною около 34 см. (опытъ 7-ой), при постоянномъ пониженіи температуры съ 20,5° С. на 20,9° С. въ продолженіи 5 ч. и 57 м., поглотили кислорода въ самомъ началѣ опыта 0,60 см. въ часъ, а въ концѣ опыта 0,34 к. см. въ часъ. Разница между количествомъ поглощеннаго кислорода въ началѣ и въ концѣ опыта равняется 0,26 к. см.; при повышеніи же температуры съ 19,2° С. на 28,9° С. (опытъ 8) въ продолженіи приблизительно того-же времени, такое-же количество и такого-же возраста корней повысили энергію дыханія съ 0,56 к. см. на 0,62 к. см. въ часъ, разница 0,06 к. см. Въ обоихъ случаяхъ процентное содержаніе кислорода, остававшагося въ приемникѣ, въ концѣ опыта приблизительно было одинаково. Такое странное, по-видимому, различіе во вліяніи повышенія и пониженія температуры на дыханіе корней объясняется весьма просто тѣмъ, что въ обоихъ этихъ случаяхъ дѣйствовала одна и та-же причина, а именно — пониженіе дыханія въ-слѣдствіе устраненія корня отъ источника питанія, но по различнымъ направленіямъ: въ первомъ случаѣ она увеличила разность между количествомъ поглощеннаго кислорода въ началѣ и концѣ опыта, а во второмъ уменьшила ее, а также тѣмъ, что въ первомъ случаѣ при пониженіи температуры максимум температуры въ началѣ опыта дѣйствовалъ на корни, содержавшіе максимум наличнаго дыхательнаго матеріала, а минимум температуры дѣйствовалъ на корни, содержавшіе минимум дыхательнаго матеріала, въ концѣ опыта, между тѣмъ-какъ при повышеніи температуры обратно — минимум температуры въ началѣ опыта дѣйствовалъ на корни, содержавшіе максимум дыхательнаго матеріала, а максимум температуры — на корни содержавшіе минимум дыхательнаго матеріала. Чтобы судить о томъ, какъ

дѣйствуютъ на самомъ дѣлѣ повышеніе и пониженіе температуры на дыханіе корней, слѣдовало бы экспериментировать или надъ корнями цѣлыхъ растений или же по-крайней-мѣрѣ устранить проницающую отъ этого погрѣшность, хотя отчасти, поправкой. Далѣе Волковъ и Мейеръ приподымаютъ опыты относительно вліянія свѣта на дыханіе корней. Перемѣжая періоды освѣщенія корней съ періодами устраненія ихъ отъ вліянія свѣта, они замѣтили нѣкоторое совпаденіе періодовъ освѣщенія съ бѣльшимъ поглощеніемъ кислорода, а періодовъ устраненія отъ свѣта — съ меньшимъ, что указывало какъ будто бы на то, что свѣтъ вліяетъ на ускореніе дыхания; но такъ-какъ эти экспериментаторы получили и другіе противорѣчащіе этимъ результаты, то они и не рѣшаются высказаться относительно этого вліянія ни въ положительномъ, ни въ отрицательномъ смыслѣ, оставляя такимъ образомъ вопросъ о дѣйствіи свѣта на дыханіе корней, равно какъ и вообще на дыханіе растений открытымъ. Въ теоретическомъ отношеніи было бы весьма интересно прозвѣсть дальнѣйшія изслѣдованія въ этомъ направленіи, такъ-какъ извѣстно, что безцвѣтная ткань корня чувствительна къ свѣту, относительно позеленѣнія, гелотропическаго изгибающаго и роста, и трудно допустить, чтобы совершающіяся при этомъ молекулярныя измѣненія въ протоплазмѣ оставались безъ вліянія на происходящіе въ ней процессы дыханія. Весьма интересны показанія ихъ относительно поглощенія кислорода корнями, умерщвленными продолжительнымъ погруженіемъ въ воду, нагрѣтую до 60° . 15 корней *Vicia Faba*, 40 см. длинной, послѣ погруженія въ нагрѣтую до этой температуры воду, поглощали 0,06 к. см. кислорода въ часъ при температурахъ между 16° и 26° , между-тѣмъ-какъ живые корни такой-же величины и при тѣхъ-же температурахъ поглощали 0,60 к. см. въ часъ, слѣдовательно въ 10 разъ больше.

Этимъ исчерпываются тѣ немногія литературныя данныя, которыя извѣстны нынѣ относительно дыханія корней.

Я скажу еще нѣсколько словъ относительно метода, каковымъ пользовались упомянутые мною авторы при изслѣдованіяхъ надъ дыханіемъ корней, при чемъ буду имѣть въ виду только методъ изслѣдованія Соссюра, Гришова, Волкова и Мейера. Принятый ими методъ въ общихъ чертахъ имѣетъ газометрическій характеръ. По этому методу, изслѣдуемая растительная часть, какъ извѣстно, помѣщается въ прокалпбированный пріемникъ, наполненный атмосфернымъ воздухомъ или другою какою-нибудь газообразною средой, и замыкается ртутью. Измѣненія, происходящія въ объемѣ и составѣ газа, содержащагося въ пріемникѣ, выводенныя изъ сравненія объема и состава газа въ началѣ и концѣ опыта, указываютъ на ходъ дыханія въ определенное время и при определенныхъ условіяхъ. При соблюденіи всѣхъ предосторожностей, требуемыхъ всякимъ точнымъ, газометрическимъ измѣреніемъ, методъ этотъ можетъ дать вполне удовлетворительные результаты, но только въ такомъ случаѣ, когда изслѣдованіе надъ однимъ и тѣмъ-же растительнымъ объектомъ продолжается не долго и когда въ то-же время обращается вниманіе на то, чтобы во время опыта атмосфера, содержащаяся въ пріемникѣ, не измѣняла сколько-нибудь значительно своего состава; въ противномъ же случаѣ методъ этотъ совершенно не примѣнимъ, такъ-какъ измѣненія въ составѣ атмосферы, окружающей корень во время опыта, а также удаленіе корня изъ его натуральной среды и устраненіе его отъ источниковъ питанія окажетъ безъ-сомнѣнія весьма сильное вліяніе на измѣненіе энергіи дыханія въ количественномъ и качественномъ отношеніяхъ. Въ этомъ и состоятъ важнѣйшія существенныя невыгоды газометрическаго метода при примѣненіи его въ изслѣдованіяхъ надъ дыханіемъ корней. Всего болѣе невыгоды эти сказались въ изслѣдованіяхъ Соссюра и Гришова. Волковъ и Мейеръ уже въ значительной степени избѣжали ихъ. Кроме того они приняли способъ измѣренія объ-

ема газообразной среды, въ которой находились корни, сравнительно довольно точный, но все же ясности полученных ими результатовъ въ значительной мѣрѣ вредитъ то обстоятельство, что экспериментаторы эти употребляли для своихъ изслѣдованій исключительно только отрѣзанные корни, и притомъ — корни проростающихъ растений, содержащіе слѣдовательно весьма мало запаснаго, дыхательнаго матеріала, почему полученные ими числа имѣютъ одинъ общій характеръ, состоящій въ безпрерывномъ паденіи энергии дыханія вслѣдствіе постепеннаго истощенія тѣхъ веществъ, которыя стараются при дыханіи и остаются безъ пополненія. Я показалъ выше — на-сколько это обстоятельство могло вліять на полученные ими числовыя данныя, сравнивая между собою числа, выражающія вліяніе повышенія и пониженія температуры на дыханіе. Впрочемъ, при употребленіи газометрическаго метода, едвали и возможно было бы точно экспериментировать надъ корнями, находящимися въ связи съ стеблевыми органами, такъ-какъ кромѣ измѣненій объема воздуха въ приемникѣ вслѣдствіе дыханія происходили бы еще измѣненія въ объемѣ вслѣдствіе потерь корнемъ воды, отдаваемой имъ въ пенарастущія части растений, находящаяся въ приемника. Погрѣшность, оцѣнить которую, по-крайней-мѣрѣ въ предѣлахъ той точности, съ какою произведены были Волковымъ и Мейеромъ измѣненія въ объемѣ вслѣдствіе поглощенія кислорода, было бы весьма трудно.

На совершенно другомъ принципѣ основанъ методъ, принятый Кнопомъ. Занимаясь изученіемъ всасыванія корнями минеральныхъ солей изъ питательныхъ растворовъ и сравнивая первоначальный составъ ихъ съ составомъ послѣ вегетации въ нихъ растеній, онъ замѣтилъ, что въ послѣднемъ случаѣ въ растворахъ появляется въ избыткѣ свободная угольная кислота, а въ сухихъ остаткахъ, получаемыхъ отъ выпариванія питательныхъ растворовъ, получается значительное количество углекислыхъ солей, въ-особенности — угле-

кислой извести. Хотя фактъ выдѣленія корнями въ воду угольной кислоты и углекислыхъ солей при вегетацин растений въ водѣ, собственно говоря, повѣстепъ былъ уже давно, тѣмъ неменѣе Кнопъ обратилъ вниманіе на это явленіе, такъ-какъ вопросъ о выдѣленіи корнями угольной кислоты и углекислыхъ солей, съ точки зрѣнія либиховской теоріи, стоялъ тогда на-очереди и такъ-какъ знаніе этихъ свойствъ корня необходимо было для разработки метода водной культуры, которымъ занять былъ въ то время Кнопъ. Я уже описалъ выше методъ изслѣдованія и результаты, полученные Кнопомъ, относительно выдѣленія угольной кислоты корнями манса и боба; здѣсь замѣчу только, что употребленный имъ методъ полученія угольной кислоты изъ питательныхъ растворовъ въ сущности есть тотъ-же самый, какой предложенъ былъ *Готье де-Глобри* для опредѣленія свободной угольной кислоты въ водѣ, съ тѣмъ различіемъ, что, вмѣсто поглощенія угольной кислоты посредствомъ фѣдкаго кали въ кали-аниратѣ, онъ поглощалъ ее посредствомъ баритовой воды и количество угольной кислоты опредѣлялъ изъ вѣса осадка углекислаго барита.

О преимуществахъ этого метода при изслѣдованіи явленій дыханія корней я скажу ниже, такъ-какъ припятый мною методъ изслѣдованія основанъ на этомъ-же принципѣ. Теперь-же обращаю вниманіе только на болѣе существенные недостатки, встрѣчающіеся въ прихисненіи этого метода при изслѣдованіяхъ Кнопа. Прежде всего нельзя не указать на то, что Кнопъ при своихъ опытахъ не опредѣляетъ ни температуры воздуха, ни температуры питательныхъ растворовъ, въ которыхъ находились корни, а также не видно, обращено ли было имъ вниманіе на то, чтобы температура питательныхъ растворовъ во время изслѣдованія, по-крайней - мѣрѣ въ одномъ и томъ-же ряду опытовъ, не измѣнялась. Кроме того онъ не опредѣляетъ также количества воздуха, прошедшаго чрезъ растворъ, равно какъ оставляетъ безъ вниманія тѣ количества угольной кислоты, которыя остаются въ питательныхъ растворахъ, не извле-

ченный струею воздуха послѣ каждого отдѣльнаго наблюденія, когда въ то-же время объемъ питательнаго раствора, даже въ одномъ и томъ-же ряду опытовъ, вслѣдствіе постоянного испаренія растеніемъ воды, колеблется въ большихъ предѣлахъ и именно отъ 1200 к. с. до 300 к. с.¹ Такъ-какъ количество угольной кислоты, полученной по этому способу въ данное время въ баритовой водѣ, зависитъ не только отъ количества ея, выдѣленнаго корнями, но и отъ объема питательнаго раствора, отъ температуры его, наконецъ отъ количества прошедшаго чрезъ растворъ воздуха, то само собою разумѣется, что, упуская изъ виду эти величины, можно впасть въ значительную погрѣшность, въ-особенности когда нужно опредѣлить количество угольной кислоты, выдѣленное корнями въ данное время. Нельзя также не замѣтить, что припаятый Кюпомъ способъ изолированія корней, посредствомъ пробокъ изъ животнаго клея (имѣя въ виду, что въ сосудахъ, которые закрывались этими пробками, находились всѣ условія для быстраго разложенія ихъ), также не безупроченъ, по-крайней-мѣрѣ въ методологическомъ отношеніи.

М е т о д ъ и з с л ѣ д о в а н і я .

Такъ-какъ изслѣдованія мои произведены надъ дыханіемъ корней растений, воспитанныхъ въ водныхъ питательныхъ растворахъ, то описанію метода изслѣдованія я предпошлю нѣсколько словъ относительно воспитанія моихъ опытныхъ растений. Для изслѣдованій я избралъ преимущественно мансъ и именно одну изъ небольшихъ разновидностей его — (*Cinquantino Mays*), во-первыхъ, потому, что мансъ вообще очень хорошо идетъ въ водѣ и даетъ большой приростъ органическаго вещества, развивая вмѣстѣ съ тѣмъ обширную

¹ Ann. der Chem. und Pharm. Bd. LIII. 1864. p. 301.

² Этотъ сортъ манса посѣждалъ у меня чрезъ 18 и 19 недѣль послѣ посѣва.

