

國民教育文庫

生 物 學 概 要

上 冊

王 凱 基 編 著

商 務 印 書 館 發 行



七年四月初版

(52274.12A)

國民教育文庫 生物學概要 二冊

上冊定價國幣貳元伍角

印刷地點外另加運費

編著者 王凱基

主編者 朱經農

上海河南中路

發行人 朱經農

印刷所 商務印書館

發行所 商務印書館

各地

集

42.50

目 次

上 冊

導 言..... 1

第一篇 原生質..... 1

第一章 生命與原生質..... 1

第一節 生物和無生物..... 1

第二節 生命..... 3

第三節 原生質..... 4

第二章 原生質的化學組成和物理構造..... 6

第一節 物質與能..... 6

第二節 原生質的化學組成..... 12

第三節 原生質的物理性狀和構造..... 20

第三章 細胞和生物..... 22

第一節 細胞..... 22

第二節 生物..... 30

第四章 細胞與環境間的物質交換	34
第一節 擴散和滲透現象	34
第二節 細胞的滲透現象和滲透壓力	38
第三節 細胞的滲透率	41
第四節 細胞與外界的物質交換	44
第五章 生物體內的化學作用	45
第一節 觸媒作用	45
第二節 酵素及其種類	47
第三節 生物體內的化學作用	50
第二篇 營 養	53
第六章 營養與食物	53
第一節 營養與代謝	53
第二節 食物	56
第七章 植物性的營養	59
第一節 吸收和輸導	59
第二節 光合作用	60
第三節 代謝	63
第四節 呼吸和排泄	64
第八章 動物性的營養	66

第一節 攝食	66
第二節 消化	67
第三節 吸收	68
第四節 運輸	68
第五節 代謝	69
第六節 呼吸和排泄	69
第九章 其他營養方式	71
第一節 死物寄生營養	71
第二節 活物寄生和共生	73
第三節 化學營養	75
第四節 混合性營養	75
第十章 多細胞綠色植物的營養機構	77
第一節 藻類植物的營養	77
第二節 苔蘚植物的營養	78
第三節 維管植物的營養	82
第十一章 多細胞動物的營養機構	98
第一節 腔腸動物——水螅	98
第二節 扁形動物——渦蟲	100
第三節 環節動物——蚯蚓	102
第四節 脊椎動物	106

下 冊

第三篇 整 調.....	131
第十二章 刺激與反應.....	131
第一節 刺激與反應.....	132
第二節 單細胞生物的反應機構.....	135
第三節 多細胞植物的反應機構.....	138
第四節 多細胞動物的反應機構.....	140
第十三章 受納器.....	142
第一節 機械的受納器.....	143
第二節 化學的受納器.....	148
第三節 光的受納器.....	150
第四節 其他受納器.....	154
第十四章 反應器.....	155
第一節 骨骼肌.....	155
第二節 內臟肌和心肌.....	158
第三節 腺.....	159
第十五章 神經系統.....	162
第一節 神經原.....	162

第二節	神經和神經系統	163
第三節	中央神經系統	165
第四節	外週神經系統和自律神經系統	170
第十六章	內分泌和再生	173
第一節	內分泌和內分泌腺	173
第二節	內分泌腺的種類及其整調機能	173
第三節	再生	176
第四篇	生殖	179
第十七章	細胞分裂與生殖	179
第一節	間接分裂——有絲分裂	180
第二節	直接分裂——無絲分裂	182
第三節	減數分裂	182
第十八章	生殖現象	186
第一節	無性生殖	186
第二節	有性生殖	188
第三節	種細胞和身體細胞	193
第四節	兩性配子的發生和受精	196
第五節	孢子的發生和世代交替	198
第十九章	多細胞動物的生殖和演發	201

第一節	腔腸動物的生殖——水螅	201
第二節	環節動物的生殖——蚯蚓	202
第三節	脊椎動物的生殖——蛙	204
第四節	多細胞動物的演發	206
第二十章	多細胞植物的生殖和演發	212
第一節	菌藻植物的生殖和演發	212
第二節	苔蘚植物的生殖和演發	214
第三節	羊齒植物的生殖和演發	216
第四節	種子植物的生殖	218
第五節	種子植物的演發	223
第五篇	遺傳與進化	227
第二十一章	遺傳	227
第一節	遺傳的機構	227
第二節	孟德爾定律	234
第三節	環連	241
第四節	性的遺傳	246
第五節	因基	252
第六節	因基與演發	254
第二十二章	進化	256

第一節 變異	256
第二節 淘汰	258
第三節 自然淘汰和物種原始	260
第四節 進化的成績	267
第二十三章 生命的原始	276
第一節 超微生物	276
第二節 生命的基礎——因基	279
附 錄	281
植物的分類大綱	281
動物的分類大綱	283

導 言

地球上已有七十多萬種的動物和植物存在，並且新種還在繼續的出現。這許多種生物生活在地球上，各有牠分佈的領域，在海洋湖沼，平原高山以及空氣裏；在極熱或極冷，有氧或缺氧的地方；差不多地球上隨處都有生物的生存。就形體說，有微小到非用高倍顯微鏡不能窺見的細菌，大的有高三百米以外的樹木——世界爺；簡單的在顯微鏡底下看起來，好像一滴清水，複雜的像人體的那樣精細而微妙。生物的種類這樣多，分佈這樣廣，形體的變化又如此繁雜，但是有一點是共同的，有生命。

在人類求知的慾望中，就產生了以研究生命為對象的科學——生物學，生命問題的有關方面，委實太多而複雜，牠和自然界的關係已經是够複雜的了；再加上有生命的物體間，關係又異常錯綜；所以生命問題的解決，決不是從單方面去探索所能成功的。因此生物學就成為非常龐雜的科學了。不過，還得從把握住

幾個中心問題去着手，在幾個中心問題解決之後，枝節的問題就不難瞭解了。現在生物學上的中心問題，簡要的說，有：(一)生命的物質基礎——原生質，(二)生命現象——營養，整調及生殖





(三)生物的遺傳和進化。本書就根據這三個生命的要點，分別加以敘述，作為生物學的概要。



13-6
1024
2-1

生物學概要

上册

第一篇 原生質

第一章 生命與原生質

第一節 生物和無生物

生物是有生命的，無生物是沒有生命的。有無生命究竟有什麼區別？有生命又是怎樣的一會事呢？我們知道有生命的生物有幾個生命現象：感應——生物能感受刺激而發生反應；營養——攝取食物，由食物而取得生命活動上所需要的物質和能；生殖——運用種種方法產生新個體，得以代代相傳，種族延綿。一塊石頭或是一塊銅鐵，牠沒有感應，營養，和生殖等生命現象。無疑的，牠是所謂無生物了。如此說來，有生命和無生命的劃界是相當精確而可靠，但是我們倘若打消原有的成見，站在物質科學的立場去看，被我們認為無生物的東西，牠也有感應，營養，甚至於生

殖等現象。

水在溫度升高到百度的時候，牠就變成了氣體，浮動在大氣中，在溫度降到零度時，牠就凝聚成固體的冰；一根鐵條在溫度升高的時候伸長，在溫度降低的時候就縮短；手鎗的彈機感受壓力，牠把子彈射出去；汽車的發動機感受到壓力而行動等等，固然複雜的程度不能和生物比擬，可是不能說牠不是感應的一種。生物的營養，取食物充作燃料，在食物燃燒後——氧化，放出動能，供給生命所需要的活力，汽油是汽車的食物，煤是蒸汽機的食物，在汽油和煤燃燒的時候，放出動能，使汽車和蒸汽機轉動前進，又燃燒後的廢物和生物一樣的設法排除出去，這也許可以說是汽車的營養。生物學者曾努力在無生物界找尋和生物相當的生長和生殖。在飽和溶液裏的結晶能繼續增大體積，表面上看來，和生物的生長並無別緻，實際上，結晶的增大是在結晶的外表堆砌，而生物的生長是內在的滋長。當然不能說是相當的，不過，物質的堆砌在外面和增加在裏邊，究竟有多少嚴重的意義，這還不能明確的說明。結晶續漸增大，往往自然的裂為許多小結晶體，並且保持牠原有的形狀，又以每一小結晶體為中心，續漸增大，就增多了許多結晶體。這種增殖方法的簡單，固然比不上生物的種種複雜的生殖，但是和微生物的一裂為二亦相距不遠罷？

綜上所述，生物和無生物並沒有嚴格的界限可以劃分，不過複雜程度的懸殊是無可諱言的。由於物質科學的發達，生物學對於生命的研究，充分利用物質科學上的原理來說明許多現象。雖然目前還不能肯定的說：「生物是一個物理化學的機器」。恐怕也並不十分遙遠了。

第二節 生命

生物和無生物之間。雖然沒有嚴格的界限，「生命」這個名詞，在現代的生物學上還是存在的。究竟「生命」是什麼？我們可以這樣說：生命是生物所表現出來的感應，營養，生殖等生活現象的總和。倘「生命」是用這樣一句話來解釋的話，恐怕不能使我們滿意的。這個回答不過指示生物所表現的活動，並沒有說明怎樣發生這種生命的活動，等於我們說生物能動，有感應，會生殖，因為牠是活着的。也等於說發動機能動，因為牠具有動力，那末「生命」的定義究竟怎樣？物質科學倡明的今日，把宇宙間一切的事象，都歸納在物質和能的身上。換言之，宇宙間的一切事象，都可以用物質和能來解釋的。最神祕的生命也跳不出物質和能的範圍。試看構成生物體的物質，無非是化學上所知道的元素，化合物和混合物，引起生命活動的力，亦不外物理上的能。在生命的物質基礎和生命的現象未說明之前，這裏姑且先給牠下個

定義：在複雜而特殊的物質機構上，發生複雜而有系統的物質和能的轉變，造成種種生命活動，活動的總和稱為生命。生命的定義如此，足以引證生物和無生物並非對立的，不過是複雜的程度不同罷了。同時又指示了解決生命問題的途徑。必須去找出構成生物體的物質是什麼？如何可以構成一般性的有生命的物體，物質間又如何發生作用？作用之後，又如何引起物質和能的轉變？如何能表象出種種生命活動來？除了最後一個問題留在以後各篇說明外，那幾個問題是要在這篇中逐一解決的。

第三節 原生質

生命現象必須寄托在特殊而複雜的物質上，這物質就是所謂原生質。原生質是許多物質所合成的混合物，含有物中，水和無機鹽是在無生物界普遍的存在，特殊的，含有多量的有機物，如碳水化合物，油脂和生質精，無生物界沒有這類物質的存在。原生質之特殊就在此。原生質的構造又非常複雜，在顯微鏡下觀察已經是够微細的了。恐怕在顯微鏡的視界之外，還有更微妙之處。原生質的特殊，不僅是牠的組成和構造，牠的活動是更重要的一個。原生質的有種種活動，當然和牠複雜的組成和構造有關，活動一旦停止，構造即行破壞，不成為原生質。反之，原生質的正常機構破壞，活動亦無法產生。原生質是一個不穩定的物

質系統，要保持牠的正常，必須有繼續的能的供給。好像飛機在高空。要保持其高度。必須有繼續的力的供給。這力是從發動機裏汽油燃燒而來，原生質保持其正常的力，是從食物在原生質內經許多化學作用而得來的。這種有系統的化學作用的總稱叫做代謝。食物的攝取和傳佈到原生質的全部，當然是代謝的先決條件，又在代謝中所產生的廢物亦得排除體外，這許多活動也是在物理和化學的原則下完成。關於維護原生質的正常而發生的代謝以及附帶的許多活動，統名之曰營養。這是原生質的特性之一。原生質內所進行的種種化學變化和能的轉變，隨時因環境的影響而變動，因此原生質對於環境有所謂感應了。這又是原生質的特性之一。向外界攝取的物質，經代謝作用建設成新的原生質，在供消耗之後有多餘的話，原生質的量就增加了。原生質的增加，固然可以引起生長，同時是增殖個體的基礎。原生質上能發生生長和生殖的活動，又是牠的特性之一。以上所述種種活動，就是我們所說的生命現象，所以生命是原生質活動的總和；反之，原生質是生命的物質基礎。

第二章 原生質的化學組成和物理構造

第一節 物質與能

近代科學對於自然界的一切事象，都在物質和能的基本概念之下來說明。物質，佔有空間，有質和量；能，做工作的能力。任何表象於空間的現象，是物質上發生能的轉變或傳遞。存在於空間的任何物體，都是物質所構成。如此說來，生物的身體必然是物質所構成；在生物體上所表現的生命現象，無非是能的轉變而已。為說明原生質的組成和構造，先得把物質科學上的物質與能，略略的說明一下。

物質——任何形式的物質，都由於可分離的分子所構成。分子，可以說是任何物質分到最小而仍保持其相同形性的顆粒。分子的種類的多少和化學性質不同的物質的多少一樣，實際上就是無量數。分子又為較小的原子所組成，每種分子有一定量的原子，並且有一定的組合和排列的方式，所謂化學變化，是某種物質轉變成另一種物質，也就是原來的分子破壞，原子重行組合成另一種分子，如氧的分子是由二個氧原子組成的，氧與氫起化學變化，氧分子破壞，與氫原子化合成水，水的分子是二個氫原子

和一個氧原子。在氫的方面說，牠的分子原來是二個氫原子，在和氧起化學變化時，氫分子破壞，二個氫原子和一個氧原子結合成水。

凡一物質，牠的分子僅由一種原子構成者，叫做化學元素；若由二種以上的原子所組成者，叫做化合物，二種以上的分子所組成的物質叫做混合物。（圖一）。二種以上的原子結合稱為化

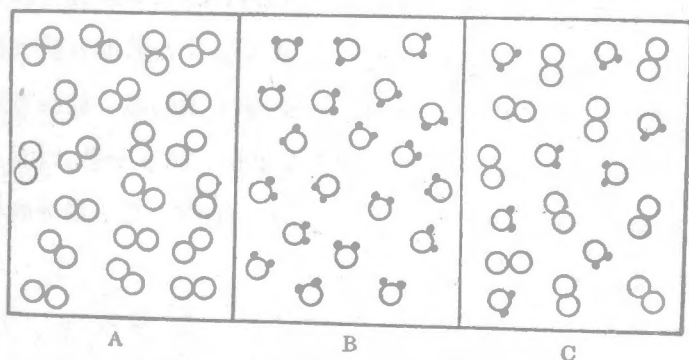


圖 1. A, 氧元素; B, 化合物—水; C, 混合物—水與氧元素。
○代表氧原子, ●代表氫原子。(由 Plunkett)

合，二種以上的分子結合稱為混合。化合物中的元素叫組成物，混合物中的各種分子稱含有物。

化學上已經發見了九十二種元素，每種元素的原子又由更小的粒體構成。這微小的粒體有兩種：核子和電子。核子帶有正電，電子帶有負電。每種元素的原子有牠一定量的核子和電子，

並且有一定的組合方式。正常的原子含有等量的核子和電子，倘核子比電子多的時候，這元素帶有正電；反之，就帶有負電。帶有電的原子或分子叫做離子，帶有同樣電的離子相拒，帶有異電的話，兩者相吸，所以在兩個帶有異電的原子很容易化合成化合物。

最簡單的原子是氫原子，僅有一個核子和一個繞着核子轉動的電子。任何種的一個原子必具一核心，在核心部份有全部的核子，和一部份的電子，還有一部份的電子在幾條周道上繞着核心轉動；好像行星的繞着太陽行動一樣，這游動的電子數必等於核心裏核子比電子多的數量。這個數量就是所謂原子量。因為九十二種原子各有牠一定量的核子和電子，牠們的原子量也就各各不同了。(圖二)

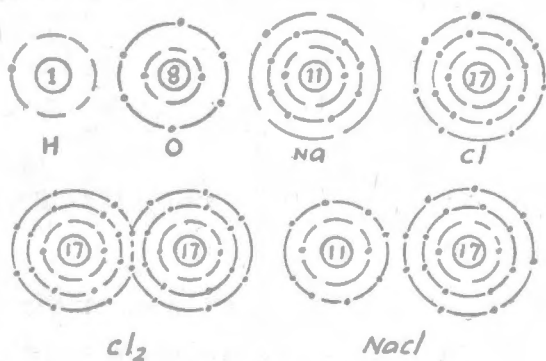


圖 2. 原子的構造, 元素和化合物的構成。
(由 Plunkett)

若干原子的游動電子極穩定，這類原子就不容易參加化學的組合，如氫、氦、氬等。有許多原子的游動電子很容易失掉一個或幾個，因為失掉電子，該原子就帶有正電，成為陽離子，如一般的金屬元素，鐵、鉀、鈉、銅等。有許多原子有相反的不穩定，很容易在游動電子的範圍裏加上一個或幾個電子，因此帶有負電，成為陰離子。如一般的非金屬元素：硫、磷、氯等。若干非金屬元素如氫、碳、氮、磷、硫等，既易失去電子，又能取得電子。所以牠們可以成為陽離子，亦能成陰離子，視其環境而定。某元素的原子，牠能取得電子的量，或失去電子的量是有一定的。如碳元素的原子可得或失四個電子，鈉祇能失掉一個電子，這取得或失去的電子數量，就是元素的化學價。碳是四價，鈉是一價。

原子化合成分子，有兩種形式：一種是能失掉電子的原子，把牠所失掉的電子給與能得電子的原子，如此合成了一個分子。在這種形式之下所化合成的分子，叫有極性物質。（圖二）兩原子間的吸力可強可弱，倘若吸力很弱，往往很容易分離成離子。如食鹽在水中分離成鈉離子和氯離子。這叫做電離。兩原子間的吸力的強弱決定該兩原子所結合成的分子的電離度的大小。另一種化合的形式是兩個以上的放電子的原子結合起來。（圖二）如氯分子的形成，並無帶電的現象，同時也沒有電離的作用，在這種形式之下所結合成的分子，叫做無極性物質。許多有機化合物

是無極性的物質。有極性物質和無極性物質之間，並沒有界限可以劃分，換言之，兩者之間，有種種中間形式，這表示各種物質有牠化學的和物理的特性。構成原生質的物質，就是在這種複雜情形之下的各種化合物和混合物。

生命物質——有生命的物質是許多化合物和混合物，也就是說由許多種不同的分子構成。從牠含有物的種類繁多，和牠分子間的變化複雜，在自然界裏不能找到比原生質還要複雜的物體了。但是構成原生質的元素，主要的有十二個：碳、氫、氧、氮、硫、磷、鐵、鉀、鎂、鈣、鈉、氯；其中尤以碳、氫、氧、氮四元素為最要。這十二個元素是在無生物界非常普遍的，在原生質裏牠們結合成許多種特殊的化合物。有許多複雜得無生物界所沒有。這許多種的化合物在不同的生物體上固然可以不同，就是同一個體的不同部分，亦可能不同。並且分子間，或者說是物質間，又不斷的在發生變化，要闡明生命現象，先得明瞭這生命物質的含有物的化學性質，和相互間的化學和物理的關係。

能——有的能是可以表象出來，被我們覺察到的。如運動、熱、光等。這幾種能叫做動能。亦有在不活動的形式之下藏着，不是我們所能覺察到的，如重量，化學愛力等。這叫做靜能。在物理學上就把能分為上述的兩類。自然界所有的能，見下列圖表：

圖表一： 能的種類

	動 能	靜 能
物 體 的	運動(機械能)	重量(地引力)
分 子 的	熱	黏着力和附着力
原 子 的	化學作用	化學愛力
電 子 的	電流	荷電
放 射 的	光, X—光線	

上述各種能，在無生物界時常互相轉變的。如機械能變為熱能，化學能變為電能等等。這就是所謂能的轉變。能既可轉變，且在物與物間可以傳遞。關於能的轉變和傳遞，總是在物理學上的兩個定律範圍裏進行着。第一條定律是能力不滅：在能發生轉變或傳遞中，能的總量是不變的。就是說，決不因轉變或傳遞而損失。第二條定律是能力遞減各種形式的能，都可以全部轉變為熱能，而熱能並不能全部變為其他形式的能。因此在能的轉變中，雖然能的總量不少，而有用的能漸減，因為有一部的能消耗在變為熱能而失散。

生物體內的能——上述各種能，在生物體內都有。能表象出來的，如機械能，在動運上可以看到，同時細胞裏細胞質的流動也表示有機械能的存在。熱能是任何生物都能產生的，特別是溫血動物，很容易給我們察覺到的。化學能在代謝作用裏存在。生物之所以有代謝機能，化學能是一個重要的因素。電能在任何細胞裏都有，不過不明顯罷了。可是像電魚，就有顯著的電能表現。

放射能在生物體內並不普遍，是螢，夜光蟲等所特有。根據能常住定律，生物體所表象出來的，或內在的能，必然是從能轉變而來的。這維持生命活動的能，都是從代謝作用中的化學能轉變而來。這化學能又來自何處？我們知道是由食物所供給，再追溯食物中能的來源，可簡單的說：綠色植物在日光中，把無機物綜合成有機物的時候，吸收日光中的光能和熱能而轉變為靜能，貯藏在所製成的有機物裏，所以生物體內的能，間接的從日光得來。日光射到地球表面，大部份的能消耗在變為熱能而失散，祇有一小部份在綠色植物上，經複雜而有系統的變化之後，形成了生物體內的能。

第二節 原生質的化學組成

前節已述及原生質是一個複雜的混合物。這裏就元素，無機物及有機物三項，簡單說明原生質的組成。

元素——前節曾敘及構成原生質的元素有十二個。這十二個元素的量的百分比不同，如圖表二所示。

圖表二 原生質內的元素

元 素	氧	氫	氮	碳	硫	磷	鉀	鐵	鎂	鈉	鈣	氯
百分比(重量)	70	10	2.5	10.5	0.2	0.3	0.3	0.01	0.02	0.04	0.02	0.1
化學價	2	1	3,5	4	2,6	5	1	2,3	2	1	2	1

從牠們的百分比看來，以碳、氫、氧、氮四元素為最主要。而其中

鈣、鈉、氯三元素並不普遍都有，如下等植物往往缺鈣元素；鈉、氯兩素為一般植物所缺。但是鈉、氯兩元素在動物方面，尤其高等動物是非常需要的。十二元素之外，還有碘、矽、磷、硫、鋅、硼、錳、銅、鉛等元素。為少數生物所特有。量的方面也非常微小。這許多元素在自然界裏隨處皆是，有游離的狀態，或成化合物的形式存在，但是在生物體內，除了氧元素可能游離存在外，其餘都成化合物。

化合物——化合物分無機化合物及有機化合物，前者為無生物界非常普遍的物質，在生物體內亦佔重要的地位。後者差不多是生物特有的東西。

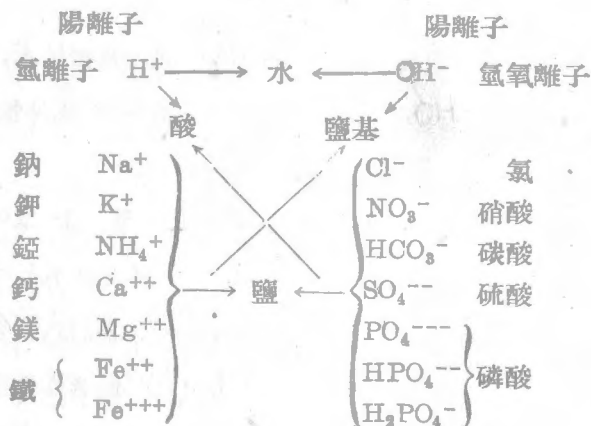
一、無機化合物 組成原生質的無機化合物是水，鹽類、酸類、鹽基類及氧體。其中除了水的比量最多外，都是含量極微，但在生命上是必需具備的。

1. 水 原生質的含水量，約百分之七十至九十，水的含量如此多，對於生命必然有牠重大的價值：(1)水是組成原生質的基本物質；(2)水是製造有機食物的原料；(3)生物體內物質運輸的媒劑；(4)因為水是有極性物質，非常適宜其他有極性物質的溶解和電離，故水是良好的溶媒；(5)水本身能電離，雖電離度不大，而因少量的氫離子和氫氧離子的存在，就有極大的化學和電的活力；(6)組成水分子的元素是氫和氧，這兩個元素又是有機

物的主要組成物，由於水的取捨，引起有機物的化學變化；(7)水有高度的黏着力，表面張力；有很弱的黏性，易於流動；再有能容藏大量的熱，凡此種種，都有利於生命的活動。就上述七點看來，原生質內缺少水份，生命就無法繼續了。

2. 鹽類、酸類、鹽基類 這三種無機化合物的含量雖微，於生命亦極為重要。牠們都能溶於水，且有高度的電離度，在原生質裏，繼續的在各種形式之下進行化合或電離。因此可以發生各種各樣的鹽類，酸類和鹽基類，且隨時在發生變動。如圖表三：

圖表三 原生質內的無機物



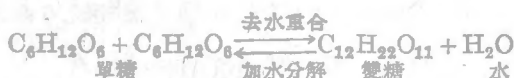
3. 氣體 養氣是生物的主要食物，牠在原生質裏可能游離的存在。但是不斷的消耗在代謝作用裏，繼續的取給於大氣，綠

色植物製造有機物時，養氣是牠的副產品。這是綠色植物的特色。二氧化碳和氨是代謝產生的廢物。在綠色植物的方面說，二氧化碳既是代謝的廢物，同時又為製造有機物的原料。

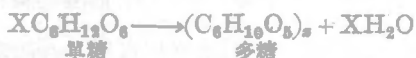
二、有機化合物——有機化合物是以碳氫兩元素的化合物為基本的物質。因為牠的氫原子可以給別種原子或原子團替代，又因為碳與碳之間有很強的化合力，所以有種種複雜的有機化合物，最簡單的是甲烷 CH_4 ；一個碳原子有四價，就和四個一價的氫原子化合。牠的分子構造式是 $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ 其中有一氫原子被氯原子替代，就得氯化甲烷 CH_3Cl 。二個分子的甲烷，因為碳與碳的化合，就成了乙烷。 $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ | \quad | \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ | \quad | \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ 其中有一個氫原子被氫氧離子替代。就得乙醇（酒精） $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 。以此類推。有機化合物的種類，已經是够多的了。再加上氧、氮、硫、磷等元素又是一般有機物所含有。可見有機化合物的結構複雜。種類的繁多了。構成原生質的有機化合物有三大類：碳水化合物，油脂，生質精。

