

357691

成都工学院图书馆

基本馆藏

植物生理学

上 卷

坂村徹著



科学出版社

植 物 生 理 学

上 卷

坂 村 徹 著
廉 源 譯
罗 宗 洛 校

增 訂 第 八 版

1958

科 学 出 版 社

1964

1237261

坂村 徹

植物生理學（上卷）

裳華房，東京，1958

內 容 簡 介

本书根据日本植物生理学家坂村徹所著的“植物生理学”（上卷）1958年增訂第八版譯出。其内容包括植物細胞的微观結構及其生理学上的反应、細胞的透性与吸收、渗透現象、氧化及还原、酶的作用、矿质营养、异养性营养、呼吸与发酵、光合作用、氮素代謝、貯藏物質、共生作用等問題。

本书可作植物生理学工作者、农学工作者的参考資料。

植 物 生 理 学（上卷）

〔日〕坂村 徹 著

廉 源 譯

罗 宗 洛 校

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝陽門大街 117 号

北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

*

1961 年 10 月第 一 版 开本：787×1092 1/18

1964 年 8 月第三次印刷 印张：51 1/3

精裝：3,801—5,200 插頁：5

平裝：3,001—4,100 字数：1,062,000

統一书号：13031·1520

本社书号：2392·13—6

定价：〔科七〕精裝本 6.80 元
平裝本 6.20 元

目 录

第一章 植物生理学的目的和方法	1
第二章 生理因素	2
遗传及内外因素	2
生命现象和能量理论	6
自由能	8
化学反应和活化能	10
反应物质的浓度及反应速度	15
辐射能	18
刺 激	25
电解质与氢离子浓度	27
缓冲作用	30
酸和碱的离解度和离解残余	32
在植物生理学上的氢离子浓度	34
参考文献	36
第三章 细胞, 特别是原生质的微细构造	37
植物细胞的主要组成成分及含有物质	37
原子的结合和分子的极性	77
胶体和胶束系	84
胶束晶格的排列	90
蛋白质胶体的状态变化	94
蛋白质的变性	99
作为生命现象的基础的细胞和原生质	102
细胞的超显微结构	103
原生质的胶体状态和生理反应性	118
原生质流动	120
参考文献	127
第四章 细胞的透性和吸收	129
Donnan 平衡	129
透 性	131
对电解质的透性及其吸收	137
被动的和主动的吸收	144
细胞内钾的累积	163

物质透潤所引起的原生质的伤害	167
拮抗作用和协助作用	171
重金属盐对原生质的作用	173
物理因素对原生质的作用	176
参考文献	179
第五章 渗透现象	182
渗透现象	182
植物細胞的渗透现象	187
細胞吸水力及其他渗透状态值	194
关于涨压及吸水力两术语的解释	198
細胞液渗透值及細胞吸水力的变化	200
細胞的主动的吸水	202
細胞的紧张状态	204
质壁分离形状	205
細胞的横向渗透	206
蒸汽压(以气体形态的失水和吸水)	208
細胞和組織內的結冰	211
細胞的旱害和冻害	213
細胞的热害及耐热性	219
参考文献	221
第六章 氧化还原	224
第七章 活体电流	233
活体电势	233
細胞的电荷	241
参考文献	244
第八章 酶	246
酶和酶促作用的概要	246
酶的分类概要	248
酶的各論	249
維生素类与几种輔酶的关系	319
酶的特异性	322
酶促反应的速度	325
酶基質复合体的浓度与酶促反应速度的关系	327
酶促反应的速度与氢离子浓度的关系	331
抑制剂及活化剂	332
抑制剂浓度与反应速度的关系	335
各种酶的抑制剂	339
抑制剂对細胞內各种酶的作用	345
酶促反应与温度	348