корневую систему, а во-вторых потому, что небольшие экземпляры этой разновидности очень удобны для ухода при воспитании ихъ въ водныхъ растворахъ; кромѣ того культура манса въ водѣ лучше изучена, чѣмъ культура другихъ растений.

Положенныя въ воду 3-го апрѣля сѣмена манса хорошо проросли, а 12-го апрѣля молодые растеньица подвинулись уже настолько, что могли быть разсажены въ питательные растворы, содержавшіеся въ большихъ двухъ литровыхъ банкахъ, и разставлены на окнахъ, откуда они получали свѣтъ въ продолженіи трехъ утреннихъ часовъ. 19-го мая, они перенесены были въ другое, болѣе освѣщенное помѣщеніе, а съ 20-го іюня выставлены на открытый воздухъ въ клумбу, гдѣ и оставались до примѣненія. Питательные растворы составлены были по формулѣ Кнопа $Mg\ SO_4 + 4\ (Ca\ NO_3) + 4\ (Ca\ 2NO_3) + 2\ (Ca\ H_2PO_4) + \frac{1}{3}\ (Fe_2\ 2(PO_4))$, концентрація ихъ взята была сперва 0,5, а потомъ постепенно увеличена до 5 pro mille. Къ растворамъ цвѣтущихъ растений прибавлялось время-отъ-времени по 0,05 гр. фосфорнокислаго кали сверхъ принятой концентраціи, а въ періодъ созрѣванія растенія перенесены были въ дистиллированную воду. Цвѣтущія растенія искусственно были опылены, и тѣ изъ нихъ, которыя остались непрѣмъненными, принесли спѣлые початки; такъ одно изъ нихъ дало початокъ съ 98-ю, а другое съ 113-ю хорошо развитыми зернами. Другая партія мансовъ выведена была позже изъ сѣмянъ, пророщенныхъ 17-го мая. Кромѣ манса воспитаны были въ водѣ также горохъ и сахарный сорго.

Выбравши для опыта одно изъ воспитанныхъ мною такимъ образомъ растеній, я подвергалъ его тщательному осмотру относительно того — живъ ли оно здоровый и совершенно неповрежденный корень; а потомъ, промывши его корень дистиллированной водой, вставлялъ въ цилиндръ, наполненный питательнымъ растворомъ, въ которомъ должно было производиться изслѣдованіе. Цилиндры я употреблялъ — болѣе узкій 24 см. выс. и 5 см. шир. и

болѣе широкій въ 6,5 см. шир. и 27 см. выс. Я долго прискипывалъ способъ, посредствомъ котораго можно было бы герметически изолировать корень растенія, вставленнаго въ цилиндръ, отъ атмосферной угольной кислоты, такимъ образомъ, чтобы какъ самый способъ изолированія оставался безъ вліянія на нормальное развитіе растенія во время изслѣдованія, такъ и вещество, посредствомъ котораго производится изолированіе, лишено было бы само по себѣ способности развивать угольную кислоту. Мнѣ удалось наконецъ этого достигнуть слѣдующимъ простымъ, но вполне достигающимъ своей цѣли способомъ. Въ отверстіе цилиндра, въ которомъ находилось растеніе, я осторожно вдвигалъ массивную каучуковую пробку *a* (см. рис.)¹, имѣвшую въ серединѣ круглое отверстіе *b*, предназначенное для того, чтобы пропустить стебель, вводимый туда чрезъ боковой, радіальный разрѣзъ *c* въ пробкѣ. По окружности пробки чрезъ пробурованное отверстіе проходили четыре трубки. Трубки *d* и *e*, отогнутыя снаружки подъ прямымъ угломъ, служили для проведенія струи воздуха чрезъ цилиндръ, изъ нихъ трубка *d* доходила до самаго дна цилиндра, а трубка *e* оканчивалась выше поверхности находящагося въ цилиндрѣ раствора. Изъ двухъ другихъ трубокъ длинная трубка *f* съ широкимъ просвѣтомъ, на верхній конецъ которой падѣта была короткая каучуковая трубка, закрывающаяся зажимомъ, доходила также до дна цилиндра и служила для перемѣны питательныхъ растворовъ, а чрезъ короткую трубку *g* (которой на рисункѣ не видно) вливалось въ цилиндръ гипсовое молоко, о назначеніи котораго я скажу ниже. Введенный въ отверстіе пробки стебель укрѣплялся въ немъ посредствомъ пластической глины, причемъ тщательно залѣплялись все отверстія между стеблемъ и пробкою, чрезъ которыя могла бы проливаться изъ цилиндра жидкость. Вслѣдъ за этимъ, чрезъ трубку съ широкимъ просвѣтомъ *f* высасывался при помощи вульфовой склянки изъ цилиндра питательный рас-

¹ Рисункомъ имѣеть цѣлю показать только соотношеніе частей аппарата между собою, и порядкомъ, въ какомъ онѣ слѣдуютъ одна за другою; отдельные же части и размеры ихъ описаны въ текстѣ.

творъ и растеніе переворачивалось такимъ образомъ, чтобы корни его съ цилиндромъ обращены были вертикально кверху, а стебель отвѣсно обращенъ былъ внизъ, и въ такомъ положеніи цилиндръ укрѣпился въ штативѣ. Тогда съ помощью воронки и каучуковой трубки чрезъ трубку *д* въ цилиндръ вливалось гипсовое молоко такой густоты, какую ему обыкновенно даютъ при отливкѣ гипсовыхъ фигуръ, и въ такомъ количествѣ, какое необходимо для того, чтобы въ цилиндрѣ на поверхности пробки образовалъ слой гипса толщиной отъ 4-хъ до 5-ти сантиметровъ. По истеченіи 15 или 20 минутъ, когда гипсовое молоко достаточно сгустилось, цилиндръ вынимался изъ штатива, наполнялся снова питательнымъ растворомъ и оставлялся спокойно стоять, покуда гипсовая заливка совершенно затвердѣвала. Послѣ этого глиняная обмазка снималась, пробка обтиралась до-суха и всѣ спайки между гипсовою заливкой и стеблемъ, равно какъ и между каучуковою пробкой и цилиндромъ покрывались толстымъ слоемъ желатина, который при помощи производимаго въ это время аспираторомъ разрѣженія воздуха внутри цилиндра всасывался во всѣ скважины, какія оставались еще незалитыми гипсомъ, и герметически закупоривалъ ихъ. При этомъ одинаковоже желатинъ никогда не проникалъ во внутрь цилиндра, въ чемъ я могъ убѣдиться употребляя для этого всякій разъ желатинъ окрашенный карминомъ. Чтобы предохранить желатинъ отъ высыханія и образованія трещинъ, время-отъ-времени я смачивалъ его водой, въ-слѣдствіе чего онъ сохранялъ полужелатинозное состояніе.

Укрѣпивши такимъ образомъ растеніе въ цилиндрѣ, я вводилъ его въ аппаратъ, который состоялъ изъ слѣдующихъ частей: *А* трубки Петтенкофера въ 50 см. длины, наполненной концентрированнымъ растворомъ ѣдкаго кали, служившимъ для поглощенія угольной кислоты изъ атмосфернаго воздуха, производимаго чрезъ аппаратъ посредствомъ аспиратора; *В* индикатора съ баритовою водой, служившаго для показанія чистоты воздуха

отъ угольной кислоты, прошедшаго чрезъ предыдущую трубку; *C* цилиндра съ растеніемъ, содержащаго 200 к. см. питательнаго раствора; *DD* двухъ цилиндровъ съ 120 к. см. титрованной, баритовой воды, предназначенной для поглощенія угольной кислоты, выдѣленной корнями растенія; *E* другого пидикатора съ баритовою водою и *F, F* аспиратора. Употребляемый мной аспираторъ состоялъ изъ двухъ бутылей, каждая въ 16 литр. вмѣстимостью, находящихся въ соединеніи между собой посредствомъ каучуковой трубки, какъ показано на рисункѣ. Чтобы быстроту истечения воды въ аспираторъ, а слѣдовательно и быстроту струи воздуха чрезъ аппаратъ сдѣлать по-возможности равномерною и независимую отъ высоты столба въ верхней бутылѣ, я приимилъ къ моему аспиратору принципъ маріоттовой склянки, вставляя въ пробку верхней бутылѣ двѣ совершенно равныя и доходящія до дна бутылѣ трубки, чрезъ одну изъ которыхъ (*p*) вступалъ воздухъ, прошедшій чрезъ аппаратъ, а по другой (*r*) вытекала изъ бутылѣ вода. Сообщивши же каучуковой трубкѣ, по которой стекала вода изъ верхней бутылѣ, такую длину, чтобы она оканчивалась въ самомъ отверстіи горла нижней бутылѣ, я сдѣлалъ быстроту истечения воды также независимую отъ высоты столба воды въ этой послѣдней. Съ помощью такого аспиратора движеніе струи воздуха чрезъ аппаратъ можно было сдѣлать чрезвычайно равномернымъ. Регулированіе быстроты струи воздуха производилось при помощи винтового зажима Мора (*x*), который я предпочелъ въ этомъ случаѣ другимъ, потому что, установивши съ помощью винта разъ на-всегда нормальную быстроту струи воздуха, не нужно уже было прибѣгать потомъ къ новой установкѣ всякій разъ, когда оказывалось необходимымъ временно увеличить быстроту этой послѣдней, что могло бы повлечь за собою значительную потерю времени, такъ какъ увеличивать быстроту струи воздуха приходилось при каждой перемѣнѣ растворовъ. Когда аппаратъ былъ сведенъ, то-

гда опредѣлялась и устанавливалась нормальная быстрота струи воздуха по количеству вытекшей изъ верхней бутылки аспиратора воды въ подставленный литровый цилиндръ, послѣ чего аппаратъ подвергался пробѣ относительно того — достаточно ли онъ запираетъ и не пропускаетъ ли гдѣ-нибудь воздуха. Чтобы убѣдиться въ этомъ, я накладывалъ зажимъ на каучуковую трубку, соединяющую индикаторъ *B* съ цилиндромъ *C*, и въ то-же время давалъ истекать струѣ воды изъ аспиратора. Когда по прошествіи нѣкотораго времени прохожденіе воздуха чрезъ аппаратъ прерывалось, то это служило признакомъ, что аппаратъ запираетъ: въ противномъ случаѣ отыскивалось то мѣсто, гдѣ проходилъ воздухъ, что достигалось очень легко перенося другой зажимъ на каждую слѣдующую часть аппарата по порядку, начиная съ цилиндра *C* къ аспиратору. Если скажемъ, при накладкѣ зажима на каучуковую трубку между цилиндромъ *C* и цилиндрами *DD* прохожденіе струи воздуха останавливалось, то это означало, что воздухъ проникаетъ чрезъ цилиндръ *C*, если же струя воздуха продолжала проходить, то зажимъ переносился и накладывался на трубку между цилиндрами *DD* и т. д. до самаго аспиратора, откуда не отыскивалось то мѣсто, куда проходилъ воздухъ.

Аппаратъ во время изслѣдованія помещался на столѣ въ комнатѣ, обращенной къ сѣверу, когда опытъ производился въ разсѣянномъ свѣтѣ, или же устанавливался на табуретахъ на незатѣненномъ мѣстѣ сада — когда опытъ производился на открытомъ воздухѣ. Цилиндръ съ растеніемъ вставлялся въ другой цилиндръ, наполненный 18 литрами воды, температура которой постоянно уравнивалась и приводилась къ 20°C прибавленіемъ горячей воды или же охлажденіемъ льдомъ, смотря по температурѣ воздуха. Температура воды въ наружномъ цилиндрѣ принималась одинаковою съ температурой раствора, въ которомъ находились корни. Чтобы температуру питательнаго раствора, сдѣлать по-возможности одинаковою съ температурой во-

ды въ наружномъ цилиндрѣ, такъ-какъ въ цилиндрѣ входила струя воздуха, нагрѣтая иногда весьма значительно, я помѣщалъ въ воду наружнаго цилиндра, при опытахъ на открытомъ воздухѣ, и при всѣхъ описанныхъ здѣсь опытахъ въ разсѣянномъ свѣтѣ въ комнатѣ 8 стеклянныхъ трубокъ, изогнутыхъ каждыя въ четыре параллельныхъ колѣна и соединенныхъ между собою посредствомъ каучуковыхъ трубокъ одинаковаго съ ними диаметра; трубки эти соединялись, съ одной стороны, съ первымъ индикаторомъ, а съ другой — съ трубкою *d* цилиндра *C*. Въ трубкахъ этихъ, имѣвшихъ три миллиметра внутренняго диаметра, воздухъ проходилъ путь около 9 мет. и вступалъ въ цилиндръ вполне охлажденный до той температуры, какую имѣла вода въ наружномъ цилиндрѣ. Температура воды и воздуха отчитывалась по термометрамъ Цельзія; одинъ изъ нихъ погруженъ былъ въ воду, наружнаго цилиндра, а другой висѣлъ недалеко отъ растенія въ тѣни. При опытахъ на открытомъ воздухѣ наружный цилиндръ вставлялся еще въ картонную гильзу, и покрывался сверху такою-же картонною крышкою, сквозь отверстіе которой пропускался стебель, чѣмъ устранилось какъ быстрое нагрѣваніе воды, такъ и дѣйствіе солнечнаго свѣта на корни, влѣстѣ съ этимъ уровень воды въ наружномъ цилиндрѣ подымался въ уровень съ поверхностью пробки въ цилиндрѣ *C*.

