

ОБМѢНЪ ВЕЩЕСТВЪ

И

ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ ВЪ РАСТЕНІЯХЪ.

А. Фаминцынъ,

ОРДИНАРНЫЙ ПРОФЕССОРЪ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКАГО УНИВЕРСИТЕТА И АДЪЮНКТЪ ИМПЕ-
РАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.

Фаминцынъ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГЪ.

ТИПОГРАФІА ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.

(Вас. Остр., 9 лин., № 12.)

1883.

Напечатано по распоряженію Императорской Академіи Наукъ.
С.-Петербургъ, Май 1883 г.

Непремѣнный Секретарь, Академикъ *К. Веселовскій*.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

При составленіи предлагаемаго труда я имѣлъ въ виду главнымъ образомъ двѣ цѣли: 1) представить обзоръ нашихъ знаній о питаніи растеній, по возможности полный съ фактической стороны и 2) изложить питаніе растеній сравнительно съ питаніемъ животныхъ. Трудъ мой отличается двумя особенностями. Процессы питанія растеній разсмотрѣны въ немъ съ общей біологической точки зрѣнія; сообразно съ этимъ, процессамъ метаморфоза веществъ, общимъ растеніямъ и животнымъ, придано мною первенствующее значеніе. Процессы ассимиляціи напротивъ того, не смотря на количественное преобладаніе ихъ, сравнительно съ первыми, въ растеніяхъ и на громадную ихъ важность, для поддержанія органической жизни на поверхности земли, поставлены на второй планъ.

Я старался по возможности полно представить фактическую часть, касаясь только вкратцѣ теоретическихъ соображеній, въ противоположность большинству нѣмецкихъ авторовъ, которые удѣляютъ первое мѣсто субъективнымъ теоретическимъ воззрѣніямъ, дѣлая это часто въ ущербъ выясненію фактической стороны. Мнѣ перѣдко

случалось, при чтеніи подобныхъ произведеній, испытывать желаніе увидѣть напечатаннымъ крупнымъ шрифтомъ то, что изображено петитомъ и на оборотъ. Отдавая полную дань уваженія трудамъ нѣмецкихъ ученыхъ, я обращаю вниманіе еще на одну поправку, сдѣланную мною въ изложеніи питанія растеній: я выставилъ гораздо рельефнѣе участіе русскихъ ученыхъ въ разработкѣ данной отрасли знанія, чѣмъ это дѣлаютъ Саксъ и его школа, и надѣюсь, что мнѣ удалось, при возможно безпристрастномъ и объективномъ отношеніи къ дѣлу, показать, что русскіе ученые значительно содѣйствовали разработкѣ питанія растеній.

Съ особеннымъ удовольствіемъ заявляю искреннюю признательность многоуважаемому товарищу моему, Академику Бутлерову, за драгоцѣнные совѣты, которыми онъ неоднократно содѣйствовалъ выполненію этой работы.

ВВЕДЕНИЕ.

Обмѣлъ веществъ и превращеніе энергіи составляетъ одну изъ главнѣйшихъ функцій всякаго живаго существа; съ нею неразрывно связаны всѣ жизненныя отправленія, какъ въ животномъ, такъ и растительномъ организмѣ.

Пока растеніе или животное живо, оно перерабатываетъ принятую пищу сообразно своимъ потребностямъ и строитъ изъ нея свое тѣло: клѣтки, ткани и органы, столь же своеобразныя по формѣ, какъ и по строенію.

Съ прекращеніемъ жизни, химическія превращенія принимаютъ совершенно иной характеръ, вмѣстѣ съ тѣмъ животныя и растенія разрушаются, переходятъ въ разложеніе и постепенно сгниваютъ.

Жизнь живыхъ существъ не переводится на земной поверхности, не смотря на неизбѣжную смерть каждаго отдѣльнаго отдѣлимаго, такъ какъ всѣ животныя и растенія, достигнувъ извѣстнаго возраста, производятъ новыхъ недѣлимыхъ. Послѣднія, отдѣлившись отъ организма матери, съизнова пробѣгаютъ весь циклъ развитія и въ свою очередь упрочиваютъ дальнѣйшее существованіе формы, произведеніемъ новаго поколѣнія. При этомъ, въ каждомъ послѣдующемъ поколѣніи, воспроизводится образъ тождественный съ организмомъ его производимъ, не только по формѣ, но и по строенію, такъ что нерѣдко, по незначительному кусочку, удастся опредѣлить форму, къ которой онъ принадлежить.