酶促反应的可逆性	348
細胞內酶的位置	351
适应酶	354
参考文献	359
第九章 矿质营养	362
必要元素	362
限制因素	363
人工培养	368
微量元素	372
各种必要元素	376
参考文献	391
第十章 异养性碳素营养	394
植物的碳素营养概論	394
作为研究代謝的材料的异养植物	397
細菌的增殖过程	398
絲状菌的液体培养	403
异养植物的培养条件	405
异养植物中的酶	408
异养植物的碳素营养	409
自养植物的异养性碳素营养	417
支路代謝	420
微生物代謝机能的突变	422
参考文献	426
第十一章 呼吸与发酵	428
有氧呼吸	428
呼吸作用的測定	429
呼吸强度	430
呼吸材料和基质	432
呼吸商	435
外界条件对呼吸作用的影响	439
呼吸机制的概要	447
活化氫的传递	447
接受体呼吸	453
接受体的竞争	457
抑制剂对呼吸的作用	458
呼吸基質特别是糖的变化	463
不从氧化开始的糖的变化	465
从氧化开始的糖的变化	469
TCA 循环	473

Wood-Werkmann 反应	478
Thunberg 反应(循环)	479
TCA 循环中的自由能的发生	480
高等植物中的 TCA 循环和綫粒体	483
在代謝中的磷酸化作用的抑制	486
异养植物的无氧呼吸和发酵	488
酵母的酒精发酵	489
絲状菌的酒精发酵	496
半乳糖和五碳糖发酵	499
乳酸发酵	500
Pasteur 反应	502
丙酸发酵	507
丁基发酵	509
脂肪酸的氧化及合成	513
甲烷发酵	516
异养植物的氧化发酵	518
醋酸发酵	519
葡萄糖酸发酵	521
延胡索酸发酵	523
檸檬酸发酵	524
草酸发酵	527
高等植物的有机酸	530
高等植物的酒精发酵	537
参考文献	539
第十二章 异养植物的合成和功	545
代謝中的能量轉变	545
植物体的热的发生	551
生物发光現象	552
氧化同化	561
合成代謝中的二氧化碳固定	565
蔗糖和多糖类的合成	566
参考文献	569
第十三章 依靠无机物氧化的自养二氧化碳同化	571
化能合成作用及光合作用	571
硫細菌	572
硝化細菌	576
氫細菌	580
鉄細菌	585
一氧化碳細菌	586

参考文献	586
第十四章 光合作用	588
綠色植物的光合作用	588
氧的发生	589
叶綠素及附属色素	591
叶綠素的形成	601
叶綠素細胞对二氧化碳的吸收	603
作为光合作用产物的糖类和淀粉	610
光合作用强度的測定	614
Hill 反应	615
光合作用与各种因素的关系	617
光反应和暗反应	646
閃光实验	648
量子产額	652
叶綠素和叶綠体的荧光强度的变化	657
叶綠素的还原和氧化	661
叶綠素的漂白	664
水的光分解	667
光合作用的 CO_2 固定及其初期产物	669
光合作用中的高能磷酸鍵	682
离体叶綠体的光合机能	686
光合作用的誘导期和衰退	699
水的光分解产物的轉变	704
紅色細菌的光合作用	707
由光合作用微生物所引起的氢的发生及其吸收	713
二氧化碳同化的比較生理学	716
在光合作用中糖类和淀粉的形成	720
参考文献	727
第十五章 氮代謝	732
概 論	732
植物、微生物的氮分解代謝	734
微生物中的氨基移轉作用	746
微生物对含氮有机化合物的利用	747
微生物所引起的氨基酸合成	750
尿素的代謝	755
谷酰胺和天門冬酰胺的分解和合成	758
肽 鍵	761
蛋白質的合成	762
核酸的合成	763

微生物对无机含氮化合物的利用	764
微生物所引起的硝酸还原	767
去氮作用	774
游离氮的固定	776
綠色植物的氮代謝	796
綠色植物的硝酸还原	799
綠色植物的氨基酸合成	805
綠色植物中的氨基移轉作用	808
高等植物中的氨基酸的氧化和去羧	808
綠色植物的尿素代謝	810
綠色植物的酰胺代謝	811
高等植物合成酰胺的酶	815
高等植物的肽鍵	817
綠色植物的蛋白質合成及其分解	818
参考文献	822
第十六章 貯藏物質	828
种子成熟过程中的貯藏物质的形成	829
种子萌发过程中的貯藏物質的轉变和运输	838
种子成熟和萌发过程中的物質轉变与条件	848
地下貯藏器官的貯藏物質及其轉变	851
树木的貯藏物質及其轉变	855
果实成熟中的物質轉变	858
参考文献	866
第十七章 特殊活性物質，共生現象	869
微生物的特殊活性物質	869
抗菌素	882
高等植物的特殊活性物質	885
寄生有花植物的营养	890
共生植物的营养	891
食虫植物	897
参考文献	899
索 引	902