1. 碳水化合物 碳水化合物是碳、氫、氧三元素的化合物。其中氫氧兩元素的比例和水一樣是二比一。一般的分子式是 $\text{C}_n\text{H}_{2m}\text{O}_m$ 。碳水化合物又分單糖，雙糖和多糖三類。單糖的分子是 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 。如葡萄糖，果糖等。雙糖是兩個分子的單糖，去了一個分子的水重合而成。如蔗糖，麥芽糖等。牠的分子式是 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ 。

重合的和分解的可逆反應，可用方程式來說明：

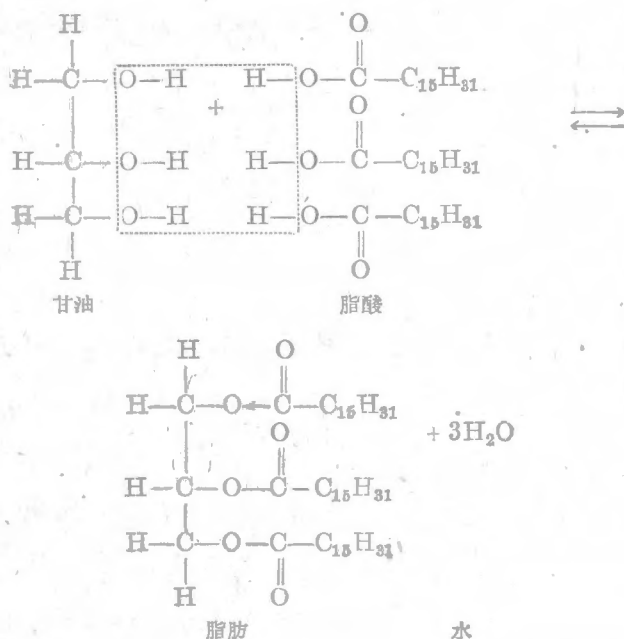


多糖是由許多分子的單糖去水重合而成，去水的分子數和所用單糖的分子數相等。用方程式表明之：



多糖的分子式是 $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_x$ ， x 是不定數。如澱粉，纖維素等。單糖是生物的主要燃料，所有碳水化合物都得轉變成單糖之後，才可以充作燃料。雙糖和多糖是碳水化合物的貯藏形式，澱粉是植物體內的主要貯藏物。成各種形狀的顆粒體，肝澱粉是動物體內的貯藏物，也是多糖的一種。

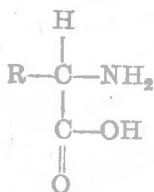
2. 油脂 油脂是無極性物質，故不溶於水，而僅溶於有機溶劑。油脂亦為碳、氫、氧三元素所組成。但氧的含量極少。若干油脂，除上述三元素外，還含有氮、磷等元素。油脂有成液體狀態者，如一般植物油類；有為固體者，如脂肪和臘。構成原生質的油脂有三類：真脂肪，如脂油、牛油、橄欖油等；磷脂，如卵磷脂；固醇，如膽腦固醇。真脂肪是由一分子的甘油和三分子的脂酸去水重合而成。反之，脂肪加水分解成甘油和脂酸。化學方程式如下：



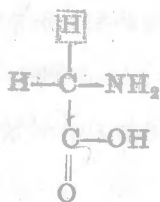
油脂是動物和一部分植物的貯藏食物，由油脂分解而產生的甘油和脂酸，可供燃燒，放出的能量是高於其他有機物。油脂和碳水化合物常可互相轉變，與原生質的物理性狀和構造有密切的關係。

3. 生質精 生質精是原生質內最特殊而複雜的一種化合物，是生命活動所依據的物質。要解決生命問題，差不多要以明瞭生質精的一切為前題。牠是以碳、氫、氧、氮，四元素作為基礎的化合物。再加上硫、磷、鐵等元素，所有種種生質精，全部的或

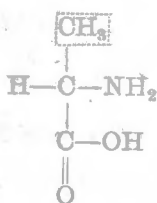
局部的為氨基酸所構成。氨基酸是一種含氮的有機酸。一般的構造式可寫作



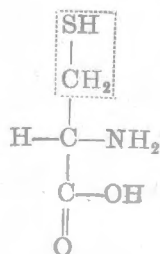
從這構造式看來，甲烷的一個氫原子被氨基原子團(-NH₂)所替代，有一個氫原子被有機酸根或稱羧基(COOH)所代，還有一個氫原子可能被其他原子團(用R代表)所替代，根據R原子團的不同，把已經發見的二十五種氨基酸分為三類：甘氨酸，R仍為氫原子；初油氨酸，R為甲烷原子團；胱氨酸，R是含有硫的甲烷原子團。這三類氨基酸的構造式，再分別寫在下面：



甘氨酸

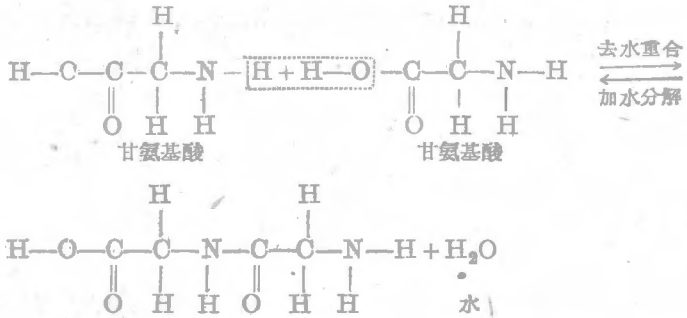


初油氨酸



胱氨酸

氨基酸的結合成各種生質精，最簡單的是氨基酸的去水重
合。如：



因為可以有許多氨基酸的分子重合起來，並且若干氫原子可被其他原子或原子團替代，所以造成了極複雜而種類極多的生質精。生質精的種類，可大別為簡單生質精和複合生質精，前者僅由氨基酸結合而成。如蛋白，球蛋白和硬蛋白等。後者除氨基酸外，有其他原子團參加化合而成。如磷蛋白、糖蛋、血色素、核蛋白、脂蛋白等。

生質精的種類既多，在原生質內又時常發生轉變，由某種生質精變為別種生質精，或其他有機化合物。在牠繼續的錯綜的轉變中，引起了系統的能的轉變，使原生質表象種種生命活動。關於如何能發生種種轉變，容後再詳，這裏把原生質的化學組成，列表說明之。

圖表四 原生質的化學組成(平均值)

物質的種類	重量的百分比
水.....	80

無機鹽.....	1
生質精.....	15
油 脂.....	3
碳水化合物及其他.....	$\frac{1}{100}$

第三節 原生質的物理性狀和構造

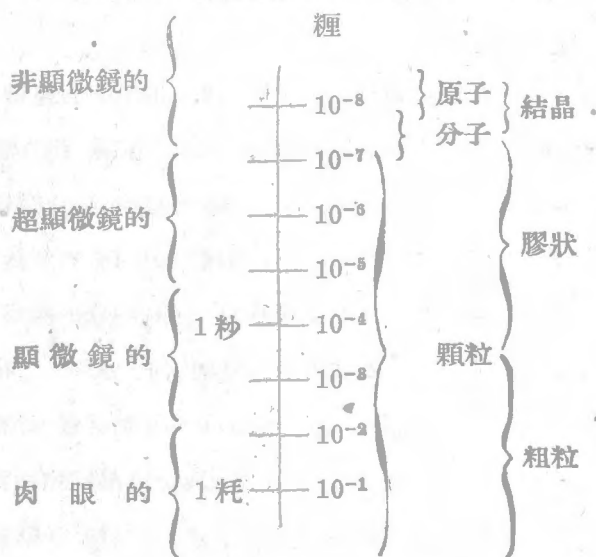
原生質的物理性狀和構造，就近代生物學的研究，是一個極複雜的物理化學的問題。這裏祇能作簡單的說明。

任何物質的物理性狀，不外乎固體，液體和氣體三種，固然在原生質裏可以看到固體的顆粒，油類的泡沫，但其本身是無色透明的液體。因為有許多有機物溶於這液體中，和許多固體的顆粒散佈在這液體裏，使這無色的透明液體，具有相當的黏性而不能自由流動，同時變為不完全透明。所以說，原生質是無色半透明的膠質狀半流動體。這不過是原生質表面的物理性狀，至於內在的構造如何？先得介紹物理化學上的一點知識。

1. 分散現象 在任何混合物中，一種或幾種物質分佈在另外一種物質裏。這叫分散現象。在這裏邊有一繼續面的物質稱分散媒，那沒有繼續面的物質稱分散質。如加少許油於水中，搖動後即成一分散現象。我們可以看到許多油滴分佈在水中，水有繼續面，故為分散媒，油滴——分離，不成繼續面，故為分散質，倘分散質是析離的分子或離子，分散媒是液體的話，這種分散稱為

溶液，分散質是若干分子所成的固體顆粒，分散媒是液體，這就叫做懸濁液。分散質是若干分子所成的液體，分散媒也是液體，這就稱為乳濁液。根據分散質顆粒的大小，分散又可分為三種：分散質的顆粒直徑小於 10^{-7} 厘米，這種分散稱為結晶的分散；大於 10^{-7} 厘米，而小於 10^{-5} 厘米的話，稱膠狀的分散；倘大於 10^{-5} 厘米，稱粗粒分散，如圖表五。

圖表五 物質顆粒的大小和三種分散



2. 溶液、懸濁液和乳濁液 溶液的分散媒又名溶媒，分散質叫溶質，那末溶液是溶質成分子或離子分散在溶媒裏，溶液又分兩種：一般的無機鹽、單糖、雙糖、氨基酸、甘油和脂酸等簡

單的有機化合物，牠們的分子很小，可以滲透過分離膜，如羊皮膜，這種溶液稱結晶溶液。生質精，多糖，磷脂等高級有機化合物，雖能成溶液，而分子不能透過分離膜，這種溶液稱膠狀溶液。懸濁液和乳濁液的分散質都是許多分子集成的固體或液體顆粒。有許多生質精、油脂和多糖所成的顆粒較小，故成膠狀的；又如澱粉，色素粒及油滴的顆粒很大，就成粗粒的。所以溶液的範圍，從結晶溶液到膠狀溶液。懸濁液和乳濁液的範圍，從膠質狀的到粗粒狀的。

3. 凍膠 膠狀顆粒和懸濁的顆粒，常作不規則的運動，這叫勃郎運動。膠狀溶液裏的膠狀分子，雖有勃郎運動，但在運動速率過低和分子過大的時候，有黏緊在一起的趨向，形成纖維狀或網狀的結構，把水圍在許多網格裏，表現類似固體的狀態。這叫做凍膠。有極性物質和水有很強的愛力，一般的分子較小，很難凝聚成凍膠。無極性物質和水的愛力較弱，分子又較大，很容易變成凍膠狀態。這凍膠的網狀物有相當的堅固和彈性。那被圍在網格裏的水和結晶溶液的分子，仍舊可以滲透網狀體而自由活動。所以並不妨害生命的活動。在原生質裏，生質精，多糖和磷脂等往往變為凍膠。凍膠的發生，固然與分子的大小有關，溫度的高低也是一個因素。溫度低的時候，勃郎運動速率緩慢，就容易引起凍膠的形成。

在利用上述物理化學的知識來說明原生質的構造之前，再先看一看歷史上對於這問題的見解怎樣。有四個著名的學說：

1. 網狀說——一八七五年弗羅門所倡，主要的意思，原生質為網狀構造，在網目裏充塞着流動體。

2. 纖維狀說——一八八二年佛雷明氏所主張。原生質係纖維狀的結構，這纖維狀物體在原生質的半流動體中。

3. 顆粒狀說——一八九〇年阿爾脫門所倡。原生質是顆粒狀的結構。

4. 泡沫說——近代別區里所倡，謂原生質是泡沫狀構造。

這幾種學說，當各有其確實的根據。但因其取材和固定染色方法的不同，恐不能作說明一般原生質構造的理論根據。因為各種生物的原生質，或同種生物的原生質，可能因處理方法不同。所表現的形式有異。再者，上述諸學者所見的原生質的構造，是在處理後的情形，原生質可能因化學和物理的刺激或殺死而有所變動。所以很難確定活着的正常的原生質的構造是怎樣？現在根據原生質的化學組成和物理性狀來說，原生質內水的含量最高，水是原生質內共同的分散媒。有無機鹽和有機化合物溶於水成結晶溶液和膠狀溶液；有高級的有機化合物，如生質精，多糖，固脂等固體顆粒，分散在水中成懸濁液；有不溶於水的油滴分散在水中成乳濁液。這幾種分散可能在原生質內同時存在。又因膠

狀顆粒之成凍膠，顯現纖維或網狀的結構，因懸濁顆粒的存在，是顆粒的結構，因乳濁顆粒的特別顯著而呈泡沫狀。種種形式的結構，可能同時存在，或單獨存在。這完全看外界的環境和內在的種種變動而決定。內外環境隨時在變動，原生質的構造也隨之而不同，各種原生質的化學組成並不完全相同，因此原生質的構造也因此而有差異。

第三章 細胞和生物

第一節 細胞

原生質是構成生物體的物質，構成生物體的單位是什麼？就是原生質所分化的細胞，換言之，細胞是生物構造上和功能上的單位。最簡單的生物，至少是單獨的一個細胞。複雜的生物，就由許多細胞構成，而這許多細胞可能形狀不同，活動也各異的。前者叫做單細胞生物，後者稱多細胞生物。

一、細胞的外形 細胞的大小，相差懸殊，大的如駝鳥的卵，直徑有八厘米。小的如細菌，僅十分之一秒或十分之二秒。不過多數細胞約在一至一百秒間， $(1 \text{ 秒} = \frac{1}{1000} \text{ 耗})$ 細胞的形狀亦有種種：單細胞生物的細胞，有球形，長形，平板狀及不定形等；構成多細胞生物體的細胞，有球形，多角形，平板狀，圓柱形，紡錘形及複雜的分枝狀等。細胞的形狀，往往因環境而使然。單細胞游離存在，因表面張力而成球形，倘若干細胞緊接，就成多角形，亦有因功能而特化為某種形式，如肌肉細胞之適於收縮，神經細胞之宜於傳導。纖維細胞之利於支持，故各有紡錘形，樹枝狀及長形的分化。

二、細胞的內部構造 細胞的構造，可分細胞核，細胞質，及細胞膜三部。參看圖三。

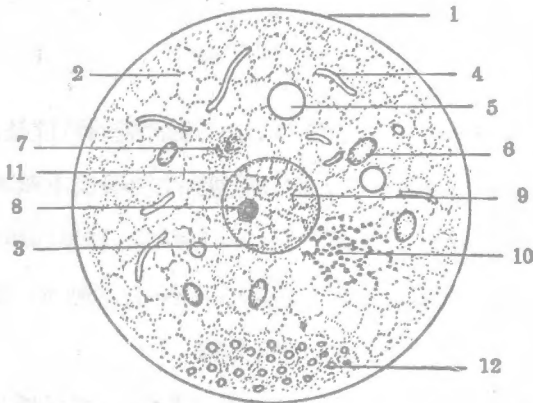


圖 3. 細胞模式圖。1. 細胞膜，2. 細胞質；3. 細胞核；4. 粒線體；5. 空泡；6. 質體；7. 中心體；8. 核仁；9. 核網；10. 高爾基體；11. 核膜；12. 後生質。(由 Hegner)

1. 細胞核 細胞核通常呈圓球形，其大小，與細胞之容積及細胞質之量有一定的比例。這比例因細胞而異。其物理性狀，無色透明，膠狀體，核內部的微細結構，必需用化學物質殺死，固定及染色後，始能窺見。核的基本物質是核質和染色質。核質是無色透明的液體，無異於細胞質，染色質極容易染色，為顆粒狀體物，常成凍膠而顯現網狀結構。在細胞分裂時，染色質顆粒凝聚成線狀體，進而縮短加粗成棒狀，有定數定形，這叫做染色體。如圖九十九。若干細胞核中含有一個或幾個顯明的圓球體，亦容易染

色，這名核仁。往往在細胞分裂時消失，新細胞形成，核仁再現。

細胞核的功用，因含有染色質，帶有遺傳的因基，對於前後代的遺傳和個體的演發有密切關係。此外對於代謝中的組成作用有重大貢獻。若取變形蟲去其核，變形蟲能繼續行動，有感應，甚至於仍能攝取食物，但不能保持其正常的營養，更沒有生長的可能。足見沒有核，就不能有新的原生質產生，以補充其消耗。

2. 細胞質 細胞質包括無色透明的基本物質，和散佈在這基本物質裏的具形體。這基本的細胞質是保持原生質的一切形性。是細胞發生種種生命活動的根據地。分內質和外質。外質清晰而較濃厚，不易流動。內質多顆粒體，較易流動。若干種細胞，在細胞膜內和細胞核外，全部充滿着細胞質。在許多植物的老細胞中，在細胞壁內僅有薄層的細胞質存在，所留巨大的空隙，稱為空泡，如圖四。細胞質內往往含有顯微鏡中所能窺見的某種定形的物體叫做具形體。這裏把細胞質內可能有的具形體，分別敘述一下：

質體 質體是固定而永存的一種物體，常為植物細胞所特有。是綠色植物製造有機化合物的根據地。質體含有

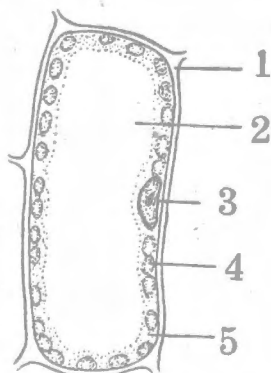


圖 4. 成熟的植物細胞。
1. 細胞壁； 2. 空泡； 3. 細胞核； 4. 葉綠粒； 5. 細胞質。

幾種不同的色素，如葉綠素，葉黃素，胡蘿蔔精等。因含有色素之多少，質體有葉綠粒，色素粒，無色粒等之別。其中以葉綠粒為最要而普遍存在於綠色植物。細胞的顏色並不完全因為質體的顏色。如紅血球的細胞質內溶有血紅素，許多花瓣細胞的空泡液裏含有花青素，花黃素等。

粒線體和高爾基體 細胞質中常含有無定形而易變動的具形體。普通呈粒線形。用特殊的染色方法，始能窺見。功用不十分明瞭，大概與某幾種化學合成攸關。

纖維 若干細胞內有各種纖維的存在，或許由於細胞質經固定而後產生。但在肌肉，神經，表面和腺等細胞中，確實有特種纖維之存在。纖維之功用，尙未完全明瞭，有學者認為與細胞之收縮，刺激的傳導等有關。

顆粒體 任何細胞的細胞質內，都有顯著的顆粒體存在。有的是貯藏的食物顆粒，如澱粉粒，脂肪粒及卵黃粒等。有為分泌的顆粒，色素的顆粒，和代謝的廢物等。

空泡 空泡是細胞質內的游離的細胞液圈，由原生質所分化的膜，把細胞液和細胞質分隔而成。植物細胞普遍的有空泡，特別是老的植物細胞。空泡內是幾種物質的水溶液，如無機鹽及糖類等。空泡的功用有種種。植物細胞的大空泡，可以保持細胞的擴張壓力，使細胞不致萎縮，若干單細胞動物的空泡能伸縮，

叫做伸縮泡，有排泄之用。單細胞動物和若干多細胞動物為消化食物而發生暫時性的空泡，把食物粒包着，形成食泡，然後在食泡裏消化。如圖五。

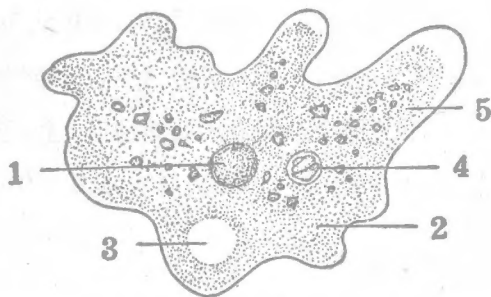


圖 5. 變形蟲。1. 細胞核；2. 細胞質；3. 伸縮泡；4. 食泡；5. 偽足。

3 細胞膜 任何細胞的細胞質外，具有一層薄膜，牠的物理性狀和化學組成和細胞質的略有不同。這層膜叫做質膜，這質膜是細胞與細胞，或細胞與其環境間的一層基本的隔膜。就是因為有這層膜的存在，才有細胞的單位。這膜的非薄程度，不過幾個分子的厚，非顯微鏡中所能窺見。但於生命，關係至為重大，因為牠管理細胞內外物質的交換。質膜的外面，往往有由原生質經化學合成而產生的特殊物質的堆積。堆積物的多少，因細胞而異。在植物細胞較厚，稱為細胞壁。在動物細胞較薄，稱為細胞膜。前者較厚而少彈性，化學組成以碳水化合物中的纖維素為主。後者柔薄而富彈性。以生質精為主要組成物。多細胞生物，尤其是動

物的體素，往往有由原生質所分泌的無生命物質，填充於細胞與細胞之間。這填充物質叫做細胞間質。如硬骨和軟骨的骨細胞間，填充着富有鈣元素的物質，使體素特別硬化。又如許多藻類細胞間，往往有膠質物填充。用以保護細胞，亦因此而可成羣體。

細胞內除質膜外，還有和質膜類似的膜。如使核質和細胞質隔離的核膜，和細胞質與細胞液隔離的空泡膜。這兩種膜一樣可以管制物質的交換。且常發生變動。於生命亦頗為重要。

第二節 生物

生物分單細胞和多細胞兩類。顧名思義，單細胞生物為生物體僅由一個細胞構成，多細胞生物是由許多細胞組成。事實上，兩者頗難嚴格劃分。若干生物可在單細胞的形式下獨立生活，同時也能成多細胞的羣體。究竟牠是單細胞生物還是多細胞生物？又有少數生物，並無細胞的分化，全體為一整塊的原生質。含有許多細胞核。這就很難說牠是單細胞還是多細胞。故生物又可分为下列諸形式。

單細胞生物——如變形蟲，草履蟲，細菌等絕對是一個細胞的。一切生命活動全由這細胞兼營，又如原球藻，酵母菌及一部份細菌可在單細胞形式下存在，有時卻集成羣體。如圖六。這羣體內的各細胞仍保持其獨立性。即各細胞各發生全部的生命活

動，並無分工現象。

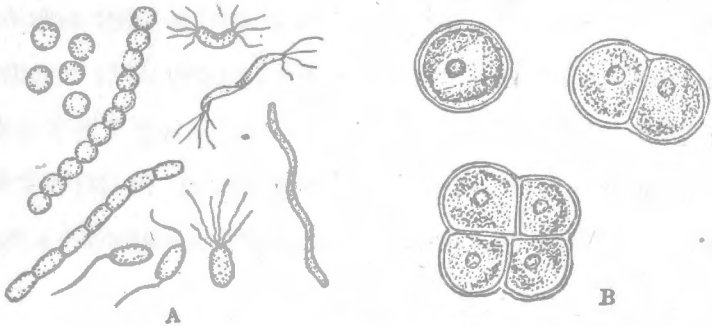


圖 6. A. 細菌； B. 原球藻；

集體生物——原生動物和菌藻植物中，有由多細胞核的原生質塊構成生物體。並無細胞的分化。如黏菌，僅為一塊膠質狀的物體。又如無節藻，雖體形為分枝的絲狀體，但無細胞的分化，見圖七。

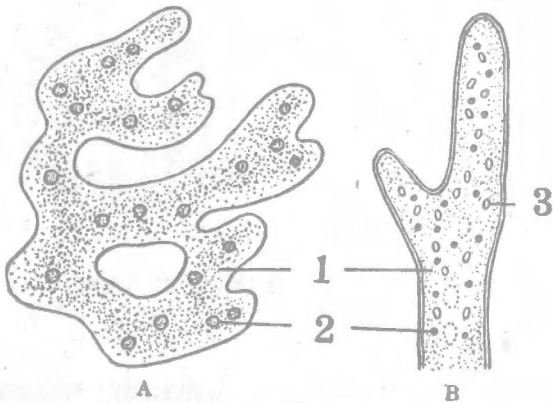


圖 7. A. 黏菌； B. 無節藻的一部分。
1. 細胞質； 2. 細胞核； 3. 葉綠粒。(由 Plunkett)

羣體生物——許多細胞永久性的集成一體，有一定的形狀和排列。如水綿，許多細胞作直線排列，形成絲狀體；如赤子團藻，一定是由十六個細胞作立體的排列，形成圓球狀。又如大團藻，係由許多細胞排列成中空的球狀體。各細胞之營養多獨立，細胞與細胞間有原生質繫線，便於物質之溝通。但其有性生殖，僅限於一部分細胞能形成配子。故大團藻已有初步的分工現象了。見圖八。

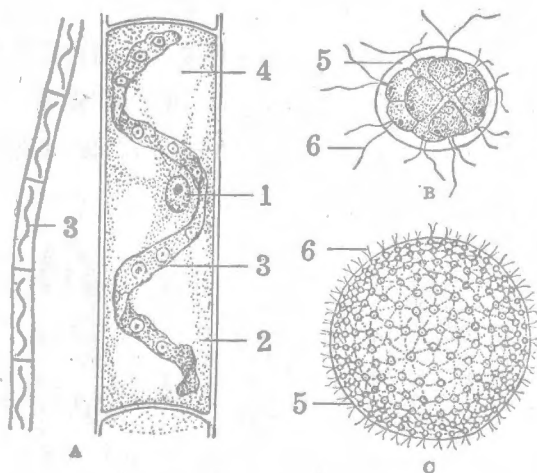


圖 8. A. 水綿； B. 赤子團藻； C. 大團藻。
1. 細胞核； 2. 細胞質； 3. 葉綠體； 4. 空泡； 5. 膠質膜； 6. 鞭毛。

多細胞生物——多細胞生物是由許多功能不同的細胞，作定形而有永久性的集合而成。許多複雜的多細胞生物，因為分工

的嚴密。有體素，器官的分化。所謂體素，係同形同功的細胞集團。有某種生理的功能。動物方面，如肌肉，皮膜，結締體素等；植物方面，有柔膜組織，厚膜組織，維管組織等。所謂器官，係若干不同的體素集成，司某種生理的活動。動物有胃、心、腎等器官，植物有根、莖、葉、花等器官。總之，多細胞生物固然是由許多細胞構成，重要的還在有細密的分工，身體上局部的不正常，就危及整個的生命。

第四章 細胞與環境間的物質交換

構成生物體的單位是細胞，一切生命活動即在細胞內進行，又生命活動的產生是由物質與能的轉變。細胞內所運用的物質，非細胞所能創造，必須取給於外界；物質在細胞內經若干變化，遂有種種廢物產生，廢物又必須排於體外。如此，維持生命的第一步是細胞與外界的物質交換。否則，不能取得物質的供給，能亦無從而來。更談不上能的轉變。廢物不能設法排除，生命亦難維護。至於細胞內外的物質交換，那完全是物理和化學的現象。

第一節 擴散與滲透現象

擴散 某物質溶於某液體之一角，其分子續漸擴佈於整個的液體中，到達各處濃度相等為止。如取一綠色的硫酸銅結晶，擲於杯水之底。漸見綠色擴佈到杯水各部，最後成均勻的綠色溶液。這現象叫做擴散。見圖九。擴散的速率，視下列諸條件而定：
(1) 擴散分子的大小。分子小，速率高。這因為擴散的成因，由於分子的勃郎運動。分子小，勃郎運動的速率高，因此擴散也快。反之則緩慢。
(2) 溫度的高低，溫度高，擴散速率大，理由是溫度高，

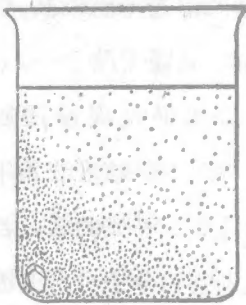


圖 9. 擴散現象。

勃郎運動的速率大。(3) 擴散物質的濃度。所謂濃度的大小，就是同一種分子在同一容積中之多少。擴散物質的分子多，互相阻礙的機會較大，行運致遲緩，擴散亦必較緩慢。(4) 擴散媒的性質，擴散媒如有極大的黏性，對於擴散物質的分子的行動，就有很大的阻力，擴散率也就降

低。擴散媒的構造，可以是凍膠，懸濁或乳濁液等。凍膠有網狀的結構，擴散質是微細的結晶顆粒，就可以穿過，並不影響擴散率。倘是膠狀的分子，就不容易穿過，擴散率必小。倘擴散媒是乳濁液，擴散物質能溶於乳濁液裏的繼續面及乳濁顆粒中的話，於其擴散並無阻礙，故擴散率很高，倘僅溶於繼續面，則擴散速率較低；反之，僅溶於乳濁顆粒中，那牠的擴散率就很低了。

滲透性膜與半滲透性膜 在兩溶液間隔以薄膜一層，若擴散物質的分子內膜之一邊，穿過薄膜而擴散到薄膜的另一邊，這現象叫做透過。倘隔膜上的孔，可容兩溶液中的任何組成物透過，這膜叫滲透性膜。假如只限局部的組成物可滲透的話，這膜就叫半滲透性膜。不同的物質往往有不同的滲透率，原因是擴散物質的分子有大小，隔膜上的孔也有大小。視其分子能否穿過膜上的孔而定其透過與否。又擴散物質倘能溶於組成隔膜的物質

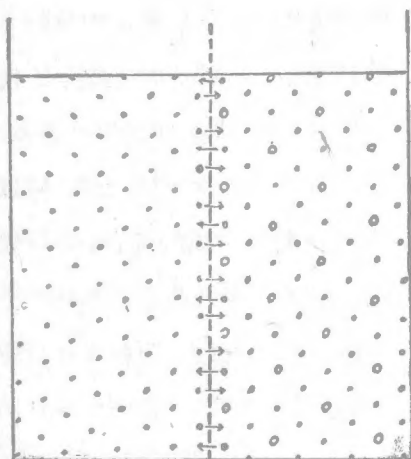


圖 10. 滲透現象的模式圖。

○代表糖分子，●代表水分子。糖分子大，不能透過膜；水分子較小，可透過該膜。(由 Plunkett)

中，牠的滲透率就較高。反之則低，見圖十及十一。

滲透現象與滲透壓力 兩個不同的溶液為半滲透性膜所隔離的話，若干組成物的分子可自由透過，若干就不能透過。前者經該膜而擴散，有使兩溶液的某種組成物的濃度相等的趨向。這種經過半滲透性膜的擴散，叫做滲透。

如圖十所示，雙方水分子的滲透機會理論上是相等的，但在糖溶液中，因糖分子過大，不能透過，同時就減少水分子的透過的機會，因此有多量的水分子向糖溶液擴散。根據同樣原理，若兩溶液因為糖溶液而濃度不等。滲透的結果，淡溶液中的水分子滲向濃溶液的機機會較大，故濃溶液方面的水續漸增加，因為水的增加，濃度漸降，而淡溶液方面，因為水的透失，濃度漸高，可能到達兩邊濃度相等的時候。如圖十一。若兩溶液同為糖和鹽的水溶液，而濃度不等，如圖十二。牠的結果，因為鹽的分子可以滲透過半滲透性膜，故有較多的鹽分子由濃度高的一面滲到濃度低的

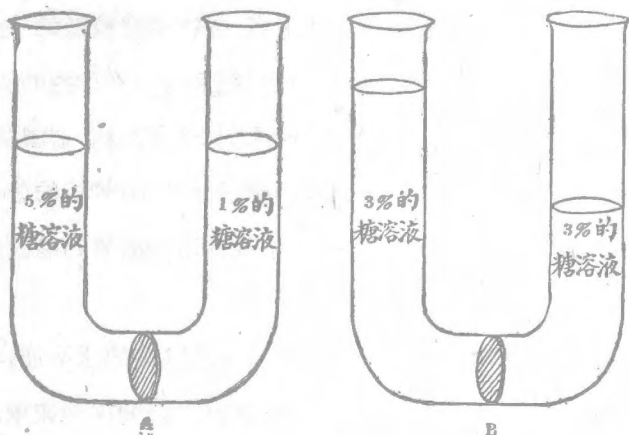


圖 11. 溶媒的滲透現象。A. 實驗的開始，在半滲透性膜的兩邊，注入濃度不等的糖溶液。B. 實驗的結果，水從較淡的溶液滲向較濃的溶液去，糖不能滲透。(由 Holman)

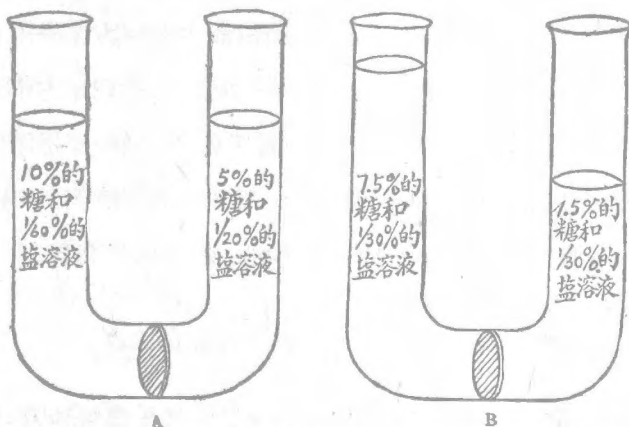


圖 12. 溶質和溶媒的滲透現象。A. 實驗開始；B. 實驗的結果。溶媒(水)按照圖 12 的現象，由較淡的糖溶液滲向較濃的糖溶液去。溶質(鹽)從濃的鹽溶液滲向較淡的鹽溶液，糖不能滲透。(由 Holman)

一面。而水分子還是因為糖分子的影響，從糖濃度較低的一邊滲向較濃的一邊去。綜上所述，我們可以找到了一個滲透的原則。溶質的滲透，必由較濃的溶液滲透到較淡的溶液去。這濃淡，是指同一種可滲透的溶質而言；溶媒的滲透，溶媒由較淡的溶液滲向較濃的溶液，這裏的濃淡，是指不能滲透的溶質的總濃度而言。

假如在半滲透性膜的一邊是水，另一邊是糖的水溶液，在理論上去設想，水必然是無止境的向糖溶液滲透。要達到使兩邊的濃度相等，事實上是是不可能的。到某種程度，兩方面不再有增減，這是什麼道理呢？在水滲入糖溶液時，糖溶液裏發生一種壓力，阻止水分子的滲入，到達某種程度，糖溶液中的壓力完全阻止過量水分子的滲入，因此兩邊水分子的滲透平衡，所以雙方不再增減。這種壓力就叫做滲透壓力。糖的濃度愈高，牠的滲透壓力就愈大。換言之，某溶液的滲透壓力大，就是牠的濃度高。那末，我們可以說，溶媒的滲透是從滲透壓力較小的滲向較高者。

第二節 細胞的滲透現象和滲透壓力

細胞有原生質所分化的質膜。質膜是一個半滲透性膜，就一般細胞而言，水，無機鹽，少數簡單的有機物可滲透過質膜，高級有機物，即分子較大的有機物就不易滲透。這質膜的半滲透性，於

生命的維持，關係至為重大，倘質膜是不能為任何物質所滲透，則生物無法取得物質。反之，倘是滲透性膜，任何物質可自由出入，生物無法管制物質的交換。且生活在水中的生物，經若干變化而造成的營養物質，及構成原生質的各種物質，隨時可滲出體外，既無法儘量運用，生命亦難以維持了，現在質膜是半滲透性膜，牠就有選擇的機會，也就是說有管制物質的交換的機能了。既如此，物質的出入細胞，完全在滲透原則下進行，現舉一二實例以說明之。

設一綠色植物細胞生活於自然界的水中，因細胞內含有多量的有機物，致細胞內的不能滲透的物質的濃度，常高於自然水，水就從外界滲入細胞。倘水不為細胞所利用，到達細胞內所發生的滲透壓能阻止水的滲入為止。但細胞內的水，繼續供作製造食物的原料，或為其他變化而消耗。又因為綠色細胞絡續在製造有機物，故水可繼續向細胞內滲透。這是植物細胞所以能向外界吸取水的原理。該綠色植物細胞又如何能吸收各種溶質呢？試以硝酸鉀來作例。細胞內所有的硝酸鉀隨時經種種化學變化而轉變為有機物質。故其濃度常較自然水中者為低，該鹽可滲透質膜，故可由自然水滲入細胞。其他溶質之吸收，原理相同，又有數例，足證滲透現象之存在及其原理之確實。如將植物細胞培養於高滲性溶液中（即溶液中含有不能滲透之物質的濃度較高於細胞中者），如百分之五的糖溶液，細胞內的滲透壓小於該溶液，

細胞內的水就向外滲出造成原形質收縮現象。如圖十三。如把

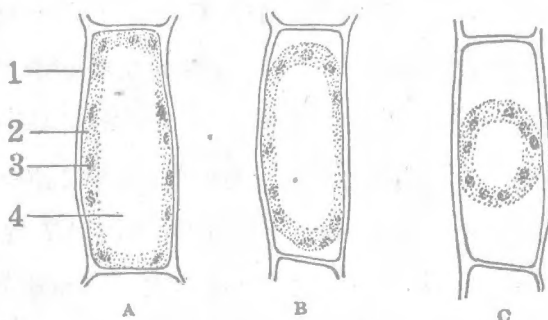


圖 13. 原形質收縮。A. 正常的細胞；B. 開始發生收縮；C. 細胞質收縮成一團。1. 細胞膜；2. 細胞質；3. 質體；4. 空泡。(由 Plunkett)

紅血球放在百分之一以上的食鹽溶液中，血球即發生收縮。理由與前同。又若將血球放於低滲性溶液中(溶液中的不能滲透的物質之濃度較低於細胞中者)，如千分之二的食鹽

溶液，而血球內的食鹽

濃度約千分之九，則細

胞內的滲透壓較大，外

界的水向細胞內滲透，

使細胞膨脹，終於破裂，

造成細胞分解現象。見

圖十四。

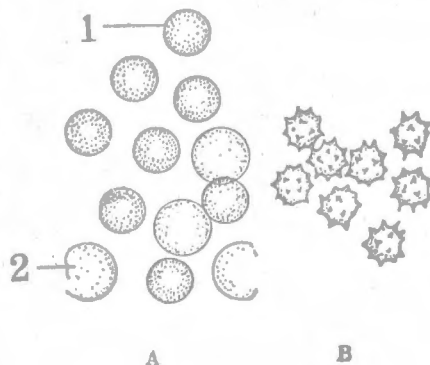


圖 14. A. 血球的細胞分解，1. 正常的紅血球；2. 已破裂的血球；B. 紅血球的原形質收縮。(由 Plunkett)

第三節 細胞的滲透率

細胞的滲透率，情形複雜，變化很大，完全看細胞的種類，擴散物質的性質，以及外界環境變動而定。就一般的說，膠狀物，如生質精，多糖等，差不多不能滲透，各種結晶溶液的溶質，雖都能滲透，但滲透率大有不同，無極性物質較易滲透，有極性物質較難，高度有極性物質更不易滲透。下面把出入細胞的幾種主要的物質和牠們滲透的快慢，列表說明之。圖表六。

圖表六 幾種物質透過質膜的情形

極快	快	慢	極慢	不能透過
氣體 二氧化碳 氧 氮 有機溶媒 酒精 h ₂	水	簡單有機物 葡萄糖 氨基酸 甘油 脂酸	強電解質 無機鹽類 酸 鹽基 雙糖 蔗糖 麥芽糖 乳糖	複雜的有機物 生質精 多糖 磷脂等

各種細胞對於各種物質固然有不同的滲透率，但因環境的影響可以發生變動。外界環境之最足影響細胞的滲透率者，為無機物的離子，陽離子之荷一個電者，如 K^+ , Na^+ 等，可增進細胞的滲透率，若荷二個以上的電者，如 Ca^{++} , Mg^{++} , Fe^{+++} 等，有減低細胞的滲透率的作用。陰離子的作用相反。即 NO_3^- , Cl^- 等

有減低細胞滲透率的作用， SO_4^{--} ， HPo_4^{--} 等有增進細胞的滲透率的作用。至於氫離子和氫氧離子是特殊的。氫離子是荷一個正電，牠的作用是減低細胞的滲透率。氫氧離子是荷一個負電；卻有增進細胞滲透率的作用。上述種種離子，在細胞內外必須保持平衡，否則就有害於細胞。如細胞的環境中，如 K^+ ， Na^+ ， SO_4^{--} 等離子過高，細胞的滲透率就不正常的增高，細胞內的鹽、糖等組成物就自由向外擴散，細胞內的滲透壓力降低，致細胞收縮而死亡。倘細胞受傷，滲透率增高，如能及時恢復健康，則滲透率保持正常，否則滲透率達最高度，細胞內物質失散，原生質破壞，細胞死亡。

細胞的滲透率，何以因滲透物質的不同而異呢？換言之，為什麼有許多物質容易透入細胞，若干又不能呢？細胞之是否允許某物質透過，關鍵不在細胞外圍的細胞壁或細胞膜，牠們是滲透性膜，任何物質都可透過，重要的是在質膜，牠負有管制物質滲透的使命。細胞的滲透率，還不就是質膜的滲透率，質膜僅數分子的厚度，其組成雖然複雜，亦不外水及油脂所構成的膠狀乳濁液。其中油脂是繼續面，也可以說是分散媒，水是斷續面，分散質，如圖十五。先就我們的想像來說，有兩種物質，一種是能溶於油脂的，一種是不溶於油脂而溶於水的。試問那一種容易透過這質膜？我們的回答，一定是能溶於油脂的一種物質比較容易透

過。事實上是如此的。氧、二氧化碳、酒精等都能溶於油脂，且又能溶於水，所以很容易透過質膜。能溶於油脂的無極性物質，也可順利的透過。可是只溶於水的有極性物質，牠不能通過油脂，又不容易由許多分散着的水滴擴散過去，所以就不容易滲透。高級的生質精和多糖，既不溶於水，又不溶於油脂，所以差不多不能滲透了。

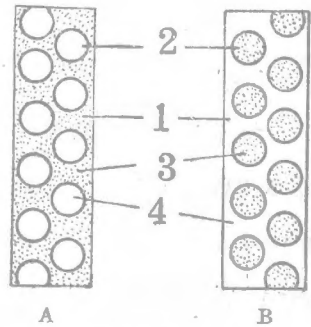


圖 15. 質膜的模式圖。A. 油脂為繼續面，水為斷續面；B. 水為繼續面，油脂為繼續面。1. 繼續面；2. 斷續面；3. 油脂；4. 水。（由 Plunkett）

有的細胞，或某種細胞在某一個時候，很容易給有極性物質透過，且水可高速度的透入細胞，這又是什麼理由呢？質膜是有生命的原生質，牠的化學組成和結構，並非永久不變，常因環境的變動而轉變。那分離的水滴可凝聚成繼續面，而改油脂為斷續面，如圖十五。這時候，有極性物質，如一般無機鹽類，可自由滲透，水當然更容易透過了。有的時候，質膜的繼續面含有豐富的磷脂的話，磷脂不像其他油脂而可容水自由滲透，故在這種情況之下，水可暢流。前述離子的可以影響細胞的滲透率，還不是離子可以影響質膜的結構使然。質膜的化學組成極複雜，變化亦繁多，所以各種細胞各有不同的滲透率，某細胞對於各種物質的滲透率亦不同，且不時在轉變中。

第四節 細胞與外界的物質交換

細胞與外界的物質交換，不外吸收、分泌、排泄等。吸收是溶媒及溶質之滲入細胞，如植物根的吸收土壤中的水和溶於水的無機鹽類；動物消化管的吸收已消化的營養物及水。分泌是細胞內所製成的複雜物質，為應某種需要，排於細胞之外或體外。植物方面；如松柏的分泌樹脂，大戟科的分泌乳汁；動物方面，如消化管壁的分泌消化液，皮脂腺的分泌油脂。排泄是細胞內代謝所產生的廢物的排除，如二氧化碳、氨、尿素等的排泄。所有吸收，分泌，排泄等，雖然不能全部利用擴散和滲透兩現象說明，但物質的出入細胞，必然根據滲透的法則。至於固體食物的攝入細胞，和固體渣滓的排遺，那是固體物的直接取捨，不在這章討論範圍之內。

第五章 生物體內的化學作用

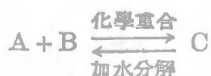
有生命的生物體內，有繼續不斷的種種化學作用在進行着，所產生的能，供作生命活動之力，所造成的物，一方面遞補體內消耗，在有餘裕時，供給生物生長所需要的物質，故生命之得以維持，全賴化學作用的進行。反之，生物體內的化學作用一旦停止，則生命終止。這在生物體內進行的有系統的化學作用，總稱代謝。生物體內的若干化學作用，在實驗室的試管中亦能進行，但有二點不同，同一化學作用，在同樣自然環境中，在生物體內進行的速率較高；又某種物質在生物體外，同時可有幾種化學變化，造成各種產物，而在生物體內，該物質有牠一定的化學變化，僅產生某幾種需要的物質。這不同的原因，必由於生物體內有某種特殊的物質的活動所促成。這種特殊物質，就是所謂酵素。

第一節 觸媒作用

設將蔗糖溶於純粹水中，不發生任何變化，倘使該溶液帶有酸性，即加以少量酸類，增加其氫離子的含量，則蔗糖起加水分解而成葡萄糖及果糖。倘酸度增加，分解作用加速，在這化學作

用中，氫離子並無消耗，因分析作用前後之量，並無增減。且酸對於其他雙糖，多糖，油脂及生質精有同樣作用，又其他物質對於某種化學作用 往往亦有同樣現象。任何物質，如能引起或加速別種物質的某種化學變化的進行，而其本身並無增減的話，該物質稱為觸媒劑。那化學變化叫觸媒作用。一般化學變化可因某物質的觸媒而進行，再者，任何物質能充當某化學作用之觸媒劑。但觸媒劑與觸媒作用有其特殊性，即某物僅能作某種化學變化的觸媒劑，反之，某觸媒作用僅可在有某觸媒劑時進行。氫離子和氫氧離子是例外，可充當許多化學作用的觸媒劑。

化學作用進行的速率，可因溫度及濃度的改變而變動。就一般而論，溫度升高，物質的濃度增高，化學作用的速率加快。但若干化學作用是可逆的，如物質 A 與物質 B 起化學作用重合成物質 C；又物質 C 可分解成 A 和 B 兩物質，這叫做可逆反應，可寫作



溫度和濃度的影響可逆反應，不能混通而言之。就濃度而論，A，B 兩物質的濃度增加，化學重合的速率增進，倘增加物質 C 的濃度，則加水分解的速率加速。而溫度升高僅利於化學重合，則化學重合速率增快，加水分解減速，溫度和濃度兩因子既可影響

作用之速率，且可決定作用的方向。但觸媒劑不然，同一種觸媒劑觸媒某物質的發生加水分解，在另一環境中，亦可觸媒其重合。

第二節 酵素及其種類

澱粉是不溶於水的多糖，可因酸的存在而起加水分解。某定量的澱粉，要把牠在短期內分解，則必須在強酸與高溫之下。倘這定量的澱粉和以少量的唾液，雖在中性溶液中，低溫之下，很快的就分解了。並且這少量的唾液，可促使更多的澱粉的分解，且可繼續應用，不失其效力。如此看來，唾液中必然含有某種觸媒劑，觸媒澱粉的分解。這觸媒劑的作用有牠特別的性質：如溫度在攝氏四十度以上，其作用漸弱，倘溫度高出六十度，則全部失效。這好像有生命的樣子。這不是無生物界的觸媒劑可比，是生物體內所特有的觸媒劑，就是酵素。關於酵素的性質和種類，分別的敘述在下面。

酵素的性質 酵素是原生質所產生的混合物。無機物方面有幾種無機鹽，如磷酸鹽，鐵的化合物等；有機物方面有簡單的氨基酸，肝鹽，及複雜的生質精。牠的性質：(1) 酵素可與原生質分離，即可從原生質中提煉出酵素來，不失其原有性質和效力。假如妥為保存，可保持數年；(2) 少量酵素可發生極大效力；(3) 對於熱的抵抗力頗弱，一般酵素在溫度 40°C 時，活動效力到達

最高點，溫度升高到 60°C 以上，即失去效能；(4)各酵素各有其特殊作用，即某種酵素為某化學作用的觸媒劑；(5)酵素的組成物中有膠狀物質，如生質精等，故不能滲透過分離膜；(6)各種酵素的最高效力，各有其適宜的酸度和鹼度，即酵素的活動，與氧離子及氫氧離子的濃度有關；(7)酵素與一般觸媒劑一樣可以觸媒可逆反應的兩個相反方向的作用。

酵素的種類 生物體內的種種化學作用，各有其特殊的酵素為觸媒劑。故酵素的種類很多。牠的種類，就根據牠所觸媒的化學作用和物質來分。生物體內的化學作用，主要的是加水分解，氧化及其相反作用，故將酵素分下列數種：

水解酶——水解酶是水解及祛水重合的觸媒劑，因為牠能直接引起消化，故名消化酶。茲將各種水解酶列表說明其活動，見圖表七。

圖表七 水解酶的種類

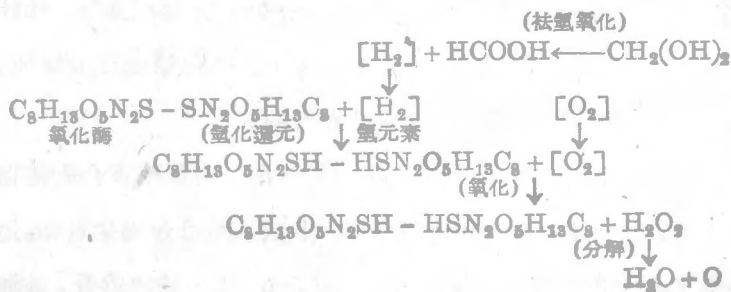
種 類	來 源	觸媒的物質	加水分解的產物
唾液澱粉酶	唾液	澱粉	麥芽糖
胰液澱粉酶	胰液	澱粉	麥芽糖
麥芽糖酶	腸液	麥芽糖	葡萄糖
蔗糖酶	腸液	蔗糖	葡萄糖和果糖
乳糖酶	腸液	乳糖	葡萄糖和果糖
胃液生質酶	胃液	生質精	配布頓和果糖
胰液生質酶	胰液	生質精	氨基酸
腸液生質酶	腸液	生質精	氨基酸
胃液脂肪酶	胃液	油脂	脂酸和甘油
胰液脂肪酶	胰液	油脂	脂酸和甘油

氧化酶——氧化酶是氧化和還元的觸媒劑。任何有生命的細胞內，都有這種酵素存在。氧化作用之在生物體內，是一個複雜有系統而繼續的化學作用，故有多種氧化酶作各種氧化和還元的觸媒劑。大別有二：(1)含有鐵元素的氧化酶。這鐵元素有氧化和還元互變的能力，如



這氧化鐵可和氧元素化合，又可將氧放出，給與另一物質，使之發生氧化。這類含鐵的氧化酶，在細胞內普遍存在者為細胞色素。

(2)若干氧化酶，牠自身能氫化，發生還元作用，牠所取得的氫元素是從被觸媒的物質中移出，該物質失去氫元素，就發生氧化作用。至於氫化還元後的氧化酶，不久又把氫元素放出，放出的氫和氧元素化合成過氧水。回復牠的原狀，因為過氧水在細胞內極不穩定，立即又分解成水和氧元素。如膠氨基酸縮膀胱氨基酸縮甘氨酸(glutathione)一物，是一般細胞所含有的一種氧化酶，牠的作用可用下列化學方程式表明：



其他——細胞內分子的分段，或分子的凝聚等化學變化，也有酵素做觸媒劑，如糖解酶，促使葡萄糖分子的破壞而形成乳酸；氨解酶，使含有氨基的有機物，把氨基析離出來。上述二種作用，都是可逆反應。又如羧基酶，能使有機酸中的二氧化碳分離出來，這是非可逆反應。

第三節 生物體內的化學作用

生物體內的化學作用，可分建設和破壞兩方面來說：建設的方面，有去水重合和還元等。把簡單的物質構成較複雜的物質，把動能貯存於所造成的物質而成靜能。破壞的方面，有加水分解，氧化等作用。把複雜的物質分解為簡單的物質，同時將靜能轉變為動能，再分別加以說明。

加水分解 加水分解是比較複雜的化合物和水化合，分解為較簡單的化合物。在生物體所常見的，如雙糖，多糖的分解為單糖，油脂的分解為脂酸和甘油；生質精的分解為氨基酸；凡此種種，都是消化現象中的化學變化。發生這類化學變化的場所。不一定在細胞內，也可以在細胞外進行的。

祛水重合 這是加水分解的相反作用，由單糖重合成雙糖或多糖；由脂酸和甘油重合成油脂；由氨基酸重合成生質精。這許多重合作用，都得在去水之後才能完成，故名祛水重合。這類

化學變化，僅在生物體內可進行，如賴人工重合，卻是十分困難。

氧化 化合物或其組成物中的一部分和氧化合，或失去氫元素，都是叫做氧化。如蟻醛的氧化成蟻酸，有下列兩種方式：



前者蟻醛直接和氧化合，稱和氧作用。後者蟻醛先與水化合，然後去氫，這稱祛氫作用。事實上有機物的氧化，不論在細胞內或試管中，大多在第二種方式之下進行，還有一種氧化的形式，和氧與祛氫同時存在，如酒精的氧化：



在生物體內，上述三種形式的氧化都有，因為碳和氫是有機物中的主要組成物，且都與氧有極強的化學愛力，所以有機物很容易氧化，放出動能。不過生物體內所進行的氧化，是有一定的系統，並不是雜亂無章，不相關連的。氧化的最後產物是二氧化碳和水，所以生物有這類廢物必須排除於體外。

還元 還元是氧化的相反作用，包括祛氧和氫化兩作用。生物體內的氧化作用，有的非可逆反應，有的是可逆反應，故有還元作用的存在，這作用的重要，並不在把簡單的化合物造成複雜的化合物，而因為有還元作用，在生物體內才能夠發生有系統的

化學作用，引起物質和能的轉變。

此外在生物體內可能有的化學作用很多，大多是上述諸作用間的中間變化。如分子的分段而造成分解；或簡單分子的凝結成複雜的分子；又如原子或原子團的在分子內重行排列等等。

生活細胞內的種種化學作用，互相有密切關係。某作用的產物供作另一化學變化的原料，有某物質的還元，致有另一物的氧化，又建設作用所需要的能，由破壞作用所供給等等，整個複雜的化學作用構成了生物的代謝，生物的環境，固然是生物體內化學作用的因子，可是酵素的存在，更是一個重要的條件了。

第二篇 營養

第六章 營養與食物

第一節 營養與代謝

由細胞與外界的物質交換，和固體物質的直接攝入，生物得到了牠們的食物，食物又在體內經種種物理和化學的變化而運用之，庶幾生物得以維持牠的生命，關於食物的攝取，吸收和運輸；食物在體內的運用；以及廢物的排泄等等活動，統名之曰營養、營養包括必要的營養——代謝，和輔助的營養。

代謝 食物在原生質內經種種物理和化學的變化，這種種變化，統名代謝。代謝又分組成代謝和分解代謝，組成代謝又名建設的代謝，牠是把食物經種種變化，構成新的原生質，或貯藏形式的食物。那新的原生質的組成，叫做同化作用，分解代謝又名破壞的代謝，把原生質或貯存的食物分解而破壞之，將所貯有靜能放出，同時產生許多簡單的廢物。這兩種代謝，再分別的加以說明

(1)組成代謝 組成代謝的主要變化是吸熱的化學綜合。就

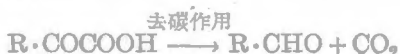
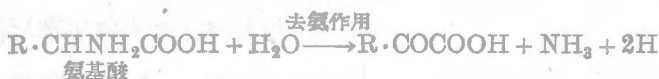
是把簡單的物質，經種種化學作用，綜合為各種高級的碳水化合物，如生質精和油脂等，然後再同化為原生質。同時吸收動能轉變為靜能貯藏在原生質裏面。高級有機物的綜合中，以生質精的綜合為最要。生質精在原生質組成中佔有百分之十五，要補充牠的消耗，要供給生長和生殖所需的新原生質，生物必須繼續有新的原生質的產生。各種生物或各種細胞所需要的生質精不是一樣，各種生物和各種細胞就得有各各不同的生質精的綜合。因此需要複雜而特殊的各種生質精的綜合。不論那一種生質精，基本的原料是氨基酸，這就必須取之於食物。所以食物裏必須具備最少量的生質精。至於如何可以綜合種種生質精？是以氨基酸為原料，經祛水重合，或與其他有機物或無機物化合，造成各種不同的生質精。油脂是原生質的次要的組成物，而是很重要的燃料，牠的綜合，由於甘油和脂酸的祛水重合而成。動物又可從碳水化合物及生質精的轉變而得油脂。碳水化合物，固然為原生質中組成物之一，同時牠是主要的燃料，往往在貯藏的形式之下存在於原生質中。各種碳水化合物，間接的或直接的由葡萄糖祛水重合而來，間有從生質精和油脂轉變而得。

(2) 分解代謝 分解代謝包括所有的放熱分解，把原生質和貯藏的高級有機物分解而成簡單的物質。同時放出動能。分解的化學作用有種種，如前章所述氧化，加水分解等作用。不過最終

了的分解，還是氧化。如葡萄糖的氧化為二氧化碳及水，可以說是最普遍的而最主要的一個終了分解。



除了氧化之外，如去氨基作用和去碳作用，也是重要的終了分解，如：



生物體內的組成代謝和分解代謝同時存在，兩作用間又有密切的關係。最顯著的，組成作用所建設的物質，可供分解作用的消耗，分解作用所產生的能，供組成作用所應用。再是分解與重合，氧化與還元隨時可逆，故代謝是一個有系統的物質和能的轉變，在這有系統的變化中，生物得有源源的物質和能的供給。

輔助的營養 代謝固然是營養的主要活動，倘若生物不能向外界攝取食物，食物由身體之某部攝入後而不設法輸送到身體的各部的話，代謝也無法進行。又代謝後的廢物，如不設法排除的話，有害於代謝活動，則代謝亦不能完成其最後的目的。所以生物為達到維持生命的目的，在代謝之外，更有攝食，消化，輸送，和排泄等活動。這許多活動，無非輔助代謝，完成牠的使命，故稱為輔助的營養。因為生物所攝取的食物不同，生物體制的不同

同，和生活的環境不同，所以各類生物的輔助營養的機構亦各異。如植物以自然界普遍有的水和二氧化碳為食物，而動物必須攝取固體的有機物，因此，動植物的攝食，輸送等機構就有很顯著的不同。同為動物而因體制的繁簡不同，致攝食，消化，輸送等機構，亦有很大的差別，至於有怎樣的不同？容後章分別敘述之。

營養的收穫，一個是維持個體的生命，不需要再加以說明了；另一個收穫是生物的生長，一個嬰孩成長為成人，當然增加了不少體積，這體積的增加，必然是細胞的增多，就是單細胞生物，在初從母細胞分割而形成的時候，一定要比正常的個體要小一點，隨後續漸增長，形成和母細胞差不多大小的個體。這就需要增加細胞內的任何部分的物質了。不論是細胞數目的增多，或細胞內部物質的增加，總之是原生質的增加，營養中原生質續漸增多，並且特化為生物體上的某許多種的物質，致引起生物的生長。生物的生長，是生物生命過程中必經的步驟，也是生命現象之一。

第二節 食物

食物的定義是怎樣？食物是某種物質，可供生命活動所需要的能，及原生質或生物構造上及活動上所需的物質。換言之，食物是生物取自外界的某種物質，可充代謝的原料，有許多食物供

作細胞的燃料，有的充建設新原生質的原料，在我們的普通經驗中，食物是一種混合物。如普通的食物中含有水，無機鹽，生質精或其他有機物。但是食物並不一定限於混合物。如養氣和水是生物普遍需要的單純的食物，現在把可充食物的物質，分別的寫在下面：

(1)養氣 動植物都需氧來氧化體內的有機物，企圖在氧化中取得活動所需要的動能。養氣的來源，無疑的是在大氣和溶於水的氣體。若干生物表面上能在沒有空氣的地方生活，事實上，牠還是需要氧的，不過是從含氧的物質中取得。綠色植物在白天是放出養氣的，並不是這類植物不需要養氣。因為白天日光之下，綠色植物的光合作用很強，放出多量的養氣，在牠分解代謝方面，一樣需要氧元素的。

(2)水 水是原生質的主要組成物，是體液的基本物質。代謝作用必需在有水的狀況中進行。又綠色植物利用牠製造葡萄糖，這是生物的主要食物，絕對的不能缺少的。水在地表地下隨處都有，生物很方便的取得水的供給。

(3)二氧化碳 這是代謝的廢物，可是綠色植物就利用牠來製造葡萄糖。所以這是綠色植物特有的食物，在大氣和水中隨處皆是，又動物和植物的本身也隨時產生。

(4)鹽類 鹽類是原生質的必要組成物，又是在代謝的許多

化學作用，需要鹽類的存在。在土壤和自然水中的含量很多，就是在自然食物中亦有之。

(5)生質精 植物雖不能直接攝取外界的生質精，但能利用無機的含氮化合物製成生質精而利用之。動物必須攝取植物所製成的生質精。生質精是構成原生質的主要物質，又在分解作用中，牠能產生能量。生質精祇有在生物體內有，故動物必須攝取植物或其他動物為食物，才可取得生質精。

(6)碳水化合物 植物利用二氧化碳和水製成碳水化合物。動物必須攝取植物所製成的碳水化合物。碳水化合物亦是構成原生質的主要物質，同時供作燃料，產生能量，差不多生物所應用的能，多半是碳水化合物所供給的。

(7)油脂 動物利用油脂綜合成各種必要的化合物，植物利用碳水化合物製成牠所需要的油脂，油脂氧化，產生大量的能，油脂的來源，和生質精，碳水化合物一樣；由植物製造，供給動物作食物。

(8)維他命 維他命是一種高級的有機化合物，牠是原生質的組成物，同時在代謝作用中必需有牠的存在。因為牠可以引起多種的化學變化。倘若缺少維他命，代謝就不正常。可以引起種種的病態，現在已確實知曉的，有維他命A、B、C、D、E、F、G、K、P等，各有牠重要的功能。維他命是由植物所造成的，並不是每一種植物裏有全部的維他命。

第七章 植物性的營養

綠色植物的細胞裏，含有一種葉綠粒，在葉綠粒裏有一種色素，叫做葉綠素。這葉綠素是植物營養的基礎物質。蓋葉綠素是一種酵素，能利用日光的能，使二氧化碳和水化合而成碳水化合物。在這個化學作用裏，把日光的動能，轉變成靜能，貯藏在所製成的碳水化合物中。這作用叫做光合作用，牠是植物營養上物質和能的源泉。因為自然界並無可充食物的有機物存在，動物所需要的有機物，亦間接取之於光合作用的產物，所以光合作用對於整個生物的營養，有極大的貢獻。植物既有此光合作用製造營養物質，且原料又在自然界隨處可得，故其營養完全是自營性的。植物中有不含葉綠素者，則其營養與綠色植物不同。

第一節 吸收和輸導

綠色植物向自然界所攝取的食物，是二氧化碳，水、無機鹽類及養氣，都能溶解於水中，又為質膜所允許滲透的物質。根據滲透原理，二氧化碳，養氣及無機鹽在細胞內之濃度較外界水中為低時，二氧化碳等則向細胞內滲透。即被細胞所吸收。因細胞

內富有有機物質，故不能滲透之有機物濃度常高於周圍的自然水。水得向細胞內滲透，在細胞吸收這幾種物質之後，擴佈到整個細胞。單細胞和羣體的植物，因為每一個細胞獨立吸收，所以無需輸導的機構。多細胞的植物，僅局部有吸收含物的機會，如一般高等植物，祇限於根有吸收的機會，那根所吸收的食物，必須設法輸送到身體的其他部分，尤其是種子植物，製造有機物的主要器官是葉，那末必須把吸收的食物供給葉，作製造有機物的原料。所以多細胞植物就有輸導的機構。還有葉所製造成的有機物，亦須要運送到其他部分，供代謝之所需，也得賴輸導機構來完成的了。關於輸導機構怎樣？容後再詳。

第二節 光合作用

綠色植物所吸收的食物，都是無機物質，不能直接利用牠來供作代謝的食物，必須把牠製成有機物，然後可以運用。所以綠色的組成代謝裏，第一步是製造有機食物。綠色植物把無機物轉變為有機物的一個化學作用，叫做光合作用。是以二氧化碳和水為原料，利用日光的能，由葉綠素做接觸劑，化合成簡單有機物——葡萄糖。同時吸收日光的動能，轉變為靜能，貯藏在葡萄糖的分子裏。

光合作用中，日光是一個重要的條件，沒有日光，光合作用

就不能進行。可以實驗證明之，設將盆栽的綠色植物，按放於暗室中。一星期後取出，立即用錫箔紙條，或其他不透光的紙條，包在葉片上的某部，再移在日光下曝曬數小時，然後把包有錫箔的葉片折下，先浸在酒精中約一小時，再移入碘酒中，數分鐘後取出視之，葉片不被錫箔包蔽之處變深藍色，被錫箔包蔽之區，並無顏色反應，這實驗如何能證明光合作用必須在日光下進行？先把植物放在暗室中，目的是使植物把所貯藏的澱粉用罄；因為在暗室中，沒有日光，就不會有新的碳水化合物產生，而植物的生命仍得維持，必須利用已有的碳水化合物。若經一週後，葉片內所貯有的碳水化合物，大多被利用而消耗。將這植物由暗室中移出，葉片的一部包以錫箔，使該部不能接受日光。在理想中，就不應發生光合作用而產生碳水化合物。這裏就把葉折下試之，證實被錫箔包蔽之處，是否能進行光合作用，先把葉片浸在酒精中目的在去其葉綠素，便於觀察顏色反應。然後浸於碘酒中試之，因澱粉遇碘，有藍色反應。現葉片上的見光部分有藍色反應，表示有澱粉存在。而不見光的部分，沒有藍色反應，表示沒有澱粉，可見這澱粉的產生是與光有關。澱粉是從葡萄糖綜合而成，必然是因為沒有光，光合作用不能進行，葡萄糖不產生，澱粉亦無從形成。

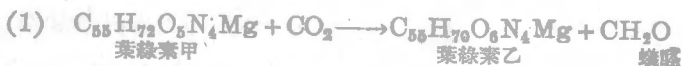
日光透射過三稜鏡，分成七種顏色的光；紅、橙、黃、綠、青、

藍、紫。這是因光波的長短的不同。紅光的波長最長。紫光的波長最短。這七種波長不同的光，對於光合作用有不同的效力，由實驗的結果，知道紅光是最利於光合作用的。

光合作用的另一個重要條件是葉綠素。葉綠素是兩種複雜有機物的混合物，這兩種有機物即葉綠素甲和葉綠素乙。牠們的化學方程式是：



這兩種葉綠素的不同，不過在氫和氧兩種元素的含量的多少。牠們所以能作光合作用的觸媒劑，就是在這上邊。葉綠素在光合作用裏的工作，可以用下列兩化學方程式說明：



這兩個化學作用同時進行，結果是兩種葉綠素互變一下，並無損失，而產生了蟻醛和養氣。蟻醛是不穩定的物質，在牠形成後，立即合成葡萄糖。



所以把葉綠素所引起的光合作用，寫作下列一個化學變化。



葉綠素是溶於酒精而不溶於水。牠的酒精溶液是綠色的，在物理學上看來，葉綠素不能吸收綠色的光。反之，葉綠素能吸收其他顏色的光，實驗的結果，牠對於紅色和紫色的光，吸收力最大，恰巧這兩種光是最有利於光合作用的。

第三節 代謝

光合作用的產物，是綠色植物可利用的食物，用牠來製成各種高級的有機化合物，建設新的原生質。高級碳水化合物的組成，很容易的由葡萄糖祛水重合而成。生質精的組成，非碳水化合物所能單獨變成。必須利用光合作用的中間產物，或由碳水化合物分子分解後所得的蟻醛，由這蟻醛和亞硝酸鐵化合，再經若干化學變化製造成氨基酸，由氨基酸再綜合成各種生質精，油脂的產生，還是從碳水化合物變化而來。這許多高級有機化合物形成之後，一部份貯藏在體內，一部份同化為原生質。至於植物體內常有的乳汁，色素，鹹類，酵素，酸類，丹甯及維他命等，亦不外是上述幾種高級的有機化合物，間接的或直接的都從光合作用的產物轉變而來。

綠色植物爲了需要能的供給，把原生質的一部份，或原生質內所貯藏的食物，行分解代謝，不過，植物很少利用生質精作燃料，大多是碳水化合物和油脂，碳水化合物中直接供作燃料的是

葡萄糖。在白天，因光合作用的繼續進行，有多量的葡萄糖產生。供給燃燒多餘的葡萄糖，重合為澱粉貯藏起來。晚上光合作用停止，而分解代謝還得繼續，這時候就把貯存的澱粉水解成葡萄糖。至於分解代謝所產生的廢物，因為植物不利用含氮的生質精直接充燃料，所以也祇有水和二氧化碳了。

第四節 呼吸和排泄

分解代謝中需要養氣的供給，同時要把廢物二氧化碳排除。所以植物和動物一樣的有呼吸。所謂呼吸，無非是細胞和大氣的交換氣體；吸取養氣，呼出二氧化碳。植物在白天，呼吸現象不顯著，因為二氧化碳是光合作用的原料，白天光合作用很強，就可被利用充作原料了。又光合作用的廢物是養氣，白天有多量的養氣產生，植物就很少去向外界攝取了。晚間光合作用停止，養氣

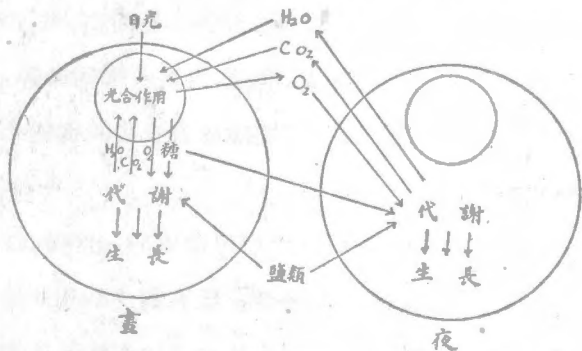


圖 16. 植物性的營養機構。(由 Plunkett)

必需向外攝取，二氧化碳亦得排除，故呼吸作用就和動物一樣的顯著了。水是燃燒後的產物，因可充光合作用的原料，情形就和二氧化碳一樣。但體內有過量的水分時，不論晝夜，往往由蒸騰作用排出體外。所謂蒸騰作用，就是植物體上的水的蒸發。

植物性營養的活動，可用單細胞綠色植物作例，作圖解說明如下。見上圖十六



第八章 動物性的營養

動物性的營養，包括攝食，消化，吸收，運輸，代謝，呼吸，排泄。因動物體制的大有不同，複雜的程度懸殊，營養活動就大有出入，但其原理則同。茲就單細胞動物說明動物性營養的一般法則。

第一節 攝食

動物的食物，主要的是固體的高級有機物，如澱粉，生質精和油脂等，因為高級有機物大多不溶於水，就是溶於水，因分子較大，不能滲透過質膜，故動物祇得直接把固體的食物攝入體內。如變形蟲，在遇到食物後，細胞的一部發生突起，這突起就叫做偽足。由偽足的伸展，續漸把食物塊包圍，最後食物全部被圍，

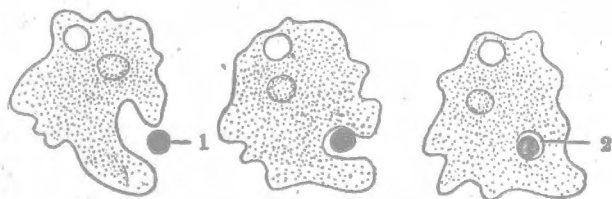


圖 17. 變形蟲的攝食。 1. 食物塊； 2. 食泡。

被攝入細胞內部去了。這時的食塊，並沒有直接和細胞質接觸，而包在一個食泡裏。這食泡的膜，由質膜內陷而成。如圖十七。又如草履蟲，因口溝部分的纖毛旋動，使水流發生漩渦，水中的固體顆粒向口溝深處流入，形成食泡。如圖十八。

第二節 消化

食物攝入細胞，形成食泡，食物仍在固體狀態中，變形蟲仍不能利用牠。故必須使牠水解為簡單的有機物，溶於水中，滲透過食泡膜而入細胞質，庶幾可以利用。這在生物體

內所進行的有機物水解作用，特稱消化。食泡形成後，原生質產生若干水解的酵素，滲入食泡，使食泡中的高級有機物水解而成可滲透的簡單有機物。動物所能產生的水解酵素，種類很多，已於前章述及。變形蟲和一般單細胞動物的消化，非常簡單，把食物在細胞內消化。這種消化叫做細胞內消化。一般多細胞動物的消化，是在體內而細胞之外行之，如水螅的在原腸腔，脊椎動物

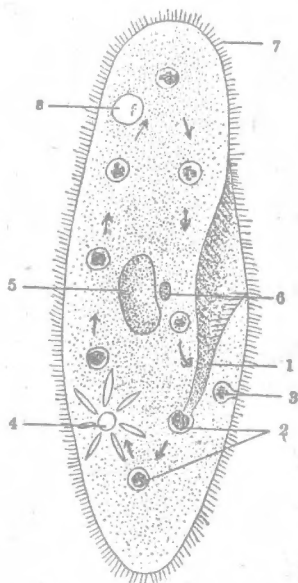


圖 18. 草履蟲的攝食和食泡在體內流動的路線。

1. 口溝；2. 食泡；3. 食泡開口體外，排除渣滓；4. 伸縮泡；5. 大核；6. 小核；7. 纖毛。

的在胃腸裏。這種消化叫做細胞外消化，消化的原理是一樣，不過進行消化的場所不同罷了。

第三節 吸收

消化的結果，在食泡裏藏着葡萄糖，氨基酸，甘油，脂酸等物質的溶液。食泡膜可容這類物質的滲透，故葡萄糖等物質，根據滲透原理，擴散到原生質中，換言之，這類食物就被細胞所吸收。在細胞外消化方面說，在細胞外的消化物質滲透過質膜而入細胞。

食物中有不需消化而能被吸收者，如水，鹽類，單糖等，即直接由外界滲入細胞，就是被其他食物帶進食泡，也就立刻滲入細胞質。食物中亦有不能消化者，如纖維素等，則成渣滓，由食泡排去體外，猶高等動物由肛門排出體外，這是所謂排遺。

第四節 運輸

食物被吸收後，必須分佈到細胞的各部，或身體的各部，使牠們都能得到食物，進行代謝。在單細胞的變形蟲，這是極簡單的一會事。就根據擴散的原理，食物分佈到整個細胞，草履蟲的細胞比較大，食泡形成後，牠就離開口溝而作定向的移動。如圖十八。便於細胞各部都有吸收的機會，換言之，可以把所吸收的

食物，分佈到細胞各部，至於在多細胞動物，這是一件比較麻煩的事了。牠們得利用體液的流動，或藉血液的循環，把所吸收的食物輸送到身體各部。這複雜的機構，另章敘述。

第五節 代謝

動物的代謝，如第六章所述，在這裏無需再重複，不過有二點需要特別提出來說明的。動物的組成代謝中，由葡萄糖重合成的高級碳水化合物，往往是肝澱粉。這種營養物質常貯藏在某種器官或體素中。又動物的分解代謝中，不限於碳水化合物及油脂可供分解，生質精一樣的有消耗，生質精分解的特點，有氨，硫化氫，尿素等廢物產生。

第六節 呼吸和排泄

動物的分解代謝中，一樣需要養氣的供給，同時也必需把二氧化碳，尿素等廢物排除。所以動物有呼吸作用，吸取養氣和排除二氧化碳。單細胞動物直接與外界交換氣體，如變形蟲直接由自然水中取得養氣，把二氧化碳直接排到水中。高等動物的許多細胞，不能全部有與外界直接交換氣體的機會，必須由某部或某器官進行呼吸，然後借道運輸的機構，把養氣送到身體各部，又把二氧化碳由各部細胞送到呼吸器官。至於其他廢物，如尿素，

尿酸，硫酸鹽等物，非呼吸作用所能排除，必須另有機構主持之。如單細胞動物，細胞內有伸縮泡。收集代謝的廢物，到達一定限度後，該泡收縮，把廢物排出。高等動物則先由體液或血液將廢物輸送到專司排泄的器官，如腎管皮膚或腎臟等。然後排於體外。

動物性營養的活動，可用圖解說明。見圖十九。

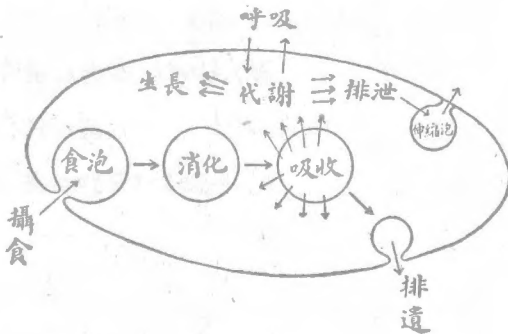


圖 19. 動物性的營養機構。(由 Plunkett)

第九章 其他營養方式

植物性營養和動物性營養之外，還有其他營養方式，茲分別敘述之。

第一節 死物寄生營養

植物界除了綠色植物外，尚有菌類植物不含葉綠素，則不能自製食物，但又不能如動物直接向外界攝取固體食物；故菌類植物必須另想辦法，完成營養的目的。若干菌類植物直接吸收環境裏已成的有機營養物，自然界並無有機營養物的存在，必然取之於生物活着的個體，或生物的屍體和排泄物。凡直接吸收無生命的有機體為食物者，稱死物寄生。直接吸取活着的有機體為食物者，叫活物寄生。菌類植物中，有若干細菌，酵母菌，黴菌和蕈等，都是行死物寄生營養，維持着牠們的生命。

許多腐敗細菌，見圖六 A。寄生在動植物的屍體，或其他無生命的有機體上。由細菌分泌酵素，將有機體中所含有的營養物質進行分解。分解的化學作用，不外氧化作用，分解所得的有機物，可供細菌吸收。一方面因分解放能，可供細菌活力之需要。由

於各種細菌的活動，可將有機體完全分解，即有機體中的碳元素最後全部成二氧化碳，氫元素和氧元素成水，氮元素成氨，硝酸鹽，甚至於成爲游離的氮氣，硫磷等元素成硫酸和磷酸鹽類。差不多全部變爲無機物還與自然。這種因細菌而起的腐敗，固然是細菌爲其自身的營養，但整個地球表面的有機物得以回復成無機物，構成一個輪迴，實爲細菌之功。

酵母菌，圖二十，在自然界裏寄生在已落地的果實上，直接

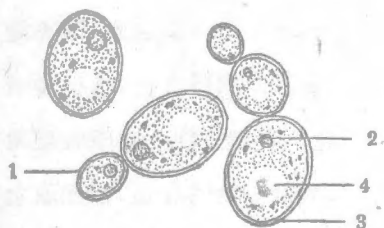
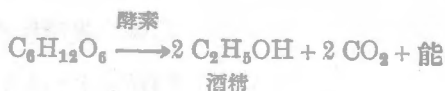


圖 20. 酵母菌。1. 芽體；2. 細胞；
3. 細胞膜；4. 空泡。

吸收果實中的單糖。倘環境中僅有雙糖，則酵母菌能分泌蔗糖醇或麥芽糖醇，將雙糖消化爲單糖而吸收之。這是在有養氣供給的時候如此。稱爲好氣性代謝。倘在缺

少養氣的環境中，牠就用另外一種方式取得能。即利用葡萄糖，經去碳分解而放能，如



這作用的產物是酒精，故名酒精發酵。在酵母菌本身，祇需這作用所放出的能。人類就利用牠來發酵釀酒。這種形式的代謝，可以在沒有養氣的環境裏進行，故稱厭氣性代謝。

麵包黴，圖二十一，常在陳腐的麵包或漿糊上看到。是白色的絲狀體。牠的孢子很多在空氣中飛揚，在落到這類有機體上，

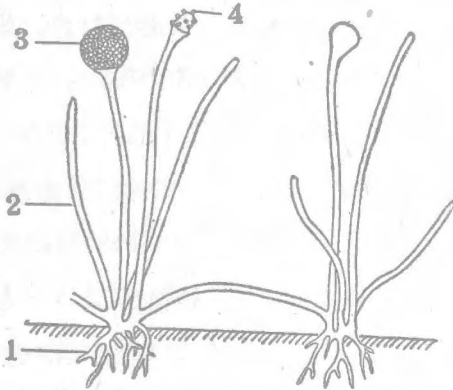


圖 21. 麵包黴。1. 假根；2. 菌絲；3. 孢子囊；4. 孢子。

很快的生出許多菌絲，菌絲的一部分深入被寄生的有機體。以澱粉為其主要食物。牠能分泌澱粉酶，消化澱粉成葡萄糖，而後吸收利用之。

第二節 活物寄生和共生

若干菌類植物，原生動物，扁形動物，圓形動物和節足動物等寄生在活着的生物體內或體外，直接吸收寄主體內的營養物質。這種營養方式叫做活物寄生。被寄生的生物稱為寄主，寄主遇有這類生物寄生，必然受害，引起疾病，或致死亡。因為寄主所有的營養物質，被寄生者吸取，或竟原生質遭遇破壞。如細菌的

引起人類的白喉，肺炎，肺結核及淋病等；高等菌類的引起植物的銹病，黑粉病，粉黴病等。

生物的寄生在生物體上，不一定絕對有利於寄生的生物而有害於寄主的。寄主往往亦可得到相當益處的，甚至於雙方相互為用，共同生活的。這種雙方有利的寄生叫做共生。如若干菌類寄生於高等植物的根部，吸收根部所貯藏的營養物質，而該菌可助根的吸收水及無機鹽類，又如最著名的根瘤細菌，圖二十二，與豆科植物共生，牠是寄生在根部細胞裏，能固定大氣中游離的氮氣，合成硝酸鹽類，供給寄主，綠色植物的製造生質精，必須有氮元素的供給。大氣中雖有大量的氮氣，但不能直接利用。只能

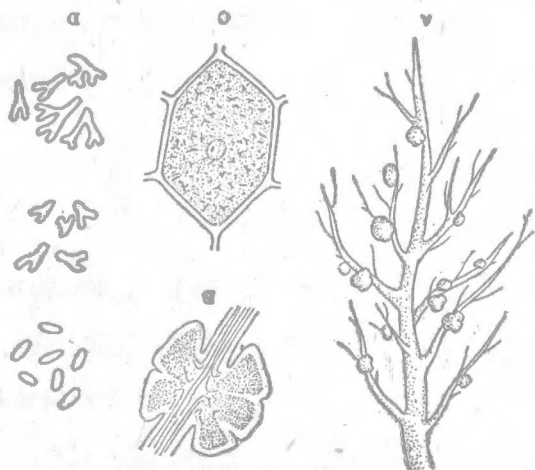


圖 22. 根瘤和根瘤細菌。A. 根上的根瘤；B. 根瘤的剖面；C. 根瘤部的細胞，有根瘤菌寄生；D. 根瘤菌的幾種形式。(由 Plunkett)

吸收土壤中的硝酸鹽類，如 NO_3^- ， NO_2^- 。現根瘤菌能固定氮素供給寄主，故寄主直接蒙受其利。

第三節 化學營養

有少數細菌既無葉綠素，又不直接吸取已成的有機物。而能氧化某幾種無機物，取氧化所放出之能。供其綜合葡萄糖。由葡萄糖的燃燒，取得維持生命之活力。這種代謝，由無機物的氧化而供給其能，特名化學營養。如硫化菌可氧化硫化氫為游離的硫，繼而氧化為硫酸鹽。又如亞硝化菌與硝化菌，能利用生質精分解所得的氨，使之氧化成亞硝鹽和硝酸鹽。在細菌是爲了取得能的供給，在高等植物方面卻受惠不少。

第四節 混合性營養

生物有能一身兼營兩種營養方式。如眼蟲，圖二十三。因含有葉綠素，在日光下可行植物性營養，沒有日光的時候，可營死物寄生，吸收水中的有機物充食物。有若干與眼蟲同類的鞭毛蟲，除營植物性營養外，亦可如草履蟲等攝取固體有機物，行動物性營養。

根據上述營養方式，生物可分下列諸類：

(一) 自營性營養的 能由無機物綜合成所需要的各種有機

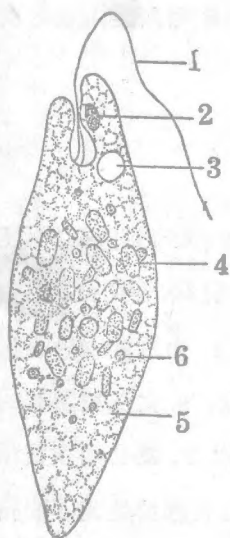


圖 23. 眼蟲。1. 鞭毛；
2. 眼點；3. 空泡；4. 澱
粉塊；5. 細胞質；6. 葉
綠粒。

物，故不依賴其他生物而得食物。

(1)植物性營養的——能的來源是取給於日光。如綠色植物。

(2)化學營養的——由無機物的氧化，取得能的供給，如硫化菌，硝化菌等。

(二)他營性營養的——必須攝取已成的有機物充食物。即其營養必須依靠自營性營養的生物。

(1)動物性營養的——向外界攝取固體有機食物，經攝食，消化等輔助營養，始能進行其代謝。如一般動物。

(2)死物寄生的——吸收無生命的有機體中的營養物質，如一部份的菌類，

少數原生動物等。

(3)活物寄生的——由有生命的生物體上取得營養物質。如細菌，黴菌，原生動物，扁形動物等類中之一部份。

(三)混合性營養的——兼營兩種以上的營養，如原生動物之一部份，和少數高等植物——食蟲植物。

第十章 多細胞綠色植物的營養機構

各種營養方式，已用單細胞生物作例，分別說明於前。多細胞生物的營養，原則上不外是前述的各種形式。代謝的原理也是千篇一律，但輔助營養的活動，各種生物就各有其特殊的機構。且有分工現象發生。這裏先把綠色植物的營養機構，由簡而繁，分別說明之。

第一節 藻類植物的營養

絲藻 淡水池沼裏所常見的一種綠色絲狀體植物。固着在池邊的岩石和泥土上，或黏着在飄浮於水中的植物的枝葉上。這絲藻是許多細胞作直接排列而成的羣體，圖二十四。有一端的頂端細胞特別長大，並且不含葉綠粒，就利用這細胞黏着在別種物體上，此外許多細胞各有一環狀的葉綠粒，所以除了基部一個細胞外，都能行光合作用。基部的這個細胞，牠就依靠其他細胞獲得營養物質，但是有牠特殊的任務，是使個體固着在一定地區生活着，這可以說是



圖 24. 絲藻。
1. 葉綠體；
2. 基部細胞。

最原始型的分工現象。

擬輪藻 淡水池沼的水底，有一種形體比較複雜的綠色藻，圖二十五。植物體分節，節間爲一長圓柱狀的細胞，在節上輪生一二細胞所成的葉，下端有無色的假根深入泥土，輪生的許多葉和節間的細胞，含有葉綠素。因葉的分佈，便於接受日光，是行光合作用的主要場所。節間的圓柱細胞，固然能行光合作用，因其地位關係，牠的工作還是以輸導爲最主要，得使上下溝通。無色的假根，必須向葉取得營養物，而牠的工作是固定植物體。

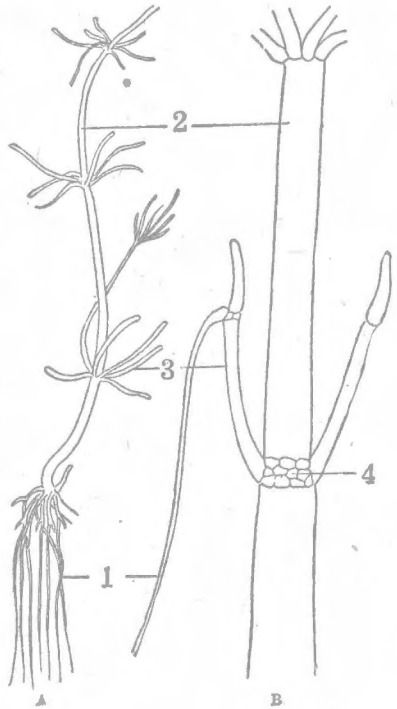


圖 25. 擬輪藻。1. 假根；2. 莖
3. 葉；4. 節。(由 Plunkett)

第二節 苔蘚植物的營養

苔類 牆壁或土岡的陰溼地帶，常見一種綠色葉狀的地錢。圖二十六。整個的植物是兩歧的葉狀體，平覆在地面。腹面有假

根深入泥土。切成剖面觀察，似有組織的分化。（見圖二十六B）。葉狀體的上下表面有表皮組織包被。特別是上表皮，比較發達。在表皮的外表，還有角質或臘質的分化，純粹是保護的組織，避

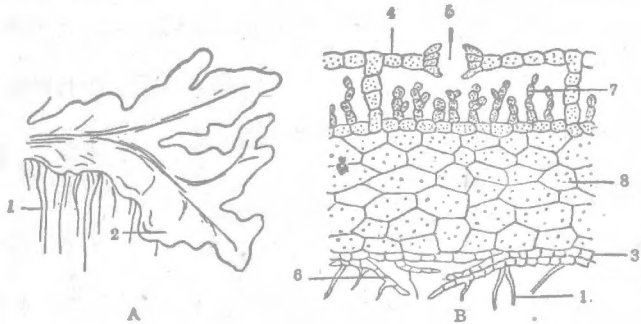


圖 26. 地錢。A. 地錢的外形；B. 地錢的剖面。1. 假根；2. 葉狀體；3. 下表皮；4. 上表皮；5. 氣孔；6. 鱗片；7. 綠色組織；8. 貯藏組織。（由 Holmann）

免機械或化學的刺激，尤其重要的是防止水分的失散。在上表皮上有許多縱列的細胞構成氣孔，以便體內外空氣的流通。在這層上表皮下，有由綠色細胞所組成的綠色組織和許多氣室。這綠色組織是行光合作用製造食物的場所。隨時需要二氧化碳的供給。決不能因表皮而與大氣隔絕，故有氣孔以利空氣的出入。又為增加綠色組織與空氣接觸的機會，在綠色組織間就有氣室的存在。綠色組織的下方，是由許多大形的細胞密集構成貯藏的組織，雖有葉綠粒，而非製造有機物的主要場所，功用還在貯藏食物。從葉狀體的表面，可以看到在中央線上組織特別堅密，稱為

中軸。這是貯藏組織的中央部分的細胞，爲了便於輸導物質，特別分化成細長而排列堅密，這可以說是原始型的維管組織。下表皮比較菲薄，有假根的分化，伸入泥土，吸收水及溶於水的無機鹽類，供給代謝的需要，假根往往叢在許多鱗片狀的突起的內方，鱗片有保護假根的功用。下表皮，假根及鱗片，都有特殊的使命，但營養物質必須仰給於綠色組織和貯藏組織。

蘚類 習見的蘚類植物如土馬騮，叢生於陰溼地帶，見圖二十七。有柱形直立的莖，莖上有密集互生的葉，莖的下端有分枝的假根着生於土。雖有形式上的根，莖，葉等器官，但非真的根，莖，葉；因爲內部的構造，還是相當簡單的。假定把土馬騮切成縱剖面，內部的構造，可用模式圖表示之。見圖二十八。莖內外分四部：最外是單層細胞所構成的表皮，包於整個莖的外表，功用是保護及吸收。如假根就是由這層表皮所分化。表皮內方有數層細胞含有葉綠粒，爲綠色柔膜組織，可營光合作用。再內方又有多層排列疎鬆的柔膜細胞，是貯藏食物的組

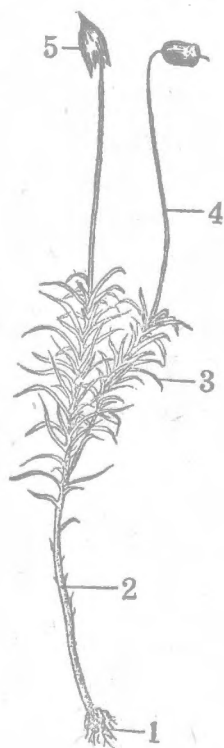


圖 27. 土馬騮。1. 假根；2. 莖；3. 葉；4. 孢子植物體；5. 蒴。

織。最中央部分，細胞細長，有輸導之功，稱為中心柱，是一種簡單的維管組織，莖的頂端有若干頂細胞，富有分生能力，莖的伸長，完全是這細胞分裂增殖的結果。葉的葉片部份，僅由一層綠色柔膜組織所組成，如圖二十八(3)，每一葉的中央線較厚，稱為中軸，非僅一層綠色柔膜組織，同時有一二層由中心柱通來的維管組織，溝通莖與葉物質的輸導。如圖二

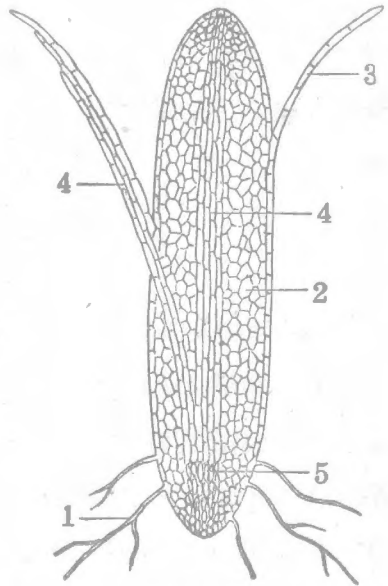


圖 28. 蘚的縱剖面。1. 假根；2. 莖；3. 葉；4. 輸導組織；5. 在分化中的輸導組織。(由 Plunkett)

十八中的(4)。假根是由莖下端的表皮細胞所分化，為單細胞的枝狀體，深入泥土，吸收水及無機鹽類。

蘚類植物已有器官和組織的分化，雖然構造的簡單，不能和高等植物比擬；但是牠的分工已非常明顯，歸納之，蘚類植物的組織有下列幾種：(一)柔膜組織：(a)綠色柔膜組織，細胞含有葉綠粒，營光合作用；(b)無色柔膜組織，細胞壁薄，排列疎鬆，無葉綠粒，貯藏食物為其主要功能。(c)分生柔膜組織，細胞特小，尚

未分化，有繼續分生的機能。(二) 表皮組織，莖外表的一層細胞，並無特殊形式，有保護和吸收之功用；(三) 輸導組織，延長的細胞連接成束，輸導原料及食物。中心粒及葉的中軸都是輸導組織。

第三節 維管植物的營養

羊齒植物及種子植物統名維管植物，因為牠們身體比較龐大，而需要適應陸生，故必須有發達的維管組織，完成輸導物質的任務。故名維管植物。維管植物的營養器官是根，莖，葉。每器官又由許多高度分化的組織所構成。因各種組織和各器官的分工合作，構成了整個的營養活動，茲就種子植物說明維管植物的營養機構。

一、組織 根據組織的功能，可分下列各種組織。

(1) 分生組織 分生組織的細胞，具無限分生和分化的能力。植物體上所有特化的組織，都從分生組織分化而來。植物的成體上，根，莖的生長點和形成層還保留着分生組織。生長點的分生組織，可以使莖向上方增長，使根向下方生長，形成層在根莖的裏面，作內外的生長。分生組織的特點，除繼續分生外 細胞壁極薄，排列緊密，細胞內含豐富的營養物質，極少空泡，完全表現牠是富有活力的組織。見圖九十七。

(2)表皮組織 表皮組織包被在整個植物體的表面，普通僅由一層細胞所組成。雖然祇是一層的細胞，因細胞排列的堅密，且細胞的外表面，常有角質或臘質等分化，所以很能負起保護的責任。根部的表皮組織，特有吸收的功能，又因為這表皮細胞上有根毛的分化，又增加了不少吸收的能力。圖二十九。

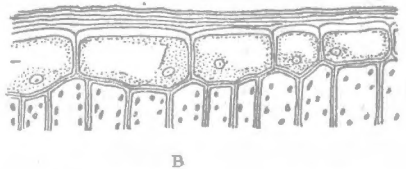
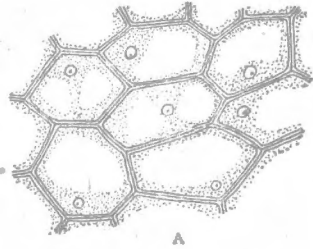


圖 29. 植物的表皮。A. 表皮的表面觀；B. 表皮的切面觀。(由 Plunkett)

(3)綠色柔膜的組織

柔膜組織是分生組織成長後的形式，並沒有特化的一種組織。細胞膜很薄，形狀亦不特殊，不過比起分生組織來，要大得多，空泡很大，細胞排列不整齊，有很大的細胞間隙。柔膜組織的含有葉綠

粒者，稱綠色柔膜組織，牠是植物行光合作用的主要組織。葉裏邊除掉表皮和維管組織外，全部是綠色柔膜組織。莖的近表面處往往亦有這種組織。根裏邊就沒有這種組織的存在

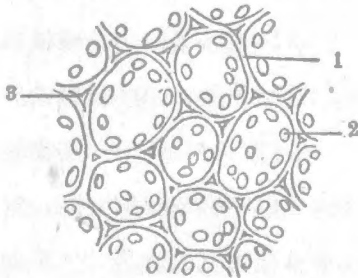


圖 30. 綠色柔膜組織。1 細胞壁；2. 葉綠粒；3 細胞間隙。

了。圖三十。

(4)無色柔膜組織 無色柔膜組織類似綠色柔膜組織，所不

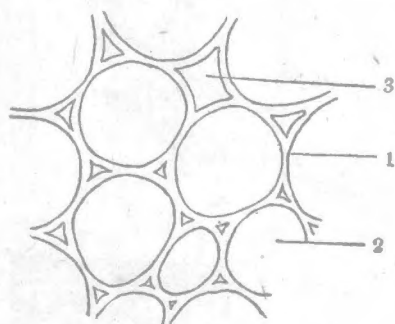


圖 31. 無色柔膜組織。1. 細胞壁；
2. 細胞腔；3. 細胞間隙。

同的，沒有葉綠粒。主要的功
能是貯藏食物，故有貯藏組
織之稱。這組織是根、莖的基
本組織，差不多根、莖兩器官
裏大部份是這種組織。圖三
十一。

(5)機械組織 細胞特

化爲柔韌或堅硬的細胞，大

多是細胞壁の木質化，栓質化，礦質化等所造成。這類細胞的集
體，參雜在柔嫩的組織裏，使整個植物體或局部堅固，不至於因
小小的機械刺激而損傷，同時可使植物體直立，枝葉挺生。故又

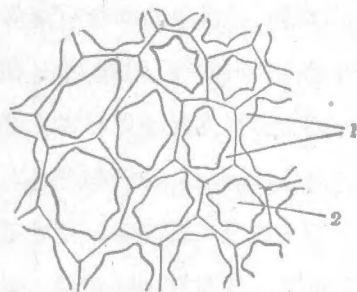


圖 32. 厚角組織。1. 細胞壁；
2. 細胞腔。

名支持組織。猶鋼骨之於水泥，
樑柱得以格外堅固。機械組織
中包括厚角組織和厚膜組織。

(a)厚角組織 —— 在細胞
的轉角處細胞壁特別堅厚，常
在草本植物莖的表皮之下見
到，如圖三十二。

(b)厚膜組織——細胞壁厚度均勻，較一般細胞的細胞壁為堅厚。如纖維，石細胞及木栓等。見圖三十三 其中以纖維為最普遍。

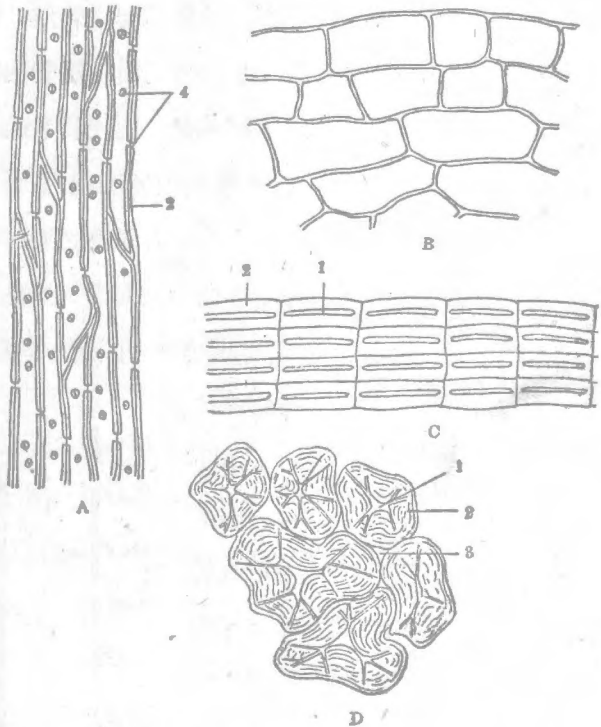


圖 33. 厚膜組織。A. 纖維，B, C, 木栓；D. 石細胞。1. 細胞腔；2. 細胞壁；3. 細胞間隙；4. 孔。(由 Holman)

(6)維管組織 細胞延長成長圓柱形，有輸導物質的功能。因構造的不同，分篩管，導管和假導管。

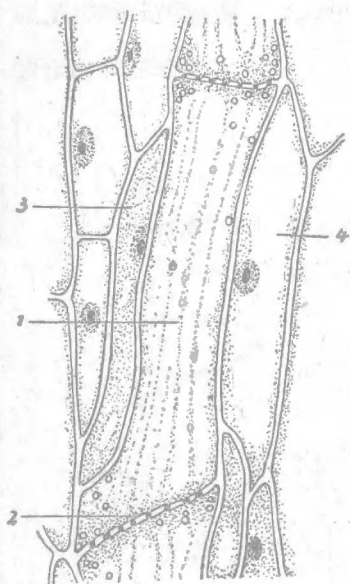


圖 34. 韌皮部。1. 篩管；2. 篩板；3. 伴細胞；4. 柔膜組織。

(由 Holman)

長圓柱形的細胞，上下連繫成長條，成長後，細胞死亡，僅留特厚的細胞壁，細胞與細胞間的隔膜亦消失，因此成一長管。叫做導管。牠的功能是輸導水及溶於水的無機物質，由吸收器官運送到製造有機物的場所和其他部份。導管的細胞壁往往有特化的花紋，致有環紋，螺紋，孔紋，梯紋等

篩管——篩管由許多活着的長圓柱形細胞，上下連繫而成。細胞與細胞間的隔膜雖存在，因有小孔，故仍溝通成管道，故名篩管。圖三十四。由於篩管內細胞質的不絕流動，促使物質的上下擴佈。根據擴散的原理，物質在篩管內，由製造有機物之場所輸送到身體各部。篩管常與無色柔膜組織、纖維等集成複合的組織，叫做韌皮部。

導管

——許多

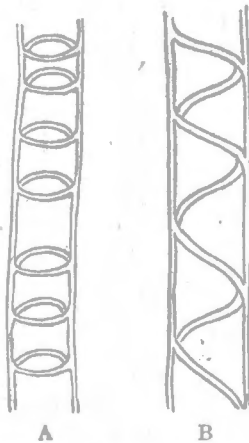


圖 35. 導管。A. 環紋導管；B. 螺紋導管。

導管的名稱。見圖三十五。導管與無色柔膜組織及纖維集成複合的組織，叫做木質部。

假導管——假導管與導管類同，因細胞與細胞間的隔膜依舊存在，故名假導管。雖有隔膜，因有孔溝通，故不失輸導的功能。如松柏等類植物，木質部中全部為假導管，並無導管。圖三十六。

篩管，導管，假導管均為維管組織，常與其他組織組成韌皮部和木質部兩種複合組織。

在根，莖，葉等器官中，普遍存

在，且往往構成特殊的一束。這韌皮部和木質部的集合體，特名之維管束。所謂維管植物者，有這維管束的存在故也。

二、器官 種子植物的器官有根、莖、葉、花、果實等。其中與營養有關的器官是根、莖、葉，由這三器官的合作，得完成營養的活動。

根 根有二個主要的功能：(1)吸收水及無機鹽類；(2)固定植物體於一定地點，要完成上述兩項工作，一般的根，必須生長

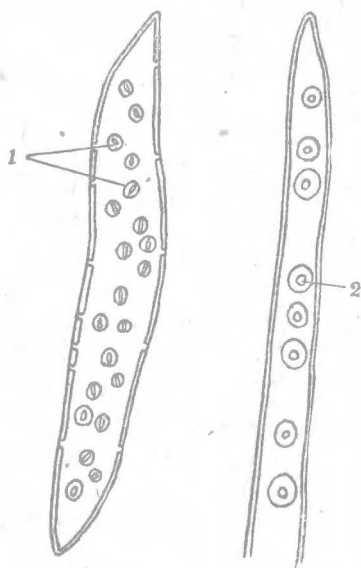


圖 36. 假導管。1. 孔；2. 重孔。(由 Plunkett)。

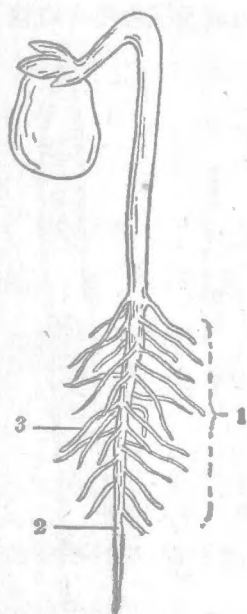


圖 37. 豆的幼苗。1. 根毛部；2. 根尖；3. 根毛。

在泥土中。並且根分佈的範圍，至少和莖的枝葉所分佈的範圍同大小，如此，既可吸收充分的水分，供給植物的消耗；同時基底放大，植物體就比較穩固，不易浮動或傾覆。

根各部吸收水的力量，並不相等。在整個根部中，以根毛部的吸收力量最大，可以說是根的主要吸收區。根毛部是在根尖生長點的上方，見圖三十七。根毛部既然是根吸收的主要場所，牠的內部構造必須明瞭，方可說明牠的吸收機構。把根毛部切成橫斷面，見圖三十八。中央部叫中心柱，主要的是維管組織，即木質部和韌皮部。維管組織外有一二層的柔膜組織，稱為柱鞘。中心柱外圍是很厚的皮部。皮部與柱鞘隣接的一層細胞，排列比較整齊，若干為厚壁細胞，少數是柔膜細胞，稱通過細胞。這層細胞叫做內皮層。內皮層之外，是多層的無色柔膜組織，構造成皮部的主體。最外面是一層表皮，表皮細胞上發生管狀的突起，這就是根毛。

根的吸收，完全在滲透原理下進行，水由土壤滲入根毛，經

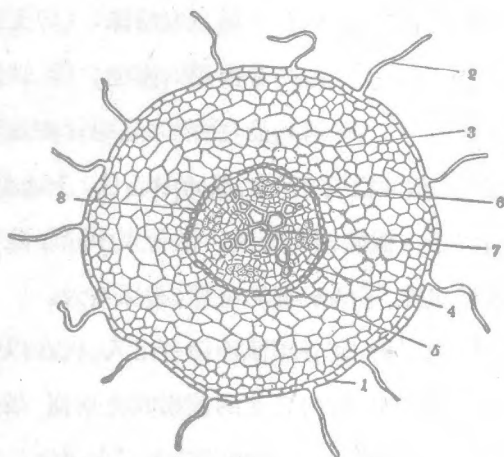


圖 38. 根的橫切面。1. 表皮；2. 根毛；3. 皮部；4. 內皮；
5. 通過細胞；6 韌皮部；7. 木質部；8. 柱鞘。(由 Smith)

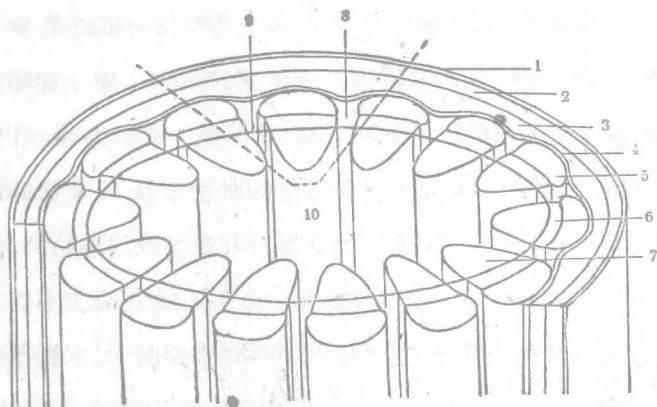
過皮部而達中心柱的導管。根毛伸入土壤的砂粒間，與砂粒間的水接觸。這水是低滲壓的溶液，就是溶質的總濃度低於細胞內的總濃度。根據滲透原理，水向根毛滲透。根毛本與其相鄰的細胞同滲透壓的，因有水分增加，滲透壓降低；水就自根毛滲入皮部細胞。如此一一相遞，傳達到中心柱的導管。導管內有高滲透壓的液體，所以導管隣接的細胞內的水，都向導管滲透，多方面的水向導管滲透，使導管內發生很大的壓力。可壓水上昇，這壓力稱為根壓。同時水由許多葉上失散到大氣，或製成了糖，糖又送往根部貯藏，保持根的細胞液始終是高滲性的。如此，水可繼續被根吸收。至於無機鹽的吸收，一樣根據滲透的原理。

莖 標準的陸生植物，莖有二個主要功能：(1)支持葉片在適當的地位，得使充分發揮牠光合作用的機能；(2)溝通根和葉間物質的上下輸導。莖的輸導功能，主要的是導管和篩管所組成的維管束的活動。莖的維管束下接根的中心柱，上通葉的葉脈，在植物體內構成了一個繼續的管道，維管束中除了篩管及導管外含有許多機械組織。這對於莖的堅韌，關係至大。

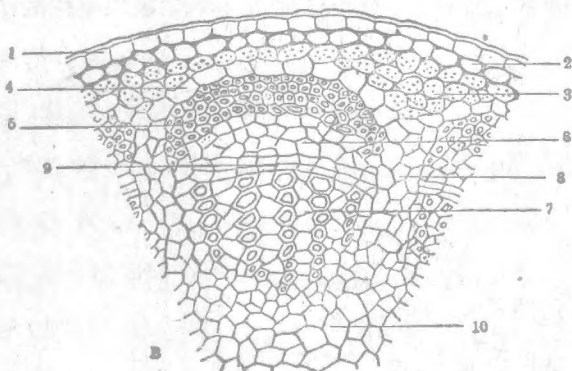
莖內部的微細結構，在各類植物稍有出入。現在以雙子葉植物的向日葵來作例說明。把向日葵的莖切成橫切面，最顯著的有一輪維管束。根據這維管束，可以把莖分成三大部份：(1)髓部，是中央的無色柔膜組織；(2)維管束部，在髓部之外，排列成輪的許多維管束；(3)皮部，維管束部以外的部份。如圖三十九。

每一維管束分內外兩部，木質部在內，韌皮部在外，中間隔着幾層分生組織的細胞，稱形成層。木質部是輸導水分，由根而達葉。韌皮部輸導有機食物，由葉至根。形成層能繼續分生細胞，所增細胞，在形成層外方的分化為韌皮部的各種細胞，主要的是篩管。在形成層的內方者，分化為木質部，主要的是導管或假導管。由於新組織的產生，引起莖的加粗。

包圍在維管束部之外的部分叫做皮部。在許多維管束之間的部分叫做髓線。這是由髓部輻射伸展到皮部的柔膜組織，間有內外輸導的功用。皮部和牠最外層的表皮，主要的功用，在乎保



A



B

圖 39. 雙子葉植物莖的構造。A. 莖的立體模式圖，B. 莖的部分的詳細構造。1. 表皮；2. 機械組織；3. 皮部；4. 內皮；5. 柱鞘纖維；6. 韌皮部；7. 木質部；8. 髓線；9. 形成層；10. 髓部。(由 Emith)

護和貯藏。至於皮部內可能有綠色柔膜組織。營光合作用，並非普遍的現象。髓部純粹是無色柔膜組織，是莖裏邊貯藏食物的主要場所。見圖三十九 B。

種子植物的莖,可分三種形式:雙子葉植物的草質莖,如向日葵的莖;雙子葉植物的木質莖,如桃、柳等的莖;單子葉植物的莖,如玉蜀黍、稻、麥等。單子葉植物莖與雙子葉植物莖,在構造上的主要不同點是:單子葉植物莖中的維管束很多,雜亂的散佈在髓及皮部,並不排列成輪,因此髓部和皮部沒有嚴格的界限;單子葉植物的維管束裏沒有形成層,就是說,維管束裏不能有新的維管組織分生,植物的莖,無法逐年增粗,圖四十。木質莖和草質莖,在第一年生長的結果,構造上並無多大不同。所不同的,還在一年之後的變化。草質莖多半是一年生或二年生的植物,就是

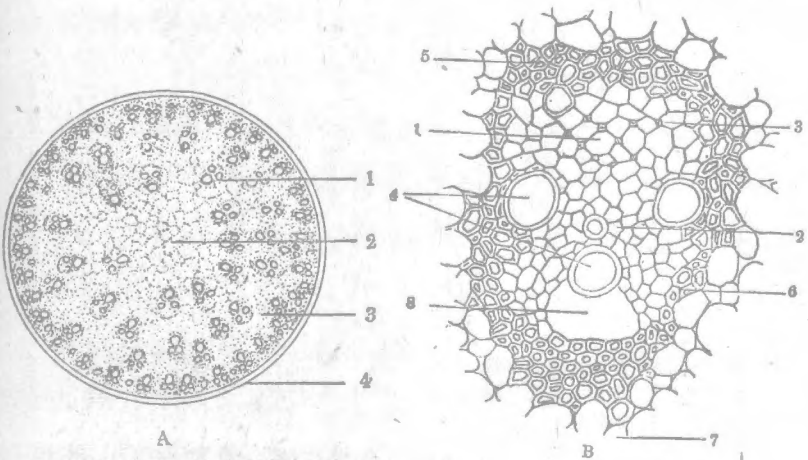


圖 40 單子葉植物的莖。A. 莖的橫切面; 1. 維管束; 2. 髓部; 3. 皮部; 4. 表皮。B. 一個維管束的精細構造; 1. 韌皮部; 2. 木質部; 3. 伴細胞; 4. 導管; 5. 韌皮部的機械組織; 6. 維管束鞘; 7. 柔膜組織; 8. 細胞間隙。(由 Smith)

有多年生的，也不過是根的多年生長不死。所以一般草質莖，在長成後一二年中即行枯萎而死亡。不能繼續生長。木質莖則不然，大多是多年生的植物，壽命極長，每年生長，莖就逐漸增粗。這是由維管束內形成層活動的結果，形成層向外分生細胞，分化為韌皮部的細胞，向內分生的細胞，分化為木質部的細胞。其中尤以木質部的新生較多。每年的生長，是在春季和夏季。春季的自然環境比較適宜，所分生的導管和木質部的其他組織，細胞多而且大。這叫春材；夏秋兩季生長比較緩慢，新生的組織，細胞少而且小，這稱秋材。如此逐年生長，本年所生的秋材，就和下年所生的春材相接，因春材和秋材的細胞大小不同，在接界處就發生

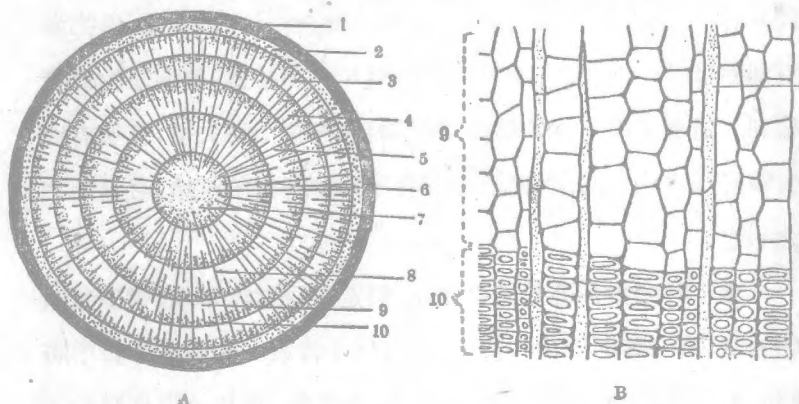


圖 41. 年輪。1. 樹皮中的木栓部；2. 韌皮部；3. 第五年的木質部；4. 第四年的木質部；5. 第三年的木質部；6. 第二年的木質部；7. 第一年的木質部；8. 木質部的髓線；9. 春材；10. 秋材。A. 年輪的概觀；B. 春秋材相接處的情形。

了一道很顯明的界限。幾年之後，木質部就有許多同心輪線，這就是可以用來測定樹木年齡的年輪。見圖四十一。木質部雖然逐年增加，其能負起輸導責任的，還是新生的木質部。老的木質部失掉導水的能力，僅使莖堅固罷了。韌皮卻也是逐年增加，因為新生的組織不多，常和皮部同時分化成堅硬的樹皮，故無年輪的存在。

莖的輸導，可用兩個實驗來證明。在莖的某處，把形成層以外的組織破壞一輪，目的使木質部上下仍連繫，而韌皮則失卻通連。結果葉片並不立即枯萎，且可能維持數日。這表示水仍可從木質部繼續向上輸導。但數日後，根因缺乏營養物而不能維持其代謝，漸形衰老而死亡，整個植物隨着凋謝。另一個實驗，僅把木質部破壞，使上下失去通道。結果，葉片立即枯萎，整個植物接着枯死。這表示沒有水的供給，既不能補充葉上的失散，且無有機食物可以繼續製出。整個植物沒有了水和養料的供給，必趨滅亡之一途。

葉 葉的作用是營光合作用，製造有機食物，一般雙子葉植物的葉，有一葉柄着生在莖上，這葉柄支撐着一片或幾片扁平廣闊的葉片，葉片的扁平寬闊，利於接受日光，葉片的中央線有一主軸與葉柄連接，主軸分出差錯的葉脈。這主軸和葉脈都是由莖分出的許多維管束。用以溝通莖和葉之間的物質輸導。

將葉片切成橫切面，如圖四十二。上下各有一層無色的表皮。外表面又有角質或臘的分化，防護機械的或化學的刺激，又防止水分的失

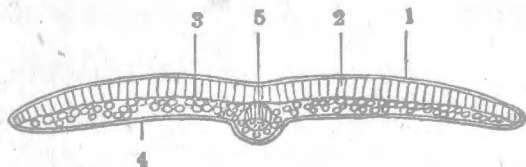


圖 42. 葉的橫切面。1. 上表皮；2. 柵狀組織；3. 海綿組織；4. 下表皮；5. 葉脈主軸。

散。一般陸生植物的葉片，下表皮上有許多細孔，稱氣孔。如圖四十三。這氣孔是由二個半月形的守衛細胞所構成。為葉片內部與大氣交換氣體的唯一孔道。葉片上水的失散，亦是由這孔把水蒸

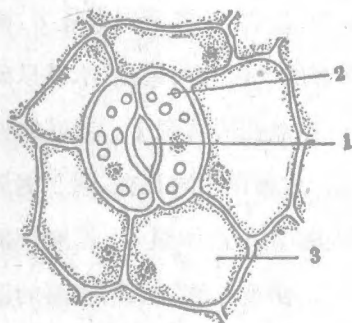


圖 43. 葉表皮的表面觀。1. 氣孔；2. 守衛細胞；3. 普通表皮細胞。

氣放出。在上下表皮之間的部分，叫做葉肉。充滿着綠色柔膜組織。接近上表皮的一面，細胞長圓柱形，排列整齊，細胞間隙較小，細胞內的葉綠粒較多。這叫做柵狀組織。在隣接下表皮的一面，細胞球狀或不規則的

多角形，排列不整齊，細胞間隙多而且大，甚至於在有氣孔處成氣室，葉綠粒的含量較少。這是海綿組織，這兩種綠色柔膜組織是有有機物的出產地。在葉內中常見維管束的縱切面或橫切面，這就是所謂葉脈，牠們錯綜的散佈在葉肉中。如圖四十四。

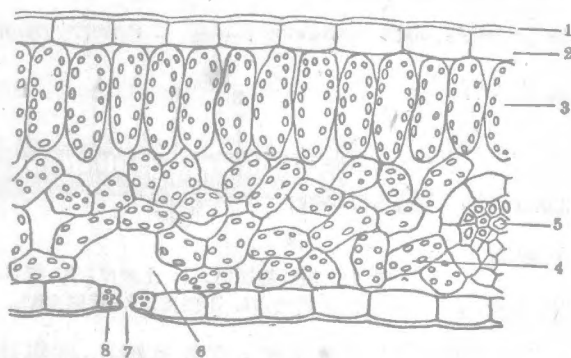


圖 44. 葉的橫切面。1. 角質；2. 表皮；3. 柵狀組織；4. 海綿組織；5. 葉脈的維管束；6. 氣室；7. 氣孔；8. 守衛細胞。

葉的生理功能，除了光合作用之外，又有所謂蒸騰作用。這是在葉上所表現的一個自然現象。水常成水氣蒸發到大氣去。植物的葉片上，水也隨時在蒸發。因為葉表面的角質化，水氣只能從氣孔蒸散出去。因此蒸騰作用就被氣孔所管制了。氣孔的啓閉，由於守衛細胞的變動而造成的。蒸騰作用的存在，似乎對於植物是不利的，事實上，除了能調節體內的含水量外，還有一個很重要的貢獻，因為水的不斷失散，使葉部細胞及導管裏的溶液，常保持高滲透壓。使水不斷的由導管向上昇，在植物體內造成川流不息的水流。

從上述組織及器官兩項看來，維管植物有各種組織的分化，各負某種生理的功能；又有根莖葉三種營養器官的分化，各有其特殊使命。構成了複雜的營養機構。實際上，所表現出來的機能，

不過在食物的處理上有精細的分工而已。至於營養的主體——代謝，不論那一種組織，那一個器官，都是一樣的。並且各細胞各自進行着。這裏把整個維管植物的營養機構，用模式圖表明之。如圖四十五。

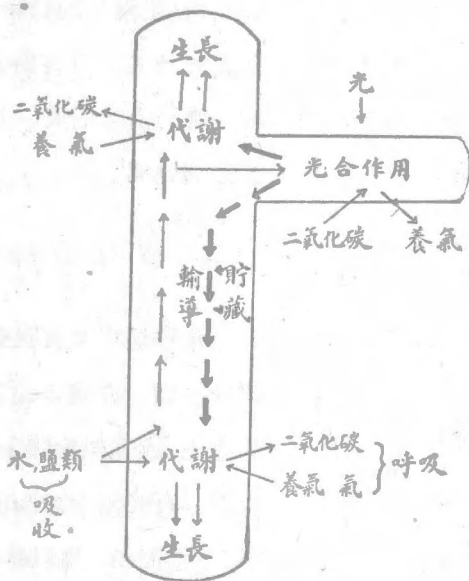


圖 45. 維管植物的營養機構。(由 Plunkett)

第十一章 多細胞動物的營養機構

動物可分原生動物和後生動物。單細胞及羣體而無分工現象者屬原生動物；所有多細胞而有分工現象的動物，均屬後生動物。後生動物因有多種生命活動的分工，就有體素和器官的分化。在整個動物系統裏，和植物一樣的由簡而繁。營養的機構亦然如此。茲就幾種主要的形式，分別說明之。

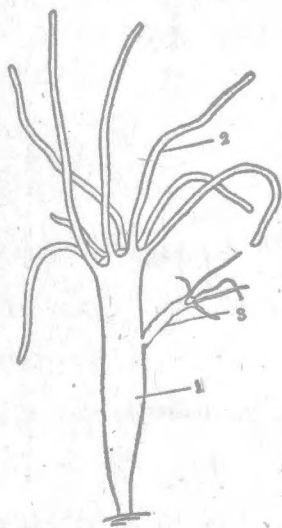


圖 46. 水螅的外形。1. 軀幹；2. 觸手；3. 芽體。

第一節 腔腸動物——水螅

水螅是在多細胞動物中比較簡單的一種。在淡水池沼裏的水生植物體上，或其他物體上，常見其附着存在，身體為中空的圓柱體輻射對稱。下端閉鎖，用以黏於物體上。上端有數條細長的突起，繞着口部，排列成一輪，名觸手。如圖四十六。體內僅有一腔，名原腸腔。以原口開口於體外，體壁內兩層體素構成。在體

之外表者 稱為外胚層。在體內表者 稱內胚層。在這兩層體素之間，有一層非胞細的膠質層，名中膠層。見圖四十七。外胚層和內胚層各由幾種功能不同的細胞組成。構成外胚層的主要細胞，是排列比較整齊的皮膚細胞。這細胞的底部有肌肉纖維。參雜在這皮膚細胞中間者，有感覺細胞，神經細胞，以及刺細胞。在觸手上，刺細胞特別多。又在皮膚細胞基部之間，有小形的間細胞。這是尙未分化的幼細胞。將來可能分化為

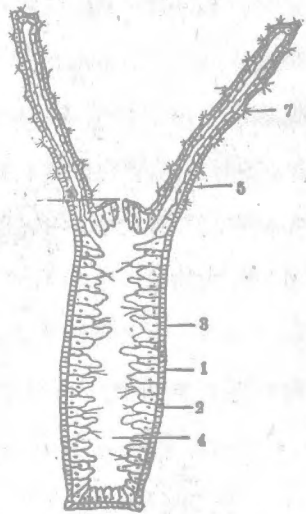


圖 47. 水螅的縱剖面。1. 外胚層；2. 中膠層；3. 內胚層；4. 消化腔；5. 觸手；6. 口；7. 刺細胞。

外胚層裏的任何一種細胞或生殖細胞。內層胚中亦以皮膚細胞為主體。這細胞的游離的一端，有自由擺動的鞭毛，且隨時可以發生偽足，細胞的基部亦有肌肉纖維。少數神經細胞，感覺細胞及間細胞亦參雜在這皮膚細胞之間。此外還有腺細胞，能分泌黏液和消化酵素。

水螅的食物是水中微小的浮游生物。用觸手捕捉，藉刺細胞殺死，因刺細胞具有毒刺，既可深入被捕者的體內，使不能脫逃；且可放出毒素，麻醉而殺死之。繼而將食物由口送入原腸腔。倘

食物是微小的顆粒，利用皮膚細胞的偽足，像原生動物一樣的直接攝入細胞內。在細胞內消化而吸收之。若是大形的食物，則由腺細胞分泌消化酵素，使在原腸腔內進行消化，不能消化的渣滓，仍由口排除於體外。在原腸腔內的已消化的食物，為內胚層各細胞所吸收。再由內胚層細胞內的食物擴散，外胚層亦得到了營養的物質。在這種情形之下，無須有某種運輸的機構。代謝所需的氧，如代謝所產生的二氧化碳，則由各細胞的呼吸，直接與外界交換氣體。亦無需特殊的呼吸機構，代謝所產生的其他廢物，同樣可直接排泄到外界。

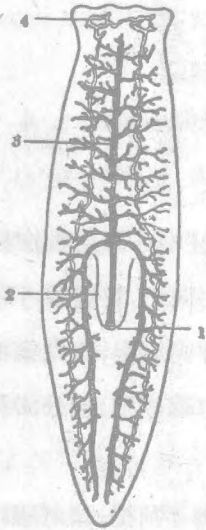


圖 48. 渦蟲的透視圖。
1. 口； 2. 口吻突起；
3. 腸； 4. 排泄管；(由
Plunkett)

第二節 扁形動物——渦蟲

渦蟲是淡水產的一種扁形動物，見圖四十八。身體有前後背腹之分。兩側對稱，體扁平。前端較寬，後端較狹而尖，腹面中央有一口吻突起，體壁的構造較水螅為複雜，且內部的體素及器官的分化亦多。若以渦蟲切成橫斷面。見圖四十九。最外表的一層細胞是外胚層，最內一層細胞是內胚層。在內外胚層間的體素，總名中胚層。其中以未分化的柔膜體素為主體。在這柔膜體素的細胞間，有很多的細

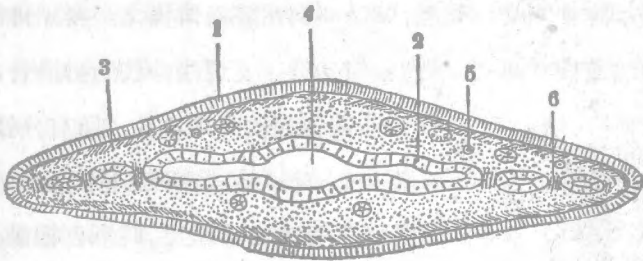


圖 49. 綢蟲的橫切面。1. 外胚層；2. 內胚層；3. 中胚層中的肌肉；4. 腸腔；5. 排泄管；6. 背腹肌。(由 Plunkett)

胞間隙，間隙中充滿着含有食物和廢物的體液。又中胚層中隣接外胚層的是肌肉體素。此外如神經，生殖，排泄等器官，雜亂的分佈在柔膜體素間。

身體腹面中央部，有一肌肉質的管狀突起，稱為口吻突起。牠可自由轉動，在水中找尋食物，突起的前端有一口，下接咽頭，通於腸管。腸管三叉。口吻突起之前方中央線上有一支，後方有二支。又有複雜分枝，展佈到整個的身體內部。食物由口攝入，經咽頭而達腸管。全部腸管均有接受食物的機會，由腸壁的腺細胞分泌酵素，使食物在腸管內消化。間或由腸壁細胞直接攝取固體顆粒，作細胞內消化，不能消化的渣滓，仍由口排出，已消化的食物，由腸壁吸收。因為腸管分佈在身體各部，所以食物的分佈較為便捷，同時柔膜體素的細胞間隙，充滿着體液。由體液之在體內流動，得使營養物質運輸到中胚層的各部以及外胚層，呼吸由

外胚層細胞與水交換氣體，然後亦利用體液傳佈之。至於排泄，在渦蟲另有機構專司，體內兩端各有一支彎曲分枝的排泄管，開口於前端背面的許多小孔。所有分枝的

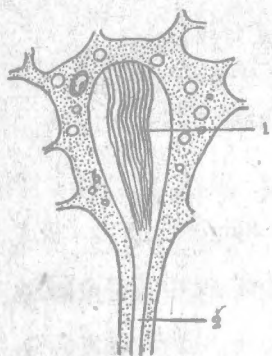


圖 50. 渦蟲排泄管末端的焰細胞。1. 纖毛；2. 排泄管。(由 Hegner)

末端，有一細胞名焰細胞。見圖五十。這細胞的凹面有許多纖毛，時刻在擺動，使排泄管內發生水流。由體液運來的廢物，由焰細胞收集，交排泄管排出體外。

第三節 環節動物——蚯蚓

蚯蚓是在田野及園地所習見的一種環節動物。與渦蟲比較，因有發達的中胚層

和多種體素及器官的分化，要高等得多了。中胚層全部分化為特殊的體素。重要的是肌肉。肌肉分兩層，緊貼在外胚層內方的肌肉層很厚，和外胚層所分化的表皮結合成體壁。隣接在內胚層的肌肉層較薄，與內胚層結合成消化管壁。在這兩層肌肉之間，是一個充滿着體液的腔，叫做體腔。見圖五十二，在這體腔裏有許多器官的存在，蚯蚓的全體，分為許多環節，兩個環節的交界處，體外有淺顯的溝，體內有隔膜把兩節的體腔隔絕，因此整個的體腔，被隔成與環節數相等的腔。

把蚯蚓從背面中央線上剖開，見圖五十一。即見有一長管，

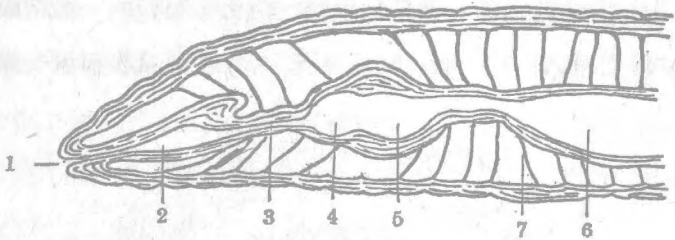


圖 51. 蚯蚓前端的縱剖面。1. 口；2. 咽頭；3. 食道；4. 嗙囊；5. 砂囊；6. 腸；7. 隔膜。（由鄭）

與體等長。這就是消化管，開口於體之兩端，前端有一口，口的後方為略形膨大的口腔，口腔接肌肉質的咽頭。因咽頭的收縮，使混雜食物的泥土經口吸入口腔。食物經咽頭而入管狀的食道，食道兩側有三對鈣腺，能分泌碳酸鈣送入食道，使酸性食物得以中和。中和之食物，由食道送進薄壁的嗙囊，可作暫時的貯藏。然後緩慢的送入肌肉壁的砂囊。砂囊約在第十節的地位。因砂囊的不斷收縮，可將食物磨碎，作機械的消化。最後食物進入腸管，進行化學的消化。腸管極長，食物可在腸內作充分的消化。牠的消化是細胞外消化。不能消化的物質，經尾端的肛門排出。消化的食物則由腸壁吸收。

腸壁所吸收的營養物，另有循環系統負責輸送到身體各部，這循環系統有縱橫貫通的管道——稱血管，分佈在身體的各部。血管裏充滿着液體的體素——稱血液，這血液不停的在血管裏循環流動着。蚯蚓體內的血管，有五條縱行的大血管。如圖五十

二。消化管的背面的一條稱背血管；消化管腹面的一條稱腹血管；神經索兩側各有一條神經側血管；又在神經索腹面有一條神

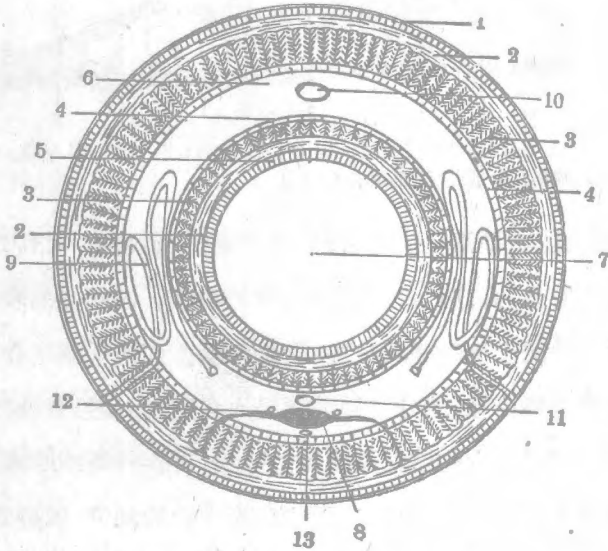


圖 52. 蚯蚓的橫切面。1. 外胚層；2. 環肌；3. 縱肌；4. 體腔壁；5. 內胚層；6. 體腔；7. 腸腔 8. 腹神經索；9. 腎管；10. 背血管；11. 腹血管；12. 神經側血管；13. 神經下血管。
(由 Plunkett)。

經下血管。這五條大血管，都從身體的前端通達尾端，第十一環節之後，每環節至少有一對環行的血管，溝通上述五條縱行的血管。在第十一節至第十三節，共有左右成對的四對至六對的環行血管，稱動脈弓，上接背血管，下通腹血管。第十四節至最後一節，每環節有左右成對的一對壁血管，上接背血管，下連神經下

血管。每一環節裏，又有許多小血管，把神經側血管和腹血管及神經下血管溝通。上述許多血管都有小血管分佈到體壁以及其他器官，分佈在體素間的血管，細而錯綜，叫做微血管。

血液的循環流動，發動在背血管裏。因為背血管能作波浪式的收縮，收縮的波動，始終由身體後方向前方進行。再加上血管內壁有活瓣，阻止血液的倒流。所以血液在背血管裏，始終向前端流動。血液經動脈弓向腹血管流，腹血管的血液又向身體的後端流；同時由支管流到排泄器官——腎管，消化管，體壁等處。從身體各部微血管流回的血液，或直接入背血管，或分別經壁血管，神經側血管而入神經下血管，神經下血管的血液自身體的後方流經壁血管而歸還背血管。這種血液的循環完全在血管內流動，故名閉鎖循環。

血液稱為液體的體素，構成這體素的基礎細胞是血球細胞，因為有液體的間充物——血漿，就成為液體的體素。在血液流到腸壁的時候，腸壁所吸收的營養物，擴散到血漿去，由血液的循環，把營養物輸送到身體的各部。這是循環系統對於養料分佈的一個貢獻。除了血液能輸運養料外，還有體腔裏的體液，也可以做這工作。不過所及的範圍較小而已。

血漿內含有一種特殊的生質精，叫血紅素。牠有一巧妙的化學特性。既容易和氧結合，又很容易把氧析離。血液在體壁的微

血管裏，血紅素與由體表滲入的養氣化合，在血液流到身體的各部體素裏，血紅素把牠所結合的養氣放出，給與體素，血紅素恢復原狀，又在血漿內含有鈉鹽，血液在體素裏時候，鈉鹽和體素所產生的二氧化碳化合成碳酸鈉；在血液流到體表時，二氧化碳又析離出，排於體外。血紅素和鈉鹽的合作，完成了呼吸作用。

體內代謝產生的廢物，另有排泄器官——腎管，負責排泄之。每一環節的體腔中，有一對細長彎曲的管道。一端開口於體外，一端開口於體腔的體液中。見圖五十二。由血液在身體各部體素中收集廢物，運至腎管，由腎管排諸體外。或由血液收集，輸送到腎管而後排泄。

就以上所述，比較高等的多細胞動物的營養結構，有一個特色的地方，就是有循環系統的分化；並且牠是許多輔助營養中的樞紐，與吸收，呼吸，排泄都有密切的關係。營養物質和養氣得賴牠送到體素，體素所產生的廢物，又得要牠送到排泄器。所以有這循環系統的分化，因為高等多細胞動物的身體構造複雜和巨大的緣故，好像和高等植物的有維管束一樣。

第四節 脊椎動物

脊椎動物是動物界中最高等的一類，換言之，身體構造最複雜的動物，包括魚類，兩棲類，爬蟲類，鳥類和哺乳類。這幾類動

物，雖然在外形方面有顯著的不同，但在營養機構上，卻沒有多大的區別。脊椎動物的基本構造，與蚯蚓比擬，一樣有外中內三層胚層，體腔，體壁腸壁的分化。圖五十三，除了器官系統的更加

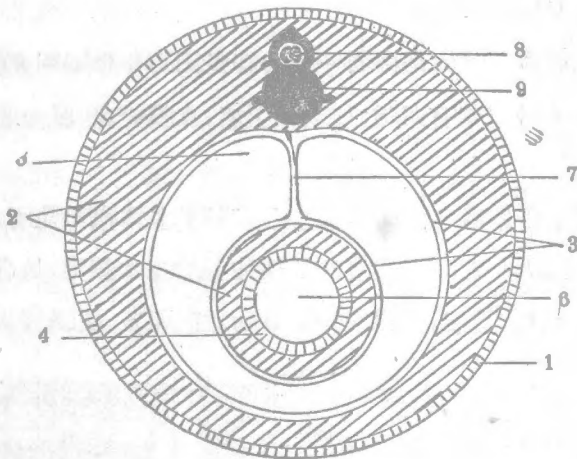


圖 53. 脊椎動物體的橫切面。1. 外胚層；2. 中胚層所分化的體壁和腸壁；3. 體腔壁；4. 內胚層；5. 體腔；6 腸腔；7. 懸腸膜；8. 脊髓；9. 脊柱。(由 Plunkett)

繁多之外，主要的不同點是在體壁內有骨骼的分化。這骨骼有支持身體，保護內臟，供肌肉附着而發生運動等功用。因為在身體背部中央線上有一條脊柱骨，這條脊柱骨又是由許多脊椎骨連鎖而成，故有脊椎動物之名。

脊椎動物有多種器官系統，各司某種生理活動。由許多器官系統的合作，表現出協調的種種活動。器官系統是由若干同一生

理功能的器官構成，如消化系統，有口，咽頭，食道，胃，小腸，大腸，直腸及消化腺等器官。任何器官又為數種構造不同，機能不同的體素構成。茲先分別說明動物的體素，然後敘及與營養有關的器官系統。

一、體素 體素是由同一種的許多細胞和細胞間充物所組成。最基本的體素有四種：即結締體素，皮膜體素，肌肉體素和神經體素。

(1)結締體素 結締體素是由許多基本細胞和牠所分泌的填充物質所組成，填充物質的量往往多於基本細胞，故各種結締體素的性質和功能，全視間充物質的性能而定。這種體素在身體

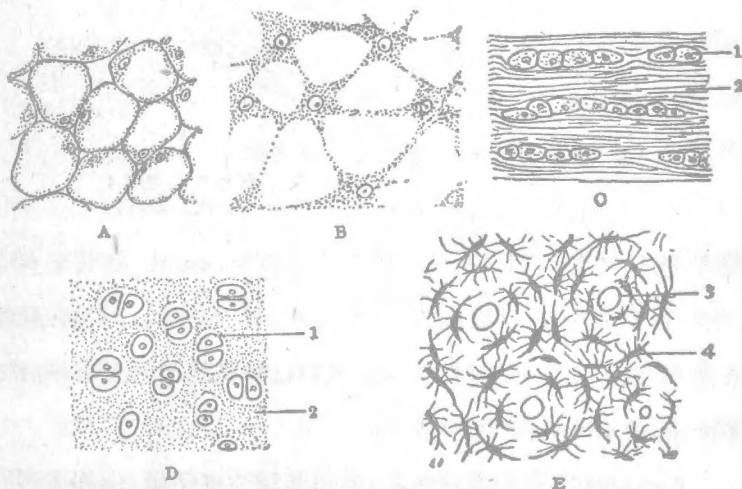


圖 54. 結締體素。A. 脂肪體素；B. 網狀結締體素；C. 髓；D. 軟骨；E. 硬骨。1. 基本細胞；2. 間充物質；3. 哈維氏管；4. 骨細胞。(由 Hegner)

各部都有，功用在連繫和支持，結締體素有脂肪體素，軟骨，硬骨，韌帶，髓，骨髓，淋巴和血液等。見圖五十四。

(2) 皮膜體素 組成皮膜體素的細胞，往往作有規則而緊密的排列成層次。很少有間充物質，因細胞的形狀和排列的不同，有種種皮膜體素之分：平板狀皮膜體素，一層扁平的皮膜細胞；立方形皮膜體素，一層立方形的皮膜細胞；柱形皮膜體素，一層圓柱狀的皮膜細胞；纖毛皮膜體素，皮膜細胞上有纖毛的分化；複層皮膜體素，由幾層皮膜細胞堆砌而成。見圖五十五。皮膜體素是在身體的最外及最內的表面。如體表，體腔內壁和消化管，血管，淋巴等等中空器官的內壁。有保護，分泌，

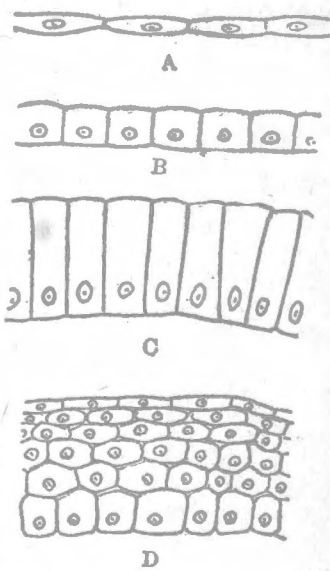


圖 55. 皮膜體素。A. 平板皮膜；B. 立方形皮膜；C. 柱形皮膜；D. 複層皮膜。(由 Hegner)。

吸收等功能。脊椎動物體內有若干多細胞的腺，是由皮膜體素向體內陷入而構成。如汗腺，皮脂腺，胃液腺等。見圖五十六。

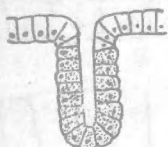
(3) 肌肉體素 肌肉體素由單細胞核的細胞。或多細胞核的原生質特化而組成。基本的構造，有肌纖維與肌質的分化，肌肉

體素因構造及性能的不同，可分平滑肌，橫紋肌及心肌三種：

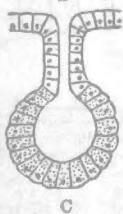
平滑肌——由許多紡錘形的肌細胞所構成。細胞內有一核，細胞質內有肌纖維肌纖維之間充滿着流動性很大的肌質，肌纖維是凍膠狀的原生質，有收縮的機能。由於肌纖維的收縮，肌肉細胞就起收縮活動。平滑肌的收縮力很薄弱，但是能持久，不容易發生疲勞；同時非吾人意志所能管制，故又名不隨意肌。這肌肉是構成



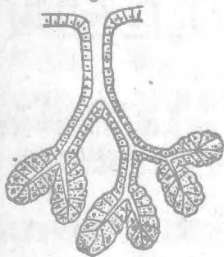
A



B



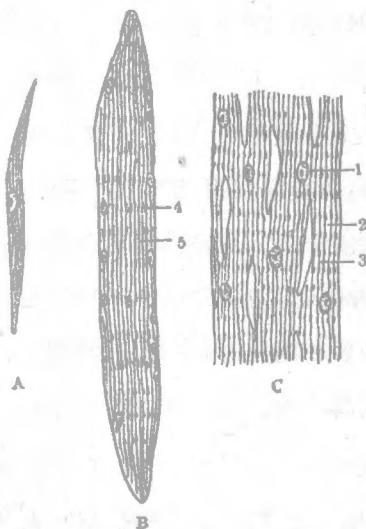
C



D

圖 56. 腺。A. 單細胞腺；B. 管狀腺；C. 囊狀腺；D 楊梅狀腺。
(由 Plunkett)

維是凍膠狀的原生質，有收縮的機能。由於肌纖維的收縮，肌肉細胞就起收縮活動。平滑肌的收縮力很薄弱，但是能持久，不容易發生疲勞；同時非吾人意志所能管制，故又名不隨意肌。這肌肉是構成



A

B

C

圖 57. 肌肉體素。A. 平滑肌；B. 橫紋肌；C. 心肌；1. 細胞核；2. 肌漿；3. 肌纖維；4. 暗帶；5. 明帶。
(由 Plunkett)

內臟器官的主要肌肉體素。見圖五十七 A。

橫紋肌——橫紋肌又名骨骼肌，骨骼肌的最小單位是肌線。這肌線是多細胞核的原生質。外有肌線膜，許多細胞核散佈在肌線膜的內壁，肌線的內部是肌漿和肌纖維。這骨骼肌所有的肌纖維和平滑肌所有的不同，牠有明帶和暗帶之分。由於許多肌纖維的明帶和暗帶的並列存在，造成了許多橫行的紋路。故有橫紋肌之名。許多肌線集成肌肉。肌肉的大小，視肌線的多少而定。這種肌肉的收縮力很大，但不能耐久，就是說很容易疲勞。肌肉的兩端附着在骨骼上，由肌肉的收縮，引起骨骼的活動。這骨骼肌是由吾人的意志所管制，故名隨意肌。圖五十七 B。

心肌——心肌是許多單核的細胞集成，但細胞與細胞並不完全隔離，細胞有若干的分歧部份互相連繫着。表面上是多細胞的集體，原生質還通連成一體的。細胞內所含有的肌纖維，構造和骨骼肌同，亦有橫紋，故就形體構造上說，心肌與其他兩種肌肉，各有類同之處。就收縮機能而言，收縮力既強，且能持久。但非意志所能管制，故亦屬不隨意肌。心肌是構成心臟的特殊肌肉故名。圖五十七 C。

(4)神經體素 組成神經體素的單位是神經原，如圖五十八。牠和別種細胞不同，除了細胞體外，有很多和很長的突起。因此牠的形狀很多，有星形，菱形，錐形和樹狀。細胞內部除含有細

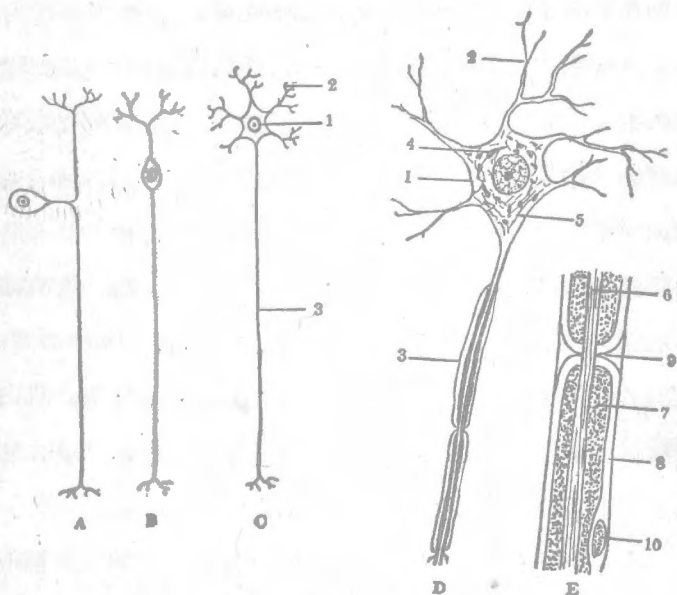


圖 58. 神經原。A, B, C, 三種形式的神經原；D. 神經原的構造；E. 軸狀突的構造。1, 細胞體；2, 樹狀突；3, 軸狀突；4, 尼斯體；5, 神經小纖維；6, 軸索；7, 髓鞘；8, 神經衣；9, 露令微亞節；10, 神經中間節的核。(由 Schaffer)

胞質和細胞核之外，在細胞質內有一種易於染色的物體，稱尼斯體和神經小纖維。尼斯體大致是一種養料，神經小纖維是傳導刺激的分子。細胞的突起可分兩種：一為樹狀突，係短而分枝多；一為軸狀突，長而分枝少。樹狀突很多，在細胞體的周圍都有，差不多是細胞的延長突出部分而已。軸狀突祇有一支，牠的構造很複雜，如圖五十八 E。樹狀突和軸狀突固然在構造上有不同，就是

生理功能亦有區別。樹狀突的傳導興奮是向心的，就是說由外方傳導至細胞體；軸狀突是離心的傳導，就是把興奮由細胞體向外傳導。

二、器官及器官系統

(1)消化系統 所有高等動物的消化，都是細胞外消化，就是在消化管內行消化。人當然不是例外。消化系統分消化管和消

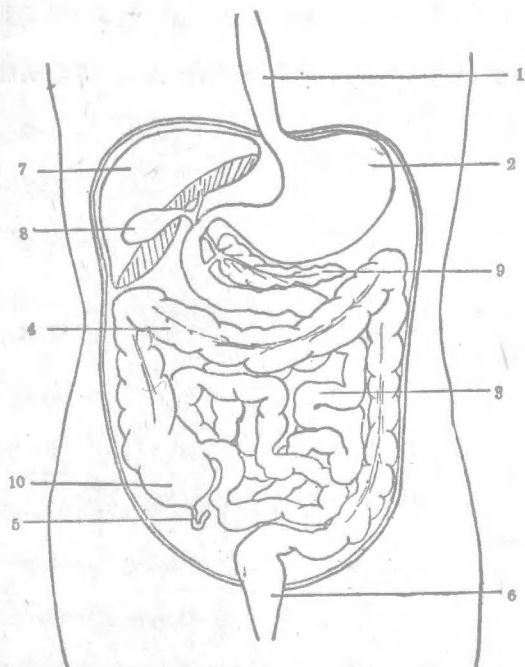


圖 59. 人的消化系統。1. 食道；2. 胃；3. 小腸；4. 大腸；5. 蟲樣垂；6. 直腸；7. 肝；8. 胆囊；9. 胰；10. 盲腸。(由 Plunkett)

化腺。消化管有口，咽頭，食道，胃，小腸，大腸，直腸等器官。如圖五十九。比較低等的脊椎動物，直腸開口於排泄腔，再由肛門通於體外。這排泄腔同時為排泄器官及生殖器官的開口，在哺乳動物就沒有排泄腔，直腸直接由肛門開口於體外。消化管是一個中空的管道，管壁的基本構造，各器官皆類同。見圖六十。最外一層細胞和幾層結締體素叫做漿膜，次為肌肉層。肌肉層又分縱肌和環肌兩部。再次為黏液下層，全部是結締體素，最內為黏液層，由薄薄的肌肉層，結締體素及一層內胚層的表皮體素所組成。這一

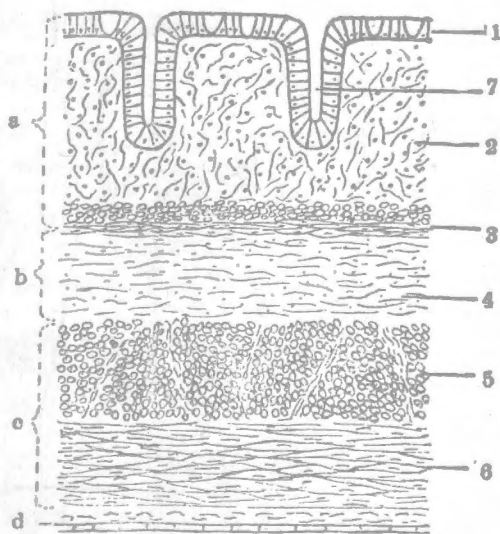


圖 60. 消化管壁的構造。a. 黏液層；b. 黏液下層；c. 肌肉層；d. 漿膜；1. 柱形皮膜；2. 結締體素；3. 肌肉；4. 結締體素；5. 環肌；6. 縱肌；7. 消化腺。(由 Plunkett)

層的內胚層的圓柱形表皮體素，細胞排列極整齊，有若干處向結締體素中陷落成管狀。這就是能分泌消化酵素的腺體。消化系統中除了消化管的許多器官之外，還有許多消化腺，如唾液腺，胰，肝等。都能分泌消化酵素，促進消化作用。下面把整個的消化機構說一說。

口攝取食物，由口腔分泌黏液，使食物潤溼，用牙齒咀嚼，把牠磨碎，便於化學消化。頭部有唾液腺三對：耳下腺，顎下腺和舌下腺。各分泌唾液至口腔，唾液中含有唾液澱粉酶，作澱粉水解的觸媒劑。故在口腔中，一部分的澱粉被消化為麥芽糖。

咽頭肌肉的收縮，加上口腔裏舌的幫助，把食物經咽頭而進食道。再由食道肌肉壁的收縮，把食物送入胃部。使食物下移的肌肉收縮，是一種波浪式的收縮。稱為蠕動運行，圖六十一。這種收縮是消化管壁肌肉收縮的普遍特性。只需要有食物的機械刺激，消化管就發生這種收縮，所以食物在下嚥後，正常的向消化管後端移動。

胃是一個肌肉質的囊體，
食道送入胃後，可作暫時的貯

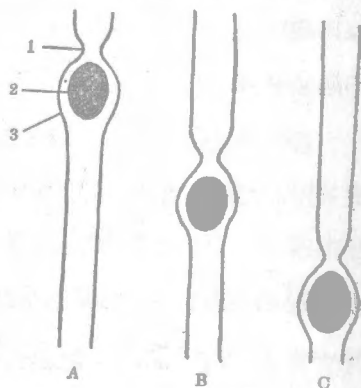


圖 61. 消化管的蠕動。1. 收縮波浪；2. 食塊；3. 寬鬆波浪。
(由 Plunkett)

藏，然後絡續送入小腸。食物進入胃腔的時候，成爲塊狀，因胃壁的不斷收縮，使食物塊在胃內發生動盪，漸漸破碎而成小塊。同時使食物液化爲懸濁液和乳濁液。胃壁的黏液層有很多的胃液腺，分泌胃液。在胃液中含有兩種重要的物質；一種是鹽酸，約有千分之四的濃度，可使食物帶有酸性外，又能殺滅由食物帶來的細菌。故有消毒之功，還有一種是消化生質精的胃液生質酵。牠可以使生質精作初步的消化，變爲配布頓。這作用恰巧必需在酸性的媒劑中進行，故食物的帶有酸性，實有利於消化的進行。胃的下端，有一肌肉環，叫做幽門，在食物初進胃時，幽門關着，故食物在胃內停留。待食物已經液化，且帶酸性後，幽門作間斷的開放，食物得能斷續的送入小腸。胃部消化所得的配布頓，和口腔內唾液消化所得的麥芽糖，非胃壁所能吸收，胃所能吸收的，不過是水及酒精。

食物進小腸後，與三種分泌物混和：腸壁黏液層所分泌的腸液；肝所分泌的膽汁；和胰臟所分泌的胰液，這三種分泌物全都是鹽基性的。特別是胰液，含有千分之六的碳酸鈉。這可以中和由胃送來的酸性食物。因爲胰液和腸液中的酵素，不能在酸性媒劑中作用。肝和胰是二個重要的消化腺，分泌物經管道送入小腸，故消化作用在小腸中進行。胰臟所分泌的胰液中含有三種重要的酵素：(1)胰液生質酵，能促使配布頓及生質精消化爲氨基

酸；(2)胰液脂肪酶，使油脂水解為脂酸和甘油；(3)胰液澱粉酶，使澱粉水解為麥芽糖。再經麥芽糖酶的作用，消化為葡萄糖。肝所分泌的膽汁中，並沒有重要的消化酵素，但有膽鹽促進脂肪的消化與吸收，腸液中含有麥芽糖酶，消化麥芽糖為葡萄糖；有蔗糖酶，消化蔗糖為葡萄糖及果糖；有乳糖酶，消化乳糖為葡萄糖和化乳糖；又有腸液生質酶，消化配布頓為氨基酸。由於胰液，膽汁及腸液中的各種酵素的活動，可以充分的把食物在小腸中消化。再加上小腸很長，結果，食物差不多全部在小腸中作終了消化。小腸固然是消化的主要器官，同時為吸收的主要器官。

小腸的內壁，有許多絨毛狀的突起。長約二分之一耗名絨毛。這種突起無非是增加小腸的吸收面積。每一絨毛突起的外圍，是一層圓柱狀的皮膜體素，中為鬆疎性的結締體素。在這結締體素中有血管和淋巴管的分佈。圖六十二。絨毛的皮膜體素吸收了已

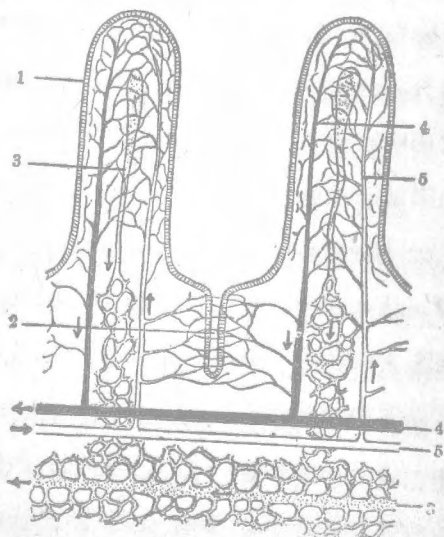


圖 62. 腸壁的絨毛。1. 柱形皮膜；2. 腸液腺；3. 乳糜管；4. 靜脈血管；5. 動脈血管。

消化的營養物質，由滲透而擴散到血管和淋巴管中去，由血液和淋巴的循環流動，被分佈到身體的各部體素。

未完全消化或不能消化的渣滓和水等，由小腸送入大腸。大腸沒有酵素的分泌，不能進行消化。但是因為有很多的細菌存在，由細菌的活動，可以把一部分未消化的食物分解成有機酸，氨，硫化氫等。表面上也是一種消化，事實上與人的營養，並無多大關係。大腸的吸收力亦很弱，不過吸水力較大，最後，剩餘的渣滓，經直腸而由肛門排出。

(2)循環系統 脊椎動物的循環系統有血管和淋巴管，各含血液和淋巴液。營養物質，分泌物及廢物之在體內作定向的輸送。就是這血液和淋巴液的工作，現在把血管和淋巴管兩個系統分別的說明。

血管是閉鎖的管道，在這管道裏；血液不停的循環流動。有心臟、動脈管、靜脈管及微脈管等部，心是血液流動的策源地，因為心臟能不斷的膨脹和收縮，把血液收同心臟或壓入動脈管。心臟由心肌構成，內部有幾個腔：如魚類祇有兩個腔，一個心耳和一個心室；兩棲類和爬蟲類有三個腔，二個心耳和一個心室；鳥類和哺乳類有四個腔，心耳和心室各二。同時在心的內壁和心與血管連接處有許多活瓣，使血液在心臟內和出入心臟，都作定向的流動，不至於倒流。動脈管由平滑肌和彈性結締體素構成，既

有收縮力，又富彈性。因肌肉很多，致管壁較厚，動脈管是接受心臟所送出的血液，輸向身體各部去。靜脈管的構造和動脈管相同，不過肌肉層較薄，故管壁不厚，致無收縮力，亦少彈性。血管內壁有許多活瓣，阻止血液的倒流。牠是接受身體各部的血液，輸向心臟去，微血管是動脈管和靜脈管的極微細部分，分佈在體素的細胞間，接受動脈管運來的血液，又把血液交付給靜脈管，微血管的管壁僅為一層平板狀的皮膜體素，所以血液內的物質以及一部分細胞可以從微血管跑到體素去；反之，體素裏的物質亦可滲進血管來。牠是負有與體素交換物質的任務，微血管在體素中，常成錯綜的網狀結構，使體素中各部細胞，都有與血液交換物質的機會。

血液在血管內的循環流動，先就一般的來說：心耳接受靜脈管輸來的血液，心耳收縮，血液壓入心室。心室壁富有肌肉，緊隨着心耳之後而起收縮，使血液壓入大的動脈管。動脈管有收縮力，同時配合心臟的推動力，把血液在動脈管中向身體各部流去，由大動脈而小動脈，最後送達微血管。微血管中的血液又集在小的靜脈管，因為血液從動脈管流過來，有牠的血壓，雖然到了靜脈管，血壓已很小，但足能推動血液向心流去，再加上靜脈管壁的處處有活瓣，可以阻止血液倒流。故血液經大靜脈而回到心臟的心耳去，完成了血液流動的循環。

各類脊椎動物的血液循環，因為心臟的構造不同，和其他器官的稍有出入，所以並不完全相同。見圖六十三。從下圖所示三種血液循環的形式看來，有一點是相同的。由消化器官回心的血液，並不直接到心臟，必須由門脈送入肝部微血管，再由肝靜脈運回心臟。經門脈送入肝臟的血液，含有豐富的營養物質，經肝動脈運進肝臟的血液，帶有豐富的養氣，同時肝臟是一個很大的器官，既可供給營養物質，又可以隨時貯藏之。因此，肝臟就成為營養機構的中樞了，牠可以調節營養。還有一點是相同的，不管呼吸器官是腮或肺，構造複雜與否，血液必須一度送入呼吸器官，以便吸取養氣，排除二氧化碳，使血液清潔一次。

血液是在血管內流動的液體。有液體的間充物質和幾種不同形性的細胞。前者稱血漿，後者名血球。茲將人類血液的組成物列舉如下：

甲、血球：

1. 紅血球
2. 白血球
3. 血小板

乙、血漿

1. 水——百分之九十（以重量計）
2. 無機鹽——百分之一。

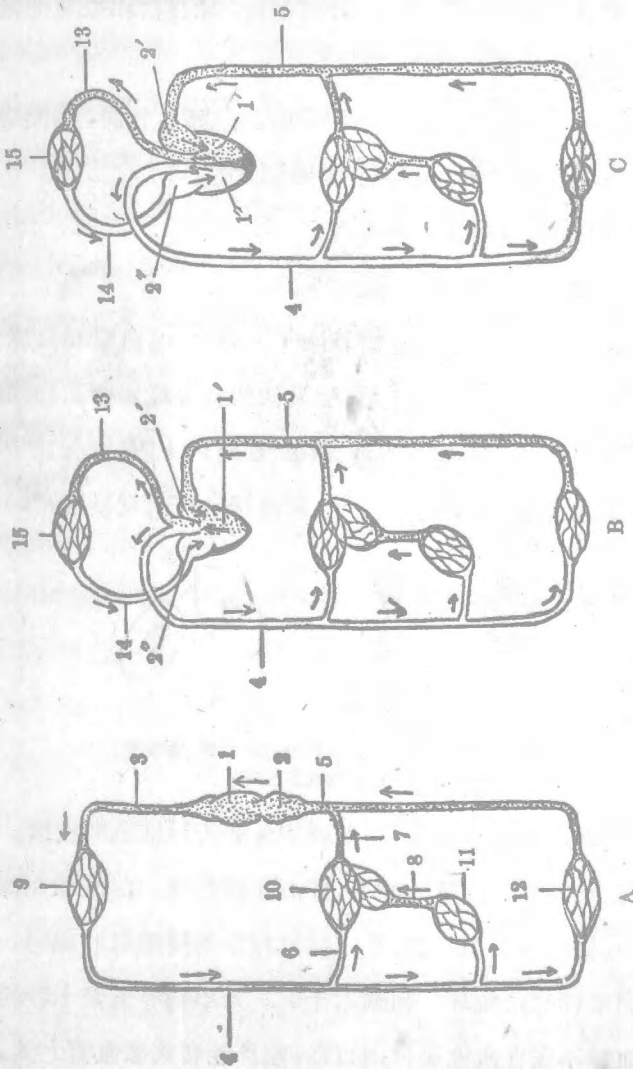


圖 63. 循環系統和血液循環。A. 魚類的循環系統；B. 兩栖類的循環系統；C. 哺乳類的循環系統。1. 心室，1' 右心室；2. 心室，2' 右心室；3. 左心耳；3. 左心耳；4. 大動脈；5. 大靜脈；6. 肝靜脈；7. 肝靜脈；8. 門脈；9. 肺部微血管；10. 肺部微血管；11. 肺部微血管；12. 身體各部微血管；13. 肺靜脈；14. 肺靜脈；15. 肺靜脈。(由 Plunkett)

3. 生質精——百分之七，計有蛋白，球蛋白和原纖維素。
4. 其他——百分之二。包括：
 - a. 吸收的營養物質，如葡萄糖，氨基酸，甘油，脂酸等。
 - b. 收集的廢物，如尿素，尿酸和其他。
 - c. 激動素，酵素和抗毒素。
 - d. 氣體，如養氣和二氧化碳。

成人約有五呎的血液，佔體重的十三分之一。血漿和血球各佔其半，每呎中有紅血球五十億。哺乳類的紅血球為兩面內陷的餅狀，直徑約八秒左右。細胞膜薄，無核，如圖六十四。紅血球中含有大量的血紅素，約佔百分之三十。紅血球所以有交換氣體的機

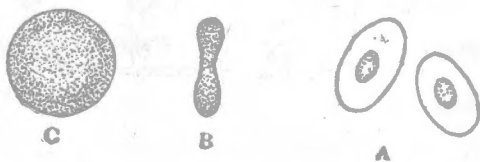


圖 64. 紅血球；A，哺乳類動物的紅血球，表面觀；
B，側面觀；C，兩棲類動物的紅血球。

能，就是因為這血紅素的含有，也就是血液所以紅色的成因。紅血球不過十天的壽命，牠的補充，是由骨髓新生。白血球在每呎的血液中，約有一萬個左右，是一種能行動的變形蟲狀細胞。有幾種不同形性的白血球。如圖六十五。大小約有五至十秒的直徑。白血球不僅在血液裏自由行動，並且能爬到微血管之外，而

活動於細胞間隙中。牠能吞食固體物，故可掃除血液內的固體廢物，特別是死細胞和細菌。白血球亦由骨髓新生，此外淋巴體素

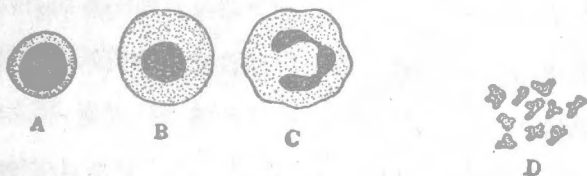


圖 65. 白紅球與血小板。A. 淋巴球；B. 單核白血球；C. 多核白血球。D. 血小板。

亦能產生。血小板是無核而不定形的血球，含量極多，在一立方耗中有二百萬個左右。大小約為紅血球的三分之一，這血小板接觸空氣，即行解體而消失，其功用與血液的凝固有關，如圖六十五 D。

血漿的成分已如前述，牠的功用是輸導營養物質和廢物。此外血液的自動凝固，與血漿有密切關係，身體某部受傷而流血，受傷細胞和血小板接觸空氣後，即產生一種血栓形成素，血漿中本含有一種血栓酶原，在鈣質的觸媒之下，和血栓形成素作用，產生血栓酶。血漿中的原纖維素因血栓酶的觸媒變為固體的纖維素。血漿中產生了這固體的纖維素，就把血球凝集起來成為血餅。因此血液得能自動的凝固起來。防止血液的繼續外流。

血液在血管內流動，產生血壓。血壓把血漿壓出微血管而到細胞間隙。這在細胞間隙的液體稱為淋巴，實際上，就是離開了

血管的血漿。不過生質精的含量較少。淋巴內有白血球，因為白血球可以穿過微血管壁而到細胞間隙。但是沒有紅血球。所以淋巴是無色的液體。淋巴所處的地位是在血液與體素間。牠的功能也就等於中間人，作血液及體素間物質交換的傳遞工作。血液把營養的物質和養氣交給淋巴，再由淋巴轉交給體素，體素把代謝所生的廢物交給淋巴，再轉交血液。固然血液是負起輸導的任務，但是還得依賴淋巴來完成這工作。淋巴可繼續由血管壁滲出，那體素間的淋巴液必須隨時移去，方可川流不息。有許多微小的淋巴管把體素間的淋巴收集起來，再由較大的淋巴管集中到最大的淋巴管，叫胸管。胸管開口於大靜脈，把淋巴交還血液，如此構成了淋巴的循環。

綜上所述，循環系統的工作是：(1)消化管壁所吸收的營養物，由血漿輸送到身體各部。(2)紅血球與養氣的結合和分離；血漿中碳酸鈉與二氧化碳的結合和分離，使體內外養氣和二氧化碳得以交換，完成呼吸的任務。(3)體素中代謝所產生的廢物，由血漿輸送到排泄器官，排除於體外。(4)體內分泌物因血液的流動而帶到各器官，調節各器官的生理活動。(5)白血球吞滅細菌，以保護生物的健康。

(3)呼吸系統 血液不過是體素與大氣間的中間人，血液和體素的交換氣體，叫做內呼吸。血液和大氣的交換氣體，稱為外

呼吸，脊椎動物有特殊的器官，專為外呼吸而設，如魚的鰓，陸生脊椎動物的肺。鰓和肺與水或大氣接觸的表面，有微血管分佈，氣體得由微血管出入與外界交換。

鰓位於咽頭兩側，有鰓裂開口於體外，鰓的本身是許多平板狀的鰓弓。鰓弓表面的黏液層分化許多細長的絲狀體，稱鰓絲。見圖六十六。這鰓絲是交換氣體的場所，水自口而咽頭，再由鰓裂流出，在水經過鰓絲的時候，鰓絲中的微血管中的血液，就和水交換氣體。

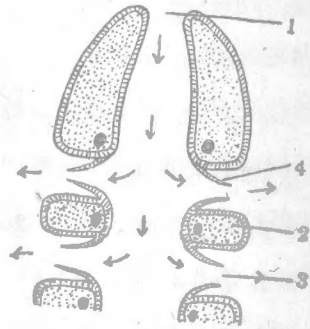


圖 66. 鰓的模式圖。1. 口；
2. 鰓弓；3 鰓裂；4. 鰓絲。
(由 Plunkett)

兩棲類動物的肺，僅二個富有彈性的囊體。共同開口於喉頭。喉頭與咽頭僅隔一聲門。哺乳類動物的肺，亦開口於喉頭，下接氣管。氣管向身體後方延長，再分為二支氣管。每一支氣管上附一肺。

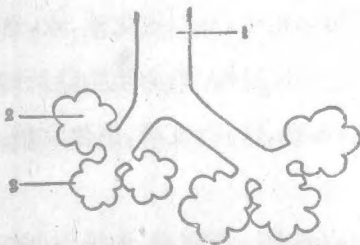


圖 67. 肺胞的模式圖。1. 氣管；
2. 肺胞管；3. 肺泡。(由 Plunkett)

在肺內支氣管又再三分枝，致有許多小支氣管。小支氣管的末端，略略膨大成肺胞管。肺胞管的周圍是許多囊狀的肺泡。見圖六十七。肺泡壁為極薄的平板狀皮膜體素所構成，有許

多微血管分佈在這裏。肺泡雖小，但為數極多，故與空氣接觸的總面積很大。人類的肺泡內壁的總面積有二百平方米之多。肺泡內充滿着氣體，隨時與血管內的血液自由交換氣體。因為肺是一個盲管，空氣不能對流，那必須使肺收縮。亦可以使空氣流通。這種運動俗稱呼吸。但肺的本身沒有伸縮力，必須憑藉其他力量來促使肺伸縮。脊椎動物有多種呼吸的方法，哺乳類就依靠胸骨和肋骨的移動，和胸腔與腹腔間的橫隔膜的高舉和下降。在肋骨高舉的時候，胸骨向身體前方挺起，使胸腔的前後增寬；又同時橫隔膜降落，使胸腔的上下加長，結果胸腔的容積擴大，肺隨之而膨大。外界的空氣灌入肺內，這就是吸氣。肋骨下降，胸骨後移，同時橫隔膜高舉，胸腔容積減小，肺被壓縮，肺內空氣壓出，這就是呼氣。肺泡的內壁，因水由細胞或血管向外滲出，常是潤溼的。故肺泡內的空氣可以先溶於這水膜中，然後由滲透而發生氣體的交換。

(4)排泄系統 代謝所產生的廢物很多，如二氧化碳，水，無機鹽，尿素，尿酸，氨等。除一部分仍能利用外，均必須排除於體外。脊椎動物排泄廢物的器官有肺或鰓，腎臟，皮膚，消化官等。其中以腎臟和皮膚為最主要。

腎臟即腰子，在腰部的背部左右各有一個腎臟。內緣中央部略略窪下，稱腎門，血管和神經從這腎門出入腎臟，入腎的血管是

由腹動脈分來的腎動脈，出腎的血管是腎靜脈，通總靜脈。又有一對管道由腎通達膀胱，稱輸尿管。膀胱由尿道開口於體外。見圖六十八。腎臟的內部構造，由縱剖面觀察，可分三部，外圍的體素非常細密，稱為皮部，在這皮部裏，有許多蜿蜒屈曲的細尿管，起於雙層薄壁的球狀囊體，稱鮑溫氏囊。在鮑溫氏囊中，有一由血管屈曲集成

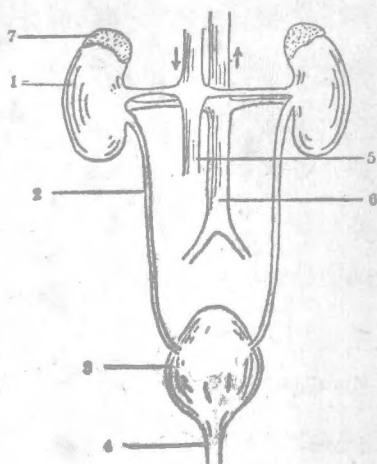


圖 68. 泌尿系統。1. 腎臟；2. 輸尿管；3. 膀胱；4. 尿道；5. 腎動脈；6. 腎靜脈 6 7. 腎上腺。（由 Marsland）

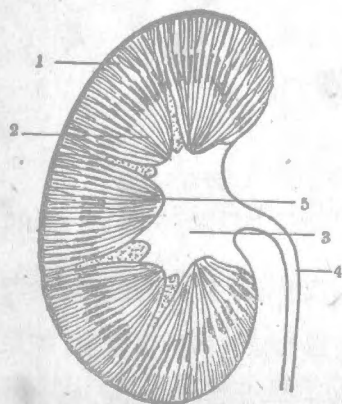


圖 69. 腎臟的縱剖面。1 皮部；2. 髓部；3. 腎盂；4. 輸尿管；5. 塔狀體。

的腎球，緊貼在囊的內壁，許多細尿管由鮑溫氏囊屈曲向腎臟的內方延展，且管道漸形粗大，通達較大的收集管。許多收集管分佈的部分稱髓部。收集管又向腎臟的內緣部伸展，抵達腎內緣部的一個腔，稱腎盂。這是許多收集管總匯之區，也就是外通輸尿管的孔道。如圖六十九和七十。血液中的

水和成結晶溶液的溶質，如尿素，尿酸氨，無機鹽等，滲透過腎球的血管壁和一層皮膜體素而入鮑溫氏囊，就成了尿。尿經細尿管而收集管，然後集於腎盂。當牠充滿了尿時，四壁肌肉收縮，把尿

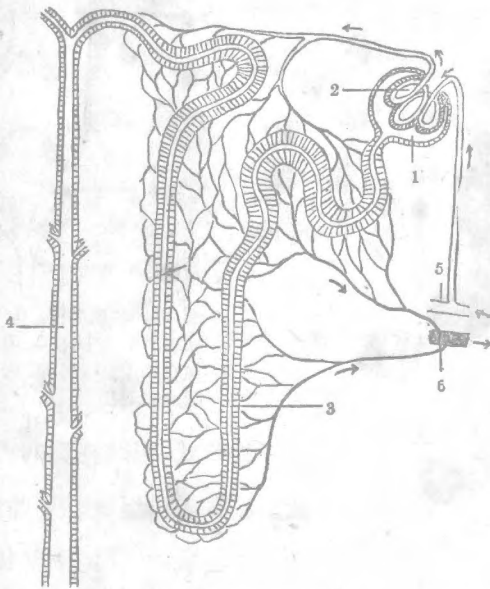


圖 70. 腎臟的皮部和髓部的微細結構。1. 鮑溫氏囊；2. 腎球；3. 細尿管；4. 收集管；5. 腎動脈；6. 腎靜脈。(由 Plunkett)

送入輸尿管。輸尿管蠕動，又把尿壓入膀胱。膀胱是積聚尿的器官，在尿充滿的時候，由膀胱接尿道處的尿道括約肌寬馳，把尿由尿道放出。由腎臟所分泌的排泄物——尿，牠的組成，除了有懸膠狀物質外，差不多和血漿一樣，不過濃度的不同罷了。所以

腎臟的工作，把血液中的一部分物質經過濾而分離開來，腎臟本身並無產生這尿的能力。

皮膚的功用很多，排泄是其中的一個。脊椎動物的皮膚，尤其是哺乳類動物的構造，相當複雜。外層是表皮，為多層皮膜體素所構成，且外被很厚的角質層。內層是真皮，由乳頭層和網狀層構成。真皮之下為脂肪體素。在脂肪體素中有屈曲成團的管狀體，開口於皮層外表，這叫做汗腺，是皮膚排泄的主要腺體。牠和腎臟一樣的收集血液中的廢物，成汗液分泌於體外。故汗液的成分，與尿比較，沒有多大區別。

脊椎動物的營養機構，簡單的把牠歸納起來，由消化系統攝取食物，消化食物而吸收之。所吸收的營養物質由循環系統輸送到身體各部器官和各部體素，甚至於到全體的細胞。同時循環系

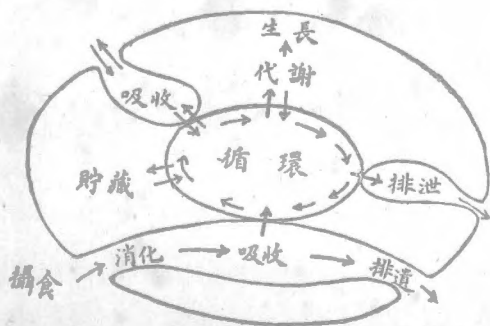


圖 71. 脊椎動物的營養機構。(由 Plunkett)

統中的血液在呼吸器官和皮膚攝取氧氣，亦送到身體各部細胞。身體各部細胞既得營養物質，又取得氧氣，就起代謝而維持活力。代謝所產生的廢物，又由循環系統把牠帶到排泄系統的各種器官，排除於體外。如此完成了整個的營養活動。再用模式圖說明如下：圖七十一。