По микрохимической щепочки древесины можно напр. отличить хвойныя породы отъ остальныхъ; нерѣдко по одной плодотворной пылинкѣ удастся опредѣлить растеніе, которому она принадлежитъ.

На пріобрѣтенной увѣренности въ постоянствѣ и строгой подчиненности образовательныхъ процессовъ организмовъ опредѣленнымъ и неизмѣннымъ законамъ, зиждется цѣлая отрасль человѣческихъ знаній — *палеонтологія*, одна изъ главныхъ задачъ которой состоитъ въ реставраціи полной картины отжившей флоры и фауны по уцѣлѣвшимъ въ земной корѣ остаткамъ, исчезнувшихъ уже съ лица земли животныхъ и растеній.

Общепринятое обозначеніе живыхъ существъ названіемъ *организмовъ* достаточно ясно свидѣтельствуетъ, что они представляютъ совокупность общихъ признаковъ, отличающихъ ихъ отъ остальной, такъ называемой мертвой природы.

Съ другой стороны, различія въ организаціи растеній и животныхъ столь очевидны, что съ перваго взгляда можетъ даже показаться невозможнымъ существованіе аналогій въ главнѣйшихъ жизненныхъ отправленіяхъ каковы напр. питаніе, дыханіе и размноженіе, въ особенности, если имѣть въ виду высшихъ представителей обоихъ царствъ. Въ самомъ дѣлѣ животныя и человѣкъ обладаютъ способностью не только произвольнаго движенія, но и мышленія, которыхъ нѣтъ у высшихъ растеній. Въ животныхъ и человѣкѣ мы находимъ подъ оболочкою тѣла различныя рѣзко обособленные и легко распознаваемые органы; ничего подобнаго при вскрытіи растеній не оказывается; только при помощи микроскопа удастся внутри растенія различить части, и притомъ не органы, а только ткани. Животное обречено на отыскиваніе пищи и нерѣдко принуждено добывать ее съ опасностью жизни; растеніе, неподвижно прикрѣпленное къ почвѣ, находитъ готовый запасъ пищи въ почвѣ и атмосферѣ. Въ растеніяхъ нѣтъ наконецъ обособленныхъ органовъ дыханія (легкихъ или жаберъ), присущихъ всѣмъ высшимъ животнымъ.

Между тѣмъ, не смотря на эти существенныя различія, въ наукѣ все болѣе и болѣе укореняется воззрѣнiе, что основныя начала жизни животныхъ и растений общи и сходны, и что главнѣйшія функціи ихъ жизни, при болѣе глубокомъ и внимательномъ изученіи, представляютъ чрезвычайно много аналогичнаго.

Первымъ импульсомъ къ розысканію сродства въ жизненныхъ отправленияхъ животныхъ и растений послужили результаты разслѣдованія жизни простѣйшихъ организмовъ. Этими разслѣдованіями былъ нанесенъ рѣшительный ударъ господствовавшему прежде мнѣнію, о существованіи рѣзкой границы между животными и растеніями.

По мѣрѣ того какъ всѣ предлагаемыя характерныя признаки, для отлічія представителей обоихъ царствъ, одинъ за другимъ опровергались, оказываясь несостоятельными, познанія наши въ этой области возрастали, и наконецъ удалось найти рядъ новыхъ фактовъ, совершенно несовмѣстныхъ съ представленіемъ о существованіи рѣзкой границы между животными и растеніями. Пока ученые ограничивались лишь описаніемъ строенія и формы микроскопическихъ существъ, отнесеніе наблюдаемаго организма къ тому или другому царству опредѣлялось субъективнымъ чувствомъ наблюдателя; но положеніе вопроса измѣнилось съ того времени, какъ начали изучать исторію развитія этихъ простѣйшихъ представителей жизни на земной поверхности.

Въ циклѣ развитія большей части этихъ существъ удалось открыть двѣ совершенно различныя стадіи: въ одной изъ нихъ организмъ состоитъ изъ голыи плазмы, движется и обладаетъ совокупностью признаковъ животнаго организма; въ другой остается неподвижнымъ, плазма его оказывается окруженной оболочкою; организмъ живетъ и питается какъ высшіе представители растительнаго царства. Эти двѣ стадіи столь различны, что наблюдатели, ограничивавшіеся только описаніемъ формы изслѣдуемыхъ подъ микроскопомъ организмовъ, относили не рѣдко одинъ и тотъ же организмъ въ растительное или животное царство, смотря по случайно попадавшейся имъ стадіи развитія.

Первыя наблюденія надъ переходомъ простѣйшихъ организмовъ изъ неподвижнаго состоянiя въ подвижное принадлежать Унгеру. Наблюдая одноклѣтную водоросль *Vaucheria*, онъ замѣтилъ, что нѣкоторые изъ концовъ ея зеленой нити отгараживались отъ остальной полости клѣтки поперечной перегородкой, и въ слѣдъ за тѣмъ выпускали въ воду заключенное въ нихъ содержимое. Высвободившись изъ клѣтки, чрезъ узкое отверстiе оболочки, содержимое немедленно округлялось и начинало быстро двигаться въ водѣ въ видѣ темнозеленаго шара; передвиженiя шара были столь быстры, что только съ трудомъ удавалось удерживать его въ полѣ зрѣнiя микроскопа. Они вызывались сплошнымъ слоемъ мелкихъ рѣсничекъ, которыя покрывали шаръ и, движенiемъ своимъ, приводили шаръ (зооспору) въ быстрое вращенiе. Отсутствiе целлюлезной перепонки, присутствiе рѣсничекъ, быстрое и разнообразное движенiе несомнѣнно свидѣтельствовали о преобладанiи, въ этой стадiи развитiя *Vaucheria*, признаковъ животной жизни. Пораженный открытой метаморфозой, Унгеръ описалъ ее въ особой статьѣ, которую озаглавилъ: «растенiе въ моментъ превращенiя въ животное».

Послѣ нѣсколькихъ часовъ движенiя зооспора *Vaucheria* останавливается, теряетъ рѣснички и высачиваетъ по всей поверхности сплошную целлюлезную перепонку. Затѣмъ пускаетъ отроги и разрастается къ верху въ вѣтвистую зеленую нить, къ низу даетъ безцвѣтные отроги, которыми она, на подобiе корней, присасывается къ постороннимъ предметамъ.

Подобныя превращенiя извѣстны въ настоящее время относительно весьма многихъ простѣйшихъ организмовъ и составляютъ одну изъ наиболѣе характерныхъ ихъ особенностей.

Гораздо больше трудностей представляетъ отыскиванiе аналогiй между вышними, наиболѣе типичными представителями обоихъ царствъ. Тѣмъ не менѣе и въ этомъ направленiи удалось уже сдѣлать нѣсколько очень интересныхъ сближенiй. Первыя строго научныя указанiя принадлежатъ Швану; онъ первый

описалъ клѣтку какъ элементарный органъ, положенный въ основу организаціи животныхъ и растений и сходный въ обоихъ царствахъ. Исслѣдованія послѣдняго времени значительно измѣнили понятіе о строеніи клѣтки, но, въ тоже время, не только не поколебали ученія Швана, но подкрѣпили его новыми доказательствами: незамѣченное прежде строеніе плазмы изъ зеренъ и палочекъ, а равно и чрезвычайно сложное строеніе и измѣненія, обнаруженныя въ ядрѣ при его дѣленіи, оказались на столько сходными въ клѣткахъ животныхъ и растений, что иногда невозможно различить на препаратахъ молодыя клѣтки животныхъ и растительныхъ тканей.

Первыя указанія на аналогіи фізіологическихъ функцій растений съ животными относятся до полового размноженія; существованіе половъ у растений, открытое Линнеемъ и положенное имъ въ основѣ искусственной системы, въ настоящее время находится внѣ сомнѣнія. Особенно цѣнныя данныя получились изъ розысканій падъ споровыми растеніями; открытіе у нихъ половыхъ органовъ размноженія: антеридій съ подвижными сѣмепными тѣлами и архегоній (оогоній) съ основной, оплодотворяемой клѣткой, а также возможность прослѣдить у нихъ половой актъ на цѣльномъ живомъ растеніи подъ микроскопомъ, дали возможность вполнѣ выяснить этотъ процессъ и убѣдиться въ тождествѣ его, до мельчайшихъ деталей, съ соотвѣтствующимъ процессомъ животныхъ организмовъ.

Столь же точную и опредѣленную аналогію удастся установить въ настоящее время между растеніями и животными по отношенію къ двумъ другимъ главнѣйшимъ жизненнымъ функціямъ — къ дыханію и питанію. Изложеніе этихъ процессовъ въ растеніяхъ и проведеніе параллели между ними и соотвѣтствующими отправлениями животныхъ составляютъ одну изъ главныхъ задачъ моего труда.

Сообразно съ этимъ взглядомъ, я придаю первенствующее значеніе процессамъ питанія общимъ въ растеніяхъ и животныхъ. Всѣмъ извѣстно, что животныя питаются на счетъ органи-

ческихъ соединеній, приготовляемыхъ растеніями; они поѣдаютъ или непосредственно растенія, или же другихъ животныхъ, которыя питаются растительною пищею, т. е. другими словами строятъ свое тѣло изъ органическихъ соединеній заранее приготовленныхъ растеніями. Исслѣдованія послѣдняго времени показали, что, подобно животнымъ, растенія нуждаются въ готовыхъ органическихъ соединеніяхъ для построенія клѣтокъ, тканей и органовъ.

Существенное различіе въ питаніи ихъ отъ животныхъ заключается лишь въ томъ, что, за немногими исключеніями, растенія сами вырабатываютъ необходимыя органическія соединенія изъ неорганическихъ и могутъ развиваться совершенно нормально при посредствѣ немногихъ минеральныхъ солей, воды и углекислоты, между тѣмъ какъ животныя лишены этой способности.

Выработанныя растеніемъ органическія соединенія переносятся, по его тканямъ, въ мѣста новообразованій и служатъ пластическимъ матеріаломъ при ихъ построеніи; происходящіе при этомъ химическіе процессы, въ наиболѣе существенныхъ чертахъ, сходны съ соотвѣтствующими реакціями въ животныхъ.

Независимо отъ того, относится ли организмъ къ животному или растительному царству, требуемый пластическій матеріалъ оказался составленнымъ изъ бѣлковыхъ тѣлъ, жировъ и углеводовъ; переработка его сопровождается всегда поглощеніемъ кислорода (дыханіемъ) и сжиганіемъ части пищи въ воду и углекислоту; при этомъ выдѣляется тепловая энергія, которая или цѣликомъ потребляется организмомъ или образуется въ избыткѣ и въ этомъ случаѣ, можетъ быть указана термометромъ.

Этими признаками рѣзко отличаются химическія реакціи, сопровождающія построеніе организованныхъ образованій, отъ реакцій синтеза органическихъ соединеній, въ особенности отъ наиболѣе своеобразной изъ нихъ — переработки углекислоты и воды въ углеводы, которая неразрывно связана съ поглощеніемъ свѣтовой энергіи и съ выдѣленіемъ кислорода въ газообразномъ состояніи.

Предлагаемый трудъ представляетъ изложеніе питанія растеній съ общей біологической точки зрѣнія и состоитъ изъ четырехъ главъ и заключенія.

Въ первой главѣ собраны наиболѣе интересные факты касательно химическаго состава растеній. Въ началѣ помѣщенъ перечень органическихъ соединений, найденныхъ въ растеніяхъ; въ составъ его вошли исключительно соединенія съ опредѣленнымъ химическимъ строеніемъ и при томъ только такія, относительно которыхъ доказано, что они найдены въ растеніяхъ готовыми и не принадлежатъ къ продуктамъ распада составныхъ частей растенія, получаемыхъ при обработкѣ его реактивами.

Соединенія органическія распределены въ группы, сообразно ихъ сходству. Въ концѣ перечня приведены группы тѣлъ мало разслѣдованныхъ, но болѣе или менѣе важныхъ для жизни растеній: алкалоиды, бѣлковыя тѣла, пектиновыя, красящія и горькія вещества, изъ которыхъ четыре послѣднія группы соединены въ одну подъ названіемъ: индифферентныя тѣла. Только наиболѣе извѣстныя изъ нихъ включены мною въ перечень. При этомъ считаю нужнымъ прибавить, что составляя перечень, я имѣлъ лишь въ виду представить въ систематическомъ порядкѣ главнѣйшія изъ составныхъ частей растеній, оставляя совершенно въ сторонѣ перечисленіе всѣхъ растеній, въ которыхъ приведенныя соединенія были до сихъ поръ найдены.

За перечнемъ слѣдуетъ описаніе микрохимическихъ реакцій и добытыя, при посредствѣ ихъ, указанія относительно распределенія органическихъ соединений внутри растительной клѣтки и по органамъ растеній. Наконецъ собраны наиболѣе интересные данныя касательно состава золы и распределенія ея по органамъ и тканямъ растеній.

Во второй главѣ изложены химическіе процессы, сопровождающіе построеніе организованныхъ образованій (клѣтокъ, тканей, органовъ) изъ органическихъ соединений, или такъ называемого пластическаго матеріала.

Въ этой главѣ, озаглавленной: «питаніе растеній органиче-

скими соединеніями» прежде всего помѣщены изслѣдованія надъ прорастаніемъ растеній, когда все молодое растеніеце разрастается главнымъ образомъ на счетъ органическихъ соединеній, отложенныхъ въ сѣмени. Затѣмъ слѣдуетъ питаніе 1) листоносныхъ побѣговъ, 2) почекъ, 3) цвѣтовъ, 4) плодовъ, 5) ствола, вѣтвей и 6) корня, на счетъ пластическаго матеріала, приготовляемаго самимъ растеніемъ, при посредствѣ свѣта и переносимаго въ парастающія части; кромѣ того 8) питаніе насѣкомоядныхъ растеній насѣкомомыми, равно и 9) питаніе паразитовъ и сапрофитовъ. Наконецъ, вслѣдъ за химическими метаморфозами пластическаго матеріала, помѣщены разслѣдованія надъ сопровождающемъ ихъ обмѣномъ газовъ между растеніемъ и атмосферой т. е. надъ поглощеніемъ кислорода и выдѣленіемъ углекислоты растеніемъ. Обмѣнъ этотъ, обозначаемый названіемъ дыханія, оказался столь же необходимымъ для жизни растеній, какъ и животныхъ.

Предметъ третьей главы составляетъ синтезъ органическихъ соединеній. Сперва излагается синтезъ свойственный хлорофиллопоснымъ растеніямъ, которыя могутъ вырабатывать всѣ необходимыя органическія соединенія изъ смѣси немногихъ минеральныхъ солей, углекислоты и воды; за тѣмъ — синтезъ въ растеніяхъ лишенныхъ хлорофилла, названный въ отличіе отъ перваго синтезомъ неполнымъ, такъ какъ не содержація хлорофилла растенія требуютъ, для своего развитія, кромѣ минеральныхъ солей и воды, еще одного изъ тройныхъ углеродистыхъ соединеній, построеннаго изъ углерода, кислорода и водорода.

Въ четвертой главѣ помѣщены разслѣдованія надъ обмѣномъ веществъ растеній съ окружающей средой и надъ передвиженіемъ газообразныхъ, жидкихъ и твердыхъ тѣлъ внутри растенія.

Въ заключеніи я помѣстилъ краткій очеркъ работъ, имѣвшихъ цѣлью проведеніе аналогіи между питаніемъ растеній и животныхъ и закончилъ статью сравненіемъ питанія представителей обоихъ царствъ.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	СТР.
Предисловіе.....	III
Введеніе.....	V
Оглавленіе.....	XIII

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Химическій составъ растеній.

Органическія соединенія въ растеніяхъ.

Перечисленіе органическихъ составныхъ частей растеній.....	5
Микрохимическія реакціи.....	41
Распредѣленіе органическихъ соединеній въ клѣткахъ.....	56
Распредѣленіе органическихъ соединеній по тканямъ растеній...	69

Неорганическія составныя части растеній.

Составныя части золы.....	102
Составъ золы цѣльныхъ растеній.....	116
Составъ золы органовъ растеній.....	125
Составъ золы растенія и его органовъ въ разныя стадіи развитія.	156
Микрохимическія изслѣдованія надъ составомъ и распредѣленіемъ минеральныхъ отложеній въ растеніяхъ.....	162

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Питаніе растеній органическими соединеніями.

Общій обзоръ и характеристика этого процесса питанія.....	187
---	-----

Проростаніе цвѣтковыхъ растеній.

Составъ сѣмянъ.....	191
Аморфные ферменты и вызываемыя ими превращенія.....	196
Проростаніе въ темнотѣ.....	208
» на свѣтѣ.....	223
Обмѣлъ газовъ растеній, при проростаніи, съ окружающею средой	232
<i>Питаніе листоносныхъ побѣговъ, вѣтвей и ствола.....</i>	<i>251</i>
» <i>цвѣтковъ и плодовъ.....</i>	<i>267</i>
» <i>луковизъ, клубней и корней.....</i>	<i>278</i>
» <i>насъкомоядныхъ растеній.....</i>	<i>285</i>

	СТР.
<i>Питаніе зеленыхъ паразитныхъ растений</i>	299
» <i>цвѣтковыхъ растений, лишенныхъ хлорофилла</i>	300
» <i>грибовъ</i>	301
Различные взгляды на дыханіе растений.....	323
Фосфоресценція.....	330

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Синтезъ органическихъ соединеній.

Характеристика этого процесса.....	336
------------------------------------	-----

1) Синтезъ органическихъ соединеній въ растеніяхъ, снабженныхъ хлорофилломъ.

А. *Опредѣленіе необходимыхъ составныхъ частей пищи и участія корней и листьевъ въ принятіи сырой пищи.*

Участвіе корней въ принятіи сырой пищи.

Разсѣдованія надъ принятіемъ минеральныхъ составныхъ частей пищи корнями,

при посредствѣ	{	анализовъ золы растенія въ различные періоды	
		произрастанія.....	339
		культуры въ искусственной почвѣ.....	343

Участвіе листьевъ въ принятіи сырой пищи.

Усвоеніе листьями углекислоты.....	378
------------------------------------	-----

Отношеніе объема поглощенной углекислоты и выдѣленнаго кислорода..... 384

Вліяніе парціальнаго давленія углекислоты на разложеніе ея листьями 384

Связь разложенія углекислоты съ освѣщеніемъ листа..... 394

Опредѣленіе предѣльнаго количества углекислоты, разлагаемой срѣзаннымъ листомъ 394

Разложеніе углекислоты верхнею и нижнею поверхностями листа 396

Зависимость разложенія углекислоты отъ напряженности свѣта 398

Вліяніе лучей различной преломляемости на разложеніе углекислоты зелеными частями растеній..... 409

Различные приемы (кромѣ газометрическаго), употребляемые для изсѣдованія разложенія углекислоты листьями..... 418

Усвоеніе листьями кислорода, азота и амміака изъ атмосферы...	422
---	-----

Б. Синтезъ органическихъ соединенийъ въ растеніяхъ, изъ минеральныхъ составныхъ частей сырой пищи.

Реакціи синтеза, происходящія только въ присутствіи свѣта:

Синтезъ крахмала и сахара	445
Синтезъ маслообразныхъ жирныхъ тѣлъ на свѣтѣ	458
Образованіе и разрушеніе хлорофилла и нѣкоторыхъ другихъ пигментовъ въ зависимости отъ свѣта	461
Попытки замѣнить углекислоту въ питаніи хлорофиллоносныхъ растеній другими источниками углерода	477
Реакціи синтеза органическихъ соединенийъ въ растеніяхъ, происходящія безъ содѣйствія свѣта	482
Питаніе водорослей	485

В. Объ источникѣ энергіи, заимствуемой растеніями извне, для построенія органическихъ соединенийъ и для другихъ жизненныхъ отправленій.

Общія понятія и попытки опредѣлить количество солнечной энергіи, поглощаемой растеніями	490
Химическія реакціи, вызываемыя солнечной энергіей въ растеніяхъ	500
Механическія дѣйствія солнечной энергіи на растенія	529
Синтезъ органическихъ соединенийъ въ пасѣкомоядныхъ растеніяхъ и зеленыхъ цвѣтковыхъ паразитахъ	542

2) Синтезъ органическихъ соединенийъ въ растеніяхъ, лишенныхъ хлорофилла.

Синтезъ органическихъ соединенийъ въ грибахъ	546
Измѣненія, вызываемыя простѣйшими грибами въ субстратахъ, служащихъ для ихъ развитія	576
Обмѣнъ газовъ, сопровождающій питаніе грибовъ и броженіе	613

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

Обмѣнъ веществъ между растеніями и окружающей средой.

Обмѣнъ веществъ между голою плазмой и окружающей средой	622
Обмѣнъ веществъ клетки, снабженной оболочкой, съ окружающей средой	680