第一章 植物生理学的目的和方法

生理学(physiology)是以分析生命现象的因果关系、综合其分析结果加以解释为目的的自然科学。植物生理学(plant physiology)不待言就是关于植物的生理学,它是植物学的一个分科,同时也可以看做是生理学的一个分科。它的研究方法,是以植物的分类学和形态学的知识为基础,按照物理学和化学的规律来解释生命现象。本来,在科学门类的划分上,主要是根据研究方法,而不是根据研究对象。广义的动物学和植物学属于着重记载对象的组织的理论科学;生理学的对象虽然同样是生物,但它却和物理学一样,是属于现象论的科学,而与记载性的生物学所走的途径略有不同。生物现象和非生物现象不同,有时在其中可以看到合目的性,但作为生理学本来的目的,则不讨论这个问题。

近来,随着生物化学的显著的进步,植物生理学广泛地吸收了生物化学的知识,似乎在生理学和生物化学之间,已经不存在着界限了。如果不具备生物化学特别是有关酶的知识,那就很难讨论生理学。生物化学不仅与象营养生理这样的化学现象显然占主要部分的生理现象有密切关系,就如生长、生殖、运动等过去认为与生物化学没有多大关系的生理现象也证明与其有密切关系。但是,与生理学有关的生物化学,不仅是研究植物成分的生物化学,而且也是研究其动态(dynamic)的生物化学,它以研究在植物体内不断地发生变化的化学现象为主要目的。这就是生理学特别靠近生物化学,而不断地吸收生物化学的新知识的理由之一。今天在研究的注意力都集中于自然科学各个门类的边缘领域的趋势下,讨论有关生物的化学现象的问题应作为哪个专业来研究,是没有多大意义的。

上面已经讲了生理学与生物化学的密切关系,但就生理学来说,不可否认物理化学和物理学是提供各种基本知识的。在这种意义上,即使是生物化学的知识,也可以说基本上是以物理学为基础的。从这点看来,当解释生物机能本身以及影响生理现象的各种因素时,物理学和化学的知识是不可缺少的。

从生理学的发展历史来看,各种生命现象之中,有不少可以按物理学或化学的规律来解释的。然而当分析生命现象的因果时,有时局部地用物理学或化学的方法作些脱离生命的研究也未尝不可;但不论如何,最终的研究目的是生命现象本身,而研究对象归根结蒂是活的生物。

第二章 生理因素

遗传及内外因素

生命现象的基础是该生物固有的本质,也就是以象遗传学所讲的基因(gene)为基础的。然而从外部表现出来的生命现象,不仅与基因有关,还与对它起作用的内外因素有关。就遗传学来说,研究的重点在于基因的行动,而就生理学来说,研究的重点则在于基因与内外因素之间的反映。假使生物性质(C)为基因(H)和环境因素(E)之间的函数,其关系大致如下¹⁾:

$$C = f(HE)$$

在遗传学中,以 H 为主要研究对象,而在生理学和生态学中,以 E 为主要研究对象。然而,这并不是说在遗传学中不重视基因和外界条件之间的关系,不可否认这个问题是重要研究对象之一²⁾。在遗传学者中,有人特别强调必须研究这种关系,例如 Goldschmidt 在其著作“生理遗传学”中,特别强调了这种必要性。

生理学者也必须充分理解基因所引起的遗传现象。当选择以及处理研究材料时,必须注意它在分类学上的位置,同时还要理解研究对象的遗传性质。

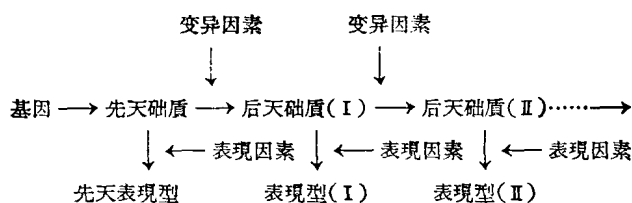
从前在遗传学中,当解释由于基因和内外因素之间的反应而表现出来的表现型或生命现象时,在大多数的情况下,只简单地认为 A 基因的存在决定着 a 表现型。然而在今后的遗传学中,环境的影响是不是更应该被重视呢?