Такъ-какъ при прохожденіи струи воздуха чрезъ растворъ не вся угольная кислота, выдѣляемая корнями, вытѣснялась воздухомъ, — часть ея, хотя и незначительная, всегда оставалась въ растворѣ, то чтобы составить себѣ сужденіе о томъ, какъ велики были эти количества, я опредѣлялъ при опытахъ 4 и 5 послѣ каждаго отдѣльнаго наблюденія, какъ угольную кислоту, осажденную въ цилиндрахъ съ баритовой водой, такъ и содержащуюся въ питательномъ растворѣ, что производилъ въ обонхъ случаяхъ посредствомъ титрованія. Я опишу здѣсь только титрованіе угольной кислоты въ питательномъ растворѣ; относительно же титрованія баритовой воды замѣчу, что

оно производилось обыкновеннымъ способомъ. Питательный растворъ, изъ цилиндра, отливался въ концѣ каждаго наблюденія въ колбу *К*, содержащую въ себѣ отъ 30—40 куб. сан. баритовой воды, указанной ниже концентраціи, служившей для осажденія угольной кислоты изъ раствора. Чтобы отливание раствора, равно какъ и замѣну его свѣжимъ производить по возможности скоро, а также чтобы во время переменъ растворовъ избѣжать потери угольной кислоты, я производилъ обѣ эти операции при помощи аспиратора слѣдующимъ образомъ: трубку цилиндра *С*, предназначенную для переливанія растворовъ, соединялъ посредствомъ каучуковой трубки съ длинною трубкой *г* колбы *К*, а короткую трубку ея соединялъ съ аспираторомъ; при этомъ на каучуковую трубку, соединяющую цилиндръ *С* съ цилиндромъ *Д*, *Д*, накладывался зажимъ, трубка же, чрезъ которую входилъ воздухъ въ цилиндръ *С*, со стороны перваго индикатора оставалась открытою. Сильнымъ истеченіемъ воды изъ аспиратора я производилъ разрѣженіе воздуха въ колбѣ *К*, вслѣдствіе чего питательный растворъ подымался сперва по трубѣ *г*, а потомъ чрезъ каучуковую трубку и трубку *г*, переливался изъ цилиндра въ колбу, на мѣсто же вытекшаго раствора въ цилиндръ вступалъ воздухъ, очищенный отъ угольной кислоты прохожденіемъ чрезъ фдкое кали. Отлитый питательный растворъ тотъ-часъ же замѣнялся свѣжимъ, что производилось также при помощи аспиратора. Для этого 200 к. с. заранѣе приготовленнаго свѣжаго питательнаго раствора наливалось въ колбу, одинаковую съ первою, длинная трубка которой соединялась съ цилиндромъ *С* посредствомъ каучуковой трубки такъ - же, какъ и въ первомъ случаѣ, а короткая оставалась открытою. Аспираторъ въ послѣднемъ случаѣ находился въ соединеніи съ цилиндромъ *С* обыкновеннымъ образомъ чрезъ баритовую воду и индикаторъ, какъ показано на рисункѣ, зажимъ же переносился на трубку, соеди-

нящую первый подпорторъ съ цилиндромъ *C*. Сильнымъ истечениемъ воды изъ аспиратора я производилъ разреженіе воздуха въ цилиндръ *C*, вслѣдствіе чего питательный растворъ изъ колбы сперва по трубкѣ *g*, а потомъ по каучуковой трубкѣ подымался вверхъ и чрезъ трубку *f* вливался въ цилиндръ. Вытѣсненный при этомъ изъ цилиндра растворомъ воздухъ, содержащій въ себѣ нѣкоторое количество угольной кислоты, выдыханной корнями во время перемѣны растворовъ, вступалъ въ баритовую воду, которая за нѣкоторое время предъ этимъ замѣнялась свѣжею. Полученный въ колбѣ осадокъ углекислаго барита отфильтровывался и промывался въ той-же самой колбѣ безъ доступа атмосферной угольной кислоты. Для удобства обработки осадка я выключалъ изъ питательныхъ растворовъ, которые предлагались растенію во время опыта, въ тѣхъ случаяхъ когда производилось опредѣленіе угольной кислоты въ питательномъ растворѣ, кислое фосфорнокислое кали и серно-кислую магнезію, такъ-какъ соли эти даютъ съ баритовою водою, которую я употреблялъ для осажденія угольной кислоты, трудно фальтующіеся и трудно промывающіеся волупинозные осадки, обстоятельство—чрезвычайно невыгодное при титрованіи незначительнаго количества углекислой баритовой соли, содержащейся въ осадкѣ¹. Отфильтровываніе производилось посредствомъ особеннаго рода фильтра, состоящаго изъ длинной трубки *m* съ выдутымъ на концѣ шарикомъ *n*. Шарикъ этотъ пробитъ былъ мелкими отверстіями и обтягивался сверху фильтральной бумагой, которая обвязывалась довольно крѣпко мягкой бумажною лентой около трубки сверху шарика. Труба этого фильтра проходила чрезъ каучуковую пробку, посредствомъ которой затыкалась колба во время отфильтровыванія. Фильтрова-

¹ Опыты Сакса съ фракционированными растворами показали, что растенія безъ всякаго для себя вреда могутъ переносить нѣкоторое время растворы, не содержащіе вслѣдъ иннервальныхъ солей, что еще болѣе можетъ относиться къ растеніямъ взрослымъ, какія употреблялъ я при моихъ изслѣдованіяхъ.

не жидкости производилось въ вульфовскую стклянку съ помощью аспиратора, для чего колба *K* съ одной стороны соединялась съ фрезениусовскимъ столбикомъ *L*, наполненнымъ кусками пемзы, смоченнымъ растворомъ ѣдкаго кали, для поглощенія угольной кислоты изъ воздуха, входящаго въ колбу, а съ другой — съ вульфовскою стклянкой *M*, второе горло которой соединено было съ аспираторомъ. Отфильтрованный осадокъ промывался до тѣхъ поръ, покуда промывная вода теряла щелочную реакцію, и наконецъ весь фильтратъ высасывался до-суха. Послѣ этого бумажный фильтр снимался съ шарика и бросался на дно колбы, въ которую вливалось отъ 30 до 40 в. с. титрованной соляной кислоты съ нѣсколькими каплями розолевоѣ кислоты. Жидкость въ колбѣ слегка кипятилась для изгнания свободной угольной кислоты, образовавшейся отъ разложенія углекислаго барита, и избытокъ кислоты оттитровывался растворами ѣдкаго кали въ той-же самой колбѣ.

Употребляемыя мною титрованныя жидкости устанавлены были посредствомъ химически чистой щавелевоѣ кислоты. Баритовая вода, служившая для поглощенія угольной кислоты, имѣла такую концентрацію, что 1 к. сант. ея насыщала ровно 2 м.-гр. угольной кислоты. Титрование баритовой воды производилось соляною кислотой, 1 объемъ которой соответствовалъ 1 объему баритовой воды. Для титрования осадка употреблялась соляная кислота болѣе слабой концентраціи; 1 к. сант. ея соответствовалъ 1 м.-гр. угольной кислоты. Избытокъ соляной кислоты оттитровывался растворомъ ѣдкаго кали, 1 куб. сант. котораго нейтрализовалъ также ровно 1 куб. сант. соляной кислоты. Такое соотношеніе титрованныхъ жидкостей чрезвычайно облегчаетъ расчетъ и было удобно для взаимной проверки титровъ между собой. Какъ индикаторъ при титрованіи я употреблялъ розолевою кислоту, которая по рѣзкому измѣненію своихъ цвѣтовъ, происходящему при переходѣ щелочной реакціи въ кислую или

же обратно, въ-особенности пригодна для титрованія, когда послѣднее произведется при свѣтѣ лампы.

Самый опытъ производился слѣдующимъ образомъ: какъ-только гипсовая заливка сгустилась и цилиндръ наполненъ былъ питательнымъ растворомъ, тотъ-часъ же послѣдній пставлялся въ другой большой цилиндръ, наполненный водою, температура которой приведена была къ 20° С. Здѣсь уже производились дальнѣйшія операции герметической закупорки корня и устанавливалась нормальная быстрота струи воздуха черезъ питательный растворъ, равно какъ и производилась проба аппарата. Въ это время корень растенія принималъ ту нормальную температуру, при которой производилось изслѣдованіе надъ его дыханіемъ.

Вслѣдъ за перемѣною баритовой воды, при чемъ происходить только обмѣнъ цилиндровъ, питательный растворъ, въ которомъ находился корень до этихъ поръ, также перемѣнялся и замѣнялся свѣжимъ, имѣвшимъ температуру 20° С. и не содержавшимъ угольной кислоты. За начало наблюденія я избиралъ обыкновенно тотъ моментъ, когда изъ цилиндра вытекалп послѣднія порціи перемѣняемаго раствора; этотъ моментъ въ то-же время служилъ и концемъ предыдущаго наблюденія, если опытъ начатъ былъ раньше. Вся угольная кислота, выдѣляемая корнями въ промежутокъ перемѣны растворовъ и оставшаяся въ цилиндрѣ, вытѣснялась, какъ я сказалъ выше, вливающимся въ цилиндръ свѣжимъ растворомъ въ свѣжую баритовую воду и причислялась уже къ слѣдующему наблюденію. Такому методу я слѣдовалъ въ тѣхъ случаяхъ, когда производились опредѣленія угольной кислоты въ питательномъ растворѣ, въ остальныхъ же случаяхъ я поступалъ нѣсколько иначе. Приготовивши для опыта растеніе, установивши и провѣривши аппаратъ, я начиналъ пропускать чрезъ растворъ струю воздуха за нѣсколько часовъ до начала опыта обыкновенно съ вечера, такъ-какъ опыты начинались утромъ, съ быстротою 2-хъ литровъ

въ теченіи 1 часа, припятою за нормальную при моихъ опытахъ, и утромъ, не перемѣняя раствора, приступалъ къ собиранію угольной кислоты. Начало и конецъ наблюденія, равно какъ начало и конецъ опыта опредѣлялись въ этомъ случаѣ временемъ перемѣны баритовой воды.

Полученныя мною количества угольной кислоты показаны въ таблицахъ въ двухъ столбцахъ: въ первомъ показаны абсолютныя количества, найденныя какъ въ баритовой водѣ, такъ и въ питательныхъ растворахъ, во второмъ—среднія, вычисленныя для одного часа наблюденія. Количества угольной кислоты, остававшіяся въ питательномъ растворѣ въ концѣ каждаго наблюденія, составляли тѣмъ меньшую часть отъ всего количества, этого газа, выдѣленнаго корнемъ, чѣмъ количество это было больше. Для примѣра, я приведу анализъ питательнаго раствора, произведенный мною при опытѣ 24 юля.

Найденной угольной кислоты:	
всего.	въ питательномъ растворѣ.
0,0115 гр.	0,0006 гр.
0,0292 —	0,0014
0,0247 —	0,0016
0,0345 —	0,0018
0,0266 —	0,0013
0,0276 —	0,0010
0,0183 —	0,0016
0,0175 —	0,0011
0,0113 —	0,0008
0,0135 —	0,0012

Сумма угольной кислоты, найденной въ баритовой водѣ и въ питательномъ растворѣ, раздѣленная на число часовъ, въ продолженіи которыхъ производились наблюденія, выражаетъ собой среднюю часовую энергію дыханія во время наблюденія. Полученныя такимъ об-

разомъ числовыя данныя выражены графически кривыми, абсциссы которыхъ представляютъ время, въ теченіи котораго производился опытъ, а ординаты — среднюю часовую энергію дыханія, соответствующую этому времени: 1 мм. абсциссы соответствуютъ 10 мин. опыта, а 1 миллиметръ ординаты соответствуетъ 0,0002 грам. угольной кислоты; каждая ордината восстановлена изъ средины соответствующей ей абсциссы. Соединяя прямыми линиями конечныя точки ординаты, получается кривая, выражающая послѣдовательный ходъ энергіи дыханія во время опыта.

Въ приведенныхъ ниже (въ экспериментальной части) таблицахъ я не показываю температуръ питательныхъ растворовъ, такъ какъ все приведенныя здѣсь опыты произведены при одной и той-же постоянной температурѣ, а именно при 20° С. Регулирование температуры производилось каждый разъ какъ-только температура воды въ наружномъ цилиндрѣ измѣнялась на $\frac{1}{2}^{\circ}$ выше или ниже нормальной. Хотя объемъ воды въ наружномъ цилиндрѣ былъ довольно великъ (18 литровъ), тѣмъ не менѣе при опытахъ на открытомъ воздухѣ въ-особенности въ полуденныя часы нагреваніе воды происходило довольно скоро, такъ что приходилось прибѣгать къ охлажденію ее иногда по два или по три раза въ продолженіи часа. Что касается вліянія колебаній температуръ въ предѣлахъ $\frac{1}{2}^{\circ}$ на дыханіе корней, то, на основаніи изслѣдованій Волякова и Мейера, можно полагать, что колебанія въ столь малыхъ предѣлахъ не могли имѣть сколько-нибудь существеннаго вліянія въ этомъ отношеніи¹.

Отчитываніе термометровъ производилось въ началѣ и въ концѣ каждаго наблюденія. Измѣненія температуръ воздуха во время опыта изображены кривыми (линіи, съ обозначеніемъ температуръ), при построеніи которыхъ на ординаты напоспалась не средняя между двумя показаніями термометра въ началѣ и въ

¹ Landwirthschaftl. Jahrbüch. 1874. стр. 512.

концѣ наблюденія, но результатъ непосредственнаго отчитыванія термометра, почему и ординаты возстановлены не изъ средины, но изъ концовъ соответствующихъ имъ абсциссъ. Каждый вертикальный м.-м. ординаты равняются 1°C .

Мнѣ остается еще сдѣлать нѣсколько общихъ замѣчаній, касающихся принятаго мною метода, а также указать на тѣ погрѣшности, которыя опредѣляютъ степень точности полученныхъ мною числовыхъ данныхъ. Описанный мною здѣсь методъ даетъ возможность выполнить слѣдующія существенно важныя условія при изслѣдованіи дыханія корней. 1) Во время опыта, растенія оставались при тѣхъ-же самыхъ условіяхъ относительно среды и относительно питанія, въ какихъ они находились и до опыта, при этомъ безъ-самнѣнія совершенно не должно быть принимаемо въ расчетъ то, что растенія мои при нѣкоторыхъ опытахъ находились въ питательныхъ растворахъ, не содержащихъ фосфорнокислыхъ и сѣрниокислыхъ солей; кромѣ опытовъ Сакса съ фракционированными питательными растворами, мои собственные наблюденія убѣдили меня, что растенія довольно долго могутъ переносить не только неполные питательные растворы, но даже совершенное отсутствіе питательныхъ минеральныхъ солей въ растворахъ, безъ всякаго ослабленія энергіи дыханія ихъ корней. 2) Содержание угольной кислоты и кислорода въ средѣ, окружающей корень въ продолженіи опыта, мѣнялось только незначительно, такъ-какъ кислородъ безпрестанно притекалъ, а угольная кислота безпрестанно уносилась проходящею чрезъ растворъ струей воздуха. Объемъ притекающаго кислорода къ корню всегда во много разъ превосходилъ потребность корня въ этомъ газѣ. 3) Растенія, примѣняемые для опыта, были совершенно здоровы, неповрежденный корень, а герметическая закупорка корней такъ мало вліяла на нормальныя отправленія растеній, что послѣднія во время опыта росли и увеличивали свой вѣсъ. Если воду, собственно говоря,

и нельзя считать лучшей средой для воспитанія сухопутныхъ растений, то тѣмъ не менѣе, выполняя всѣ условія, требуемыя водною культурой, можно достигнуть чрезвычайно удовлетворительныхъ результатовъ какъ относительно плодоношенія, такъ и относительно прироста сухаго вещества, и въ этомъ отношеніи въ-особенности доказательные результаты получены Е. Вольфомъ¹ и Ноббе². Нѣкоторыя морфологическія измѣненія, претерпѣваемые корнемъ сухопутныхъ растений, возросшихъ въ водѣ, во всякомъ случаѣ не из-столько значительны, чтобы можно было считать, что такіе корни по своимъ существеннымъ фیزیологическимъ отправленіямъ въ чемъ-либо отличаются отъ корней растений, выросшихъ въ почвѣ. Къ такому заключенію по-крайней-мѣрѣ пришелъ Ноббе³ послѣ тщательнаго сравненія анатомическихъ и морфологическихъ признаковъ корней гречихи, выросшей въ почвѣ и въ питательныхъ растворахъ. «Посредствомъ водной культуры, говоритъ онъ, мы въ состояніи воспитать растенія не только одинаковыя по качествамъ съ средними растеніями той же породы, выросшими въ плодородной почвѣ, но можемъ получить во всѣхъ отношеніяхъ образцовые индивидуумы, которые, сохраняя высшую продуктивность, въ то-же время представляютъ чистую и идеальную форму того типа, къ которому они принадлежатъ». При этомъ слѣдуетъ принять во вниманіе, кромѣ того, тѣ преимущества, которыя представляетъ вода сама по себѣ, какъ среда, при изслѣдованіи надъ корнями. Ея прозрачность даетъ возможность слѣдить за общимъ ходомъ развитія этихъ корней, за ихъ состояніемъ какъ передъ опытомъ, такъ и во время опыта, а также наблюдать за равномерностью прохожденія струи воздуха чрезъ растворы при изслѣдованіи надъ ихъ дыханіемъ. Ея подвижность позволяетъ вынимать растенія изъ

¹ Versuchs-Stat. Bd. VIII p. 189.

² Versuchs-Stat. Bd. VI p. 4. Bd. VIII p. 72.

³ Versuchs-Stat. 1863. p. 121.

сосудовъ, въ которыхъ они растутъ, осматривать ихъ и переносить въ другіе сосуды безъ малѣйшаго поврежденія корней, что облегчаетъ и значительно упрощаетъ всѣ операціи при изслѣдованіяхъ надъ корнями. Наконецъ, ея химическая чистота даетъ возможность совершенно точно и скоро опредѣлить содержаніе угольной кислоты въ питательныхъ растворахъ, а также принимать эти послѣдніе вполнѣ освобожденные отъ угольной кислоты.

Такъ-какъ по принятому мною методу угольная кислота, выдѣляемая корнями, вытѣснялась изъ питательнаго раствора струею воздуха, проходящею чрезъ аппаратъ, вслѣдствіе разрѣженія воздуха, производимаго аспираторомъ, то само собою разумѣется, что наибольшая погрѣшность при значительной сложности аппарата могла происходить отъ проникновенія угольной кислоты въ аппаратъ изъ атмосферы. Чтобы опредѣлить величину этой погрѣшности, а также выѣсть съ тѣмъ и опредѣлить величину погрѣшностей, могущихъ происходить при опредѣленіи содержанія угольной кислоты, остающейся въ питательномъ растворѣ, я сводилъ всѣ части аппарата между собой такъ-же, какъ и при изслѣдованіи надъ дыханіемъ корней, наполняя ихъ принятыми при опытахъ количествами жидкостей и потомъ, укрѣпивши на мѣсто растенія стеклянную, запаянную съ обѣихъ сторонъ трубку, пропускалъ чрезъ аппаратъ струю воздуха въ количествѣ отъ 1 до 2 литровъ въ часъ. Въ концѣ каждаго такого провѣрочнаго опыта, содержащійся въ цилиндрѣ питательный растворъ сливалъ въ колбу, какъ описано было выше, подбавивши предварительно въ послѣднюю, къ содержащейся въ ней баритовой водѣ, небольшое отвѣшенное количество углекислаго барита, и потомъ титровалъ какъ баритовую воду, содержащуюся въ цилиндрахъ, такъ и опредѣлялъ вѣсъ осадка углекислаго барита, подбавленнаго и образовавшагося въ колбѣ. Произведя нѣсколько такихъ опытовъ, я нашелъ, что средняя погрѣшность, состоящая

въ отклоненіи результатовъ въ сторону увеличенія угольной кислоты, можетъ быть принята какъ maximum 0,0008 м. въ 1 часъ наблюденія. Опредѣленіе этой погрѣшности, правда — довольно значительной, произведено было мною однакоже еще при предварительныхъ опытахъ, когда я для изолированія корней употреблялъ одинъ только гипсъ и когда отфильтровываніе и промываніе осадка производилось обыкновеннымъ образомъ на фильтрѣ. Примѣненіе желатина вмѣстѣ гипса, а также примѣненіе способа отфильтровыванія и промыванія осадка въ колбѣ и титрованія его должно было погрѣшность эту значительно уменьшить.

Экспериментальныя изслѣдованія.

Опыты 1-й, 2-й и 3-й производятся надъ однимъ и тѣмъ-же растеніемъ и показываютъ ходъ кривой дыханія корней въ продолженіи сутокъ у одного и того-же растенія.

Опытъ 1. 8-го *юля*. Для опыта взять былъ одинъ изъ лучшихъ экземпляровъ воспитаннаго мною въ водѣ маиса съ обильнымъ и хорошо развитымъ корнемъ. На растеніи находилось 7 листьевъ¹, 2 зачаточныхъ сѣмянныхъ початка и мужская цвѣточная метелка. Растеніе приготовлено было для опыта накануне, вечеромъ. Въ продолженіи ночи чрезъ питательный растворъ проводилась струя воздуха, съ цѣлью избѣжать накопленія угольной кислоты въ питательномъ растворѣ, а чрезъ это — и въ тканяхъ корня. Опытъ начать 8-го *юля* утромъ. Съ-утра небо совершенно свѣтлое, съ-полудня покрывается облаками. Средняя температура воздуха въ теченіи опыта 25,8; maxim. 33,5 и minim. 17,8.

Время наблюденій.	Количество угольной кислоты:	
	Всего.	Въ 1 часъ.
8-го <i>юля</i> , утр. 6 ч. 14 м.)	0,1336	0,0082
вечер. 10 ч. 31 м.)		

Опытъ 2. 9-го *юля* (чертежъ I). Ночью растеніе оставалось на открытомъ воздухѣ, чрезъ растворъ пропускалась струя

¹ При опредѣленіи числа листьевъ принимаю во вниманіе только число совершенно развитыхъ листьевъ, находящихся на растеніи во время опыта, а потому въ счетъ не входятъ какъ молодые не вполне развитые, такъ и отмершіе листья.

воздуха и утромъ снова начать былъ опытъ. Небо съ-утра без-облачно, къ полудню покрывается облаками, къ вечеру совершенно заволакивается, а между 8 и 9 часами прошелъ небольшой дождь.

Время наблюдений.	Количество угольн. кислоты:	
	всего	въ 1 часъ.
юля 9, утр. 6 ч. 11 м.	0,0060	0,0068
7 ч. 4 м.	0,0079	0,0071
8 ч. 11 м.	0,0109	0,0092
9 ч. 22 м.	0,0131	0,0114
10 ч. 31 м.	0,0112	0,0085
11 ч. 50 м.	0,0119	0,0098
1 ч. 3 м.	0,0128	0,0120
2 ч. 7 м.	0,0101	0,0096
3 ч. 10 м.	0,0126	0,0101
4 ч. 25 м.	?	?
5 ч. 40 м.	0,0100	0,0083
6 ч. 52 м.	0,0109	0,0081
8 ч. 13 м.	0,0106	0,0091
вечер. 9 ч. 23 м.		

Приведенныя здѣсь таблицы показываютъ ясно измѣненія, происходящія въ энергій дыханія корней въ теченіи дня и въ теченіи первыхъ часовъ вечера. Кривая, построенная на основаніи чиселъ этой таблицы, показываетъ, что энергія дыханія корней начиная съ утра постепенно возрастаетъ и послѣ-полудня

между 1 час. 3 мн. и 2 час. 7 м. достигает своего максимума, начиная съ этого времени она опять опускается къ вечеру; въ 8 ч. 13 м. вечера опущенный конецъ кривой приподымается снова къ верху, указывая на то, что въ эти часы выдѣленіе угольной кислоты усиливается снова. Я обращаю вниманіе еще на одну особенность кривой, а именно на пониженіе ея послѣ 10 ч. утра, явленіе, съ которымъ мы встрѣтимся еще при нѣкоторыхъ изъ слѣдующихъ опытовъ.

Опытъ 3. 10-го юля (чертежъ II). Цѣлый день этого числа растение стояло на открытомъ воздухѣ, а вечеромъ перенесено въ комнату для починныхъ наблюдений. Такъ-какъ комната во время опыта освѣщается двумя газовыми рожками, то температура воздуха въ комнатѣ къ концу опыта нѣсколько повышается.

Время наблюдений.	Количество угольной кислоты:	
	всего.	въ 1 часъ.
юля 10, 7 ч. 10 м.		
вечер.	0,0193	0,0095
9 ч. 12 м.		
	0,0106	0,0104
10 ч. 13 м.		
	0,0103	0,0090
11 ч. 22 м.		
	0,0065	0,0060
12 ч. 27 м.		
	0,0070	0,0048
1 ч. 55 м.		
	0,0040	0,0044
2 ч. 49 м.		
	0,0061	0,0052
3 ч. 59 м.		
	0,0047	0,0050
11 утра 4 ч. 55 м.		

Кривая этого послѣдняго опыта есть продолженіе предыдущей кривой; она начинается въ тѣ часы вечера, въ которые

въ предъидущемъ опытѣ начиналось восхождение кривой къ ночи, и показываетъ, что за повышеніемъ энергіи дыханія вечеромъ и въ первые часы ночи слѣдуетъ паденіе ея, продолжающееся за полночь.

Слѣдующіе опыты (4 и 5) имѣютъ цѣлю дальнѣйшее изслѣдованіе кривой дыханія корней маиса и производится днемъ на открытомъ воздухѣ при нормальныхъ условіяхъ.

Опытъ 4. 18-го июля (чертежъ III). Взятый для опыта экземпляръ маиса имѣлъ 6 листьевъ и мужескую цвѣточную метелку. Нижніе пыльники метелки выпустили пыльцу, верхніе совершенно неразвиты. Женская цвѣточная колба въ зачаточномъ состояніи и неразвита. Вообще растение имѣетъ нѣсколько тощій видъ. На-канунъ ночью чрезъ растворъ пропускалась струя воздуха; опытъ начать на другой день; съ утра 18 числа день почти безоблачный.

Время наблюденья.	Количество угольной кислоты:	
	всего	изъ 1 часть.
Юля 18 утр. 6 ч. 31 м.	0,0099	0,0047
8 ч. 38 м.	0,0116	0,0061
10 ч. 32 м.	0,0101	0,0045
12 ч. 50 м.	0,0092	0,0050
2 ч. 40 м.	0,0119	0,0067
4 ч. 27 м.	0,0108	0,0055
6 ч. 25 м.	0,0165	0,0068
вечер. 8 ч. 51 м.		

Опытъ 5. 25 июля (чертежъ IV). Для опыта взяты три молодыхъ совершенно одинаковыхъ растения, выбранныя изъ втораго посѣва. Каждое изъ растений имѣло по 5 вполне развитыхъ

листьевъ. Во время опыта день ясный, небо слегка облачно; того-же числа вечеромъ послѣ 9 часовъ растенія переносятся въ комнату.

Время наблюдений.	Количество угольной кислоты:	
	всего.	въ 1 часъ.
юля 24 6 ч. 20 м.		
утр.	0,0115	0,0059
8 ч. 17 м.	0,0292	0,0103
11 ч. 7 м.	0,0247	0,0110
1 ч. 22 м.	0,0345	0,0138
3 ч. 52 м.	0,0266	0,0108
6 ч. 20 м.	0,0276	0,0094
вечер. 9 ч. 16 м.	0,0183	0,0088
11 ч. 21 м.	0,0175	0,0072
полун. 1 ч. 47 м.	0,0113	0,0064
3 ч. 33 м.	0,0135	0,0062
5 ч. 44 м.		

Кривыя дыханія, полученныя въ этихъ двухъ опытахъ, представляютъ тѣ-же характеристическія черты, какія мы встрѣтили уже въ опытахъ надъ первымъ растеніемъ. Утромъ начальная точка кривой стоитъ довольно низко, потомъ начинается болѣе или менѣе быстрое поднятіе кривой къ полудню; въ полдень замѣчается нѣкоторое замедленіе въ дыханіи, выражающееся въ уклоненіи кривой, и послѣ полудня поднятіе ся достигаетъ своего максимум'а, за которымъ опять слѣдуетъ паденіе къ вечеру. Вечеромъ же кривая или еще разъ подымается (опытъ 4, черт. IV) или же поднятіе это остается незамѣтнымъ и паденіе непрерывно продолжается до утра (опытъ 5, черт. V).

Опытъ 6. 12, 13 и 14 июля (черт. VI). Для опыта взято растение по величинѣ и степени развитія одинаковое съ растеніемъ, которое употреблено было при опытахъ 1, 2 и 3. Опытъ производится въ комнатѣ при слабомъ разсѣянномъ свѣтѣ, но освѣщеніе комнаты все-таки на-столько значительно, что можно было въ наиболѣе освѣщенные часы дня, не прибѣгая къ помощи лампы, производить отчитываніе термометровъ. Предшествовавшую ночь и первые часы утра растеніе находится въ саду; предъ самымъ опытомъ оно вносится въ комнату.

Время наблюдений.	Количество угольной кислоты:	
	всего	въ 1 часъ.
юли 12, 9 ч. 15 м.		
утра	0,0231	0,0085
11 ч. 58 м.	0,0159	0,0081
1 ч. 56 м.	0,0210	0,0097
4 ч. 6 м.	0,0148	0,0068
6 ч. 17 м.	0,0261	0,0074
вечер. 9 ч. 49 м.	0,0601	0,0056
13 утра 8 ч. 33 м.	0,0082	0,0054
10 ч. 4 м.	0,0145	0,0060
12 ч. 29 м.	0,0147	0,0076
2 ч. 25 м.	0,0153	0,0070
4 ч. 36 м.	?	?
6 ч. 41 м.	1,0115	0,0056
8 ч. 44 м.		

	0,0058	0,0036
вечера 10 ч. 20 м.	0,0252	0,0024
14 утра 8 ч. 51 м.	0,0151	0,0046
12 ч. 8 м.	0,0090	0,0052
1 ч. 52 м.	0,0110	0,0036
3 ч. 50 м.	0,0094	0,0044
6 ч. 58 м.	0,0092	0,0041
вечер. 8 ч. 12 м.		

Непастная погода, слѣдовавшая съ 12 юля, вліяла на пониженіе температуры воздуха въ комнатѣ, что вѣроятно усиливало отчасти также и эффектъ пониженія энергіи дыханія.

Кромѣ чрезвычайно ясно выступающаго въ этомъ опытѣ паденія энергіи дыханія вслѣдствіе пребыванія растенія въ разсѣянномъ свѣтѣ, кривая дыханія, полученная въ этомъ опытѣ, отличается еще тѣмъ, что на ней не замѣчается полуденныхъ пониженій, какія мы встрѣчали въ предыдущихъ опытахъ, исключая впрочемъ части ея, полученной въ первый день опыта, на которой пониженіе это остается еще замѣтнымъ, но трудно рѣшить—одного ли происхожденія оно съ тѣми полуденными пониженіями, какія встрѣчаются у растеній, при опытахъ на открытомъ воздухѣ. Еще рѣзче это пониженіе въ первый день опыта въ разсѣянномъ свѣтѣ выражается у растеній молодыхъ, какъ показываютъ слѣдующіе два опыта.

Опытъ 7. 15 юля (чертежъ VII). Для опыта взяты три маисовыхъ растенія изъ втораго посѣва, на каждомъ изъ нихъ находилось по пяти листьевъ. Опытъ производится въ слабомъ, разсѣянномъ свѣтѣ при тѣхъ-же условіяхъ, какъ и предыдущій, растенія вносятся въ комнату утромъ предъ самымъ опытомъ.

Время наблюдений.	Количество угольной кислоты:	
	всего.	въ 1 часъ.
юля 15, 7 ч. » м.		
утра	0,0098	0,0053
8 ч. 51 м.	0,0163	0,0042
1 ч. 46 м.	0,0021	0,0016
2 ч. 6 м.	0,0046	0,0024
4 ч. » м.	0,0042	0,0020
6 ч. 7 м.	0,0045	0,0022
8 ч. 10 м.	0,0070	0,0038
вечер. 10 ч. » м.	0,0134	0,0021
утра 4 ч. 23 м.		

Сравнивая кривую дыханія, полученную въ этомъ опытѣ, съ кривою дыханія, полученною въ опытѣ предыдущемъ, мы замѣчаемъ, что кривая эта падаетъ несравненно крутче, чѣмъ кривая, полученная въ предыдущемъ опытѣ; такое различіе въ кривыхъ объясняется, по всей вѣроятности, возрастомъ растений, который влияетъ какъ на содержаніе дыхательныхъ матеріаловъ (углеводовъ), въ тканяхъ, такъ и на быстроту ихъ потребления. Въ самомъ дѣлѣ, у манса со времени образования цвѣточной метелки, слѣдовательно въ тотъ періодъ развитія, къ которому относилось растение, употребленное въ предыдущемъ опытѣ, содержаніе сахара въ тканяхъ значительно увеличивается, и хотя имѣетъ съ этимъ происходить уменьшеніе крахмала, но въ общемъ содержаніи углеводовъ становится больше, такъ-какъ сахаръ къ этому времени наполняетъ собою и такіе паренхиматическія ткани, въ которыхъ предъ этимъ совершенно

не содержалось углеводов. Изъ этому-же времени уменьшается и потребление углеводов въ корняхъ, такъ-какъ ростъ корней почти прекращается.

Подобную же кривую и при тѣхъ-же обстоятельствахъ я получилъ и для сорго.

Опытъ 8. 15-го августа (чертежъ V). Два сорговыхъ растения, имѣвшія выѣсть 11 листьевъ, при тѣхъ-же условіяхъ, какъ и въ двухъ выше приведенныхъ опытахъ, обнаружили слѣдующую энергію дыханія:

Время наблюденія.	Количество угольной кислоты.	
	исего.	въ 1 часть.
августа 15, 8 ч. 10 м.	0,0240	0,0123
утра		
10 ч. 7 м.	0,0237	0,0114
12 ч. 12 м.		
2 ч. 5 м.	0,0143	0,0076

¹ Annal. d. Landwirth. in den Konig. Preuss. Stat. 1862. стр. 420 и 424. Въ литературѣ существуетъ нѣсколько указаній на то, что возрастъ растений, равно какъ и возрастъ тѣхъ или другихъ растительныхъ частей оказываютъ вліяніе на энергію дыханія. Вліяніе возраста листьевъ на поглощеніе кислорода впервые, кажется, указано было Соссюромъ, Recherche chimique sur la végét., въ главѣ объ относительныхъ количествахъ кислорода, поглощаемого различными листьями въ темнотѣ. По его наблюденію, напр., листья *Vicia Faba* поглощаютъ кислорода:

передъ цвѣтеніемъ	— 3,7	объемовъ,	равныхъ	своему	собственному	объему.
во время цвѣтенія	— 2,	—	—	—	—	—
послѣ цвѣтенія	— 1,6	—	—	—	—	—

Послѣ Соссюра въ томъ-же направленіи сдѣланы указанія Гаро (Ann. des sc. nat. Bot. 1851), который замѣтилъ, что тѣ части растений, которыя скорѣе всего увядаютъ (*qui se flétrissent le plus vite*), тѣ и наиболее поглощаютъ кислородъ. На отношеніе къ кислороду цвѣтущихъ и нецвѣтущихъ высшихъ паразитныхъ растений указалъ Лорн (Ann. des sc. nat. Bot. 1847. T. VIII. p. 158), а Бородинъ («Физиологическое изслѣдованіе надъ дыханіемъ листовыхъ побѣговъ» стр. 76 и далѣе) замѣтилъ различіе между дыханіемъ старыхъ и молодыхъ частей одного и того-же листового побѣга. Въ эти наблюденія приподнять къ тому заключенію, что молодые растения или молодые части растений потребляютъ въ данное время при одинаковыхъ условіяхъ больше кислорода, чѣмъ старые, т. е., слѣдовательно, что энергія дыханія ихъ больше.

	0,0210	0,0105
4 ч. 5 м.	0,0170	0,0083
6 ч. 8 м.	0,0184	0,0083
8 ч. 21 м.	0,0201	0,0092
вечер. 10 ч. 32 м.		

Въ обоихъ послѣднихъ опытахъ между 2 и 4 часами появляется поднятіе кривыхъ (см. относящіяся сюда чертежи), которое едвали можетъ быть случайнымъ, такъ-какъ оно соответствуетъ обычному поднятію ихъ въ эти-же часы и въ другихъ опытахъ.

Опытъ 9. 26 августа. Если злаковые мапсъ и сорго даютъ сходныя кривыя въ разсѣяномъ свѣтѣ, то горохъ представляетъ въ этомъ отношеніи отклоненіе.

Для опыта взято два гороховыхъ растенія, имѣвшихъ вмѣстѣ 23 листа; опытъ производится также въ комнатѣ въ слабомъ разсѣянномъ свѣтѣ; средняя температура во время опыта 19,4°, максимумъ 22,0° и минимумъ 16,3°.

Время наблюденія.	Количество угольной кислоты.	
	всего.	въ 1 часъ.
26 августа 8 ч. 33 м.	0,0069	0,0032
утра 10 ч. 43 м.	0,0084	0,0043
12 ч. 40 м.	0,0114	0,0053
2 ч. 49 м.	0,0112	0,0056
4 ч. 49 м.	0,0110	0,0049
7 ч. 4 м.	0,0075	0,0033
9 ч. 21 м.	0,0045	0,0024
11 ч. 14 м.		

У гороха, слѣдовательно, притѣхъ-же условіяхъ кривая дыханія правильно повышается къ полудню и потомъ понижается до вечера.

Приведенные выше опыты надъ мансомъ и сорго ясно указываютъ на то, какъ измѣняется энергія дыханія корней у растений, перенесенныхъ въ разсѣянный свѣтъ. Слѣдующій опытъ имѣетъ цѣлю прослѣдить—какія измѣненія происходятъ въ энергіи дыханія корней, когда растеніе изъ разсѣяннаго свѣта выставлено на открытый воздухъ.

Опытъ 10. 16 июля (чертежъ VIII). Для этого опыта изъятъ тѣ-же самые экземпляры манса, надъ которыми произведенъ былъ опытъ 15-го іюля; утромъ 16-го іюля они выставлены на открытый воздухъ. Небо съ утра нѣсколько облачно, къ полудню проявляется и къ вечеру совершенно ясно, солнечно. Ночью на 17-е растенія остаются на открытомъ воздухѣ, но температура раствора не падаетъ ниже 20°.

Время наблюдений.	Количество угольной кислоты:	
	всего.	въ 1 часть.
іюля 16, 7 ч. 23 м.		
утра	0,0081	0,0026
10 ч. 30 м.	0,0048	0,0032
12 ч. » м.	0,0092	0,0043
3 ч. 12 м.	0,0161	0,0061
5 ч. 50 м.	0,0188	0,0087
вечер. 8 ч. » м.	0,0510	0,0051
17 утр. 6 ч. » м.		

Такимъ образомъ у растений, выставленныхъ на открытый воздухъ, энергія дыханія корней быстро возрастаетъ. Максимумъ полуденнаго поднятія въ этомъ опытѣ передвигается къ вечеру и, можно полагать, на первые часы ночи. 17-го растенія оста-

ются на открытомъ воздухѣ, и 17-го же снова подвергаются опыту также на открытомъ воздухѣ. Въ послѣднемъ случаѣ наибольшую энергію дыханія приходится по вечеромъ, какъ въ предыдущемъ опытѣ, но между 10 час. 17 мин. и 5 час. 5 мин., т. е. вѣроятно въ обыкновенные часы.

Время наблюдений.	Количество утѣльной кислоты:	
	всего	въ 1 часть.
юля 17 утр. 8 ч. 19 м.	0,0080	0,0041
10 ч. 17 м.	0,0462	0,0066
5 ч. 5 м.	0,0241	0,0055
вечер. 9 ч. 28 м.		

Опытъ 11. 26 июля (чертежъ IX). Этотъ опытъ произведенъ съ цѣлю опредѣлить вліяніе періодическихъ пониженій температуры питательнаго раствора на дыханіе корня. Для этого опыта взяты тѣ-же самыя растенія, которыя употреблены были при опытѣ 5-мъ. Въ 8 час. 14 мин., въ 12 час. 47 мин. до обѣда и въ 5 час. 24 мин. послѣ обѣда температура воды въ наружномъ цилиндрѣ поппжева была до 10°. Я предполагалъ удерживать эту температуру по-крайней-мѣрѣ въ продолженіи часа, но уже чрезъ полчаса послѣ поппженія температуры вслѣдствіе сильнаго испаренія, происходящаго отъ высокой температуры воздуха и сильнаго освѣщенія, и вслѣдствіе недостаточнаго пріятія корнемъ воды изъ охлаждаемаго питательнаго раствора — листья начали терять тургесценцію и кончики ихъ скручивались въ трубку. По этому каждый разъ чрезъ 35 минутъ послѣ охлаждения я повышалъ температуру воды и въ наружномъ цилиндрѣ на 20°, вслѣдствіе чего и температура питательнаго раствора должна была возвыситься до того-же градуса. День безоблачный. Въ 9 ч. 44 м. вечера растенія переносятся въ комнату.

Время наблюдения.	Количество угольной кислоты	
	всего	из 1 часть
юля 26: 6 ч. 4 м.	0,0131	0,0064
8 ч. 7 м.	0,0107	0,0040
10 ч. 48 м.	0,0105	0,0053
12 ч. 47 м.	0,0074	0,0031
3 ч. 10 м.	0,0125	0,0056
5 ч. 24 м.	0,0139	0,0065
7 ч. 32 м.	0,0193	0,0088
веч. 9 ч. 44 м.	0,0198	0,0107
11 ч. 57 м.	9,0249	0,0115
2 ч. 7 ч.		

Такимъ образомъ, вслѣдствіе трехкратнаго пониженія температуры питательнаго раствора, форма кривой дыханія совершенно измѣнилась. Максимумъ поднятія кривой овазалея передвинутымъ на-ночь. Этотъ опытъ указываетъ также, по-видимому, на существованіе въ дыханіи корней пзвѣстнаго рода компенсаціи, состоящей въ томъ, что часть органическихъ веществъ, которыя могли бы быть окислены днемъ вслѣдствіе трехкратнаго пониженія температуры, остается въ запасъ и сгараетъ позже, послѣ того какъ задерживающее вліяніе пониженной температуры устранено.

И такъ, резюмируя все вышесказанное, на основаніи вышеприведенныхъ опытовъ, относительно дыханія корней можно прійти къ слѣдующему заключенію:

1. Энергія дыханія корней цѣлыхъ растений втеченіи сутокъ не остается постоянною, но измѣняется периодически, повышаясь

днемъ и падалъ ночью. Максимъ энергій дыханія паступаетъ обыкновенно послѣ полудня, и минимумъ послѣ полупочы.

2. У растений, перенесенныхъ въ разсѣянный свѣтъ, энергій дыханія корней постепенно падаетъ. Паденіе это совершается быстрее у растений молодыхъ, чѣмъ у растений вполнѣ развитыхъ, у послѣднихъ въ разсѣянномъ свѣтѣ кромѣ того сохраняется совершенно ясно суточная періодичность.

3. Перенесеніемъ растений изъ разсѣяннаго свѣта на открытый воздухъ энергію дыханія корней можно снова повысить.

4. Періодическое пониженіе температуры питательнаго раствора измѣняетъ нормальный видъ кривой дыханія, рядомъ съ чѣмъ происходитъ перемѣщеніе полуденнаго максимума на нѣсколько часовъ позже.

Мнѣ остается еще указать на тѣ вѣроятныя причины, которыя обуславливаютъ явленія періодичности въ дыханіи корней, хотя безъ-сомнѣнія окончательное сужденіе о нихъ можетъ быть высказано только на основаніи дальнѣйшихъ изслѣдованій. При обсужденіи этого вопроса, прежде всего слѣдуетъ имѣть въ виду то обстоятельство, что замѣченныя мною періодическія измѣненія въ энергіи дыханія корней не могутъ быть приписаны періодическимъ измѣненіямъ ближайшихъ условій, въ которыхъ находились корни при моихъ опытахъ, т. е. колебаніямъ температуръ и измѣненіямъ состава питательныхъ растворовъ, такъ-какъ колебанія эти въ тѣхъ случаяхъ, когда дѣло касалось изученія періодичности при постоянныхъ температурахъ, были весьма незначительны, и такъ-какъ они не происходили съ такою правильностію, которая позволяла бы искать между ними и измѣненіями въ энергіи дыханія какую-либо причинную связь. Поэтому измѣненія эти, по крайней мѣрѣ какъ мнѣ кажется, должны быть приписаны косвенному вліянію тѣхъ условій, въ которыхъ находились ассимилирующіе органы растений во время опыта. Въ самомъ дѣлѣ, если потребляемыя при дыханіи корня углеводистыя

вещества образуются только въ хлорофильныхъ органахъ и потому по мѣрѣ образованія притекають къ корню, то само собою разумѣется, что и происходящiе въ корняхъ процессы дыханiя должны находиться въ зависимости какъ отъ образованiя этихъ веществъ подъ влiянiемъ свѣта, такъ и отъ скорости передвиженiя ихъ подъ влiянiемъ температуры, а такъ-какъ причины, обуславливающiя оба эти процесса, измѣняются періодически, то и суточное измѣненiе въ энергiи дыханiи корней непремѣнно должно находиться въ зависимости какъ отъ суточныхъ измѣненiй въ напряженности свѣта, такъ и отъ суточныхъ измѣненiй температуры. Въ этомъ заключаются по всей вѣроятности наиболѣе существенныя причины періодическихъ измѣненiй въ дыханiи, насколько конечно измѣненiя эти зависятъ отъ вѣншихъ условiй.

Что касается химической природы веществъ, насчетъ которыхъ совершаются процессы дыханiя въ корняхъ, и отъ періодическаго измѣненiя въ образованiи и притокаъ которыхъ къ корню, какъ вытекаетъ изъ вышесказаннаго, зависятъ измѣненiя въ энергiи дыханiя, то есть основанiе полагать, что вещества эти будутъ преимущественно углеводы. Бородинъ¹ на основанiи своихъ изслѣдованiй надъ дыханiемъ листоносныхъ побѣговъ, принимая во вниманiе тождество условiй образованiя и исчезновенiя крахмала въ хлорофильныхъ органахъ съ условiями повышенiя и пониженiя энергiи дыханiя листоносныхъ побѣговъ, пришелъ къ заключенiю, что энергiи дыханiя этихъ частей растенiй при прочихъ равныхъ условiяхъ опредѣляется количествомъ содержащихся въ нихъ углеводовъ или, вѣрнѣе, количествомъ безазотистаго пластическаго матеріала. Такъ-какъ энергiя дыханiя корней, какъ это видно изъ приведенныхъ мною опытовъ, находится въ такой-же зависимости отъ ассимиляціи, какъ и энергiя дыханiя листоносныхъ побѣговъ, т. е. повышается и падаетъ при условiяхъ весьма сходныхъ съ тѣми, при которыхъ повышается и падаетъ энергiя дыханiя этихъ по-

¹ Ibid. p. 52.

слѣдипхъ, то положеніе, высказанное Бородинымъ, безъ большой погрѣшности можетъ быть отнесено также и къ корнямъ. Микрохимическія изслѣдованія растительныхъ тканей ясно указываютъ намъ путь, по которому передвигается одинъ изъ наиболѣе распространенныхъ углеводовъ — крахмалъ отъ мѣста своего образованія, въ листьяхъ, къ мѣстамъ отложенія и потребленія его — въ корни. Изслѣдуя микрохимически ткани манса, мы впервые встрѣчаемъ крахмалъ въ большемъ или меньшемъ скопленіи въ крахмальномъ слое тонкихъ сосудистыхъ пучковъ, развѣтвляющихся въ зеленой паренхимѣ листа, и уже въ значительномъ количествѣ находимъ его въ крахмальномъ слое срединнаго нерва. Чѣмъ далѣе внизъ спускаются сосудистыя пучки по листу и листовому влагалищу, тѣмъ содержаніе крахмала въ немъ становится больше и наконецъ въ нижнихъ частяхъ листового влагалища крахмалъ выступаетъ уже изъ крахмальнаго слоя и распределяется по окружающей пучекъ паренхимѣ. Прошедши соотвѣтствующій узелъ, углеводъ этотъ спускается далѣе внизъ тѣмъ-же путемъ до самаго базиса стебля. Далѣе путь крахмала къ корню какъ будто прерывается, такъ-какъ въ верхнихъ регионахъ корневыхъ волоконъ микрохимическія реакціи не открываютъ присутствія углеводовъ; но несомнѣнно, что они здѣсь проходятъ въ той или другой химической формѣ, такъ-какъ встрѣчается потомъ опять у концовъ вегетационныхъ пунктовъ корневыхъ волоконъ и въ корневыхъ чехликахъ въ видѣ отложеній крахмала. Скопившійся здѣсь крахмалъ постепенно растворяется и, превращаясь въ глюкозу, исчезаетъ въ протоплазматическомъ веществѣ дѣлящихся и растущихъ кѣлокъ вегетационныхъ пунктовъ, въ которыхъ, на основаніи изслѣдованій Траубе, нужно предположить существованіе самыхъ оживленныхъ процессовъ дыханія. Такимъ образомъ участіе крахмала въ метаморфозѣ веществъ, сопровождающемъ дыханіе корней, а слѣдовательно и вы-

дѣленіе угольной кислоты дѣлается здѣсь такъ-сказать очевиднымъ. Но ритмъ дыханія, на-сколько конечно онъ зависитъ отъ притока углеводовъ, обуславливается поступленіемъ въ корень растворимыхъ углеводовъ, такъ-какъ крахмалъ, отложенный въ корняхъ, а также и встрѣчающійся на пути передвиженія, собственно говоря есть не что иное какъ продуктъ превращенія этихъ послѣднихъ. Источникомъ образованія растворимыхъ углеводовъ можетъ служить какъ уже готовый крахмалъ, отложенный въ видѣ запаса въ безцвѣтныхъ проводящихъ тканяхъ растенія, такъ и тѣ вещества, которые образуются въ хлорофильныхъ клѣткахъ въ теченіи самаго опыта и постепенно по мѣрѣ образованія перемѣщаются въ проводящія ткани. Перемѣщеніе это происходитъ или въ видѣ глюкозы и сахара, образованіе которыхъ, какъ думаютъ Буссенго¹, Дегеренъ², Вейеръ³, Саксъ⁴ и Меръ⁵, предшествуетъ образованію крахмала, или же въ видѣ другихъ продуктовъ, не имѣющихъ реакціи углеводовъ, но тѣмъ не менѣе способныхъ переходить въ проводящія ткани и превращаться въ углеводы. Въ зеленой паренхимѣ развитыхъ листьевъ манса Саксъ⁶ вовсе не открылъ присутствія углеводовъ, а между-тѣмъ несомнѣнно, что матеріалъ для образованія крахмала притекаетъ отсюда, такъ-какъ уже въ крахмальныхъ слонахъ тонкихъ соеюдиненныхъ пучковъ, развѣтвляющихся въ паренхимѣ, онъ находитъ этотъ углеводъ въ нѣкоторомъ скопленіи. Я могу, говоритъ Саксъ, объяснить себѣ это только тѣмъ, что въ зеленой паренхимѣ листьевъ манса образуется не крахмалъ, а другое вещество, образовательный матеріалъ крахмала, который превращается въ крахмалъ, только

¹ *Annal. de chim. et de physique* 1868 г. стр. 414.

² *Annal. des scien. natur. Bot.* 1874 г. стр. 331.

³ *Berichte der deutsch. chem. Gesellschaft.* 1870 г. стр. 63.

⁴ Учебникъ ботаники переводъ Карелинкова и Розанова 1870 г. стр. 55.

⁵ *Bulletin de la Societe botanique de France*, 1873. Стр. 164, и *Botanisch. Jahresbericht.* v. Just. 1874. стр. 314.

⁶ *Annalen der Landw. v. Salviati* 1860 г. стр. 415.

послѣ перехода въ крахмальный слой сосудистаго пучка. Конечно, въ этомъ перемѣщеніи принимаетъ участіе также и крахмалъ, содержащійся въ хлорофильныхъ клѣткахъ, но нельзя согласиться и съ мнѣніемъ Майера¹ относительно того, что раствореніе крахмала въ этихъ клѣткахъ при обыкновенныхъ условіяхъ происходитъ непрерывно и даже, какъ онъ думаетъ, преимущественно днемъ, если этому способствуетъ повышенная температура, — такъ-какъ пришлось бы признать, что въ хлорофильномъ зернѣ во время ассимиляціи существуютъ одновременно два совершенно противоположныхъ процесса — образованіе и раствореніе крахмала, что едва ли слѣдуетъ допускать. Скорѣе это можетъ относиться къ безцвѣтнымъ тканямъ, содержащимъ крахмалъ. Прямой опытъ показывать, что ресорбція этого углевода при нормальныхъ условіяхъ въ хлорофильныхъ клѣткахъ начинается только тогда, когда будетъ недостатать для свѣта, какъ слы, необходимой для его образованія, или же матеріала, изъ котораго онъ образуется — угольной кислоты, что и показываютъ въ первомъ отношеніи опыты Фампицына² надъ раствореніемъ крахмала въ хлорофильныхъ лентахъ спирогиры и опытъ Вородина³ надъ раствореніемъ масла въ хлорофилъ *Vaucheria sessilis*, которое въ этомъ отношеніи эквивалентно крахмалу, а во второмъ опытъ Годлевскаго⁴ надъ раствореніемъ крахмала въ хлорофильныхъ зернахъ нѣкоторыхъ высшихъ растений подѣ влияніемъ свѣта, но въ атмосферѣ, лишенной угольной кислоты.

Указавши на углеводы какъ на источникъ образованія угольной кислоты въ корняхъ и предположивши, что въ неравномѣрномъ притокѣ ихъ къ корнямъ должна заключаться одна изъ существенныхъ причинъ измѣненій въ энергіи ихъ дыханія, я

¹ Lehrbuch der Agrikulturchemie. 1871. Стр. 76.

² Jahrbücher für wissenschaft. Botan. v. Pringsheim. 1867. Стр. 41.

³ Ibid. Стр. 46.

⁴ Flora. August. 1873. Стр. 378—384.

нахожу однакоже покуда преждевременнымъ входить въ подробный разборъ происхожденія кривыхъ дыханія съ указанной здѣсь точки зрѣнія. Для этого потребовались бы болѣе разнообразныя и многочисленныя наблюденія какъ надъ дыханіемъ корней цѣлыхъ растений, такъ и надъ дыханіемъ отрѣзанныхъ корней, чтобы можно было съ точностію отдѣлать въ кривыхъ дыханія тѣ элементы, которые появляются въ нихъ вслѣдствіе вліянія внѣшнихъ условій, отъ тѣхъ, которые составляютъ спеціальную принадлежность физиологической организаціи корней. Выше я указалъ на то, что въ образованіи дневнаго повышенія кривыхъ должны принимать участіе какъ ассимиляція, такъ и температура; сходство въ общемъ направленіи кривыхъ дыханія въ опытахъ 2-мъ, 4-мъ, 5-мъ и 6-мъ съ кривыми температуръ подтверждаетъ это предположеніе. Но если считать, что въ образованіи дневнаго поднятія кривой дыханія принимаютъ участіе ассимиляція и температура, то кажется необъяснимымъ, почему именно въ полдень, когда кривыя напряженности свѣта и температуры правильно повышаются и достигаютъ своего maximum'a, кривая дыханія (въ опытахъ 2, 4 и хотя въ слабой степени въ 5-мъ) испытываетъ замѣтное паденіе. Конечно, настоящія причины этого паденія могутъ быть выяснены только на основаніи прямыхъ опытовъ, но несомнѣнно, что здѣсь должно имѣть мѣсто и то обстоятельство, что въ эти часы вслѣдствіе сильнаго потребленія угольной кислоты въ ассимилирующихъ органахъ и происходящаго вслѣдствіе этого значительнаго нарушенія равновѣсія въ царицальномъ давленіи угольной кислоты въ зеленыхъ тканяхъ растений, часть этого газа, выдѣленнаго корнемъ, диффундируетъ изъ тканей корней по стеблю въ ассимилирующіе органы и тамъ разлагается. Такое предположеніе я основываю на томъ фактѣ, что выдѣленіе угольной кислоты корнями манса, какъ замѣтилъ Кюнъ¹, совершенно пре-

¹ Annalen der Chemie u. Pharm. 1864. Band. LIII. p. 306.

крашается, когда въ атмосферѣ, окружающей зеленые органы этого растенія, вовсе не содержится угольной кислоты. Очевидно, что въ послѣднемъ случаѣ вся угольная кислота, образовавшаяся корнемъ, вслѣдствіе той-же причины диффундировала въ хлорофильные органы и тамъ разлагалась, такъ-какъ выдѣленіе ея начиналось снова вечеромъ. Какъ глубоко можетъ идти это полуденное паденіе у нѣкоторыхъ другихъ растеній, показываетъ наблюденіе Кнона надъ *Phaseolus nanus*¹. На основаніи собственнаго опыта надъ этимъ растеніемъ я убѣдился, что оно можетъ простираться почти на все время дня, въ которые напряженность свѣта остается болѣе или менѣе значительною. Начавши опытъ въ восемь часовъ утра, я замѣтилъ, что первые признаки выдѣленія угольной кислоты показались только послѣ пяти часовъ по-полудни и потомъ выдѣленіе угольной кислоты постепенно увеличивалось до вечера, днемъ же баритовая вода оставалась совершенно свѣтлою. По всей вѣроятности, такое различіе въ способности растеній выдѣлять или не выдѣлять корнями угольную кислоту въ теченіи дня находится въ тѣсной связи съ ихъ свѣто-чувствительностію. Чѣмъ чувствительнѣе будетъ растеніе къ свѣту, чѣмъ энергичнѣе въ немъ будутъ происходить процессы разложенія угольной кислоты, тѣмъ болѣе безъ-сомнѣнія будетъ нарушаться равновѣсіе въ частномъ давленіи угольной кислоты въ тканяхъ растенія и тѣмъ сильнѣе, надо полагать, произойдетъ диффузія ея изъ корней въ стебель и листья.

Говоря о причинахъ, производящихъ суточную періодичность въ дыханіи корней, я указалъ собственно только на одну изъ нихъ, а именно — на періодическое перемѣщеніе дыхательныхъ веществъ подъ вліяніемъ внѣшнихъ условій температуры воздуха и свѣта. Но кромѣ этой внѣшней причины, въ корняхъ могутъ существовать и свои внутреннія причины, вліяющія на дыханіе въ смыслѣ періодичности. На существованіе таковыхъ причинъ

¹ Ibid. p. 306.

указываетъ уже одно старинное наблюденіе Гриншова надъ дыханіемъ отрѣзанныхъ корней *Apium Petroselinum* въ ограничен-ныхъ пріемникахъ воздуха; наблюденіе это показываетъ, что корни этого растенія обладаютъ способностію періодически измѣнять окружающій ихъ объемъ воздуха — сперва уменьшать его, а потомъ опять возстановлять до первоначальнаго объема, — что могло бы быть объяснено способностію ихъ періодически конденсировать кислородъ и потомъ на счетъ его развивать углекислоту. Но наблюденія эти требуютъ еще проверки. Мои собственные опыты надъ дыханіемъ отрѣзанныхъ корней малочисленны, почему я въ настоящемъ изслѣдованіи и не касаюсь этого вопроса. Изслѣдованіе вліянія этихъ внутреннихъ причинъ на періодичность дыханія, а также ближайшее изслѣдованіе вліянія причинъ вѣшнихъ составляетъ задачу моихъ дальѣйшихъ работъ въ этомъ направленіи.

Замѣченная мною періодичность въ дыханіи по всей вѣроятности не составляетъ спеціальнаго отличія только корней, но существуетъ и въ дыханіи другихъ растительныхъ органовъ, по крайней мѣрѣ косвеннымъ образомъ на это указываетъ замѣченный Дютроше періодическія измѣненія въ развитіи внутренней теплоты растеній, проявленіе которыхъ чрезвычайно аналогично съ періодичностью дыханія корней. Внутренняя теплота растеній обыкновенно достигаетъ своего maximum'a въ теченіи трехъ первыхъ часовъ, слѣдующихъ за полуднемъ, слѣдовательно въ тѣ-же часы, въ какіе наступаетъ и maximumъ энергіи дыханія, по достиженіи котораго она, какъ и послѣднее, начинаетъ медленно падать, хотя-бы даже температура воздуха и интенсивность свѣта увеличивались. Этотъ пароксизмъ, который испытываютъ зеленныя растенія, говоритъ Дютроше¹, эта ежедневная лихорадка (*fièvre quotidienne*) прерывается только въ полной

¹ Loco citato. p. 77 и ff

темпотѣ. Я наблюдать, говорить онъ, что она проявляется еще въ первый и во второй день пребыванія растенія въ темпотѣ и достигаетъ своего максимум'а всегда въ одинъ и тотъ-же часъ. Последнія наблюденія, произведенныя Стеблеромъ¹ надъ ростомъ растеній, показываютъ, что и въ ростѣ листьевъ односѣмянныхъ растений замѣчается періодичность, по-видимому, весьма сходная съ тѣю, какую я замѣтилъ въ дыханіи корней. Максимумъ роста приходится послѣ полудня, а минимумъ послѣ полуночи, предъ разсвѣтомъ. Интересно, что приводимыя имъ доказательства относительно причинъ періодичности въ ростѣ въ основѣ своей тѣ-же самыя, какія представлены мною относительно періодичности въ дыханіи. Не могу не упомянуть здѣсь еще о томъ, что и періодическія измѣненія въ процессахъ всасыванія корнемъ воды, замѣченныя Гофмейстеромъ² и изслѣдованныя Баранецкимъ³, основною причиною которыхъ служатъ, по всей вѣроятности, химическія измѣненія, происходящія въ протоплазмѣ подъ вліяніемъ кислорода, показываютъ рѣтѣ, весьма сходный съ тѣмъ, какой представляетъ дыханіе корней.

Примѣчаніе. Когда сочиненіе мое почти уже было напечатано, я прочелъ въ послѣднемъ томѣ *Ann. des sc. naturel.* 1877, р. 327, изслѣдованіе Дегерена и Веска надъ дыханіемъ корней. Ученые эти экспериментировали надъ дыханіемъ корней *Veronica speciosa* и плюща, выращенныхъ въ твердыхъ несодержащихъ органическихъ веществъ почвахъ. Они имѣли въ виду изслѣдовать—какія измѣненія претерпѣваетъ воздухъ и другіе газообразные смѣси, находясь въ соприкосновеніи съ корнями. Существенные результаты, полученные ими, слѣдующіе:

1. Корни цѣлыхъ растеній измѣняютъ объемъ воздуха, поглощая кислородъ и выдѣляя угольную кислоту; но они не замѣщаютъ его эквивалентнымъ количествомъ этой послѣдней.

¹ *Stebler, Pringsheim's Jahrbücher f. wissenschaftliche Botanik.* 1877. стр. 106.

² *Flora* 1862. стр. 114.

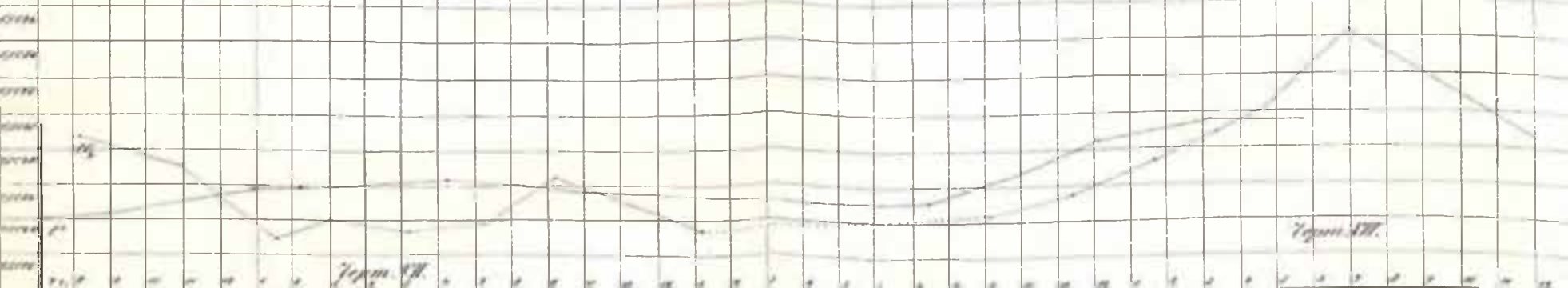
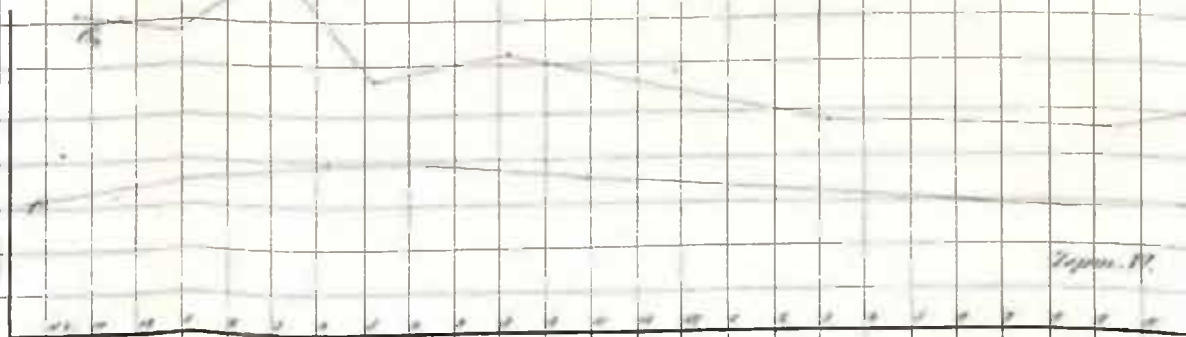
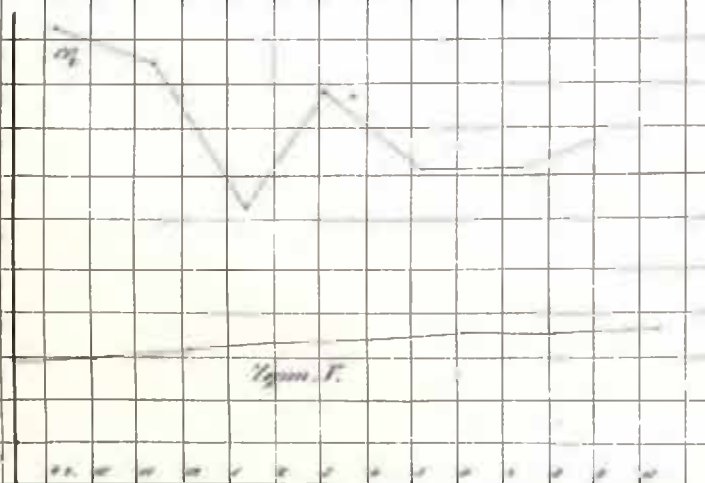
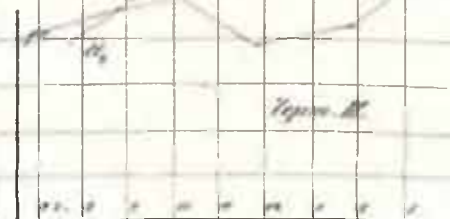
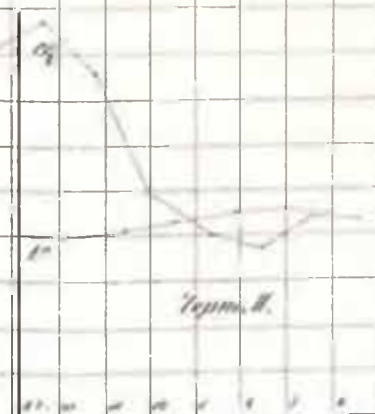
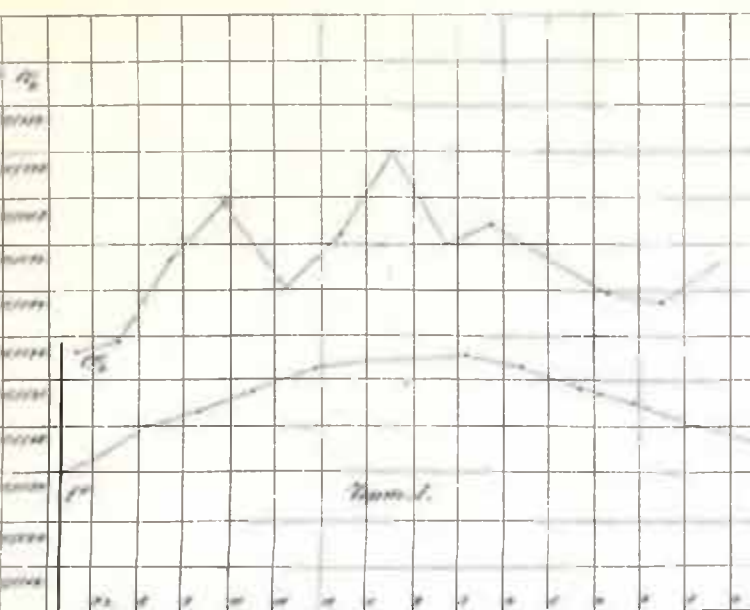
³ *Баранецкій, О періодичности плача травянистыхъ растений.* 1872. стр. 36 и далѣе.

2. Растения, корень которых находится въ атмосферѣ угольной кислоты, очень скоро погибаютъ, что показываетъ, что недостаточно, чтобы кислородъ находился въ соприкосновении только съ стеблевыми частями, по необходимо, чтобы онъ имѣлъ непосредственный доступъ къ корнямъ.

Очевидно, что результаты эти суть только подтвержденіе результатовъ, полученныхъ Соссюромъ и изложенныхъ имъ въ *Recherche chimique sur la végét.* Что же касается ихъ метода изслѣдованія, то онъ хотя и составляетъ нѣкоторый прогрессъ въ эдиометрическомъ изслѣдованіи дыханія корней, но все же оставляетъ желать весьма многого. Измѣненія объема они измѣрили помощью монотметрической трубки, приведенной въ сообщеніе съ резервуаромъ, гдѣ находился корень. Измѣненія эти происходили, очевидно, отъ двойной причины: отъ поглощенія корнями газовъ и отъ поглощенія ими воды, испаряемой листьями. Къ сожалѣнію, ученые эти ничего не говорятъ о томъ, производились ли ими поправки объема на испаренную воду, а если и производились, то — какимъ образомъ. Полученіе газовъ изъ резервуара для опредѣленія состава производилось или вытѣсненіемъ водой или отсасываніемъ нѣкоторой части ихъ съ помощью ртути. Первый способъ, очевидно, неудовлетворителенъ, такъ-какъ при нѣкоторыхъ опытахъ водой поглощалась вся угольная кислота, выдѣленная корнями. Они недостаточно обращаютъ вниманіе также на условія освѣщенія, при которыхъ производились опыты, а между-тѣмъ освѣщеніе должно было имѣть значительное вліяніе на измѣненіе объема и состава газовъ, вслѣдствіе испаренія листьями воды и вслѣдствіе диффузіи угольной кислоты въ ассимилирующіе органы.

ЗАМѢЧЕННЫЯ ОПЕЧАТКИ.

<i>Стран.</i>	<i>Строк.</i>	<i>Напечатано:</i>	<i>Слѣдуетъ:</i>
9	16 <i>сверху</i>	donee	done
12	10 <i>снизу</i>	509.	109.
41	3 <i>снизу</i>	25 <i>юля</i>	24 <i>юля</i>
45	3 <i>сверху</i>	1 ч. 46 м.	12 ч. 46 м.



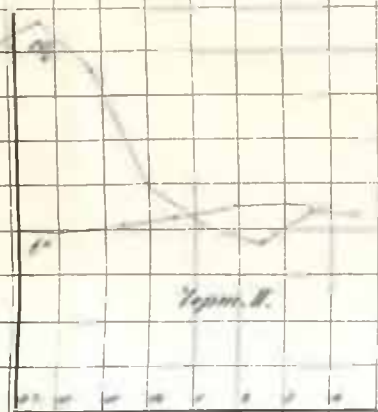


График 1.

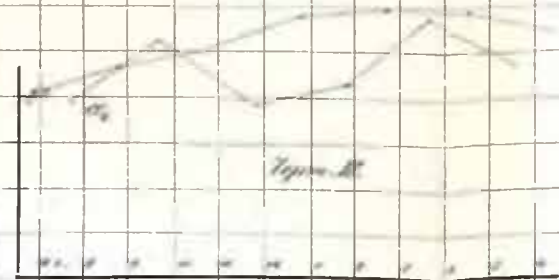


График 2.

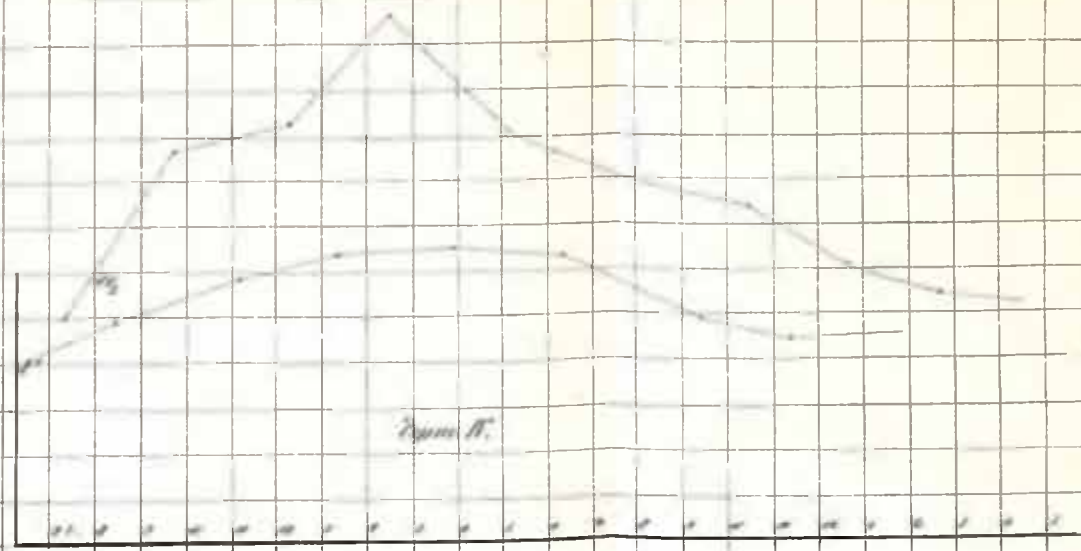


График 3.

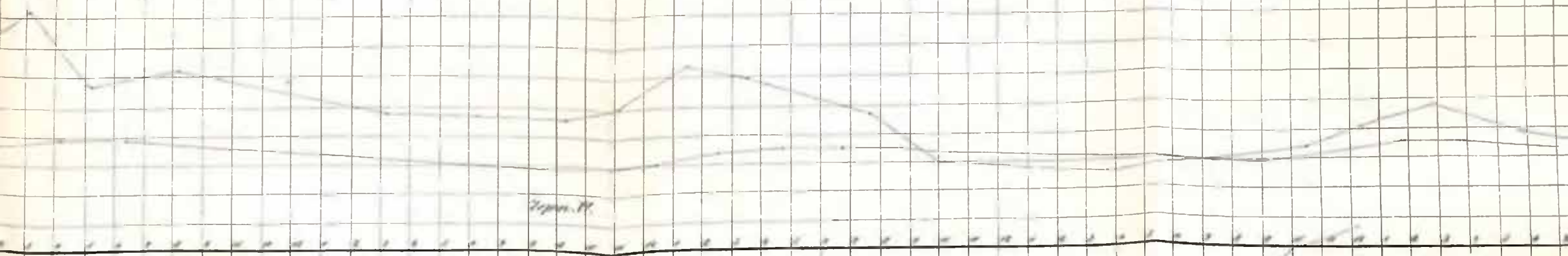


График 4.

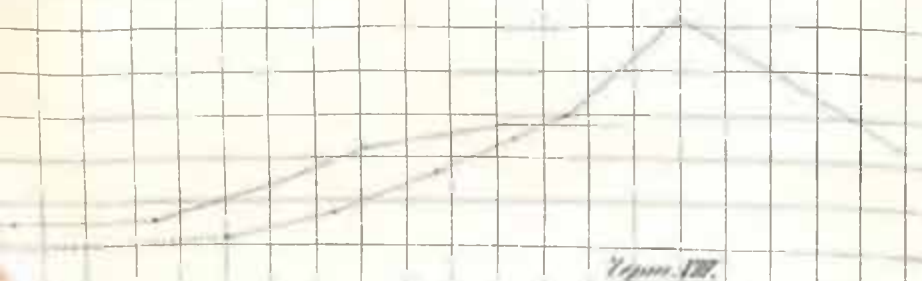


График 5.

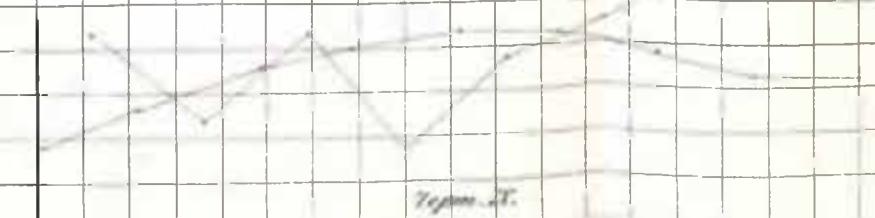


График 6.