

細胞學講義

(遺傳選種、農業物理專業用)

北京農業大學

1961年9月



目 录

前言.....	1
---------	---

論 緒

一、細胞學的对象.....	2
二、細胞學的发展簡史.....	2
細胞的发现.....	2
原生質的概念与細胞學說的产生.....	2
三、細胞學研究方法簡述.....	4
显微鏡技术.....	4
細胞化學方法.....	5
細胞組成部分的分离.....	6

第一章 原生質的組成与結構

一、原生質的化學組成.....	7
二、原生質組成的化合物类型.....	8
水.....	8
碳水化合物.....	9
脂类.....	9
蛋白質.....	9
酶.....	12
維生物与生长素.....	13
三、蛋白質的胶体特性.....	14
蛋白質胶体的特性.....	14
团聚作用.....	15
凝胶的特性.....	16
四、原生質的結構和特性.....	16
有关原生質結構的學說.....	16
原生質的胶体特性.....	16

原生質的粘性与彈性.....	17
原生質的結構.....	18

第二章 原生質的非細胞和細胞結構

一、原生質的非細胞結構.....	20
病毒与噬菌体.....	20
植物中的非細胞形态.....	21
二、細胞及其組成部分.....	21

第三章 細胞質与細胞器

一、粒綫体.....	23
粒綫体的形态.....	23
粒綫体的化學組成与結構.....	24
粒綫体的显微構造.....	25
粒綫体的功能.....	29
二、質体.....	33
質体的形态与結構.....	33
質体的功能.....	35
質体的連續性.....	38
三、細胞浆(基質 гиалоплазма)微粒体与內質网络 (Эргастоплазма)	38
微粒体, 內質网络与細胞浆的化學組成与显微結構.....	39
微粒体与細胞浆的功能.....	41
間体及(лизосом) 其功能.....	44
四、高尔基体与液泡系.....	45
高尔基体的形态与功能.....	45
液泡系的形态与特性.....	45
五、細胞的中心体.....	47
六、細胞膜与植物的細胞壁.....	47
細胞膜.....	47
植物的細胞壁.....	50
植物細胞壁的形成与生长.....	51

第四章 細胞核

一、細胞核的形态与化學組成.....	53
細胞核的形态.....	53
細胞核的化學成份.....	54
細胞核的組蛋白.....	54
細胞核中的去氧核糖核酸.....	54

細胞核中的核糖核酸	57
細胞核中非組蛋白的蛋白質（剩餘蛋白）	58
二、核膜	58
核膜的構造	58
核膜的透性	59
三、核仁	59
四、核液	61
五、細胞核的結構	61
細胞核結構的一些特性	61
細胞核的類型	63

第五章 細胞的繁殖

一、細胞的無絲分裂	64
無絲分裂的普遍性	64
無絲分裂的類型	64
細胞從活物質中的形成	67
二、細胞的有絲分裂	68
有絲分裂的一般情況	68
前期	70
中期、染色體的形狀，數目與結構	70
中期的非染色質結構	75
後期及末期	76
三、細胞質在細胞有絲分裂過程中的變化	78
細胞中細胞器的變化	78
原生質粘性的變化	78
四、細胞分裂過程中某些物質代謝的變化	79
細胞分裂的能量	79
細胞分裂過程中去氧核糖核酸的變化	79
五、有絲分裂的抑制和促進	80
有絲分裂的抑制	80
有絲分裂的促進	81

第六章 遺傳物質基礎

一、細胞核與細胞質在遺傳上的作用	82
細胞核在遺傳上的作用	83
細胞質在遺傳上的作用	84
細胞核與細胞質在性狀遺傳上的共同作用	85
二、細胞質中的細胞器在遺傳上的作用	85

粒棧体在遺傳上的作用.....	85
微粒体在遺傳上的作用.....	86
叶綠体在遺傳上的作用.....	86
三、原生質中各种組成成份在遺傳上的作用.....	86
蛋白質在遺傳上的作用.....	86
核糖核酸在遺傳上的作用.....	87
去氧核糖核酸在遺傳上的作用.....	88
四、蛋白質的合成.....	90
細胞核与細胞質在合成蛋中的作用.....	90
核糖核酸与去氧核糖核酸在合成蛋白質中的作用.....	91
蛋白質合成的假說.....	92

前 言

这本讲义是根据一些参考書和杂志上的文献資料編成的。

这些参考書主要有下列几种：

- | | |
|---|-----------|
| 1) Л. В. Макаров. Основы Цитологии | 1953 |
| 2) П. В. 馬卡洛夫, 細胞學講義 | 1958 |
| 3) Ж. Браще (Jean Brachet). Биохимическая цитология | 1960 |
| 4) Р. Б. Хесин. Биохимия цитоплазмы | 1960 |
| 5) А. И. Опарин. Возникновение жизни на земле | 1957 |
| 6) А. Гизе. Физиология клетки | 1956 |
| 7) J. N. 达維生 核酸的生物化學 | 1961 |
| 8) П. Данжар. Цитология растений и общая цитология | 1952 |
| 9) Возникновение жизни на земле. | |
| труды международного симпозиума 19 августа | 1957 года |
| 10) Проблемы цитофизиологии | 1957 |
| 11) О. Б. 勒柏辛斯卡亚 等著, 关于細胞个体发育問題 | |
| Г. И. 格魯森科 | |
| 12) Г. И. Роскин, Л. Б. Левинсон. Микоскопическая техника | 1957 |

参考書中作者所引用的文献, 有些是查对过的, 有些未能看到。因此可能有不全面的地方。此讲义編写得很仓促, 一定会有許多錯誤之处, 請讀者予以指正。

因印刷技术关系, 各章所引用的文献就不一一例举了

赵世緒 1/IX 1961

緒 論

一、細胞学的对象

細胞學是研究細胞和非細胞結構生活物質的发育，物質代謝和功能的科學。

研究細胞的形态、結構、发育、代謝功能的規律能使我們真正的了解生命的實質，它的起源和进化。因此細胞學与生理學，生物化學，遺傳學，生物物理，形态學，組織學，胚胎學和分類學有密切的关系。同时对細胞内部过程深入了解和控制，可以使农业和医学更好的为人类服务。

目前对許多生命活动中的重要过程，如蛋白的合成問題，許多性状遺傳問題的研究都与細胞中的細微組織結構特性或成分联系起来了，即与細胞的超显微結構联系起来了，細胞學是近来发展非常迅速的學科，它已經分化为許多独立的部分，如細胞生理學，細胞生化，細胞物理學，細胞形态學等。

恩格斯曾把細胞學說的产生認為是十九世紀自然科學中最偉大的三大成就之一。

二、細胞学的发展簡史

細胞的发现 細胞學发展到現在已有三百多年的歷史，但是只有在显微镜发明之后細胞才被发现，最早的显微镜是在16—17世紀之間創造的，有人說是意大利學者伽利略（Galileo Galilgi 1564—1642），有人說是荷兰的光學家詹斯（Jans）和詹森創造的。

在显微镜发明50年之后，英国人胡克（Robert Hooke 1653—1703），用显微镜观察植物器官的各种切面，在一块木栓上发现了許多极小的与蜂窝相似的小室，命名为細胞。在胡萝卜、蕪菁的不同部分，也发现类似的結構。

这一发现引起了人們对研究生物結構的很大兴趣。英国人格留（Nehemiah Grew 1641—1712），意大利人馬尔比基（Marcello Malpighi）分別于1670和1671年研究了植物器官的各种結構，提出細胞中充滿了粘性物質。17世紀末荷兰人列文霍克（Antoni Van Leeuwenhoek）观察了細菌，原生动物精子，紅血球等，确定动物上也有細胞的結構。

原生質概念与細胞學說的产生 英国人布朗（Robert Brown）于1837年在植物表皮細胞中发现一种不透明的稠密圆形結構，称为細胞核。認為是細胞的正常組成部分。法国人瓦林廷（Valentin）在結締細胞中又发现了核仁。于是人們开始注意細胞内部的物質結構了。1835年法国杜雅丁（Filix Dujardin）发现原生动物根足虫細胞内有胶状物質，能改變形状伸出伪足以行动或捕食，称为“胞肉”。1839年捷克人布金耶（Johannes Purkinje）在动物上，1846年摩尔（Hugo Von Mohl）在植物上都看到細胞內的这种物質，于是就称为原生質。

1861年法国人許尔次 (Max Schultze)系統了对原生質的認識,提出原生質是动植物共有的“活物質”,認為“有機体是原生質块”。細胞是一团含有核的原生質,并且具有膜。一切生命現象都是由原生質产生的。使人們对生活物質的認識深入了一步。

在这以前,俄国胚胎學家沃尔夫(К.Ф.Вольф)和貝尔(К.М.Бэр)就曾提出动植物显微结构的共同性。1834年俄国人郭良尼諾夫(П.Ф.Горьанинов)指出动物、植物和人是“細胞的有機体”,“一切有機体(动物和植物)是由互相結合的小囊,小泡和小窩所构成”。

1838年德国植物學家施萊登(M.J.Schleiden)証明所有植物有機体都是由細胞构成。并且指出細胞是任何植物的基本单位。最简单的植物是由一个細胞組成的,而大多數植物是由細胞和細胞變态物构成的。并且認為細胞是从顆粒产生出来的。

1839年德国动物學家施旺(T.Schwann)認為細胞是一切生物的共同单位,也認為細胞是由非細胞物質产生出来的。

于是产生了完整的細胞學說。恩格斯給予这个學說很高的評價;他写道:“对于自然界中所发生的种种过程相互联系的認識,特别是由于以下三种偉大发现而大步地前进了。

第一、是由于細胞的发现,即发现細胞是一种单位,整个植物体和动物体都是从这一单位的繁殖和分化而发育起来的。这一发现,不僅使我們相信一切高等有機体都是按着一个共同規律发育和生长的,而且它指出細胞具有變異能力,从而說明了引起有機体物种變異的道路,由于这种變異,有機体才能实现一个比起單純的个体发育更重大的发育过程”,(恩格斯:費尔巴哈与德国古典哲學的終結,人民出版社1957年,35頁)

恩格斯按着說到了另外二个发现,即能量守恒轉換定律和达尔文关于动植物有体發展學說。

細胞學說把有機界的发展統一起来了。

1844年意大利人阿米奇(Amici)发明了油鏡,后来出現了固定切片染色等技术,加速了对細胞的認識。1848年荷夫米斯特尔(Hofmeister)在花粉母細胞中看見了核分裂。1873年史奈德(Schneider)在植物莖生长点細胞中发现了染色体,后来斯特拉斯布尔格(Strasburger),福雷明(Flemming)等分別在动植物細胞中看見細胞分裂有染色体出現,而称为“有絲分裂”。

1858年时德国病理學家微尔和(R.Virchow)繼承了奈格利(Noegeli)等人說法,認為“細胞生自細胞”,“細胞以外沒有生命”,“細胞是生命最小单位”,“有機体是生活着的細胞的集合,是一个細胞王国”。而反对施萊登和施旺的細胞可以由非細胞的活物質产生的观点。当时由于技术不发达,細胞可以由非細胞物質产生的說法,的确沒能証实。微尔和的观点在澄清那种当时流行的对疾病錯誤認識,如肿胀是由可塑性物質引起的等概念上起了一定作用。但是“細胞生自細胞”这一說法也並沒有真正說明細胞的起源和展发,是機械的。

1879年何尔杜(Herturg)在海胆上看到受精时,精子与卵子的核結合,斯特拉斯布尔格等看到生殖細胞染色体數目只有体細胞的一半,以后发现了減數分裂,于是魏斯曼就根据这些現象提出遺傳的“种質學說”,認為核中“定子”是遺傳物質,成为基因理論形成的重要基础之一,以后許多學者就去研究核和染色体的行为与遺傳性状的关系了。

最近由于物理、生物化學等學科的飞速发展,暗視野显微鏡,紫外綫路显微鏡和电子显微鏡,細胞化學等研究方法的出現和不断改进,使細胞學的发展走向了一个新的階段。对細胞

的超显微结构，原生质的胶体特性，细胞生理，活体代谢过程的研究逐渐深入，对细胞内各种细胞器，结构单位，如粒线体等功能也开始清楚了。人类正走向控制细胞内部过程，揭开生命现象实质的伟大远景。

三、细胞学研究方法简述

在科学的发展中方法的改进有时会起决定性的作用。例如，细胞学与微生物学的发展只有在显微镜发明了之后才有可能。研究细胞学的方法大致可分为三类：即显微镜技术，细胞化学方法和细胞组成部分的分离方法。

显微镜技术：目前在利用两种方法，一种是在永久的显微制片上研究死原生质的结构，另一种是进行原生质的活体观察。

在第一种方法中，一般采用酒精，升汞，铬酸盐，醋酸等溶液将材料固定杀死，然后经过递增浓度的酒精脱水，浸入石蜡或火棉胶中，在切片机上制成需要厚度的切片。将切片脱蜡后用不同染料染色。如用苏木精可以染核，染色体，詹纳绿染粒线体等，用二甲苯透明后用加拿大胶封住。

许多的固定剂，如酒精等都能引起原生质主要成分——蛋白质——的沉淀，使原生质原有结构改变，产生“人工效应”。只有用铁酸固定，则可以杀死原生质而又不引起蛋白质的凝固，保持原来的状态。

活体的研究可以用普通显微镜进行，能够研究单细胞或多细胞生物的游离细胞（动物的卵细胞，血球，花粉等）。小块的薄组织也可以直接在普通显微镜下观察，但是因为组织的透光关系有时不易观察，同时生物离体的部分生活时间不长，影响研究效果。

活体染色可以弥补一些这方面的缺点，利用中性红，詹纳斯绿等染料，可以使细胞部中某些结构着色，便于观察，但又不破坏细胞原来的状态，如中性红（千分之一到万分之一的浓度）可以染细胞的液胞系，詹纳斯绿可以染粒线体等。

利用相差显微镜可以增加原生质不同部分折射率的差别。

相差的原理就是利用在聚光器和物镜上的特殊装置将光波的相移动 $1/4$ 波长。使得所观察的透明体中不同部位在折射率上的微小区别，转变为明显可见的差异。

相差置置有暗视野及明视野两种。

利用相差显微镜可以观察活体细胞的核，核仁、染色体、粒线体等在普通显微镜下不易区别的细微构造。

普通显微镜的分辨能力是有限的，它与照明光线的波长（ λ ）与镜头口径（ A ）有关：

$$I = \frac{\lambda}{A}$$

即波长越短，分辨能力越强。

普通显微镜不能分辨小于 0.2 微米以下的物体，因为可见光中光波最短的是紫色（波长 0.4 微米）。这种光照射到小于 0.2 微米的物体上，就产生绕射现象，不能把光线反射出来。但是利用光波更短的紫外光就可以分辨 0.1 微米以下的物体，紫外线可以使照象底片感光，将物体照象，或用萤光板将紫外光变成可见光。细胞中不同物质对紫外光的吸收程度不同，可以测定它们在细胞中的分布，如核酸选择吸收 2600Å 波长的紫外光，组蛋白吸收 2800Å 波长的紫外光等。

近来在研究活細胞时經常应用暗視野（超显微）技术。它的原理是利用胶体的丁得尔现象。例如一束日光射入暗室中时，我們可以看到普通照明下所看不見的微小尘埃。在强光照射下微小的胶体顆粒也开始发光，在黑暗的背景上（暗視野）清晰可見。利用超显微技术可以分辨直徑4—6毫微米（40—60 Å）的微粒。甚至还可以鉴别胶体的性質。如果是亲胶体則胶体微粒，看不見，因为它們周圍有水层与分散的介質（水）沒有明显的分界綫。疏水胶体顆粒，則可以看見，因此可以利用暗視野研究活細胞原生質胶体所处的状态。

利用偏光显微鏡可以研究原生質組成部分的内部結構。一般物体有在光學上有各向同性的与各向異性的。在各向同性的物体中，光的傳播在各个方向具有相同速度，对光能的吸收程度也相同，光波振幅也相同，光速是与介質的折射率成反比。在各向異性的物体中由于物体互相垂直方向的厚度不同，折射率不同，因此光速与波长也就不同，称为具有双折射性質的物体。

利用两个三稜鏡使光綫产生偏光而照射到标本上，可以研究細胞內各种构造，成分（蛋白質、淀粉等）的单折射和双折射的特性。

20年以前发明了电子显微鏡，使人們对于原生質超显微結構的研究进入了一个新的階段。

利用电子显微鏡可以把物体放大到20万倍，可以分辨5—10 Å的微粒，一般大分子（蛋白質、核蛋白等）的大小平均在10 Å左右。即将对細胞的研究提高到分子的水平上来了。

它的原理是：利用阴极放出电子，在經過阳极时加速，高速电子直綫的落到材料上，穿出后經過磁場的集中，然后折射的电子落到螢光板或底片上。普通显微鏡下物体的成象决定于它对光吸收和折射率的不同，而在电子显微鏡下材料对电子的吸收决定于体物的密度和厚度。电子通过材料时可能有三种情形，一种是被材料所阻挡，一种是通过材料的原子核时发生偏轉，第三种是穿过材料后方向不變，速度降低。后者形成了物体的形象。因材料上密度大的部分容易使电子被阻挡或发生偏轉。因此在底片上形成清晰的黑白分明的物体形象。

利用电子显微鏡不能观察活細胞，因为高热电流可将組織杀死，同时須用鐵酸固定制成0.5微米厚的超薄片。

利用电子显微鏡时因放大倍數很高，因此由于固定而产生的“人工效应”也增大了。

細胞化学的方法 这一方法是很早以前就采用的，例如用碘来显示細胞中的碘粉；用米隆（Millon）反应来測定細胞中的蛋白質等。

在最近的研究中認為一般的固定，脫水会影响細胞的化学組成，于是开始采用冷凍干燥，即在液态異戊烷中，在真空下脫水，一直到埋蜡，这样就防止了細胞中物質的扩散，溶于水的物質也不会渗出来。酶的自溶作用也可以防止。

脂肪的細胞化科鉴定是用苏丹Ⅲ与苏丹黑等溶于脂肪的染料，此法多用于測定貯存的脂肪滴，或用鐵酸染色。

蛋白質的測定目前主要是根据某些氨基酸的特殊反应，米隆試剂主要是精氨酸与酪氨酸的反应，謝拉（Serra J.A. 1946）反应对精氨酸具有很好的效果，利用巴尔聶特和謝利格曼（Barnett R.V. Seligman A.M.）的方法可以測定蛋白質的SH基。

利用放射自显象的方法不僅可以測定蛋白質与氨基酸，而且还可以在細胞中定出这些物質的位置。把含有S³⁵或C¹⁴标记的氨基酸注入有机体中，然后固定作切片，在切片上涂上感光乳

胶，在黑暗中进行显影。具有放射性同位素的部位可以使乳胶感光变为黑色，此种方法也可用在测定其他物质，如核酸上。

测定去氧核糖核酸的最常用的是方法费尔根反应 (Feulgen, R)。此法与紫外线微量分光光度计结合还可以进行定量测定。

核糖核酸可以用乌纳 (Unna) 的方法，即用甲基绿与派洛红混合染料染色，去氧核糖核酸染成绿色，核糖核酸染成红色。

最近还出现了许多测定酶的细胞化学方法，例如高莫立 (Gomori G. 1941) 提出的碱性磷酸酶的测定法，脂肪酶测定法。

氧化酶的测定方法比较多。利用氯化三苯四氮 (TPTX) 可以测定琥珀酸去氢酶和黄嘌呤脱氢酶，利用放射自显影也可以进行酶的测定。

细胞组成部分的分离 最近在研究细胞组成的化学性质时，广泛采用将细胞的组成结构分离的方法，在分离以前先将细胞放在匀浆器中匀质化。把匀浆体放入超速离心机中重复的分层离心，在离心力的作用下，细胞内物质按密度分成几层。离中心最远的是细胞核，其次是粒线体，以下是微粒体，最后是清浆，将这些不同部分拿来各种不同生化分析。

细胞可在不同的介质中匀质化。

这个方法很方便，很快的可以获得大量的细胞的各种成分，也不需要微量分析。但是，这种方法不能使我们知道这些成分在细胞中的位置。粒线体与微粒体也分不纯，同时机械的作用下可能破坏细胞中的某些原有结构，（如有人认为微粒体就是人工造成的结构。）也可能使细胞内部产生深刻变化，如蛋白质变性，或使某些结构失去许多重要的组成物质，如酶等。因此对用此种方法所获得的结果要慎重考虑。

第一章 原生質的組成与結構

原生質是生命的基础，任何非細胞和細胞形态的生命都是由原生質組成的。原生質是有組織的生活物質系統，它具有各种各样的組成与結構，来調节在它内部进行的生命代謝过程，来影响其組成重要成分之一——酶系統的反应速度，方向，和外界环境条件的联系等。要了解生命現象的本質，必須首先研究原生質的組成与結構。

在进行研究生活物質的組成与結構时存在着一定的困难。例如，按照原生質的構造質量，灵敏度需要达到 $0.001-0.000001Y$ ($Y=0.001$ 毫克)。而近代的微量化學方法的灵敏度还不能超过 $0.01Y$ 。其次就是，这样的分析，会将生活物質原有的結構破坏。同时活的原生質的構成是經常处在變動中。因此，研究者只能根据这些死物質推測生活物質的本来面目。最近出現了許多新的技术与方法，比如各种活体研究的方法，給原生質的研究开辟了新的道路。

一、原生質的化学組成

組成原生質的化學原素，都可以在无機界中找到。同样地，几乎所有的化學原素，包括放射性原素在內，都可以在原生質中遇到。这証明，任何生物体都是非生物物質構成的。是外界环境条件構成的。

在生活物質占最多的有四种原素：C、H、O及N。

动植物材料的元素組成 (占干重的%)

表I1

	元 素				
	碳	氫	氮	氧	灰 分
肌肉	51.1	7.4	13.2	24.0	4.3
肝脏	52.3	7.4	10.1	25.5	4.5
小麦粒	46.1	5.8	2.3	43.4	2.4
馬鈴薯块莖	44.0	5.8	1.5	44.7	4.0

灰分可由各种元素組成，如玉米花粉和海胆的灰分具有下列成分 (%)

玉米花粉灰分中所含礦物質

P—18.92 Mg—4.6
S—0.69 K—35.48
Cl—0.80 Ha—0.69
SiO₂—3.76 Fe—0.25
Ca—1.02 Al—0.22

海胆灰分中所含礦物質

Ka—0.056 Cl—0.0053
K—0.063 SO₄—0.00004
Ca—0.094 PO₄—0.0873
Mg—0.364 HO₃—微量
Fe—0.0015

值得注意的是，原生質中阴离子比阳离子少得多。这种不平衡是由于阳离子与蛋白質或擬脂結合的关系。再就是原生質中含鉀与鈉比周圍环境中多得多。这与原生質的吸附特性有关。

此外，又在动植物体内先后发现含量在 10^{-3} — 10^{-5} 的微量元素，如硼、銅、鋅、鋁、錳和含量在 10^{-5} — 10^{-12} 的超微量元素，如銀，汞，鐳等。

二、原生質的化合物类型

原生質組成部分的分析比較困难，因为代謝过程随时在进行。这些物質的數量也无时不在變動，因此許多數字都是近似值。

动植物原生質一般含水約75—85%，蛋白質10—20%，擬脂类2—3%，碳水化合物1%和約1%的无機盐与其他物質。

动植物中化合物类型 (占干重的%) 表I2

	海 胆	玉 米 花 粉
蛋白	69.9	40.2
脂肪及类擬脂	22.1	22.1
碳水化合物	6.9	44.3
灰分	1.6	5.1
不溶性殘余物		8.2

由此表可看出，动物的蛋白含量比植物多，而碳水化合物的含量比植物少。这种差別不只是与原生質的組成有直接关系，还决定于營養物質的含量。

水是生命的介質，而原生質主要的結構与特性决定于蛋白質，擬脂在构成各种的膜中具有重要意义，碳水化合物一般組成貯藏的营养物質。

水与无机鹽 在不同的生物和生物的不同器官，組織中，水的含量是不同的。并且它还随着年齡變化。例如，各种植物种子含水量由8—14%，細菌含水74—88%。幼嫩的組織中含有更多的水。年老时持水的能力減退，随着生长，人的含水量由91.4%（四个月的胎兒）减少到65.9%（成长状态）。

水在原生質中存在的状态有两种：一种是保持流动状态存在的叫作自由水，可以参加物質代謝过程，作为溶劑。此种水容易丢失；另一种水被原生質膠体分子（蛋白，纖維）和金属离子所吸附的，例如与蛋白質以氫鍵方式結合，而构成原生質結構的成分。每个明胶分子的氨基可以結合2.6个分子的水。这种水失去了流动性，就叫作束縛水。它占原生質总含水量的4.5%左右。束縛水中又分为渗透束縛水——与一定的渗透压有关，与胶体束縛水。后者蒸汽压力很低，因而在 -40°C 左右才結冰，并且不能作为溶劑也不易丢失。这种水量的增加，可以增强細胞对于旱、高溫，低溫的抵抗力。植物的抗性与它的关系很大。干燥种子中所含的水分多为束縛水。

水的含量能影响到原生質的物理化學特性；而原生質的物理化學特性与它的代謝活动有密切的关系。例如：原生質水合作用降低，則粘性增加，渗透压力增大，代謝反应緩慢。水

在原生質中的作用可分下列几方面：它可以作为許多物質的溶劑，为原生質中的生化反应創造条件，它的粘度小，分子之間摩擦力小，有利于在生物体内轉移，运输，它的比热大，因此是調节体温的物質，最后水能形成膨压，給細胞一定的形态，和器官的运动也有一定关系，例如气孔的开关。

矿物質原生質中的矿物質以盐的形式存在，或与蛋白質，碳水化合物和擬脂結合，例如血紅素，細胞色素（細胞色素氧化酶輔基）即为鉄与蛋白的結合物；叶綠素为鎂与蛋白質的結合物。

金屬阳离子可以調节原生質胶体的稳定性；磷酸盐，碳酸盐在原生質中形成緩冲体系，調节原生質的PH值；无机盐可以調节液胞的濃度，造成一定的渗透压。还可能成为生理特殊物質（維生素，荷尔蒙）等构成成分。

碳水化合物 在碳水化合物中，碳，氢，氧原子的比例一般为1:2:1，其中氢与氧的比例与水相同。在原生質中有单糖，双糖，多糖。

单糖中主要有六碳糖及五碳糖，例如，葡萄糖，果糖就是六碳糖，而核糖，去氢核糖就是五碳糖，后二者是构成核酸的重要成分。单糖在原生質物質代謝中有重要意义。典型的双糖为蔗糖。常見的多糖有淀粉，糖元等，是原生質的内含物，形成儲藏物質，纖維素組成植物的細胞壁，果胶质形成細胞間質。也有些糖类与其他物質結合形成糖苷等。

脂类 不僅是原生質中的重要貯藏营养物質，也是原生質的組成成分。可以溶解于脂肪溶劑中，有單純脂肪与复杂脂肪。單純脂肪是由甘油与三个分子脂肪酸結合的三碳醇或酯。脂肪的特性决定于其中所含脂肪酸的性質及比例。植物油叶含大量不饱和的脂肪酸，在常溫下，多呈液体。高分子的脂肪酸与醇結合形成腊，例如蜂腊等。

复合脂肪（擬脂类） 磷脂在原生質結構中有重要意义。例如分布很广的磷脂 α -賴氨酸，除了甘油与两个分子的脂肪酸結合以外，还与一个分子的磷酸結合，后者又可以与另一种有机基团（胆碱）結合形成酯。

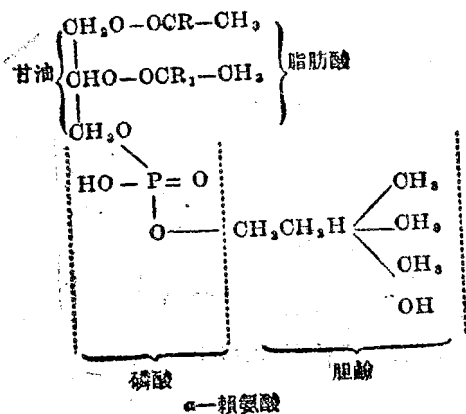


图1-1

这种磷脂用亲水根来吸附水，而用嫌水根吸附脂肪。它溶于水同时又溶于脂肪溶劑。上述的賴氨酸就是构成細胞膜的重要成分。它以自己的亲水根把外界的水环境与内部的水介質联系起来。同时又能放过溶于脂肪溶劑的物質。

此外，在脑苷脂中还含有碳水化合物。如胆固醇（ $C_{27}H_{46}O$ ）。雌雄性的荷尔蒙，維生素D等就属此类物質，它也参加組成細胞膜。

蛋白質 它是构成原生質最主要的成分。是决定原生質結構特性的，同时它也可以作为营养物質貯藏于細胞中。只有原生質的結構蛋白或与原生質其他部分相結合的蛋白質，才具

有生命現象，它們的分子量很大，自13000到几百万，許多蛋白質的性質就与大的分子量有关系。蛋白質是十分复杂的易于變化的含氮化合物，它含有碳（50—55%），氧（25—30%），氮（15—18%），氢（7%），硫（0.5—2.5%），磷与其他化合物，如血紅素和細胞

色素氧化酶中的鉄和叶綠素中的鎂等。

按化學組成分，蛋白質可以為簡單蛋白質，複合蛋白質和衍生蛋白質。簡單蛋白質中有魚精蛋白，組蛋白，清蛋白，球蛋白等，複合蛋白質中有：)與色素結合的色蛋白，象血紅素，叶綠素，以及呼吸酶（細胞色素氧化酶，黃素酶等）。

2)與碳水化合物按結合形成的醣蛋白，如與葡萄糖結合的粘蛋白，與半乳糖結合的類粘蛋白。

3)與核酸結合的核蛋白，它是核與某些細胞器的組成成分。

4)與脂肪結合，形成脂蛋白，例如血液中的纖維蛋白質。

複合蛋白質在原生質中具有重要作用。

衍生蛋白質中有：明膠，分解蛋白，膽，肽，氨基酸等。

蛋白質是由許多氨基酸分子結合形成的。構成蛋白質的氨基酸分子將近30種，例如由20個氨基酸，每個僅出現一次，所組成的化合物，它可能的同分異構體的數目就可以達到 23×10^{17} 。普通的蛋白質都有成百上千的氨基酸分子，那麼要的異構體就多得不想像，這就決定了蛋白質巨大的多樣性。使它不僅具有種的，而且具有個體的特異性。

蛋白質中的氨基酸相互以自己的羧基與另一個的氨基相結合，形成肽鍵或多肽鍵。

許多蛋白質的肽鍵以氫鍵，二硫鍵或鹽鍵形式相互結合形成蛋白質立體的網狀結構。

氨基酸使蛋白質成為兩性的物質，它即帶正電荷，又帶負電荷，根據環境的反應，它可能成為酸性的，鹼性或中性的。在等電點時，在電場中，蛋白質既不向陽極移動，也不向陰極移動。蛋白質等電點的PH值與分子中酸根鹼根的數量有關。酸根多的則使等電點的PH值移向酸性。反之移向鹼性。例如清蛋白等電點的PH值為4.7。麥蛋白的等電點在PH9.0。

蛋白質處於等電點時，是中性的，所有物理化學特性都不明顯。生物學特性也不活躍。如那時它的。

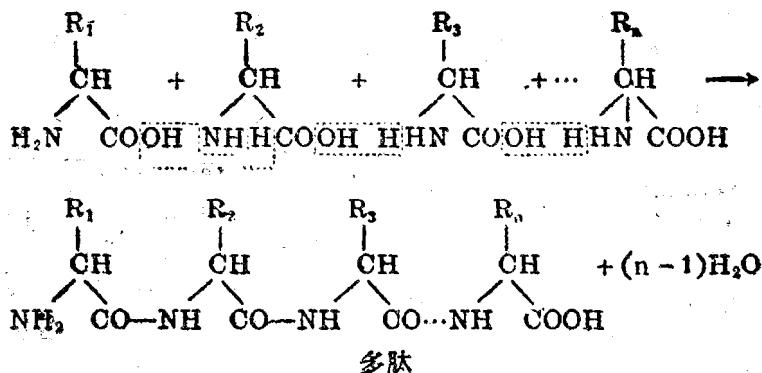
1.) 粘性最低，因為分子之間的吸引力弱，結合水也少。

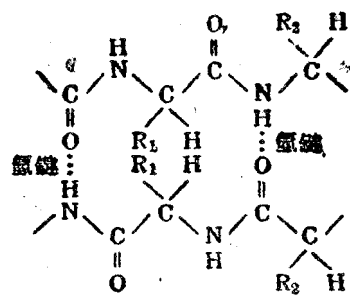
2.) 滲透壓也低，因為離子的數目少

3.) 吸脹不明顯，因為中性的蛋白質分子結合水少。

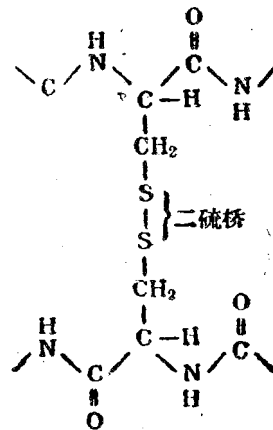
4.) 導電能力最弱

5.) 溶解度最低。與少量的鹽結合即沉淀。

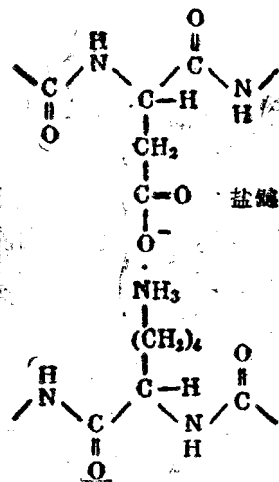




二多肽鏈以氢键方式相連接



二多以肽鏈W硫橋方式相連接



二多肽鏈以盐键方式相連接

图I-2

因此，活物質中的蛋白質一般总是处于与自己等电点不同的PH值中。

蛋白質有几种形态，一种是球蛋白，一种是纖維蛋白，还有一种是根据条件而改變形状的。如肌肉蛋白中的肌动朊，纖維蛋白中又有两种：1)角質—肌朊—纖維元蛋白和2)朊元蛋

白，第一种蛋白形成哺乳动物的表皮，或毛发，肌肉纖維等。可在热水和碱中拉长 形成 β 角蛋白，松开后可以逐渐恢复原形，（它使原生質具有伸縮性）。第二种蛋白 形成 筋，軟骨等部分分解后形成明胶。不能伸长。

纖維蛋白的結構，經X光分析証明，其中氨基酸可能是螺旋形排列，球蛋白中的肽鍵卷曲起来以氫鍵等形式結合，加热或用引起蛋白沉淀的因素都可以使这种結合松开。

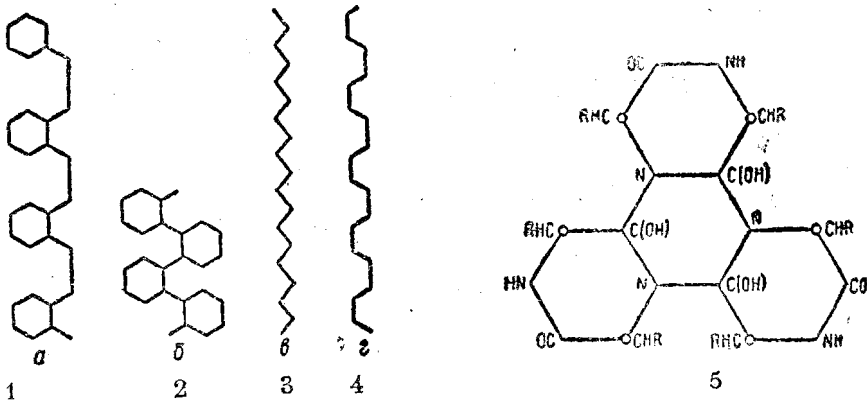


图2

1. α .角蛋白 2.起縮蛋白, 3. β 角蛋白 (拉长的 α 角蛋白)
4.胶元蛋白 5.球蛋白的环形結構

蛋白質的變性是在任何不引起蛋白質分解的因素（热，酸，麻醉剂，紫外綫照射，輻射尿素，重金属，機械作用等）所引起的蛋白質分子結構的改變，同时它的物理，化學和生物學特性也随着发生改變，例如，變性的蛋白質与水結合的能力减弱而變得不易溶解，變性的酶失去催化的性質等。有时蛋白質的變性不一定表现为凝固，将清蛋白加热到 60° 在离等电点很远和没有盐存在的情况下，它仍然是溶液状态。假若使溶液具有清蛋白的等电点的PH值，則它就产生凝絮現象。若溶液恢复原来的PH值，它就又溶解，但是假若把凝絮体加热，那么就是再恢复到原来的PH值，也不能使它再溶解，就怪为不可逆的凝絮現象了。原始状态的蛋白質分子鏈是卷曲的，疏水基团在里面，而亲水基团吸附許多水分子。当變性时，蛋白質分子鏈伸展开来，疏水基团将水分子推开。因此水与蛋白質的总量增加，溶液的稳定性降低。蛋白質容易凝聚。有人認為是硫氫基丧失，还有人認為是大分子分解为小分子等。这些原因都能使蛋白質分子肽鍵間的联系减弱。

根据超速离心或沸点上升和冰点下降的方法测得，蛋白質的分子量是很大的，例如，血球蛋白是8100等。象植物球蛋白的分子半徑是 $39 \text{ \AA}$ ，而肌蛋白分子长度为 $6.000 \text{ \AA}$ (0.6 微米)。即已达到微觀体積。微粒的巨大体積使得蛋白質的溶液，甚至在分子破碎时也具有胶体性。

原生質中另一重要成分，核酸，將在細胞核一章中講到。

酶 原生質中的一种生物催化劑。可以催化生物体内的物質轉化与合成，如将淀粉分解为糖，蛋白質轉變為氨基酸，将糖氧化成 H_2O 与 CO_2 并釋放出能量来。这些反应在酶的催化下比在生物体外进行要快几百倍，而且还可以在常温下进行。

每一种酶都有其特殊性，就是說，它只能作用于某一种或某一組物質，酶还能区分光學