在遗传学中,有时把基因——颗粒和它所显现的因子加以区别。从生理学的立场来看,也应该对两者加以区别。然而因子这一术语和作为体内条件起作用的物理学、化学、生物学的因素容易混同,为了避免混同,暂用“础质”代替因子。这并不是有很深的涵义,如有更适当的术语,也可以改用。就基因和内外因素之间的关系来说,著者有如下看法。

作为基因的显现,生成础质,但础质对内外因素的反应并不是不变,而是有变异性的。这样的变异是由因素所引起的,并且有时具有适应性。变异的结果,础质和变异以前表现不同的反应,从而就要表现不同的表现型性质或生理现象。

1) Holms (引自田中,遗传学,1950)。

2) 田中(1950)。



基因直接显现的础质叫做先天础质,变异以后的叫做后天础质。变异的次数越多,础质所表现的性质距先天础质越远。随着个体发育的进展,后天础质也越来越复杂。例如,高等动物在幼年期和生长后基因并没有两样,但对同一外界因素表现不同的反应,从这一点看来,如果墨守基因—表现型的关系,那就不能说明这种现象。假使驯化、锻炼这些因素能引起础质的一时的变化,那就可以说明基因和表现型之间的关系。内外因素的作用可能有两种,一种是引起础质的变异,另一种是由于表现因素的反应,础质形成表现型。在这两种作用之间,可能存在着某些联系,特别是在因素的作用成为对环境的适应现象而表现出来的时候。后天础质可能有第二次、第三次……的,但在引起变异的因素被消除时,能逐步恢复原来的状态,最后又达到先天础质为止。变异及其复原并不是无秩序的,可以当作在基因的支配下沿着一定的轨道而演变来解释。

著者的这种看法和 Goldschmidt (1935) 的生理遗传学的看法有些共同点,同时和篠远(1943)的所谓“actant”的看法也有类似之处。篠远把基因当作因素,把因子(遗传因子)叫作 actant,他认为外部性状是在因素的监督下由于 actant 的作用而表现出来的。据他对著者的质问所作的答复,actant 是可能变异的。从这点看来,把著者所讲的础质和篠远所讲的 actant 作为同一的东西来看待,也无不可。

近来,物质代谢特别是有关酶的遗传学方面的研究非常兴盛。如想保持基因不变的看法来推进这种研究,就必须假定象上面所讲的础质那样有变异性并且与基因有密切关系的单位体的存在。

某种生命现象,是从内因来的,还是从外因来的,只好通过实验来决定。即当我们所能想到的诸种外因保持不变时,如果生命现象无变化地继续进行,或是能自己发生周期性的变化,就可以断定是由来于内因的。但是在为数众多的外因之中,不能说没有我们所未知的东西,因此今天认为由来于内因的现象,也许将来可能发现事实上是由来于外因的。被称做内因的,包括植物的构造、含有物质特别是贮藏物质、酶、维生素等。

外因对于植物的反应性起一定的作用后,才能够表现出作为对植物发生作用的因子的价值。当使其他条件不变,而只使某一种外因变化时,如果某种生理作用发生

变化,至少可以設想这种作用和上述外因有关。如此,它的变化能够左右生理作用的因素叫做限制因素 (limiting factor)。某一因素是否具有限制性,主要决定于它和其他因素之間的关系。所有的其他因素都具有充分的量时,某一种因素才能够具有限制性。限制因素和各种生理現象有关,在光合作用中,在光、二氧化碳、温度、叶綠素含量等各种因素之間,此外,在植物的各种养分之間可以看到最好的例子。关于限制因素,在后面有关項目中将要詳述。

