

547

Л. 859 е.е.

Н. Прянишниковъ.

14528

Министерство Строения
БѢЛКОВЫХЪ ВЕЩЕСТВЪ

II

ИХЪ ОСНОВНЫХЪ ПРЕВРАЩЕНІЙ

въ растительномъ и животномъ организмѣ.

(Докладъ на 2-мъ Менделѣевскомъ съѣздѣ).



МОСКВА.

Типо-лит. В. Рихтеръ, Тверская, Мамоновскій пер., соб. домъ.

1913.

Handwritten signature

Д. Н. Прянишниковъ.

Белорусского
547
Отд. Ш. 859 е. е
Инв. № 14528
Института

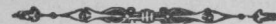
ЕДИНСТВО СТРОЕНИЯ
БѢЛКОВЫХЪ ВЕЩЕСТВЪ

И

ИХЪ ОСНОВНЫХЪ ПРЕВРАЩЕНІИ

въ растительномъ и животномъ организмѣ.

(Докладъ на 2-мъ Менделѣевскомъ съѣздѣ).



МОСКВА.

Типо-лит. В. Рихтеръ, Тверская, Мамоновскій пер., соб. домъ.
1913.

Единство строенія бѣлковыхъ веществъ и ихъ основныхъ превращеній въ растительномъ и животномъ организмѣ.

Д. Н. Прянишниковъ.

(Докладъ на II Менделѣевскомъ съездѣ).

Насколько охотно на первыхъ ступеняхъ развитія естествознанія противопоставляли растительное царство животному на основаніи очевидныхъ для каждаго различій, настолько же тщательно въ послѣдующіе періоды начали отыскивать черты сходства между тѣмъ и другимъ, иногда не сразу замѣтныя, но оттого не менѣе глубокія.

Эти черты сходства чаще всего отмѣчались морфологами, констатировавшими единство организаціи кѣтки растительной и животной; но постепенно накаплиются данныя къ установленію извѣстной степени единства физиологическаго, нѣкоторыхъ общихъ чертъ въ основномъ процессѣ превращенія тѣхъ веществъ, которыя являются матеріальной основой жизни; мы разумѣемъ бѣлковыя вещества, безъ участія которыхъ мы не знаемъ случаевъ проявленія жизни.

Въ томъ періодѣ, когда преимущественно наклонны были противопоставлять растительное царство животному, преувеличивали даже различія химическаго состава того и другого ряда организмовъ.

Такъ еще во времена Лавуазье наклонны были думать, что присутствіе азота характерно для животныхъ, а растеніе вырабатываетъ лишь безазотистыя вещества; всего лишь около 100 лѣтъ тому назадъ (1809) было констатировано, что сѣмена растеній содержатъ азотистыя вещества, подобныя бѣлкамъ животнаго царства¹⁾.

Но не скоро могло измѣниться старое представленіе, будто образованіе азотистыхъ веществъ составляетъ привилегію животнаго царства; когда въ 30-хъ годахъ Буссенго показалъ, что

¹⁾ Правда еще раньше Вессагъ въ сочиненіи „De frumento“ (Вопонія, 1747 г.) сообщилъ, что онъ выдѣлилъ изъ пшеничной муки «растительное» и «животное» начало (т. е. крахмалъ и клейковину); но сколько нибудь удовлетворительный качественный анализъ, доказавшій присутствіе въ растительныхъ веществахъ, не только С, О и Н, но также N и S, былъ сдѣланъ лишь въ 1809 году.

Опечатка на стран. 9, строка 7-я снизу:
напечатано: лицинъ слѣдуетъ читать: лизинъ

вегетативныя части содержатъ азотъ, это казалось новымъ фактомъ. Сохранились выдержки изъ переписки Бунзена съ однимъ путешественникомъ, который сообщилъ свое наблюдение, что, когда при изверженіи вулкана лава дошла до травы, то распространился запахъ амміака, и спрашивалъ, какъ объяснить этотъ фактъ. „Недавно Буссенго показалъ, что трава содержитъ азотъ; она очевидно и была источникомъ амміака“, отвѣчалъ Бунзенъ.

Въ 1836 году тотъ же Буссенго произвелъ количественный анализъ ряда растительныхъ бѣлковъ; онъ же первый въ опредѣленной формѣ выставилъ положеніе, что бѣлки въ организмѣ травоядныхъ происходятъ изъ бѣлковъ пищи, ими потребляемой. Въ 1841 г. Буссенго поставилъ опыты съ взрослыми травоядными при поддерживающемъ кормѣ и показалъ равенство прихода и расхода азота въ животномъ организмѣ. Теперь намъ странно читать, что на основаніи этихъ опытовъ между прочимъ подчеркивался выводъ о неучастіи воздуха въ снабженіи животнаго организма азотомъ.

Исслѣдованіе растительныхъ бѣлковъ, начатое во Франціи Дюма и Буссенго, въ Германіи было широко поставлено Либихомъ наряду съ предпринятымъ послѣднимъ изученіемъ бѣлковъ и животнаго происхожденія. Либихъ установилъ извѣстное единство характера бѣлковъ растительныхъ и животныхъ, несмотря на недостаточное постоянство элементарнаго состава тѣхъ и другихъ, и сдѣлалъ существенное для химіи бѣлковъ заключеніе, что гораздо важнѣе изучать ближайшіе продукты распада бѣлковъ при гидролизѣ, чѣмъ умножать число элементарныхъ анализовъ.

Изъ приведенной таблицы видно, что между растительными и животными бѣлками нельзя провести опредѣленной грани по элементарному составу; въ то же время этотъ послѣдній внутри каждой группы обнаруживаетъ извѣстныя колебанія (въ отличіе напр. отъ углеводовъ, гдѣ тѣла извѣстной группы могутъ обладать однимъ и тѣмъ же строго постояннымъ элементарнымъ составомъ, при различіи между свойствами отдѣльныхъ изомеровъ въ другихъ отношеніяхъ).

Хотя Либихъ совершенно правильно намѣтилъ путь для развитія химіи бѣлковъ, указавши на важность изученія ближайшихъ компонентов этой сложной молекулы, но должно было пройти около полстолѣтія, пока методы органической химіи усовершенствовались настолько, чтобы можно было изучить продукты гидролиза съ качественной и количественной стороны и установить, что дѣйствительно сложная частица бѣлка построена такъ изъ другихъ молекулъ, какъ эти послѣднія строятся изъ атомовъ, что есть извѣстный рядъ звеньевъ, на которые съ постоянствомъ раз-

дробляется частица бѣлка, подвергается ли она дѣйствию кислотъ или ферментовъ, и даже при болѣе разрушительномъ дѣйстви щелочей и окислителей тѣ же основные компоненты подвергаются ряду дальнѣйшихъ превращеній. Эти звенья сравниваютъ съ кирпичами, изъ которыхъ строится зданіе, но это сравненіе не совсемъ отвѣчаетъ дѣйствительности (лучше имѣть въ виду постройку изъ тесанаго камня), потому что кирпичи похожи одинъ на другой, а продукты распада бѣлковой молекулы представляютъ рядъ различныхъ тѣлъ съ особенной для каждой химической характеристикой (въ этомъ смыслѣ нѣмецкое выраженіе „Bausteine“) является болѣе удачнымъ).

Эти компоненты являются одними и тѣми же и въ растительныхъ, и въ животныхъ бѣлкахъ; теперь насчитываютъ 18 такихъ веществъ, изъ которыхъ (въ разныхъ соотношеніяхъ взятыхъ) строится молекула бѣлка. При всемъ разнообразіи этихъ 18 веществъ они имѣютъ нѣчто общее между собой—это все тѣла общей формулы $R^m(NH_2)COOH$, т. е. *аминокислоты*; наличность въ нихъ кислотной (карбоксильной) и основной (аминной) группъ придаетъ имъ двойственный характеръ: въ нихъ ослаблены свойства и кислоты и основанія, но все же они могутъ давать соли и съ основаніями и съ кислотами, или, какъ говорятъ, представляютъ изъ себя *амфотерные электролиты*; но соли эти непрочно, они въ сильной степени подвергаются въ водныхъ растворахъ гидролитической диссоціаціи.

Бросимъ бѣглый взглядъ на прилагаемый перечень этихъ веществъ (табл. I). Первый простѣйшій членъ ряда—*аминоуксусная кислота* (гликоколь) извѣстенъ еще съ 1820 г., когда онъ былъ полученъ Braconnot при кипяченіи желатины съ сѣрной кислотой; онъ отличается отъ всѣхъ послѣдующихъ членовъ тѣмъ, что не вращаетъ плоскости поляризаціи (нѣтъ ассимметрическаго атома С) изъ слѣдующихъ членовъ отмѣтимъ *аспарагиновую кислоту*, играющую большую роль въ жизни растений, если не въ качествѣ свободной кислоты, то въ видѣ ея амида—аспарагина; сама по себѣ аспарагиновая кислота болѣе заслуживаетъ названія кислоты, чѣмъ большинство другихъ компонентовъ бѣлка, такъ какъ въ ней кислотныя свойства усилены наличностью двухъ карбоксильныхъ группъ. Въ концѣ списка аминокислотъ жирнаго ряда стоитъ *аминокапроновая кислота* (лейцинъ), извѣстный также съ 1820 года какъ и гликоколь, количественно сильнѣе представленный; въ большинствѣ бѣлковъ это наиболѣе легко констатируемая видная составная часть.

Далѣе идутъ такія тѣла, въ которыхъ не одна, а двѣ группы NH_2 ; поэтому въ нихъ преобладаетъ основной характеръ надъ

Продукты гидролиза.	Бѣлки								
	Эдестинъ (изъ конопли).	Эдестинъ (хлопчатникъ).	Эдестинъ (подсолнечникъ).	Эдестинъ (тыква).	Легуминъ (горохъ).	Экскельзинъ (Bertholletia).	Амандинъ (миндаль).	Гладиинъ (пшеница).	Гладиинъ (рожь).
Гликоколь . . .	3,8	1,2	2,5	0,08	1,0	0,6	0,5	0,9	0,13
Аланинъ . . .	3,6	4,5	4,5	+	2,8	2,3	1,4	2,7	1,3
Аминовалерьяновая к. . .	+	+	0,6	0,7	1,0	1,5	0,2	0,3	—
Лейцинъ . . .	20,9	15,5	12,9	4,7	8,2	8,7	4,4	6,0	6,3
Серинъ . . .	0,33	0,4	0,2	—	—	—	—	0,12	0,06
Цистинъ . . .	0,25	—	—	—	—	—	—	0,45	—
Аспарагиновая к.	4,5	2,9	3,2	4,5	4,0	3,8	5,4	1,3	0,25
Глютаминовая к.	6,3	17,2	13,0	13,4	16,3	13,0	23,1	36,5	33,8
Лизинъ . . .	1,0	—	—	—	5,0	1,6	0,7	0	0
Аргининъ . . .	11,7	—	—	—	4,6	16,0	11,8	3,4	2,2
Фенилгалачинъ .	2,4	3,9	4,0	2,6	2,0	3,5	2,5	2,6	2,7
Тирозинъ . . .	2,1	2,3	2,0	1,4	2,8	3,0	1,1	2,4	1,2
Пролинъ . . .	1,7	2,3	2,8	1,7	2,3	3,6	2,4	2,4	9,8
Оксипролинъ . .	2,0	—	—	—	—	—	—	—	—
Триптофанъ . .	+	+	+	—	—	+	+	1,0	+
Гистидинъ . . .	1,7	—	—	—	1,1	1,4	1,6	1,7	0,4
Аммиакъ . . .	—	—	—	—	—	1,8	3,7	5,1	5,1

можно было дать каждой изъ нихъ свою характеристику по этому признаку.