我們看一看,把在通常条件或現今条件A之下产生的某一种現象放在不同条件B下时,两者之間是否有差别或有多大差别。布置不同条件时,可以使某一种因素发生变化,也可以使許多种因素发生变化,但必須使A和B的其他条件都保持一致。这时把在A条件下的結果当做标准,称为对照(control)。这种对照是条件对照。例如,比較在自然状态的白色光綫下引起的光合作用和在紅、黄、蓝色光綫下引起的光合作用时,可以把白色光綫下的光合作用当做对照。所使用的植物材料必須选择具有同样性質的个体。

此外,在同一条件下研究某种植物材料的生命現象时,选择标准的植物材料作为比較的对照,成为这种标准的就是对照植物,这种对照是材料对照。严格地說来,当研究遗传性質时,必須采用这种对照来作比較研究。

与生命現象有关的因素之中,也有物理的或化学的。这就是种种的能。与植物生理現象有关的能,大致有下述几种。不过在这里所列举的不仅限于外因,其中也包括在植物体内作各种功的能。

化学能、热能、輻射能(特别是光能)、表面能、容积能、渗透能、机械能(包括重力能)、电能。

一般地說,能和功皆由两种因素組成,其一是強度因素(intensity factor),另一是容量因素(capacity factor)。而能量的大小等于上述两种因素的乘积。把上列各种能分为两种因素,即如下表:

能的种类	強 度	容 量	能的种类	強 度	容 量
化学能	亲和力(卡/克分子)	质量(克分子量)	表面能	表面张力(达因)	表面积
热能(卡)	温度	热容量	容积能	压力(大气压)	容积(升)
	绝对温度		渗透能	渗透压(大气压)	水量(升)
輻 射 能 (特别是光能)	卡/平方厘米/秒	平方厘米×秒	机械能(尔格)	力(达因)	长度(厘米)
	尔格/平方厘米/秒	平方厘米×秒		重力(达因)	高度(厘米)
	米烛光(MK)	秒(S)	电能(法拉第)	电压(伏特)	电量(庫仑)

从能的理論出发,把植物体看做开放系时,可以认为在植物体内外有各种能势差和平衡状态。能势差有向平衡状态移行的趋势,不管当时是否与原生质直接有关,都

产生某种生理现象。例如水分由植物体内以水汽的形态蒸发的现象，主要决定于大气的汽压和植物体的汽压之差。如此，为了只靠着能势差而产生生理现象，作为植物本身的性质，必须具备相适应的结构。如果具备这种条件，植物本身不必特别费力，生理现象就能被动地进行。这种被动的生理现象主要决定于体外能量的大小，所以体外因素常常成为生存的必要条件。同时，适应生长发育地区自然条件的生态分布，往往也受这种关系的支配。被动的生理现象一旦开始后，并不一定进行到能势平衡为止。植物的构造或机能都起着调节作用(regulation)，因此，这种过程的速度有时就逐渐减低或中止，还有时甚至发生逆行。在很多的情况下，就植物个体的生长发育来说，这种调节作用可以说是具有合目的性的意义的。

上述被动的生理现象是当做只靠着势能差来进行，而对它并没有任何障碍来解释的。但在实际上虽然程度上有差别，这种障碍或多或少是存在的。为了引起被动的生理现象，必须排除这些障碍。生理现象不一定完全按照植物体内外的势能差由高势能向低势能进行。所以多数的生理现象，只能在除去上述的障碍时，或者在植物体内产生积极的功而使势差的方向逆行时，才能够发生。需要作许多积极的功的生理现象，可以叫做积极的或主动的生理现象。这种积极的功是由于细胞内的化学能的消耗所引起的，为此则要进行分解代谢(后面将要讲到)。细胞内的这种化学能，是光能被摄取到绿色植物体内而转变的，或是开始就以化学能的形式被摄取的。

从外部作用于植物体的因素——能，往往引起植物体进行超过其量的功，这有以下两种情况：

(1) 引起反应过程很明显的催化作用的能(后面将要讲到)。

(2) 本来可以当做引起催化作用的能来解释，但反应过程不明显的，以及从外部起作用而使植物体内已经存在的势能转变为动能的能。这种因素——能，叫做刺激(stimulus)。

刺激是一种条件，条件的变化变成刺激时，引起一定程度的反应，但这只是把体内势能的一部分导向平衡状态，而不是进一步将势能继续导向新的平衡状态。然而，反应終了后在体内产生新的势能时，如果再加以刺激，可能引起相应的反应。关于刺激，在下卷将要详述。

植物受外部因素的作用时，在天然的生长发育状态下，通常把构成外因的能的容量当做充足且是恒定的来看待。当进行实验时，有时使容量保持充分而且恒定，只考虑能的强度方面；也有时相反地，使能的强度不变，而使容量变化。在这种情况下，时间往往成为相对的决定容量的因素。但是植物摄取光能或化学能而把它变成细胞内的能源时，或进行渗透性的吸水等生理活动时，必须考虑能的强度和容量两方面。

这是因为容量的不足，能使生理活动的結果产生差别，或者引起强度因素本身的变化。无论如何，在生理学的研究上，分别考虑能的强度和容量是必要的。这样分开以后，可以把两者单独处理，或是把其中之一看做是固定的不加考虑，而只考虑另外一方。

生命現象和能量理論

热力学第一定律可以适用于生物現象，今天在生理学方面，对这个看法任何人沒有反对的意見。热力学第二定律是对第一定律的限制，它可以用各种形式表現出来，也可以表述如下：即“热以外的能的一部分，可以互相轉变为其他形式的能，而另一部分轉变为热。然而热仅仅在某种条件下才能轉变为其他形式的能，而且不能全部地轉变。”在理論上只有在絕對温度 0°C 时，热能才能全部轉变为机械能，但今天我們还没有作到这点。第二定律还表示在某一能的系統中，自由能只有减少，熵(entropy)只有增加。

熵是热能的容量因素，但不能直接測定，它是用强度因素的温度除热能的商，即 Q/T 。如果用 S 表示熵，热能为 TS ，就熵的差别來說，各为 ΔS 和 $T\Delta S$ 。熵表示某一体系內的分子或原子状态的无序(disorder)度，也就是說表示几率(probability)。在通常状态下，热以外的能，使分子或原子进行有序运动，因而处在几率很小的状态。然而，热能使分子或原子进行方向不定的无序运动。这种运动可以說是在几率最大的运动，而叫做热运动。使热能完全轉变为其他形式的能是不可能的，在热力学中所以把热当作特殊的看待，就是因为这一点。由于热能所作的功的效率頗小，換句話說，向其他能轉变的可能性頗少，同时热以传导、輻射的形式容易逸散到实际的利用范围以外去，并且其他的能有容易轉变为热的傾向，根据上述几点，自由能只有减少这一条路。

要在生物体内引起生活活动(即作功)，必須有自由能(free energy)的产生。为此，在另一方面同时必須有自由能的消耗，并且这个消耗要比新生的自由能还大，而所消耗的一部分轉变为沒有利用价值的热能被放出体外。这种情况可以用第二定律来解释。在綠色植物的光合作用中，被吸收的光能的一部分轉变为化学能被貯藏起来，而另外的部分則轉变为热被逸散，結果其利用效率小于 1。在其他各种物质代謝中，化学能被用于生理活动时，其中一部分常常以热的形式而逸散。

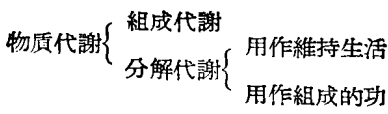
在生命現象中，常常看到好象违反第二定律的現象。特別是在細胞內的显微鏡所观察不到的領域中，即在 Planck 的所謂微觀状态(micro-state)下，第二定律也有时不适用。布朗运动就是其中之一例。在微觀的狹小的地方观察分子时，或观察在布

朗运动中的微小物体的行动时,在某一个瞬間內,分子也有从数量較少的方面向分子数量較多的方面进行运动的。这种情况似乎违反了第二定律,但第二定律并不是为了适合这种微观状态而規定的。它只适合于很多微观状态所組成的宏观状态(macro-state),而是从經驗所得的。在植物生理学中,把生命現象可以当做热力学来研究的范围,只限于这种宏观状态。