Можно съ увѣренностью утверждать, что молекулы растительныхъ и животныхъ бѣлковъ не только построены изъ одного и того же матерьяла (тѣхъ же аминокислотъ), но и способъ спайки этого матерьяла одинъ и тотъ же. Это доказывается тѣмъ, что одни и тѣ же ферменты расщепляютъ бѣлки и того и другого происхожденія, какъ напр., трипсинъ въ кишечникѣ животныхъ; (точно также и обратно, протеолитическій ферментъ, выдѣленный изъ проростающихъ сѣмянъ, подвергаетъ гидролизу фибринъ ¹⁾). Извѣстно, что ферменты отличаются крайней специфичностью своего дѣйствія, они не дѣйствуютъ на тѣла даже близкостоящія къ тѣмъ, къ которымъ ихъ дѣйствіе приоровлено; напр. изъ оптическихъ изомеровъ одинъ поддается дѣйствію фермента, а

ныхъ веществъ отличались бы постоянствомъ и находились бы другъ къ другу въ томъ же отношеніи, какъ молекулярные вѣса отдѣльныхъ аминокислотъ); есть основаніе полагать, что въ образованіи частицы бѣлка участвуютъ не менѣе 40 болѣе простыхъ молекулъ; такъ какъ число извѣстныхъ продуктовъ лишь 18, то очевидно нѣкоторые изъ нихъ (какъ лейцинъ) участвуютъ не одной молекулой, а нѣсколькими въ построеніи сложной молекулы.

¹⁾ См. Буткевичъ, Регрессивный метаморфозъ бѣлковыхъ веществъ etc. стр. 49.

Земль (манго).	Гордениъ (ячмень).	Глютеинъ (пшеница).	Конгютинъ (люпинъ).	Авенинъ (овесъ).	Бѣлокъ изъ сѣмянъ сосны.	Альбуминъ яйца.	Казеинъ молока.	Глистонъ изъ зобн. железы.	Глобинъ (изъ гомогл. лоп.).	Фибронинъ шелка.	Кератинъ (изъ рога).	Кератинъ (изъ волосъ).	Клей.
0,0	0,0	0,9	0,8	1,0	0,6	0	0	0,5	0	36,0	0,45	4,7	16,5
2,2	0,4	4,6	2,5	2,5	1,8	2,7	0,9	3,5	4,2	21,0	1,6	1,5	0,8
0,3	0,13	0,24	1,1	1,8	+	—	1,0	—	—	0	4,5	0,9	1,0
18,6	5,7	6,0	6,7	15,0	6,2	20,0	10,5	11,8	29,0	1,5	15,3	7,1	2,1
0,6	—	0,7	+	—	0,08	0,6	0,23	—	0,6	1,6	1,1	0,6	0,4
—	—	0,02	—	—	—	2,3	0,06	—	0,3	—	7,5	10 ^{0/0}	—
1,4	—	0,9	3,0	4,0	1,8	3,1	1,2	0	4,4	+	2,5	0,3	0,56
18,3	36,3	23,4	19,5	18,4	7,8	7,7	11,0	0,5	1,7	0	17,2	3,7	0,9
0	0	1,9	2,1	—	0,25	—	5,8	6,9	4,3	+	0,2	1,1	2,7
1,2	2,2	4,7	6,6	—	10,9	—	4,8	15,5	5,4	1,0	2,7	4,5	7,6
4,9	5,0	2,0	3,1	3,2	1,2	3,1	3,2	2,2	4,2	1,5	1,9	0	0,4
3,6	1,7	4,2	2,1	1,5	1,7	2,1	4,5	5,2	1,5	10,5	3,6	3,2	0
6,5	13,7	4,2	2,6	5,4	2,8	1,0	3,1	1,5	2,3	+	3,7	3,4	5,2
—	—	—	—	—	—	—	0,2	—	—	—	—	—	3,0
0	—	+	+	—	+	+	1,5	—	+	—	—	—	0
0,4	1,3	1,7	0,6	—	0,62	—	2,6	1,5	11,0	+	—	0,6	0,40
3,6	1,9	4,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

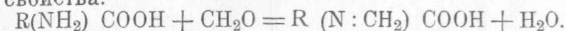
другой стереоизомеръ остается нетронутымъ; очевидно должно быть извѣстное сходство въ конфигураціи, въ способѣ расположенія атомовъ въ ферментѣ и въ расщепляемомъ имъ тѣлѣ, „подобно тому, какъ ключъ долженъ подходить по формѣ къ отверстию замка“ (Э. Фишеръ).

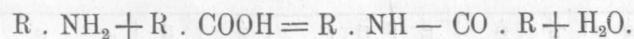
Поэтому общность ферментовъ для бѣлковъ растительнаго и животнаго происхожденія является доказательствомъ одинаковаго характера связей въ тѣхъ и другихъ.

Какъ же именно связаны между собой названныя выше ближайшія составныя части въ бѣлковой молекулѣ?

Уже a priori сдѣлано было заключеніе (Hofmeister), что въ образованіи этой связи должны принимать участіе какъ карбоксильныя, такъ и аминныя группы аминокислотъ, такъ какъ бѣлокъ обладалъ бы или щелочными, или кислотными свойствами, если бы въ каждой аминокислотѣ связана была только кака-либо одна изъ противоположныхъ группъ (NH₂ или—COOH) ¹⁾; далѣе, такъ какъ распадъ бѣлка есть процессъ гидролитическій, то естественно было предположить, что при образномъ процессѣ спаиванія происходитъ выдѣленіе воды такимъ образомъ:

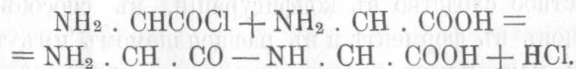
¹⁾ Если одна изъ названныхъ группъ связывается, то другая получаетъ преобладаніе; такъ аминокислоты, вступая въ реакцію своей аминной группой съ формальдегидомъ, пріобрѣтаютъ ясно выраженныя кислотныя свойства:





Эти предположения нашли экспериментальное подтверждение в синтетических работах Э. Фишера, который показал, что аминокислоты действительно склонны давать парные соединения друг с другом, при чем карбоксильная группа одной частицы вступает в реакцию с аминной группой другой, выделяя воду. Таким путем можно соединять по две частицы как одной и той же аминокислоты, так и различных кислот; далее от двухчленного соединения можно переходить к трех-, к четырехчленному, последовательно удлиняя цепь, но все время сохраняя определенное представление о строении каждого продукта. Весь этот класс соединений Э. Фишер назвал полипептидами (аналогично поласахаридам), обозначая отдельные члены, согласно числу звеньев в цепи, как дипептиды, трипептиды, декапептиды и т. д.

Не входя здесь в описание способов получения полипептидов, дадим лишь схематичное представление об одном из методов, именно, если взять хлорангидрид какой-либо аминокислоты (напр. простейшей аминокислоты) и поддействовать на свободную аминокислоту, то с отнятием HCl получим дипептид:



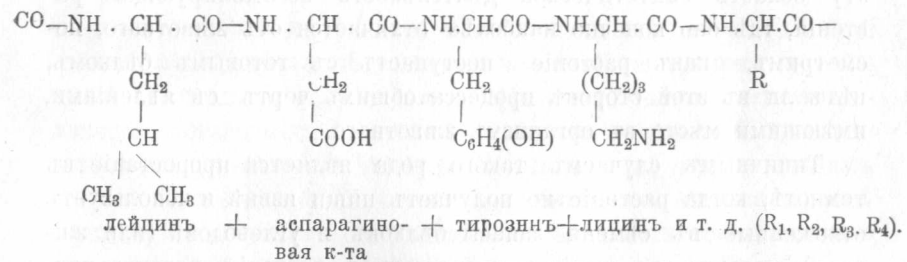
Таким же образом можно спаивать гликоколь с лейцином, лейцин с тирозином, с основаниями (содержащими по несколько групп NH₂), с цистином (содержащим S), с любой аминокислотой, удлиняя затем ряд нанизываемых новых звеньев, при чем с этим удлинением быстро растет число изомеров для каждого полипептида, различающихся разным порядком расположения отдельных звеньев. В настоящее время приготовлено и изучено свыше 100 полипептидов, при чем самый сложный из них состоит из 18 членов молекул (отдельных аминокислот) и имеет молекулярный вес 1213.

Синтезированные Фишером полипептиды обнаружили во многих отношениях сходство с альбумозами и пептонами (с тем положительным отличием, что полипептиды являются вполне определенными химическими индивидуумами, а пептоны представляют неопределенную смесь). Так, они большей частью дают биуретовую реакцию (единственная реакция, зависящая не от наличия того или иного отдельного звена цепи, а от характера связи нескольких звеньев), многие осаждаются при на-

сыщении растворов сернокислым аммонием (свойство белков и альбумоз); затем весьма существенным является факт, что искусственные полипептиды, если они соответственно построены из тех же стереоизомеров, какие входят в состав природных белков, *расщепляются под влиянием ферментов* (трипсина) на отдельные члены (аминокислоты). При искусственном введении в организм животного такие полипептиды подвергаются тому же ряду превращений, как и белок, их азот выделяется в конце концов через почки в виде мочевины или замещающих ее веществ (Abderhalden).

К этим косвенным доказательствам наличия пептидной группировки в белках недавними работами Фишера и Абдергальдена прибавлено было и конечное прямое — им удалось выделить из продуктов неполного гидролиза природных белков некоторые полипептиды, *тождественные с определенными, синтетически полученными полипептидами*. Между прочим такие полипептиды были выделены при неполном гидролизе глина — белка, обуславливающего свойства клейковины в зернах пшеницы.

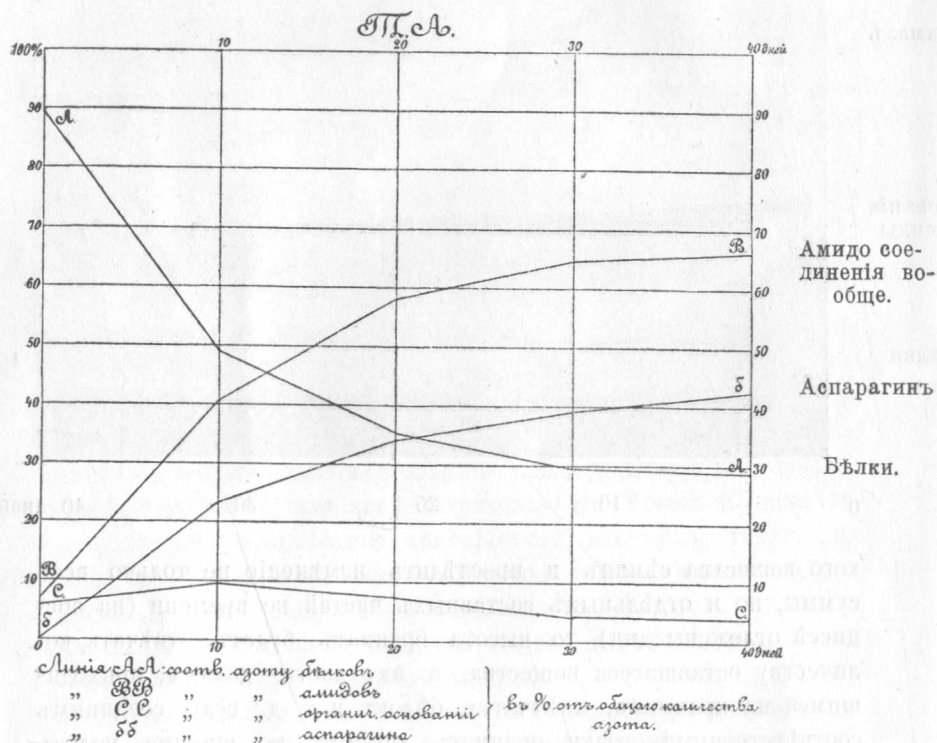
Таким образом теперь можно считать окончательно установленным, что в белковой молекуле, будь то белок растительного или животного происхождения, те же самые компоненты (аминокислоты) связаны между собой по тому же типу R—CO. NH—R (амидная связь); схематически строение белковой молекулы мы можем изобразить так:



Представляется ли эта цепь вытянутой в линию, или замыкается кольцом, пока нельзя сказать с точностью (так же нельзя еще утверждать, что кроме означенного рода связи ни какие другие не играют роли). Но по видимому только четыре органа и принимают непосредственное участие в образовании

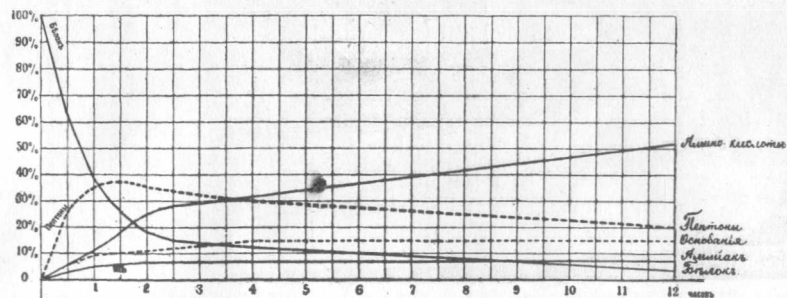
тистыхъ веществъ представлена амидосоединеніями, среди кото-рыхъ главное мѣсто принадлежитъ аспарагину; на аспарагинъ можетъ приходиться 60% (Vicia) и даже 75% (Lupinus) отъ всего азота въ продуктахъ распада бѣлка, чего не наблюдается при распадѣ подѣ влияніемъ ферментовъ и кислотъ. На слѣдующихъ графикахъ сопоставляется распадъ бѣлка подѣ влияніемъ разведенной кислоты съ превращеніями при проростаніи, при чемъ ординаты на этотъ разъ отвѣчаютъ % отъ общаго азота, приходящемуся на данную группу веществъ.

Рис. 2-й. Ходъ распада бѣлковъ при проростаніи (распре-дѣленіе N).



На рис. 2-мъ ходъ кривыхъ изображаетъ постепенное накопленіе амидосоединеній при проростаніи, а рис. 3-й распадъ бѣлка подѣ влияніемъ разведенной сѣрной кислоты (при кипяченіи). Ординаты отвѣчаютъ % отъ общаго азота для каждого вещества (или группы веществъ). Для растений характерно видное участіе аспарагина; въ общемъ кривая накопленія амидосоединеній даетъ какъ бы зеркальное изображеніе кривой для распада бѣлка. При кислотномъ же гидролизѣ, вообще болѣе быстромъ, кромѣ отсут-

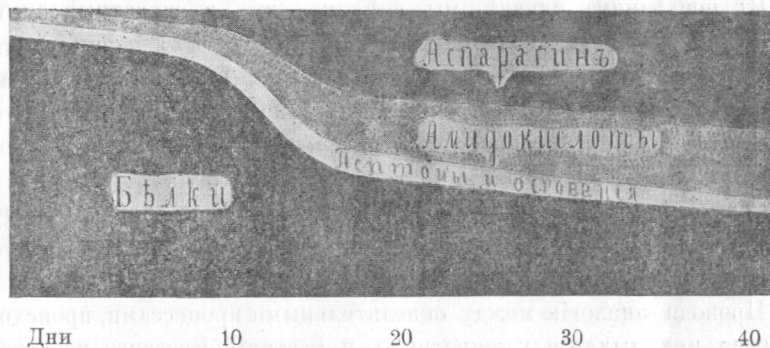
Рис. 3-й. Гидролизъ бѣлка подѣ влияніемъ разведенныхъ кислотъ (распредѣленіе азота между продуктами гидролиза).



ствія аспарагина характерно большее накопленіе промежуточныхъ продуктовъ (пептоновъ), вслѣдствіе чего кривая для аминокислотъ не является обратнымъ изображеніемъ кривой для бѣлка ¹⁾.

На рис. 4 и 5 ради наглядности тѣ же процессы даны въ графическомъ изображеніи, построенномъ нѣсколько иначе, а именно, ординаты для отдѣльныхъ группъ веществъ отсчитывались не каждый разъ отъ линіи абсциссъ, а надстраивались одна

Рис. 4-й. Распаденія бѣлковъ при проростаніи.

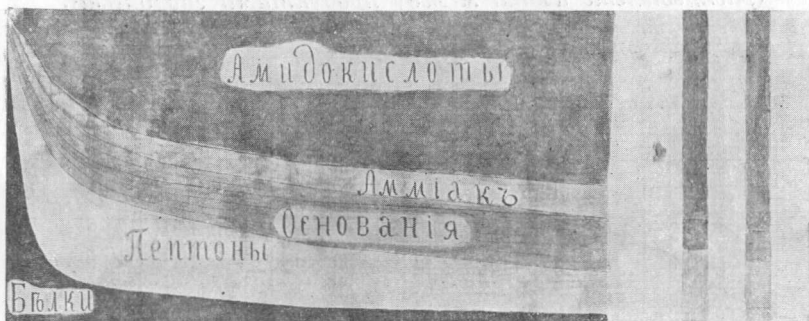


надъ другой; поэтому здѣсь ширина полосы, заключенной между отдѣльными линіями, характеризуетъ накопленіе тѣхъ или иныхъ составныхъ частей.

Такимъ образомъ, если процессъ распаденія бѣлковъ при проростаніи сравнить съ гидролитическимъ распадомъ, происходящимъ въ организмѣ животныхъ подѣ влияніемъ ферментовъ, или въ

¹⁾ Эти изображенія заимствованы изъ работъ автора 1895 года (о распаденіи бѣлковыхъ веществъ при проростаніи) и 1903 года. (Къ характеристикѣ растительныхъ бѣлковъ. Извѣстія Моск. С.-Хоз. Инст. 1895 и 1903 гг.)

Рис. 5-й. Распаденія подѣ вліяніемъ кислоты.



Часы 12 24 96 часы

лабораторномъ опытѣ подѣ вліяніемъ кислотъ, то съ перваго взгляда можно замѣтить существенное различіе, состоящее въ значительномъ накопленіи амидовъ (аспарагина или глутамина)¹⁾.

Однако степень различія или сходства съ животнымъ организмомъ будетъ зависѣть отъ того, съ чѣмъ сравнивать названный процессъ, съ тѣмъ ли только, что происходитъ въ пищеварительныхъ органахъ животнаго, или съ тѣмъ—что происходитъ въ крови, или наконецъ со всей совокупностью этихъ процессовъ.

Въ послѣднемъ случаѣ мы найдемъ, что и животный организмъ превращаетъ значительную часть азотистыхъ веществъ въ амидъ (мочевину), но только этотъ амидъ выводится изъ организма по мѣрѣ его образованія; на эту аналогію давно указалъ Буссенго, писавшій раньше тѣхъ авторовъ, мнѣніе которыхъ получило затѣмъ преобладаніе въ ботанической литературѣ, и тѣмъ не менѣе съ ясностью показавшій такія общія черты между обменомъ веществъ въ растеніи и въ животномъ, которыя отъ другихъ ускользнули.

Проводя аналогію между окислительными процессами, происходящими при дыханіи у животрыхъ и растеній, Буссенго не ограничивался превращеніями углеводовъ, но и въ превращеніяхъ бѣлковыхъ веществъ находилъ общія черты между этиолованнымъ растеніемъ и животнымъ, приписывая въ томъ и другомъ случаѣ существенную роль участію кислорода, какъ это видно изъ слѣдующихъ его словъ:

„Животное, хотя бы простѣйшей организаціи, не ограничи-

¹⁾ Количество ихъ таково, что для ихъ образованія недостаточно той части аспарагиновой (или глутаминовой) кислоты, которая образуется при гидролизѣ бѣлка.

вается при дыханіи выдѣленіемъ тепла, воды, углекислоты; часть бѣлка, который имъ потребляется, превращается, благодаря окислительному дѣйствію процесса дыханія, въ кристаллическое азотистое соединеніе, мочевину, которое и находятъ въ выдѣленіяхъ; при дыханіи растенія, живущаго въ темнотѣ, подобное измѣненіе бѣлка не можетъ быть въ той же мѣрѣ нагляднымъ, такъ какъ растенія лишены выдѣлительныхъ органовъ, но въ сокахъ, наполняющихъ клѣточки, находятъ другое кристаллическое начало, аспарагинъ, который есть также амидъ, какъ и мочевина, и который также превращается легко въ аспарагиново—кислый аммиакъ, какъ мочевина,—въ углекислый аммиакъ¹⁾“.

Однако слѣдующіе за Буссенго авторы, работавшіе по вопросу объ аспарагинѣ, начали съ того, что отвергли его основной взглядъ; инициаторомъ этого иного направленія явился извѣстный фیزیологъ Пфефферъ (1872), взгляды котораго надолго повліяли на направленіе работъ по аспарагину въ Германіи, они же сказались на нѣкоторое время и на тѣхъ формулировкахъ, какія давались по этому вопросу извѣстнымъ представителемъ агрономической химіи Э. Шульце, который, располагая иного рода наблюденіями, все же долгое время не рѣшался отвергнуть мнѣніи Пфеффера, опредѣленно господствовавшее по крайней мѣрѣ въ нѣмецкой литературѣ. По Пфефферу аспарагинъ, или кристаллоидъ является удобной транспортной формой для азотистыхъ веществъ сѣмени; онъ образуется въ сѣменодоляхъ насчетъ бѣлковъ и легко диффундируетъ, проникая къ точкамъ роста, гдѣ вмѣстѣ съ притекающей глюкозой опять даетъ бѣлокъ.

Такимъ образомъ распадъ бѣлковъ съ образованіемъ аспарагина Пфефферъ приравниваетъ къ тѣмъ процессамъ, которые происходятъ въ пищеварительномъ трактѣ животныхъ; при такой постановкѣ конечно приходится признать, что въ растеніи бѣлки распадаются иначе, чѣмъ при обычномъ гидролитическомъ распадѣ подѣ вліяніемъ кислотъ и ферментовъ; по этому представленію аспарагинъ долженъ бы накопляться въ росткахъ въ большихъ количествахъ только тогда, когда обнаруживается недостатокъ углеводовъ, необходимыхъ для регенераціи бѣлковыхъ веществъ.

¹⁾ Agronomie, chimie agricole et physiologie, t. IV (также Comptes Rendus, 58). Мы не продолжаемъ, цитаты изъ окупчанія которой видно, что Буссенго все сказанное относить только къ этиолованному растенію, ему было извѣстно изъ собственныхъ опытовъ, что на свѣту когда начинается ассимиляція, аспарагинъ исчезаетъ; поэтому неправильно приписывать Буссенго взглядъ на аспарагинъ, какъ на отбросъ вообще (Pfeffer).

Въ 1878 году появилось изслѣдованіе Бородина, который показалъ, что образованіе аспарагина есть общераспространенный процессъ и высказалъ мнѣніе, что бѣлокъ въ живой клеткѣ постоянно распадается съ образованіемъ аспарагина и вновь регенерируется, если имѣются углеводы въ подходящей формѣ. Хотя въ работѣ Бородина и не былъ затронутъ вопросъ сравненія съ животнымъ организмомъ, но для насъ очевидно, что съ его точки зрѣнія процессъ распада бѣлка и образованія аспарагина долженъ сравниться съ распадомъ бѣлковъ въ тканяхъ, а не съ ферментативнымъ расщепленіемъ въ желудкѣ или кишечникѣ. Представленіе же Пфеффера объ аспарагинѣ, какъ о транспортной формѣ азотистыхъ веществъ, сближаетъ процессъ образованія аспарагина въ сѣмени по его значенію для растенія, съ процессомъ подготовленія азотистой пищи въ пищеварительныхъ органахъ животного. Но въ то время на эту сторону обращено было недостаточное вниманіе, и на Западѣ продолжало господствовать воззрѣніе Пфеффера въ его первоначальной формѣ.

Однако Э. Шульце, изслѣдуя въ агрономической лабораторіи Цюрихскаго Политехникума процессъ проростанія методами макрхимическими, наблюдалъ въ росткахъ люпиновъ нѣкоторыя явленія, не согласующіяся съ такими предположеніями. Именно, оказалось, что накопленіе аспарагина происходитъ главнымъ образомъ въ первыя стадіи развитія, когда запасъ углеводовъ еще не исчерпанъ, а замедляется какъ разъ въ то время, когда послѣднее приходитъ къ концу; затѣмъ, распределеніе аспарагина также оказалось обратнымъ тому какого слѣдовало бы ожидать по схемѣ Пфеффера: концентрація раствора аспарагина въ росткахъ была ~~гораздо~~ выше, чѣмъ въ сѣменодоляхъ.

Для объясненія этого явленія Шульце высказалъ въ 1888 году нѣсколько предположеній, а именно: 1) аспарагинъ мѣнѣе пригоденъ для регенераціи бѣлка, чѣмъ сопутствующія ему аминокислоты, и потому при постоянномъ распадѣ и обратномъ образованіи бѣлка накапливаются его избытки (гипотеза А); 2) аминокислоты (лейцинъ, тирозинъ и др.) являются главными первичными продуктами распада бѣлка, но далѣе они претерпѣваютъ вторичный распадъ съ выдѣленіемъ азотистаго остатка, который съ безазотистыми веществами (яблочной, янтарной кислотами) даетъ аспарагинъ (гипотеза В); 3) по гипотезѣ С, всѣ азотистыя соединенія въ этиолированномъ растеніи являются результатомъ синтеза изъ продуктовъ глубокаго распада бѣлка.

Хотя Шульце старался въ то время согласовать свои выводы со взглядами ботаниковъ-фізіологовъ, но тѣмъ не мѣнѣе очевидно,

что первое изъ этихъ предположеній въ одномъ отношеніи прямо противоположно взглядамъ Пфеффера, по которому аспарагинъ есть какъ бы вещество, специально предназначенное для регенераціи бѣлка; но въ другомъ отношеніи наблюдается совпаденіе съ Пфефферомъ, именно аспарагинъ разсматривается, какъ первичный продуктъ [распада бѣлка. Второе же предположеніе, въ томъ и другомъ отношеніи, противорѣчитъ взглядамъ Пфеффера, но оно могло бы быть вполне согласовано со взглядомъ Буссенго, если бы вообще Шульце считался съ нимъ.

Въ 1889 году появилась работа Палладина „Вліяніе кислорода на распадъ бѣлковыхъ веществъ“, въ которой сообщались наблюденія надъ распадениемъ бѣлковыхъ веществъ у растеній, развивающихся въ бескислородной средѣ; главный выводъ автора тотъ, что образованіе аспарагина есть процессъ окислительный, требующій присутствія кислорода воздуха (выводъ этотъ, оспаривавшійся Clausen'омъ, впоследствии подтвержденъ Годлевскимъ). Если бы эти наблюденія въ были большей мѣрѣ приняты во вниманіе тогда, то они могли бы быть хорошо согласованы со второй гипотезой Шульце и послужить къ ея развитію въ смыслѣ продолженія взглядовъ Буссенго¹⁾. 14528

Авторъ настоящаго сообщенія, изучая въ 1893—4 году обмѣнъ веществъ у *Vicia sativa* (слѣдовательно, объекта, богатаго крахмаломъ), пришелъ къ выводу, что и въ этомъ случаѣ накопленіе аспарагина имѣетъ мѣсто съ самаго начала, когда о недостаткѣ углеводовъ не можетъ быть и рѣчи, что аспарагинъ сосредоточивается въ росткахъ (гдѣ онъ долженъ бы потребляться на образованіе бѣлка), а не въ сѣменодоляхъ, что искусственное питаніе углеводами не вызывало уменьшенія количества разъ образовавшагося аспарагина. Предполагаемая регенерація бѣлка изъ аспарагина никѣмъ не наблюдалась (въ этиолированномъ растеніи); поэтому авторъ высказался тогда за взглядъ, противоположный Пфефферу, взглядъ Буссенго, въ то время (въ 90-хъ годахъ) совершенно оставленный (и даже отчасти забытый²⁾; какъ выше сказано, Буссенго, изучавшій образованіе аспарагина гораздо ранѣе, чѣмъ

¹⁾ По крайней мѣрѣ теперь такая послѣдовательность представилась бы естественной; тогда же Палладинъ склонялся къ третьей гипотезѣ Шульце (см. „Вліяніе кислорода etc.“, стр. 21).

²⁾ Въ нѣмецкой статьѣ 1894 г., отмѣтивши несогласіе съ господствовавшимъ воззрѣніемъ фактовъ, наблюдаемыхъ въ опытѣ съ *Vicia sativa*, авторъ далѣе писалъ такъ:

„Es bleibt nur die Annahme übrig, dass das Asparagin ein im Lebensprozess aus den Eiweisstoffen entstehendes Nebenprodukt ist, das somit in den wachsenden Theilen der etiolirten Pflanzen sich ansammeln muss

Пфефферъ, видѣлъ въ этомъ процессѣ аналогію съ образованіемъ мочевины въ животномъ организмѣ ¹⁾).

aber der grünen Pflanze ähnlich zur Eiweissbildung dienen kann, wie andere stickstoffhaltige Verbindungen (Salpetersäure, Ammoniak)“.

„Unwillkürlich wird man an die Ansicht von Boussingault erinnert, nach welcher das Asparagin in der etiolierten Keimpflanze ein ebensolches Produkt der Eiweissoxydation ist, wie der Harnstoff im Thierorganismus; wie das Asparagin, so kann auch der Harnstoff nicht zu Eiweiss regeneriert werden, und, während der Harnstoff aus dem Thierorganismus entfernt wird, sammelt sich im Zellsaft der etiolierten Pflanzen das Asparagin an. Wenn aber unter dem Einfluss von Licht in der Pflanze die synthetischen Prozesse überhand nehmen, so hört dann die Analogie mit dem Thierorganismus auf, das Asparagin wird von der Pflanze verbraucht“ (Pranischnikow. Zur Kenntniss der Keimungsvorgänge bei Vicia sativa. Landw. Vers. Stationen, XLV, стр. 265-я, 1894 г.).

Какъ мы отмѣтили выше, работа надъ Vicia sativa (1894) содержала общій учетъ прихода и расхода составныхъ частей ростковъ за 40 дней проростанія въ темнотѣ; кромѣ распредѣленія азота, этотъ учетъ позволилъ сдѣлать извѣстные выводы и относительно судьбы углерода и водорода, именно, принявши во вниманіе наличность среди продуктовъ распада бѣлковъ болѣе богатыхъ С и Н соединений, чѣмъ аспарагинъ, авторъ пришелъ къ выводу, что если водородъ можетъ не оказаться въ замѣтномъ избыткѣ, то углеродъ долженъ бы оставаться въ извѣстномъ количествѣ (если принять въ расчетъ образованіе изъ бѣлка тѣхъ количествъ аспарагина, камино валерьяновой и лейцина, к-ья были найдены въ проросткахъ Vicia sativa); поставивъ подъ вопросомъ образованіе углеводовъ изъ бѣлка вообще и отнесясь отрицательно къ строгости вывода, что такое образованіе непременно должно представлять окислительный процессъ, авторъ высказалъ тогда, что слѣдуетъ допустить окисленіе части углерода при процессѣ распада бѣлка въ растеніяхъ, связанномъ съ образованіемъ аспарагина не только на основаніи приведеннаго расчета, а еще и по слѣдующему соображенію: „если бы распаденіе бѣлковъ при проростаніи было простымъ расщепленіемъ (сопровождаемымъ гидратаціей) на амидосоединенія, то можно бы представить обратную регенерацію бѣлка изъ продуктовъ его распадѣнія безъ ассимиляціи; а изъ упомянутого выше опыта Пфеффера нужно заключить, что такая регенерація невозможна: люпины, росшіе на свѣту, но лишеныя возможности усвоить, накопили массу аспарагина“.

„Поэтому скорѣе можно думать, что вышеупомянутый углеродный остатокъ существуетъ и вѣроятно подлежитъ окисленію (курсивъ 1912 г.) но если изъ него образуются углеводы, то нѣтъ нужды непременно предполагать, что они возникаютъ путемъ окисленія“ (О распадѣнн бѣлковыхъ веществъ при проростаніи, Москва, 1895). (см. также Извѣстія С. X. И. за 1895 г.).

Такимъ образомъ въ этой работѣ признавалось участіе окислительныхъ процессовъ при распадѣ бѣлковъ съ образованіемъ аспарагина, но образованіе углеводовъ считалось не доказаннымъ (ср. стр. 29 и 32). Вопросъ о томъ, является ли аспарагинъ при этомъ первичнымъ или вторичнымъ продуктомъ, въ работѣ 1895 года не затрагивался авторомъ.

¹⁾ Насколько извѣстно автору, E. Schulze до тѣхъ поръ ни разу

Эти взгляды Буссенго хорошо согласовались, на мой взглядъ какъ съ моими наблюденіями надъ Vicia sativa, такъ и со всѣми извѣстными въ то время фактами; поэтому я въ своей работѣ 1894 года цѣликомъ присоединился къ этому отвергнутому одними и забытому другими воззрѣнію ¹⁾).

Насколько это шло въ разрѣзъ съ господствовавшими въ 90-хъ годахъ представленіями, видно изъ соответственнаго отзыва въ извѣстномъ руководствѣ по физиологіи растеній Пфеффера (1897 г., 2-е изд.), который нашелъ, что сравненіе аспарагина съ мочевиной, допущенное мной вслѣдъ за Буссенго, во всякомъ случаѣ ошибочно («unter allen Umständen irrig»).

Однако въ томъ же 1897 году, при продолженіи работъ по химизму проростанія, у меня получились данныя, позволявшія еще болѣе подчеркнуть эту аналогію между аспарагиномъ и мочевиной; именно при детальномъ изученіи, путемъ ежедневныхъ анализовъ измѣненія въ скорости распада бѣлка и образованія аспарагина получились данныя, говорящія за вторичное образованіе аспарагина.

На рис. 5 изображенъ ходъ распада бѣлка при проростаніи гороха, при иномъ способѣ построенія кривыхъ, чѣмъ на ранѣе приведенныхъ изображеніяхъ, именно здѣсь ординаты изображаютъ *суточные скорости* распада бѣлка и образованія аспарагина (эти скорости вычисляются путемъ вычитанія показаній для двухъ смежныхъ дней, при чемъ эти показанія для азота бѣлка и азота аспарагина выражены въ % отъ общаго азота). Здѣсь видно, во-первыхъ, что обнаруживается своя „большая кривая“ въ процессѣ распада бѣлка и накопленія аспарагина, а во-вторыхъ, что кривая образованія аспарагина, первоначально идущая значительно ниже кривой распада бѣлка, къ концу опыта обнаруживаетъ наклонность пересѣкаться съ послѣдней.

На слѣдующемъ рисункѣ (6-мъ) нанесены данныя для такого же опыта съ Vicia Faba; здѣсь видны тѣ же соотношенія—къ концу опыта кривая для аспарагина пересѣкается съ кривой распада бѣлковъ—слѣдовательно аспарагина образуется больше, чѣмъ распадается бѣлка (по расчету на азотъ), тогда какъ въ

даже не цитировалъ въ своихъ работахъ взглядовъ Буссенго, и во всякомъ случаѣ съ ними не считался при построеніи своихъ воззрѣній,

¹⁾ Цитируемъ по позднѣйшему источнику: Бѣлковые вещества и ихъ превращенія въ растеніи въ связи съ дыханіемъ и ассимиляціей (Извѣстія М. С. X. И. 1899 г.), такъ какъ протоколы Ботанич. Отдѣленія О. Л. А. Естеств. въ которомъ дѣлались сообщенія въ 1897 году, не напечатаны (имѣется рукописный конспектъ).

началь опыта имѣеть мѣсто обратное соотношеніе между этими двумя процессами. Вотъ еще одинъ опытъ (рис. 7) изъ той же серіи (1897 года) для растенія съ сѣменами иного состава (меньше углеводовъ, преобладаетъ бѣлокъ).

Отсюда сдѣланъ былъ такой выводъ 1): „Значить, въ концѣ періода проростанія аспарагинъ образуется не только насчетъ

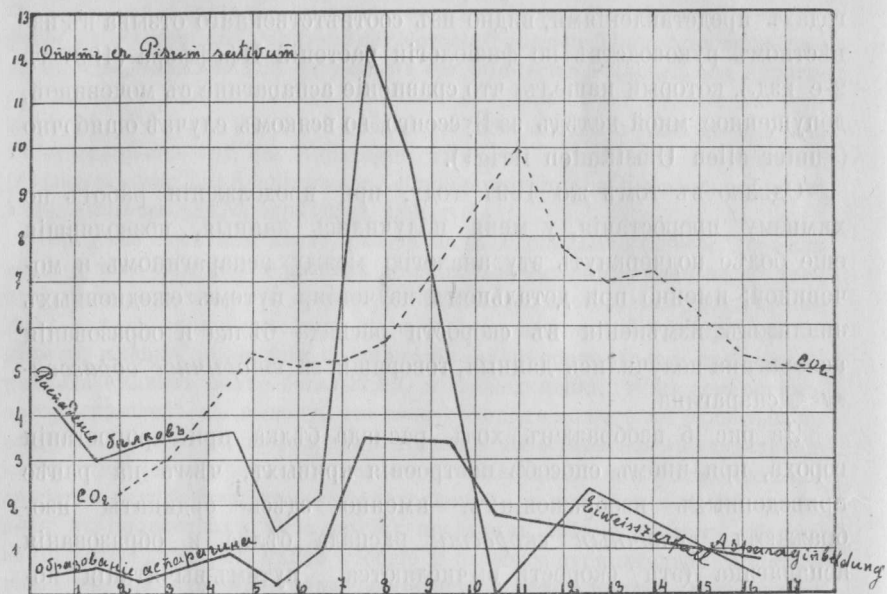


Рис. 6.

бѣлка, а и на счетъ другихъ азотистыхъ веществъ; такими веществами, очевидно, должны быть аминокислоты...“ (стр. 45) „остается

1) Въ 1896 году появилась статья Loew'a „Das Asparagin in pflanzenchemischer Beziehung“ (Chem Zeit. № 16), содержащая нѣкоторыя утвержденія, вполнѣ оправдавшіяся впоследствии, но не оказавшія въ то время замѣтнаго вліянія, потому что наряду съ ними высказаны были построенія совершенно произвольныя, какъ напр. представленіе о синтезѣ бѣлковой молекулы путемъ конденсаціи аспарагиноваго альдегида. Въ качествѣ же вѣрныхъ выводовъ можно отмѣтить слѣдующее: 1) признаніе изъ трехъ гипотезъ Шульце гипотезы В, чему черезъ годъ дано было фактическое подтвержденіе авторомъ настоящей статьи и Merlis'омъ; 2) взглядъ на аспарагинъ, какъ на удобную форму отложенія растеніемъ воспринятаго извнѣ амміака, также впоследствии подтвердившійся, но лишь теперь, при ретроспективномъ разборѣ этой работы, ясно видно, что въ ней было правильнаго, тогда же (1896 году) трудно было это выдѣлнить изъ сопутствующаго матеріала совѣтъ н той цѣнности.

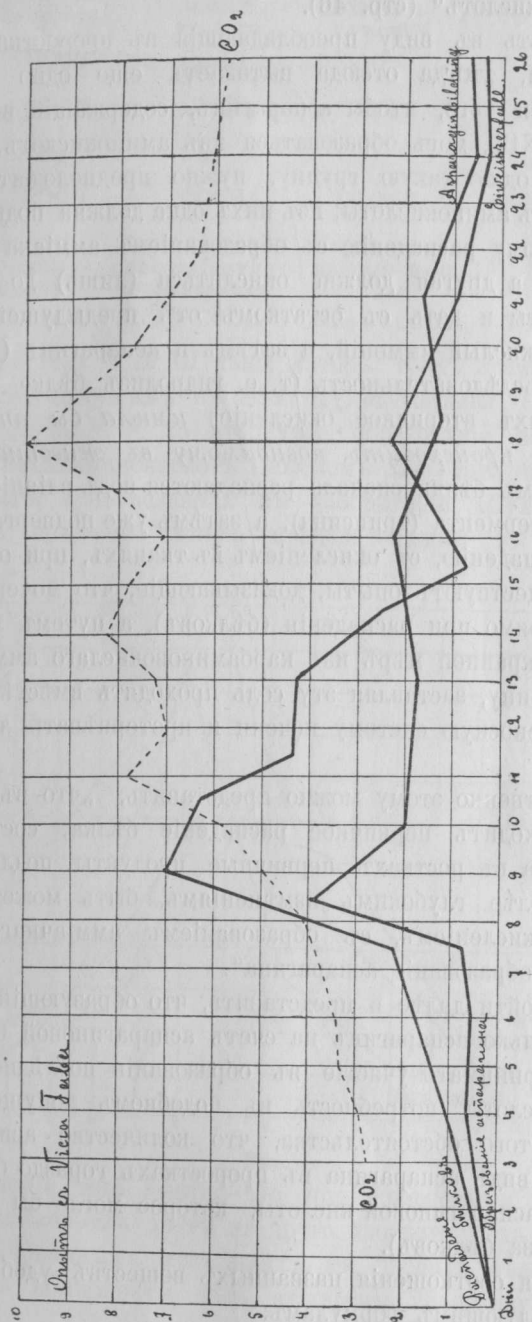


Рис. 7.

заклѣчить, что возможно *вторичное* образование аспарагина на счетъ аминокислотъ“ (стр. 46).

Если имѣть въ виду преобладающія въ проросткахъ моноаминокислоты, „тогда отсюда вытекаетъ еще одно вѣроятное слѣдствіе: для того, чтобы аспарагинъ, содержащій въ частицѣ двѣ группы NH₂, могъ образоваться изъ аминокислотъ, содержащихъ лишь одну такую группу, нужно предположить участіе *двухъ* частицъ аминокислоты; изъ нихъ одна должна подвергнуться болѣе глубокому распаденію съ образованіемъ амміака (вѣроятно окисленію...), а другая должна окислиться (лишь) до аспарагиновой кислоты и дать съ остаткомъ отъ предыдущей частицы аспарагиновокислый аммоній, а затѣмъ и аспарагинъ (ibidem)“.

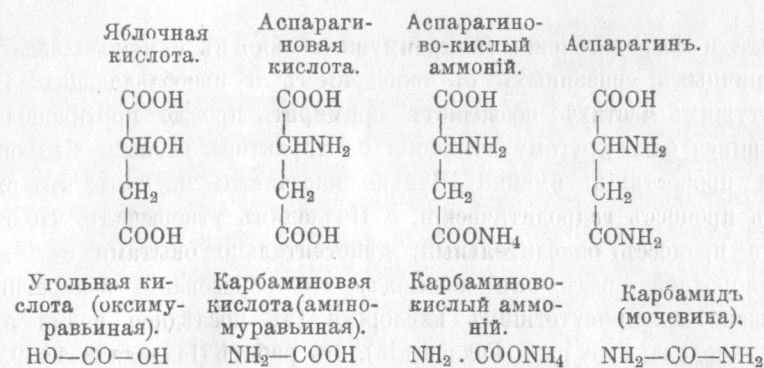
„Такая послѣдовательность (т. е. гидролизъ бѣлка до аминокислотъ и ихъ вторичное окисленіе) имѣла бы аналогію съ тѣмъ, что происходитъ повидимому въ животномъ организмѣ¹⁾: тамъ бѣлки сначала распадаются подъ вліяніемъ гидролизующаго фермента (трипсина), а затѣмъ уже подвергаются вторичному распаденію, съ окисленіемъ въ тканяхъ, при образованіи амміака; существуютъ опыты, доказывающіе, что мочевины образуется не прямо при распаденіи (бѣлковъ), а путемъ вторичнаго синтеза; по крайней мѣрѣ изъ карбаминовокислаго аммонія получаютъ мочевины, заставляя эту соль проходить вмѣстѣ съ кровью черезъ кровеносную систему печени и претерпѣвать тамъ дегидратацию“.

Соотвѣтственно этому можно представить, „что въ сѣменодоляхъ происходитъ первичное распаденіе бѣлка, состоящее въ гидратаци, а въ росткахъ первичные продукты подлежатъ вторичнымъ болѣе глубокимъ измѣненіямъ, быть можетъ связаннымъ съ окисленіемъ, съ образованіемъ амміачнаго остатка, идущаго на образованіе аспарагина“.

Можно пойти далѣе и представить, что образующійся амміакъ даетъ не только аспарагинъ на счетъ аспарагиновой кислоты, и можетъ принимать участіе въ образованіи послѣдней на счетъ яблочной кислоты (потребность въ подобномъ допущеніи вытекаетъ изъ того обстоятельства, что количество аспарагиновой кислоты въ видѣ аспарагина въ проросткахъ гораздо больше того количества аспарагиновой кислоты, которое могло бы получиться отъ гидролиза бѣлковъ).

Взаимныя соотношенія названныхъ веществъ удобно прослѣдить по слѣдующимъ формуламъ:

¹⁾ Курсивъ цитаты (не оригинала).



Въ 1898 году и Э. Шульце, авторъ трехъ возможныхъ гипотезъ, построенныхъ имъ въ 1888 году, высказался¹⁾ окончательно за гипотезу В, т. е. за вторичное образование аспарагина на счетъ другихъ аминокислотъ (поводомъ для этого послужила работа Merlis'a, произведенная въ лабораторіи Шульце одновременно съ опытами автора, произведенными въ Москвѣ въ 1897 году).

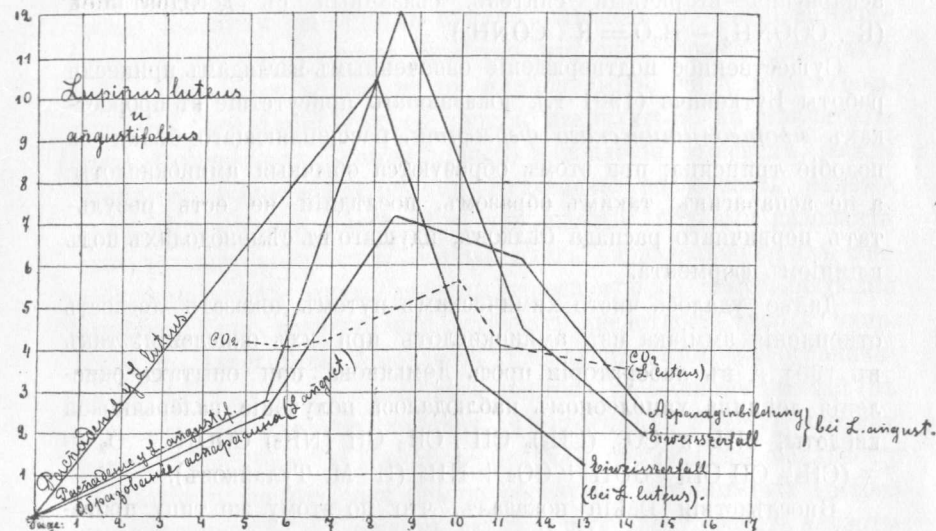


Рис. 8.

Разъясненіе того факта, что при проростаніи мы имѣемъ дѣло съ наложеніемъ другъ на друга двоякаго рода процессовъ, а именно первичныхъ, состоящихъ въ распадѣ бѣлковой молекулы на ея компоненты подъ вліяніемъ гидролизующаго фер-

¹⁾ Zeitschr. f. physiol. Ch. 1898.

мента и сосредоточенных преимущественно въ сѣменодоляхъ, и вторичныхъ, связанныхъ съ окисленіемъ и преобладающихъ въ растущихъ частяхъ, позволяетъ примирить прежде противоположавшіяся одно другому воззрѣнія на характеръ распада бѣлковъ при проростаніи; именно Шульце настаивалъ на томъ, что это есть процессъ гидролитическій, а Палладинъ утверждалъ, что это есть процессъ окислительный; дѣйствительно опытами въ безкислородной средѣ онъ показалъ, что образование аспарагина связано съ присутствіемъ кислорода (въ послѣднее время это подтвердилъ еще разъ Годлевскій). Въ работѣ Палладина 1889 г. содержится даже описаніе попытки получить аспарагинъ прямо изъ бѣлка путемъ окисленія, приведшей къ отрицательнымъ результатамъ; въ этой попыткѣ проявилось правильное предвидѣніе фізіологическаго смысла процесса и стремленіе уловить стадію, въ которой происходитъ окисленіе; послѣднее дѣйствительно здѣсь имѣетъ мѣсто, но, какъ выяснилось теперь, какъ вторая фаза, послѣ которой нужна еще одна стадія для образования аспарагина—вторичный синтезъ, связанный съ дегидратаціей ($R \cdot COONH_4 - H_2O = R \cdot CONH_2$).

Существенное подтвержденіе означеннымъ взглядамъ принесли работы Буткевича (1901 г.), доказавшаго присутствіе въ проросткахъ *протеолитическаго фермента*, расщепляющаго бѣлки на подобіе трипсина; при этомъ образуются обычныя аминокислоты, а не аспарагинъ; такимъ образомъ, послѣдній не есть результатъ первичнаго распада бѣлковъ, идущаго въ сѣменодоляхъ подъ вліяніемъ фермента.

Далѣе удалось чисто химическимъ путемъ доказать легкость отщепленія амміака изъ аминокислотъ при ихъ окисленіи; такъ въ 1901 г. въ лабораторіи проф. Демьянова при опытахъ окисленія лейцина хамелеономъ наблюдалось полученіе валерьяновой кислоты, NH_3 и CO_2 , $(CH_3)_2 CH \cdot CH_2 CH (NH_2) COOH + O_2 = (CH_3)_2 CH CH_2 COOH + CO_2 + NH_3$ (Н. М. Тулайковъ).

Впослѣдствіи Dakin показала, что по этому же типу протекаетъ начальная стадія окисленія и другихъ аминокислотъ. Такимъ образомъ для объясненія образования амміака нѣтъ надобности даже допускать полнаго [окисленія] [частицы аминокислоты (какъ это казалось необходимымъ ранѣе), оно происходитъ какъ бы при первомъ прикосновеніи окислителя (Dakin позднѣе показала, что такой ходъ распада является общимъ для аминокислотъ)].

Въ одной изъ слѣдующихъ работъ Буткевичу удалось воочію обнаружить это предугадываемое образование амміака въ проро-

сткахъ; исходя изъ наблюденій представителей животной фізіологіи (начиная съ Кл. Бернара), что анестезирующія средства какъ бы расчленяютъ сумму процессовъ, происходящихъ въ организмѣ, и, подавляя одни изъ нихъ, тѣмъ яснѣе обнаруживаютъ другіе, Буткевичъ произвелъ опыты съ вліяніемъ анестезирующихъ средствъ на обмѣнъ азотистыхъ веществъ въ проросткахъ и могъ при этомъ констатировать, что напр. толуолъ, подавляя образование аспарагина вызываетъ накопленіе амміака въ проросткахъ люпина, въ то время какъ количество амиднаго азота убываетъ.

Очевидно образование амміака имѣетъ мѣсто въ нормальныхъ растеніяхъ, онъ является необходимымъ звеномъ въ процессѣ превращенія азотистыхъ веществъ вообще, но обычно мы его не можемъ уловить вслѣдствіе быстрого перехода въ амидную форму.

Повторяя свой опытъ съ анестезіей въ безкислородной средѣ, Буткевичъ не получилъ образования амміака; слѣдовательно нужно думать, что въ этомъ случаѣ образование амміака связано съ процессами окислительными¹⁾.

Этимъ въ извѣстной мѣрѣ сглаживается степень различія между высшими растеніями и напр. плѣсневыми грибами, относительно которыхъ давно извѣстно, что они способны доводить распадъ бѣлковъ не только до аминокислотъ, но и до амміака, причемъ послѣдній можетъ иногда накапливаться въ значительныхъ количествахъ. Условія такого накопленія выяснены, между прочимъ, такими наблюденіями Буткевича: способность нѣкоторыхъ формъ (какъ *Aspergillus*) при питаніи бѣлками накапливать значительныя количества амміака идетъ параллельно съ ихъ способностью вырабатывать кислоты (щавелевую к.), нейтрализующія амміакъ. Если искусственно устранять кислотность, вводя напр. мѣлъ, то *Aspergillus* замедляетъ накопленіе амміака, ограничиваясь расщепленіемъ бѣлка (или пептона) до аминокислотъ (въ жидкости накапливаются лейцинъ и тирозинъ). Другую картину даютъ *Penicillium* и *Mucor*: не будучи способны къ обильному образованию кислотъ, они обычно образуютъ мало амміака и много амидосоединеній. Но если въ окружающую среду вводитъ кислоты (напр. фосфорную), то и эти организмы доводятъ превращеніе азотистыхъ веществъ до амміака, который накапливается въ жидкости до тѣхъ поръ, пока реакція еще можетъ не переходить въ щелочную²⁾.

¹⁾ Регрессивный метаморфозъ бѣлковыхъ веществъ въ растеніи (1904).

²⁾ Butkewitsch. Umwandlung der Eiweisstoffe durch die niederen Pilze (Jahrbücher für wissenschaft. Botanik, Bd. 38, H. 2).

Такимъ образомъ, и высшія растения, и плѣсневые грибы образуютъ амміакъ, какъ конечный продуктъ распада бѣлковъ; но въ то время, какъ для плѣсневыхъ грибовъ достаточно нейтрализаціи амміака для его обезвреживанія, для высшихъ растений необходимо болѣе существенное превращеніе—переходъ въ амидъ аспарагиновой (или глутаминовой) кислоты.

Въ своей работѣ 1909 года ¹⁾ Буткевичъ справедливо отмѣчаетъ, что было бы важно, параллельно съ тѣмъ, что сдѣлано въ области животной физиологіи, не только доказать возможность образованія амміака путемъ подавленія нѣкоторыхъ синтетическихъ процессовъ (тамъ—подавленіе образованія мочевины при удаленіе печени, здѣсь подавленіе образованія аспарагина при анестезіи), но еще и прослѣдить, что происходитъ въ растеніи съ амміакомъ, введеннымъ извнѣ (для животнаго организма показано, что при введеніи въ кровеносную систему печени карбаминовокислого аммонія образуется амидъ карбаминовой кислоты, т. е. мочевина).

Такіе опыты дѣлались Kinoshita и Suzuki въ концѣ 90-хъ годовъ, которые пришли къ выводу, что при питаніи растенія солями аммонія въ нихъ происходитъ образованіе аспарагина. Такъ какъ однако въ этихъ работахъ не опредѣлялось количество амміака въ растеніяхъ, (а между тѣмъ аспарагинъ опредѣляется по количеству отщепляемаго амміака) и такъ какъ съ другой стороны Лоранъ, при повтореніи подобнаго опыта питанія растеній амміачными солями въ темнотѣ, пришелъ къ отрицательнымъ результатамъ, то нами былъ предпринятъ рядъ новыхъ опытовъ въ этомъ направленіи, при условіи соблюденія аналитической провѣрки на готовый амміакъ и при нѣкоторыхъ видоизмѣненіяхъ въ самомъ способѣ учета амміака и аспарагина ²⁾.

Эти опыты, произведенные надъ различными растеніями, обнаружили, что видимый результатъ питанія амміачными солями получается различный, смотря по роду растенія и составу питательной смѣси; для удобства обозрѣнія мы можемъ раздѣлить на три группы тѣ растенія, которыя фигурировали въ нашихъ опытахъ, а именно:

I. Непосредственно при питаніи растворомъ амміачной соли (0,05—0,1% NH₄Cl) наблюдается увеличеніе содержанія аспара-

¹⁾ Ammoniak als Umwandlungsprodukt stickstoffhaltiger Stoffe in höheren Pflanzen (Biochemische Zeitschrift. Bd. XVI).

²⁾ См. Прянишниковъ и Шуловъ. О синтетич. образ. аспарагина. Журналъ Опытн. Агр. 1910.

гина, не меньшее, чѣмъ увеличеніе содержанія всего азота на счетъ поступившаго амміака (амміакъ же, какъ таковой, не накапливается въ растеніи).

Къ этому типу относятся изъ числа испытанныхъ нами растеній ячмень, кукуруза и тыква; у этихъ растеній соли аммонія не задерживаютъ распада бѣлка и образованія амидовъ на счетъ запаса своего азота, и извнѣ воспринятый амміачный азотъ идетъ также на образованіе аспарагина или глутамина.

Вотъ примѣры ¹⁾:

	Ячмень (100 растеній).		Тыква (100 растеній).	
	Вода	Растворъ NH ₄ Cl	Вода	Растворъ NH ₄ Cl
Всего N	0,1458 gr.	0,1615 gr.	1,4383 gr.	1,5454 gr.
N бѣлковъ	0,0618	0,0615	1,1530	1,0499
N аспарагина или глуталина (въ случаѣ тыквы)	0,0367	0,0564	0,1943	0,3793
N амміака	0,0005	0,0009	0,0087	0,0064

II. У растеній другого типа (горохъ, вика) введеніе солей аммонія (NH₄Cl, (NH₄)₂SO₄) или не вызываетъ еще увеличенія количества аспарагина или даже понижаетъ его содержаніе, вслѣдствіе того, что эти соли аммонія съ сильными кислотами задерживаютъ ростъ и распадъ бѣлковъ въ проросткахъ, да и самое поступленіе амміака въ растеніе идетъ туго, очевидно вслѣдствіе чувствительности этихъ растеній къ физиологической кислотности солей аммонія; но если дать одновременно съ амміачной солью CaCO₃, то и у этихъ растеній наблюдается энергичное образованіе аспарагина на счетъ воспринятаго амміака. Вотъ данныя для гороха.

	Опытъ I.		Опытъ II.	
	Вода	NH ₄ Cl	Вода	NH ₄ Cl + CaCO ₃
Всего N на 100 раст.	1,803 gr.	1,777 gr.	1,608 gr.	1,810 gr.
N бѣлковъ	0,889	1,027	0,949	1,016
N аспарагина	0,233	0,189	0,258	0,441
N амміака	0,006	0,005	0,010	0,009

III-го рода случай мы наблюдали лишь у одного растенія (люпина), именно здѣсь введеніе солей аммонія всякій разъ понижало содержаніе аспарагина (хотя бы одновременно давалась

¹⁾ Нижеприводимыя цифры взяты изъ опытовъ, произведенныхъ въ нашей лабораторіи И. С. Шуловымъ, I. А. Дабаховымъ, Г. И. Ритманомъ, О. Н. Кашеваровой (см. VII отчетъ по вегетац. опытамъ).

и известь), при чемъ явленіе осложнилось накопленіемъ амміака въ растенияхъ. Получается такое впечатлѣніе, что соли аммоніа съ HCl и H₂SO₄ подавляютъ въ росткахъ люпина функцію перевода амміачнаго азота въ амидный, почему получается значительное накопленіе амміака, образующагося главнымъ образомъ насчетъ продуктовъ распада бѣлка ¹⁾.

Lupinus luteus.

I Вода. II. (NH₄)₂SO₄ III. (NH₄)₂SO₄+CaCO₃.

N аспарагина на				
100 растений	258,3	175,1	158,3	125,9 mgr
N амміака . . .	26,5	57,5	68,6	71,6 „

Содержаніе аспарагина и амміака здѣсь обнаруживаетъ обратную зависимость; что амміакъ накапливается здѣсь не на счетъ поступления извнѣ, а является продуктомъ распада азотистыхъ составныхъ частей самаго растенія, видно изъ анализа растворовъ (см. подробности въ указанныхъ выше статьяхъ).

Случай съ люпиномъ есть однако лишь своеобразная частность; въ основѣ же оказывается вѣрнымъ, что какъ образовавшійся за счетъ азотистыхъ веществъ сѣмени, такъ и введенный извнѣ амміакъ, растенія стремятся отложить въ формѣ амидной, очевидно, во избѣжаніе дѣйствія аміачныхъ солей, вреднаго для высихшихъ растений; этимъ добавляется еще одна черта параллелизма съ данными животной физиологіи относительно образования мочевины на счетъ введеннаго извнѣ амміака.

Мы видѣли выше, что не всѣ растительные организмы одинаково чувствительны къ солямъ амміака, именно у высшихъ (по кр. мѣрѣ у грибовъ) замѣчается способность переносить накопленіе значительныхъ количествъ этихъ солей. Оказывается что и низшія животныя точно также доводятъ распадъ бѣлковъ до амміачныхъ солей, не превращаютъ ихъ сполна въ амиды, и выдѣляютъ въ большей или меньшей мѣрѣ, какъ таковыя. Приведемъ здѣсь слѣдующее сопоставленіе, заимствованное у Pütter'a, Vergleichende Physiologie (1911).

Изъ всего N выдѣлений²⁾ приходится на NH₃:

Actinia	100%
Шивка	62—67%

¹⁾ Подлежитъ дальнѣйшему разъясненію, насколько означенное явленіе вызывается кислотами, сопровождающими амміакъ (HCl, H₂SO₄) или другими факторами; опыты въ этомъ направленіи начаты въ нашей лабораторіи.

²⁾ Здѣсь разумѣются выдѣленія, содержащія продукты обмена веществъ въ организмѣ, изолированныя отъ непереваренныхъ остатковъ.

Ракъ	28—38%
Ascaris	33,3%
Каракавица	18,6%
Гусь	25,0%
Ехидна	7,5%
Собака	4,3%

Въ общемъ, чѣмъ выше стоитъ животное по организаціи, тѣмъ меньшую непосредственную роль играетъ амміакъ среди продуктовъ распада бѣлковъ и больше значенія приобрѣтаютъ амидныя (или имидныя) группы тѣхъ или иныхъ болѣе сложныхъ азотистыхъ производныхъ, у разныхъ группъ также не тождественныхъ. Такъ, мочевины, повидимому, наиболѣе свойственна позвоночнымъ, (а быть можетъ даже ея распространеніе ограничено позвоночными), мочевины кислота болѣе регулярно встрѣчается начиная съ насѣкомыхъ, у моллюсковъ она встрѣчается не всегда; ея вовсе нѣтъ у пауковъ и ракообразныхъ, гдѣ ее замѣняетъ гуанинъ, весьма распространенный и у моллюсковъ.

Интересенъ фактъ, что у насѣкомыхъ (Calliphora, мясная муха) наблюдали въ стадіи личинки обильное образованіе амміака (69—82% отъ всего азота выдѣлений), отчасти аминовъ, причемъ мочевины кислота отсутствовала; съ момента же окукливанья выдѣленіе амміака совершенно прекращается и начинается ясное образованіе мочевины кислоты наряду съ другими, ближе пока не изслѣдованными продуктами.

Итакъ, мы наблюдаемъ известное единство въ главныхъ фазахъ превращенія бѣлковыхъ веществъ, а въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ—даже полное совпаденіе основныхъ чертъ этого процесса для растительнаго и животнаго организмовъ.

Первой стадіей всегда является гидролитическій распадъ съ образованіемъ аминокислотъ, второй—окислительные процессы, доводящіе до отщепленія азота въ видѣ амміака—вотъ видимо общій типъ (для азробныхъ существъ), по которому одинаково идетъ разрушеніе бѣлковой молекулы, происходитъ ли оно въ гифахъ плѣсневого гриба или въ крови высихшихъ позвоночныхъ. И на слѣдующей ступени также наблюдается известное единство—именно, въ цѣляхъ обезвреженія образовавшагося амміака у высшихъ формъ какъ животныхъ, такъ и растений наблюдается образованіе амидовъ (аспарагина и карбамида), въ то время какъ низшіе представители того и другого царства въ известной мѣрѣ мирятся съ амміачными солями, если только избыточная щелочность устраняется

какой либо кислотой, или выделяемой самим организмом, или находящейся в окружающей среде.

Идея известной общности всего живого, конечно, также стара, как само человечество; в религиозных воззрениях индусов, в поэмах первобытных обитателей Америки (ср. „Песнь о Гайаватъ“) постоянно чувствуется признание такой общности.

В поэтических рассказах Киплинга маленький герой его, живущий первобытной жизнью, общей с животными, при встрече обращается к другим обитателям джунглей с магической формулой, способной укротить зверей: „И ты, и я—одной с тобой мы оба крови!“

Не находите ли Вы, что значение этого старого, как мир, лозунга еще не исчерпано; не касаясь здесь того, что он недостаточно часто вспоминается в современной жизни, при взаимном отношении различных рас, вероисповедных групп и просто людей разномыслящих, отметим лишь, что на наш взгляд он не сыграл еще всей своей роли и в области естествознания; в известном (расширенном) смысле он может служить исходным пунктом для построения рабочих гипотез, основанных на признании единства многих процессов в животном и растительном царстве; если на этом пути уже приобретено нечто описательным естествознанием в прошлом, то еще на большее может надеяться экспериментатор физиолог, вооруженный методикой XX века, в будущем.

Декабрь 1911 года.
Петровское-Разумовское.

Prof. D. PRJANISCHNIKOW. Die Einheitlichkeit des Baues der Eiweissstoffe und ihrer Umwandlungen im pflanzlichen und tierischen Organismus.

Der Verfasser, der im Jahre 1894 als Verteidiger der alten Auffassung von Boussingault hinsichtlich der Aehnlichkeit zwischen der Rolle des Asparagins in der etiolierten Pflanze und derjenigen des Harnstoffs im tierischen Organismus hervorgetreten ist, findet in späteren Arbeiten eine Reihe von Tatsachen, die es gestatten, eine noch vollständigere Analogie zwischen den Umwandlungen der Eiweissstoffe im pflanzlichen und tierischen Organismus festzustellen.

Der secundäre Charakter der Asparaginbildung in der Pflanze, der von Schulze und dem Verfasser (1897—98) nachgewiesen wurde, hat zu dem Schlusse geführt, dass an der Synthese des Asparagins das Ammoniak, das als Product der Oxydation von Aminosäuren

erscheint, beteiligt ist. Eine tatsächliche Bestätigung dieser Anschauung ergaben die Arbeiten von Butkewitsch, der gezeigt hat, dass man bei Anästhesie eine bedeutende Ansammlung von Ammoniak in den Keimlingen nachweisen kann; die Bildung von Ammoniak ist bei gewissen Schimmelpilzen, die Oxalsäure auszuschcheiden fähig sind, die Regel.

Umgekehrt, bei Ammoniakzufuhr von aussen, lagern höhere Pflanzen das Ammoniak in Form von Amido-Gruppen (Asparagin und Glutamin) ab, wie das die Versuche des Verfassers zeigen (im Einklang mit früheren Hinweisen von Loew, Kinoshita und Suzuki, und abweichend von den Daten Laurent's); jedoch ist das Verhalten verschiedener Gruppen von höheren Pflanzen den Ammoniaksalzen gegenüber ein ungleiches; vorläufig lassen sich drei Arten von Pflanzen andeuten, und zwar:

I. Unmittelbar bei der Ernährung mit einer Lösung eines Ammoniaksalzes (0,05—0,1% NH₄Cl) wird ein Steigen des Asparagingehalts beobachtet, das nicht geringer ist, wie das Steigen des Gesamtgehalts an Stickstoff auf Kosten des aufgenommenen Ammoniaks (hingegen wird Ammoniak, als solches, in der Pflanze nicht aufgehäuft).

Zu diesem Typus gehören von den vom Verfasser geprüften Pflanzen Gerste und Kürbis; bei diesen Pflanzen wird der Eiweisszerfall und die Bildung von Amidn auf Kosten des Stickstoffvorrats bei Zufuhr der Ammoniumsalze durch die letzteren nicht hintangehalten, und der von aussen aufgenommene Ammoniakstickstoff wird ebenfalls zur Bildung von Asparagin oder Glutamin verwandt. Hier einige Beispiele:

	Gerste (100 Pflanzen).		Kürbis (100 Pflanzen).	
	Wasser	Lösung NH ₄ Cl	Wasser	Lösung NH ₄ Cl
Gesamt-N.	0,1458 gr.	0,1615 gr.	1,4383 gr.	1,5454 gr.
Eiweiss-N.	0,0618 „	0,0615 „	1,1530 „	1,0499 „
Asparagin-N. *) . . .	0,0367 „	0,0564 „	0,1943 „	0,3793 „
Ammoniak-N	0,0005 „	0,0009 „	0,0087 „	0,0064 „

II. Bei Pflanzen eines anderen Typus (Erbse, Wicke) ruft die Zufuhr von Ammonium-Salzen [NH₄Cl, (NH₄)₂SO₄] entweder noch keine Vergrößerung der Asparagin-Menge hervor, oder sie vermindert sogar den Gehalt daran, und zwar infolge dessen, dass diese Ammonium-Salze mit starken Säuren das Wachstum und den

*) Oder Glutamin (bei Kürbis).

Eiweisszerfall in den Keimlingen aufhalten, und dass schon der Eintritt des Ammoniaks in die Pflanze nur schwer vor sich geht, offenbar infolge der Empfindlichkeit dieser Pflanzen gegenüber der physiologischen Acidität der Ammonium-Salze; gibt man aber gleichzeitig mit dem Ammoniaksalz CaCO_3 , so wird auch bei diesen Pflanzen eine energische Bildung von Asparagin auf Kosten des aufgenommenen Ammoniaks beobachtet. Siehe Tb. S. 27.

III. Einen Fall dritter Art hat der Verfasser nur an einer Pflanze (Lupine) beobachtet, und zwar hat hier die Zufuhr von Ammonium-Salzen den Asparagin-Gehalt regelmässig herabgesetzt (auch bei gleichzeitigen Kalkgaben), wobei die Erscheinung durch Anhäufung von Ammoniak in den Pflanzen compliziert wurde. Man erhält den Eindruck, dass die Ammonium-Salze von HCl und H_2SO_4 in den Keimlingen der Lupine die Ueberführung des Ammoniak-Stickstoffs in Amid-Stickstoff unterdrücken, woraus eine bedeutende Anhäufung von Ammoniak resultiert, welches sich hauptsächlich auf Kosten der Producte des Eiweisszerfalls bildet *).

Lupinus luteus

	I Wasser.	II $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	III $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3$
Asparagin-N auf			
100 Pflanzen. . .	258,3	175,1	158,3 mgr.
Ammoniak-N. . .	26,5	57,5	68,6 „

Der Gehalt an Asparagin und Ammoniak zeigt hier einen umgekehrten Zusammenhang; dass das Ammoniak hier nicht auf Kosten der Zufuhr von aussen angesammelt wird, sondern ein Product des Zerfalls stickstoffhaltiger Bestandteile der Pflanze selbst darstellt, das ist aus der Analyse der Lösungen zu ersehen (Einzelheiten in den oben angeführten Abhandlungen).

Das Verhalten der Lupine ist jedoch nur ein eigenartiger Spezialfall, in den Grundzügen aber erweist es sich als richtig, dass die Pflanzen bestrebt sind, sowohl das auf Kosten der stickstoffhaltigen Substanzen des Samens gebildete, als auch das von aussen zugeführte Ammoniak in Form von Amiden festzulegen, offenbar zur Verhütung der Wirkung der Ammoniak-Salze, die für höhere Pflanzen schädlich ist.

Oben ist darauf hingewiesen worden, dass niederen Pflanzen (wenigstens Pilzen) die Fähigkeit eigen ist, die Anhäufung bedeu-

*) Es bedarf der weiteren Aufklärung, inwiefern die gekennzeichnete Erscheinung durch die Säuren, welche das Ammoniak begleiten (HCl , H_2SO_4), oder durch andere Factoren hervorgerufen wird; Versuche in dieser Richtung sind im Laboratorium des Verfassers begonnen.

tender Mengen von Ammoniak-Salzen zu vertragen. Es stellt sich nun heraus, dass auch niedere Tiere den Eiweisszerfall ebenfalls bis zu Ammoniak-Salzen führen, die letzteren nicht vollständig zu Amiden umwandeln und sie in grösserem oder geringerem Masse als solche ausscheiden. Hierzu führt der Verfasser folgende Zusammenstellung, die er Pütters „Vergleichender Physiologie“ (1911) entnimmt, an.

	Vom Gesamt-N der Ausscheidungen *) entfällt auf NH_3 :
Actinia	100%
Blutegel	62—67 „
Krebs	28—38 „
Ascaris	33,3 „
Tintenfisch	18,6 „
Gans.	25,0 „
Ameisenigel	7,5 „
Hund.	4,3 „

Je höher ein Tier seiner Organisation nach steht, eine desto geringere unmittelbare Rolle spielt, im allgemeinen, das Ammoniak unter den Producten des Eiweisszerfalls, und eine desto grössere Bedeutung erhalten die Amido (oder Imido) Gruppen dieser oder jener complizierteren stickstoffhaltigen Derivate, die bei verschiedenen Klassen gleichfalls nicht identisch sind. So scheint der Harnstoff am meisten den Wirbeltieren eigen zu sein (vielleicht ist seine Verbreitung sogar nur auf die Wirbeltiere beschränkt), die Harnsäure findet sich ziemlich regelmässig von den Insekten an, während sie bei den Mollusken nicht immer anzutreffen ist; bei den Spinnen und Krebsen fehlt die Harnsäure ganz, wo sie durch das Guanin ersetzt wird, dass auch bei den Mollusken sehr verbreitet ist.

Interessant ist das Factum, dass man bei Insecten (Calliphora, Fleischfliege) im Larvenstadium reichliche Bildung von Ammoniak (69—82% des Gesamtstickstoffs der Ausscheidungen), und zum Teil von Aminen beobachtet hat, wobei Harnsäure fehlte; vom Moment der Verpuppung an hört die Ausscheidung von Ammoniak vollständig auf, und es beginnt eine deutliche Bildung von Harnsäure neben anderen, bisher noch nicht näher untersuchten Producten.

Somit, erblicken wir eine gewisse Einheitlichkeit in den

*) Hier sind die Ausscheidungen, die die Producte des Stoffwechsels enthalten, und zwar nach ihrer Trennung von den unverdauten Resten, gemeint.

Hauptphasen der Umwandlung der Eiweissstoffe, in einigen Beziehungen aber—sogar eine völlige Congruenz der Grundzüge dieses Prozesses für den pflanzlichen und den tierischen Organismus.

Das erste Stadium besteht immer im hydrolytischen Zerfall unter Bildung von Aminosäuren, das zweite in Oxydationsprozessen, die bis zur Abspaltung von Stickstoff in Form von Ammoniak führen;—das scheint der allgemeine Typus (für aerobe Wesen) zu sein, nach dem die Zerstörung des Eiweissmolekuls verläuft, einerlei, ob sie in den Hyphen eines Schimmelpilzes oder im Blute höherer Wirbeltiere vor sich geht. Auch auf der folgenden Stufe lässt sich ebenfalls eine gewisse Einheitlichkeit beobachten,—und zwar ist bei höheren Formen sowohl der Tiere, als auch der Pflanzen zur Unschädlichmachung des entstandenen Ammoniaks die Bildung von Amiden (Asparagin und Karbamid) zu beobachten, während die niederen Vertreter beider Reiche sich in einem gewissen Masse mit den Ammoniaksalzen abfinden, wenn nur die überschüssige Alkalität durch irgend eine Säure, die entweder von dem Organismus selbst ausgeschieden wird, oder in dem umgebenden Medium vorhanden ist, aufgehoben wird.

Другія печатныя работы того же автора.

- 1) О распаденіи бѣлковыхъ веществъ при прорас-
(1895). Ц. 80 к.
- 2) Бѣлковыя вещества и ихъ превращенія въ растен-
связи съ дыханіемъ и ассимиляціей (1899). Ц. 1 р.
- 3) Доступна ли культурнымъ растеніямъ фосфорная
лота фосфоритовъ? (1899). Ц. 50 к.
- 4) Результаты вегетационныхъ опытовъ за 1899 и 190
(съ 8 таблицами). Ц. 60 к.
- 5) Изъ результатовъ вегетационныхъ опытовъ за 19
1903 гг. Съ XII таблицами. Ц. 60 л.
- 6) Изъ результатовъ вегетационныхъ опытовъ 1904—
Москва, 1909 г. Ц. 1 р. 20 к.
- 7) Тоже, за 1908—09 г. Москва, 1911 г. Ц. 2 р.
- 8) Тоже, за 1910 г., Москва, 1912 г. Ц. 2 р.
- 9) Къ исторіи развитія основныхъ возрѣній въ агроно-
(актовая рѣчь). 1906 г. Ц. 40 к.
- 10) Химія растенія, выпускъ 1-й, 1907 г. Ц. 80 к.
- 11) Земская агрономія въ Италіи, 1909 г. Ц. 15 к.
- 12) Университеты и агрономія, 1910 г. Ц. 10 к.
- 13) По высшимъ агрономическимъ школамъ Европы, 19
Ц. 30 к.
- 14) Частное земледѣліе, 4 е изд., 1910 г. Ц. 2 р. 20 к.
- 15) Высшая школа, опытное дѣло и съѣзды. 1911 г. Ц. 1.
16. Ученіе объ удобреніи, 4-е изд., 1912 г. Ц. 2 р. 20
- 17) По поводу законопроекта объ ученыхъ степеняхъ
т. д. 1912 г. Ц. 20 к.

Цѣна 20 коп.