植物为了运行生命現象,必須有能量代謝,而其能源則仰給于外部。从外界来的能,种类很多,其中对植物的被动的生理活动有用的較多,但对植物的主动的生理活动有用的却很有限,而这种限制可以說是生命現象的一个特征。植物由体外摄取而能把它用于主动的生理活动的能,只限于化学能和光能,而且后者也只在轉变为化学能以后才能用于生理活动。

植物不能把化学能以外的能摄取到体内用于主动的生理活动。对植物体來說,普通植物体所常遭遇到的热能,也不能用于这种目的。在被动的生理活动中,或作为生活条件、刺激、催化而起作用的必需能中,也有化学能以外的能。但它的量极小,从数量上的重要性来看,它和进行主动的生理活动的化学能不能相比。在植物体内发生化学变化时,化学能逐漸轉变为其他的能,或留在体内或被放出体外。特別是伴随着各种各样的能的轉变而发生的热能,最容易被放出体外。在植物的生命現象中大部分的能变成热的形式,这种現象对植物本身在能的經濟利用上是很不利的。但在实际上,这却是常見而不可避免的现象。总之,除綠色植物的光合作用外,在植物体内所发生的化学变化,只能向化学势(chemical potential)即自由能的減少这一方向进行。这个原則可以說是生物能量理論的基本原則,也适用于动物。

在生物体内发生的維持生命現象所需要的化学变化叫做物質代謝(metabolism)。而物質代謝往往伴随着能量代謝(Energiewechsel)。产生物質代謝时,物質的一部分直接地或間接地用于生物身体的构成,即成为生长的材料,而另一部分用于取得作各种生理活动所需要的原动力。直接或間接形成植物体构成材料的物質代謝叫做組成代謝(anabolism)。取得作各种生理活动所需要的原动力的物質代謝叫做分解代謝(catabolism)。呼吸作用就是一种分解代謝。田宮把分解代謝所做的功分为維持功和組成功,前者是为了获得維持生活机制所需要的力源所作的功,而后者是用于組成代謝的材料物質的变化或組成所需要的功。組成材料譬如如是建筑材料的話,組成的功就相当于建筑工人的劳动。



对动物来说,当作象运动这样的功时,分解代谢具有很大意义,但对植物来说,和动物不同,没有这么显著的运动,主要的功可以说是身体的组成即生长。因此,在植物中,分解代谢可以说是为了维持功与组成功而进行的。

自由能

热力学第一定律可以用下式来表示:

$$U = Q + A$$

U : 全部能量

Q : 热能

A : 可以作功的能

Q 也可以叫做束缚能。在 A 所作的各种功之中不包括容积变化。 A 就是 Helmholtz 的所谓自由能。在温度不变、容积不变条件下,发生能的转变时可以看到这种关系。

就某一系统的两种能状态的差而言,这些符号各为 ΔU 、 ΔQ 、 ΔA ,而在三者之间成立下式所表示的关系:

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta A$$

$$\Delta A = \Delta U - \Delta Q$$

如果在温度不变、容量不变的条件下,这种状态能达到平衡,那就不能作功,即

$$\Delta A = 0$$

这意味着自由能不发生变化。

在自然界的各种现象中,常常看到在温度不变、大气压不变的条件下,相伴随着容积的变化。在这种条件下发生变化的自由能,和 Helmholtz 的自由能不同,在所作的功之中包括容积变化。这种自由能,在化学反应中叫做化学势,用 F 来表示。然而 F 的绝对值是无可知的,只能知道在两种不同状态下的自由能的差别即 ΔF 。用 P 表示气压,用 ΔV 表示容积变化时,在温度不变、大气压不变的条件下成立下式所表示的关系:

$$\Delta F = \Delta A + P\Delta V$$

或

$$\Delta F = \Delta U - \Delta Q + P\Delta V$$

如果 ΔF 为负,则意味着其反应系统放出了自由能,也就是说产生了放能代谢反应(exergonic reaction);如果 ΔF 为正,则意味着其系统从外部吸收了能,也就是说产生了吸能代谢反应(endergonic reaction)。

在上式中,如果用 ΔH 来表示 $\Delta U + P\Delta V$, 则为: