

植物解剖学

H. 摩利許 K. 赫福勒著

罗迪安译

科学出版社

目 录

I. 細胞	(5)
1. 緒言	(5)
細胞的組成 細胞的形狀 細胞的大小 最小的細胞和病毒 多核細胞	
2. 原生質	(10)
形态学上的 凝集現象 粘滯性 化学成分和結構 原生質的 流动 透性和質壁分离 原生質膜	
3. 細胞核	(19)
形狀 大小 数目 構造 发生 有絲分裂 減数分裂 染色 体 化学作用 靜止核的功能	
4. 質体(載色体)	(28)
叶綠体 有色体 白色体 綫粒体 造油体和油体 淀粉粒	
5. 无生命的細胞內含物	(37)
蛋白質(朊) 結晶体 蛋白質結晶体 病毒体 草酸鈣 脂肪 揮发油和树脂	
6. 細胞液	(42)
酸 碳水化合物 菊糖 花青素甙 黃色素 鞣酸类物 Phlo- phenic Inklusen 配糖苷	
7. 細胞壁	(46)
細胞壁加厚 構造 細微結構 胞間連絲 細胞壁的生长 化学成分 大分子構造 木質化 木栓化 粘液化 无机化合物	
8. 細胞的发生(形成)	(62)
細胞分裂 芽生 細胞的自由形成 多細胞形成 接合 細胞 更新	
II. 組織	(65)
分生組織 永久組織 发育解剖	
表皮組織	(68)
表皮層 毛刺(突出体) 气孔 水孔 蜜腺 周皮 皮孔 膨脹(組織膨大)	

2. 基本組織.....	(85)
分布 构造 分泌和排泄器 細胞間隙	
3. 維管組織.....	(93)
分类 构造 无維木質部和无維韌皮部	
4. 机械組織系統.....	(100)
特殊的机械細胞 弹性和堅固性 构造原理 生理学的組織系統	
III. 器官.....	(107)
形态学 同源器官和同功器官 退化器官 对称	
1. 叶状体.....	(110)
藻类 菌类 地衣类 苔类	
2. 根.....	(118)
假根 眞根	
3. 叶.....	(128)
苔蘚植物 蕨类植物 針叶树 被子植物 (单子叶植物和双子叶植物)	
4. 莖.....	(137)
苔蘚植物 蕨类植物 单子叶植物的莖 双子叶植物的莖 次生加厚生长	
木材	
心材与边材 次生木質部的細胞分子 射线 年輪 年輪的年代学 侵填体 針叶树木材和闊叶树木材	
树皮	
異常莖的构造	
IV. 植物解剖学的目标.....	(156)
系統解剖学	
应用解剖学	
灰分形象	
古組織学	
原生質的植物解剖学	
参考文献.....	(164)

第一版序

我的學生們屢次請求我寫一本簡短的“植物解剖學”，它要包含這門科學的各個方面，並且可以作為繼續研究的基礎。我接受了這一要求，現在寫成了這本小書。我希望除我的學生以外，還有許多人的願望也可以得到滿足；因為和植物學的其他部門分离開來，而單獨出版的簡要的“植物解剖學”入門，在目前書籍市場上還是不多。

本書限于篇幅，當然未能將有關的文獻詳盡地介紹；但在書後也提供了一些對於初學植物解剖學的人們有志深造時適用的專門文獻。為了幫助理解，書中插入了 126 幅圖，其中大部分是我的繪圖員 Josef Kissner 先生精心繪制的；其它部分中有些是我自制的，有些是由別人的書中摘出的。

我對 Josef Kissner 先生的勞績，深致謝忱。同時我也衷心感謝我的出版人，雖然他要在空前無例的世界大戰所造成的悲慘的情況下，仍不怕精神上 and 物質上的困難，使我的入門小書裝飾得十分精美。

Hans Molisch 維也納，1920 年 2 月

第四版序

我在編寫本書第四版時，着重忠實地執行“簡短”的基本原則，盡量使原稿規模不致比前版擴大，而內容則力求明確，重點突出。內容經過了精心地審閱，在許多處都有了改善和補充。例如在超顯微鏡生物體、粘性、活體染色、質壁分離、染色體、蛋白質結晶體、木質的意義及原生質的植物解剖學等命題的處理就是這樣。

插圖的數目增加了五幅。

我希望和過去一樣，這本書也在國外能得到特別的估價——我覺得有責任向 Karl Höfler 教授及 E. Rouschal 博士致衷心的感謝，他們幫助我做了校對的工作；我又感謝我的出版人 Gustav Fischer 博士，他把這新版書也裝飾得很好，並且經常地遷就了我的願望。

Hans Molisch 維也納，1936 年 2 月

第五版序

我重新編写这本书时,曾設法尽可能保持摩利許 (Molisch) 式的植物解剖学的内容和结构,因为这是他的被很多人所佩服的敘述艺术的纪念碑。在近十年来由于科学的发展,有修正必要的几章里,有了比較大的更改:例如在原生質、細胞核、木質部等节,就是如此。凡实际上需要扩充的地方,都用文字上的压缩或比較小的字体来抵銷,使本书的篇幅保持原来的式样。

关于若干新添的插图的繪制,我應該多謝我的助教 H. Schindler 博士。对于我的出版人,我也要致以誠摯的謝意,他在困难的时代当中,照顧了这本书的重新出版,并保持了本书裝飾的質量。

願此書可成为青年一代的生物学家的一个可爱的向导。

Karl Höfler 維也納, 1945 年 3 月

第六版序

植物学各部門中,人們对于植物解剖学的科学兴趣,曾經在一个时期中減退:而这种兴趣最近又活跃地浓厚起来了。我們在一般植物学的新教科書中,見到了一些关于植物解剖的优异的敘述:并且在外国也有了許多单独討論植物解剖学的入門著作。

摩利許 (Molisch) 方向的特征,在于在同一方式下,一方面敘述細胞和組織的原理,而一方面又注意到生态学的及化学的研究。至于摩利許的植物显微化学对于加深植物解剖学的知識的意义,那已是一般人所熟悉的了。現在似乎在这本书中,也應該納入較多的植物化学的因素进去。

这次重新編写这本书时,在其他的地方也有作許多补充的必要。这次新版比过去增加了 20 頁。新添了 19 个图,是講師 H. Schindler 手繪的。我对他和 M. Luhan 夫人的参与我的工作,表示衷心的謝意。同时我衷心感謝 H. Kinzel 博士在校对上对我的帮助。还有就是国营 Gustav Fischer 出版社对本书出版的各种优待及本书裝飾的美观,我同样感到有感謝的責任。

Karl Höfler 維也納, 1953 年 6 月

引言：植物的生活，只有通过它的构造才能理解。构造和机能按规则来说是统一的，在顯微鏡下看到的單細胞植物如此，塔样高大的巨杉也是如此。

I. 細胞

1. 緒 言

1667 年英国博物学家 Robert Hooke¹⁾ 借助顯微鏡，在一块軟木塞薄片上，出乎意外地看見它的构造并不是象純粹的水或純粹的玻璃那样均匀，而是与蜂窝相似(图1)。他分这似蜂窝的构造为空腔及隔离空腔的壁，并看見軟木塞是由多数小室构成的，他称这种小室为細胞。这个名字一直到现在还应用着。

几年以后二位植物解剖学的創始人 Malpighi²⁾ 和 Grew³⁾ 差不多同时发表了他們的关于植物构造在顯微鏡下的观察。但直到 Mohl⁴⁾ 和 Schleiden⁵⁾ 才指出，一切植物

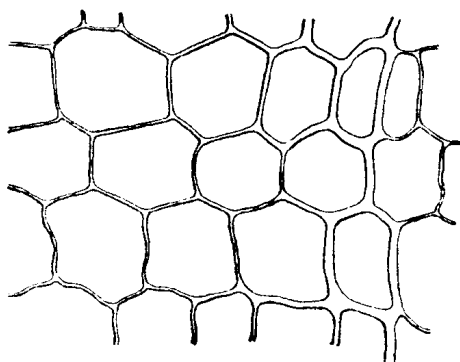


图1 瓶塞木栓，横切面 $\times 285$ (原著图)

如果它們不是单細胞的話，都完全是由細胞集合成的。細胞是植物

- 1) Hooke, R., *Mikrographia or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses*. London. Royal Soc. 1667.
- 2) Malpighi, M., *Anatome plantarum*. London 1675 und 1679. Bearbeitet von Möbius, *Die Anatomie der Pflanzen*. I. und II. Teil. In: *Ostwalds Klassiker d. exakt. Wissenschaften*. Nr. 120. Leipzig 1901.
- 3) Grew, N., *The anatomy of plants*. 1682.
- 4) Mohl, H. von, 1831—1845, vgl.: *Vermischte Schriften*, 1845.
- 5) Schleiden, M. J., *Beiträge zur Phytogenesiz*. Müllers Archiv 1838. S. 137—176.

构造的基本单位。

要証明植物由細胞构成并不困难,因为将植物的器官:如根、茎、叶及其它,分解就可得到細胞。一个活的馬鈴薯块茎表现出非常坚固的构造,然而,将它煮透后就可以容易用手指压碎,或将其一块放在試管中用水搖震,就能解离为分散的、肉眼能看見的白色小顆粒,这便是肉眼可以看到的細胞(图2)。如用有效的方法,也可以将一

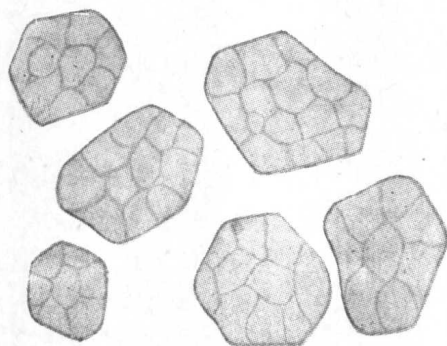


图2 馬鈴薯块茎中分离出来的細胞。
×115 (原著图)

块木材或树皮的細胞,容易分离出来。一块薄的松树或櫟树的木片在Schultz氏混合液(氯酸鉀和硝酸)中加热,就容易使細胞分离。树皮用浓热的氢氧化鉀也可以得到同样的結果。人們也用大量的木材細胞的分离,利用其中的木纖維素来做紙浆。后者是用粗碎的木材,特别是

松木,用氢氧化鈉或一种酸的溶液——硫酸鈣在高压下得到的。这些所引用的人工作成的例子,有时在自然界中也会自己出現的,我們称这种自然出現的为自然离析作用。秋天落叶也是基于这种原因,即是在叶柄基部的細胞,在离层地方,使銜接处分开脫落。它对花及其他各部分的脫落,以及落果、果实的开裂及树皮的脫离等等,也具有重要性。香蕉、女真、雪果等漿果的果肉細胞,当其未成熟时是彼此紧密連接的。到它們成熟以后,細胞就疏开了,果肉也就变为柔軟,用輕压就可以將細胞分离(图3)。山楂子和薔薇的果实,秋天受了若干寒冷后也是如此。

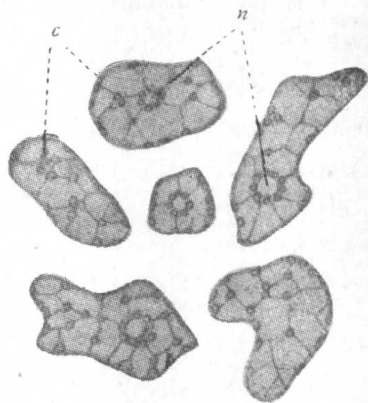


图3 *Ligustrum vulgare* 果肉中分离出来的細胞。
n 細胞核, c 叶綠素粒。×180(原著图)

反过来,人們也可以不用通过分离已成长的植物細胞,而可由卵細胞和孢子經過不断的分裂,发展成为植物,來說明植物細胞的构造。一棵树的无数細胞,归根到底是由一受精卵細胞发展而来的。

由許多細胞結合起来成为一个統一的整体,便形成組織。我們暫且区分組織为三种:表皮組織、維管組織和基本組織。表皮組織是造成植物体的外表皮,維管組織是联合成管束的組織,基本組織是在前两者之間,故也称这种組織为填充物質。

表皮組織容易成条状的象无色的皮一样撕下来,例如风信子(*Hyacinthus*)的叶或煮过的馬鈴薯的皮壳。用一片椴树或櫟树的叶子,在光綫透照下观察,可以看到特殊的脉管,这便称为叶脉,它是由維管組織組成的。叶子中軟的、綠色的組織,果实中有汁液的果肉,和糖蘿卜都是由基本組織集合而成的。

細胞的組成 Hooke 用显微镜在軟木塞上看到的,实际上是失去了生命的細胞,只是細胞的尸体。因为普通的細胞中是沒有空隙,而是充滿了液汁。一个生活的植物細胞,由1.原生質,2.大多数具有的細胞壁,3.細胞核和4.細胞液等組成(图4)。

細胞膜或細胞壁构成了細胞的坚固的表面。植物細胞与动物細胞通常不同的,是植物細胞都具有細胞壁。但也有例外而沒有細胞壁的。藻类的游泳孢子,粘菌的变形孢子,藻类、苔蘚植物和蕨类植物的雄性生殖細胞,以及高等植物的卵細胞等,都是裸体細胞(图5)。

原生質 生活的細胞都是有原生質的。原生質是細胞中真正的

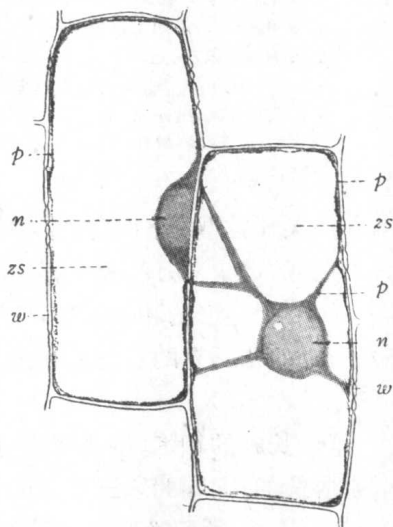


图4 洋葱(*Allium cepa*)鱗茎上表皮的两个細胞。*w* 細胞壁,*p* 細胞質,*n* 細胞核,*zs* 細胞液。
×150(原著图)

生活体,象粘液質一样,几乎充滿在整个年幼的細胞内,以后有很多小管状体与細胞內壁密切的联系着。

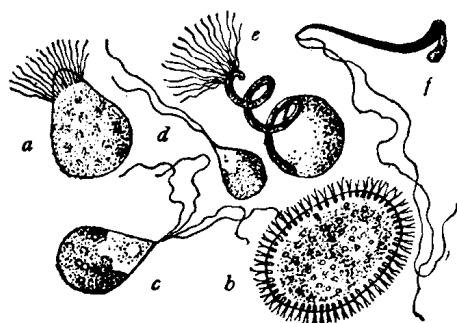


图 5 裸出的細胞。a 鞘藻(*Oedogonium*)的游泳孢子, b 无柄无隔藻(*Vaucheria sessilis*)的游泳孢子, c 环絲藻(*Ulothrix zonata*)的游泳孢子, d 这些藻类的生殖細胞, e *Dryopteris*(蕨类)的游动精子, f 地錢(*Marchantia polymorpha*)的游动精子。(原著图)

細胞核也是生活的物体,多数类似圓球形状,位于原生質之中。大多数的細胞都有細胞核。

細胞液在极年幼的細胞中是没有的。当細胞繼續发育后,就在原生質中出現了液泡。到最后由許多小液泡汇合成唯一的一个大液泡,为原生質包围着。液泡的膜称为液泡膜;这膜使細胞液与細胞質分开。

另外,在許多細胞中,还出現各种的內含物(Einschlüsse)。

关于这些,下面还会談到。

細胞的形状象万花筒一样,有各种各样的形式:有圓的、多角形的、扁平的、星形的和纖維形及其它过渡形状等等,正如 Goethes (歌德)所說的“所有的形态是相似的,但沒有一个是和其他一个相等同的”。

至于长成的細胞,按其形态可以区分为二个主要的类型:薄壁細胞,是薄壁的,向空間以三个方向构成,是或多或少的各各相似的細胞;銳端細胞,是纖維形的,厚壁或薄壁的細胞。如細胞壁向各方面都大量的变厚,則称为厚壁細胞。

判断細胞的形状,往往并不容易。因为,例如在研究圓筒形的树干时,有三个解剖学上的主要切面:即一个与縱軸垂直的橫切面和两个縱切面:其一是經過中点的,为径向切面,另一为切向切面,即是与树干橫切面的切綫平行的。

細胞的大小 細胞一般都是很小的,必須借助于显微鏡,才能观

察到。它的大小也有很大的差異。最小的細胞到現在所知道的是屬於細菌，這些最小的生物有機體，只有在顯微鏡的範圍內才能看到。它在自然界、在醫藥衛生上、甚至家政上，都有很大的意義。許多細菌的大小只有1—2微米(μ)。已知最小的微球菌(*Micrococcus*)約小於0.15微米。多數薄壁細胞的直徑約在10—100微米左右或更大一點。好多單細胞藻類的大小達到0.5—1毫米；例如在泥炭水中生活的美麗的微星鼓藻(*Micrasterias*)。鳳仙花莖中的薄壁細胞更大，將它切成薄片以後，用肉眼就能看到它的細胞。此外尚有更大的細胞，如棉花的纖維有1—5厘米，亞麻的纖維有0.2—4厘米，大麻的纖維長達0.1—5厘米，但它們的橫切面則仍是很小的。最長的細胞是大戟屬(*Euphorbia*)的乳汁管細胞，這屬中象樹枝狀的乳汁管細胞，有長達好幾米的。

值得注意的是植物體彼此間的大小，有很大的差別，但它們內部的細胞的大小，則相差很少，一般都是很微小的。紅杉(*Sequoia*)或桉樹(*Eucalyptus*)其高度可達到100米或更高，但是組成它們的細胞的大小和雪花(*Schneeglöckchen*)或堇菜屬(*Viola*)的，几乎是相差無幾的。

為什麼在自然界中一般細胞都是小的呢？因為由此便可相對的使之有較大的表面，這樣就能够大大的促進植物的新陳代謝作用，分工及固着；並且使細胞對於旱及冰凍能够有更好的保護。

常常提出這樣的問題；就是是否還有比現在已知道的細胞或有機體更小的生物。人們已認為超顯微鏡的生物是引起植物或動物病的病毒。如烟草花葉病，馬鈴薯退化病，蹄爪病和口蹄病及鸚鵡病等的病毒。病毒類中有能使細菌致死的稱為噬菌體。在有病毒的植物中壓榨出來的液汁，是包含有“毒”體，雖經過細微的過濾，但仍有很小的細胞存留着。它能通過濾器，能在寄主植物的原生質中無限制的繁殖，並且能由這一植物傳播到另一植物。烟草花葉病病毒分子的大小，用各種已知口徑的超過濾器來測定；它大概是30—35毫微米($m\mu$)或 $1/30$ 微米。其它病毒的大小是在0.01微米與最小的細菌之間。病毒不能算為細菌。它在 90°C 的高溫中，以及二氯化汞

溶液的处理下,仍不失其传染力,仍能杀死每一个細胞。現在我們知道,病毒是巨大分子的蛋白質合成(其克分子量可达2—4千万),可以使它形成結晶。同时亦能够在电子显微鏡下看到它。

多核細胞在藻类和藻菌类的較大的植物体中,有非常值得注意的事实,即似乎它們沒有細胞的构造。藻类中的蕨藻屬(*Caulerpa*)有由根状的、茎状的和叶状的器官,形成近一尺长的植物体(图113),并且在原生質中充滿着許多核,但是其中并不能区别出有一个个的細胞来。其它屬於管藻目(Siphonaceae)的藻类(羽藻 *Bryopsis*, 无隔藻 *Vaucheria*)和称为藻菌綱(Phycomycetes)(例如毛霉 *Mucor*)的,都是由一个长的、常分枝而无分隔的囊状結構所組成。所有这些場合下都是巨大細胞,在它相联接着的原生質中不仅只有一个細胞核,而是有許多的細胞核。这种多核的細胞称为“多核細胞”,而Sachs氏称之为“多能細胞”(Polyenergide Zellen)。刚毛藻屬(*Cladophora*)有不分枝或分枝的絲状体,这些絲状体是由許多这样特别的多核細胞所組成。

2. 原生質

原生質是构成生活細胞的物質。它是一种最特殊的构造,所有屬於生命的現象:如营养、呼吸、生长和刺激反应等等都是由原生質所产生,而又在原生質中进行。

原生質含有各种活的原生質的内含物。其中有核和各种載色体。除这些内含物外,就是狹义的原生質,亦称为細胞質。

原生質用肉眼不易見到。在生活的細胞中,它为透明的、无色的、液粘液状的物質,比水有較強的折光性,并且明显地与水不相混合。細胞質的基本物質,通常都象玻璃一样发亮,在超显微鏡下观察,在光学上几乎是空的。而实际上在其中有許多微小的顆粒——結晶粒或小滴,称为微粒体(Mikrosomen),这些微粒体并不屬於有生命的基本物質。往往有一薄的、外面的、与細胞壁相交界的层沒有顆粒(透明質 Hyaloplasma),而在內部的原生質有許多微粒体混合着(网粒层 Polioloplasma)。細胞質常具有一特殊的膜层,来与液泡隔开。如

上所述, 这层叫做液泡膜。除此种肉質膜外, 常常在外边部分, 另外有更大分化的外表层, 称为“質膜” (Plasmalemma)。

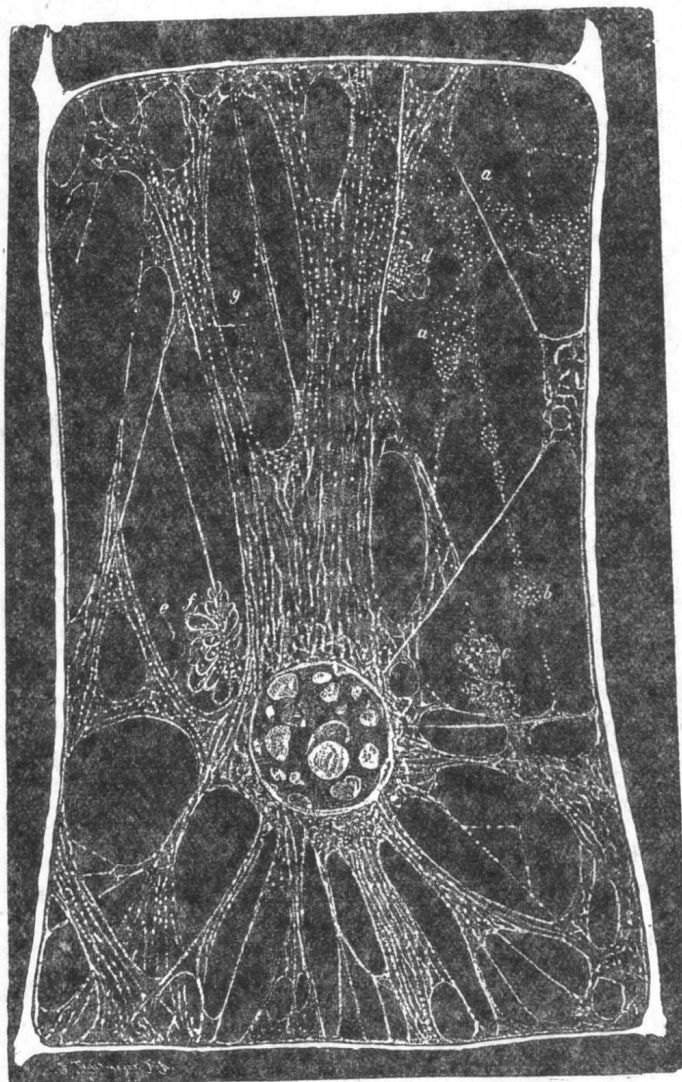


图6 西葫芦 (*Cucurbita pepo*) 毛細胞的細胞質。白色边是細胞壁; 粘着膜的原生質管(絲)非常細; 由細胞核向上有巨大的細胞質索 (Cytoplasmstrang), 向下有許多纖細的索連到膜。*a* 和 *b* 是蜜样的原生質小滴, *c*、*d*、*e* 及 *f* 是蜂窝样物質, 其他为帆样的薄层。(自M. Heidenhain)

成長的細胞的原生質，通常四周都是與細胞壁相交接，並且形成有或多或少的細管，包圍着細胞液（圖 4、7）。有時原生質可以被液泡所隔開，分開成為很多象帆上的繩索一樣散系着，此由圖 6 中可清楚的介紹出來。

有時在原生質中，也可發現有大的蜂窩狀的結構，例如藻類中的剛毛藻屬。蘭科的血葉蘭屬（*Haemaria*）中被原生質膜包圍的液腔內的鑲嵌物，在針晶束細胞（*Raphidenzellen*）（參閱 39 和 40 頁）內可看到（圖 8）。

凝集現象 生活的原生質通常都是液體狀的。如取一滴原生質滴放在水中，就會象油滴一樣呈球狀。各種不同的細胞的原生質的粘滯性都大不相同。同一種類的細胞的粘滯性也沒有一定的大小，而是按着細胞外界和內部的條件而改變（F. Weber）。粘滯性愈低，則分散在原生質中的微粒體的微粒運動（布朗分子運動）愈活潑。Pekarek 氏測量了這種運動，因而計算出粘滯性。他指出：例如在輪藻（*Chara*）的幼根毛上，它的粘滯性，在同樣的溫度下比水約大 5—6 倍。這裡所說的是指低粘滯性的原生質。中等粘滯性的原生質，其粘度大約比水大 20—40 倍，在休眠狀態時的原生質，可以成為固體狀的凝膠。

化學成分及結構 在從前以為原生質是一種蛋白質的溶液。現在已知道它不僅是由蛋白質組成，而是由很多的化學物質形成了很複雜的系統。粘菌的原質團（*Plasmodien*），系由裸出的原生質所形成（具有細胞核）；Reinke 氏分析了粘菌中 *Fuligo varians* 的化學成分，除了水和礦物質（石灰質）以外，還有下面的化合物：

含磷蛋白體（質體和小核）	40 %
不含磷蛋白體	15 %
氨基酸	1.5 %
脂肪	12 %
卵磷脂（蛋黃素）	0.3 %
膽固醇酯	2 %
碳水化合物	12 %
樹脂	1.5 %

无机盐和有机酸..... 7 %

其它物質..... 8.7 %

原生質中的有机物質,以蛋白質和类脂——类脂肪物質(胆固醇酯、卵磷脂、脂肪)等为主要成分。但經過后来的分析它还含有許多的其他物質。

但我們必須注意,將所有的化学成分,用人工很准确的混合起来,还不能产生有生命的老生質。因为和混合物的性質一样,重要的是它的排列方式,即原生質的結構。但是,关于这一点,我們所知道的还是很少。

固定和染色后的原生質,它会象其它已凝固的胶状液体一样,在显微镜下可看到成为一种网架状或蜂窝状的结构,或者显出一种纖維(纖維素)状。但是,它們是一种人造的产物,不能当作活的老生質和原生質的組織。認為在原生質中还有更小的、能自行分裂而增殖的、最后的生命单位(“Bioplasten, Plasomen”)的存在假說,也是站不住脚的。因为在有生命物体中,这样应有間隙的基質小粒(Elementarteilchen),必須具有任何不連續的性質,而实际上是完全找不到这类的跡象。原生質也不能与“多相胶态系統”相比較;在这系統中,水是一种“連結相”,而类脂化合物或蛋白質是一种分散相(瀰散質)——今天比較可能的假說是,在細胞質中有超显微镜的絲狀的分子存在,这样的分子表现为原生質内部构造的連續性(Seifriz 及 Frey-Wyssling 連續性原理)——自然,这与另外一个認為

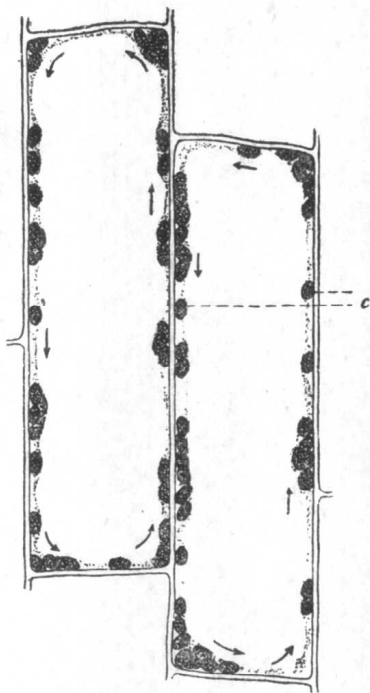


图7 原生質的流动。苦草(*Vallisneria spiralis*)叶細胞內原生質的轉动。
c 叶緣粒。箭头示流动方向。(原著图)

原生質由一个超显微鏡的蛋白質网架所形成，这种蛋白質架中的絲状分子，通过附着点結成空間上的网的假說是相符合的；但这个想法，似乎很难和我們認為活原生質的流动性的凝集現象相結合起来；

因为这些知識是以微粒的移动性为前提的。

为了了解在許多事实中，原生質是不能与水相混合这一点，最好把活原生質的基質(对外界所起的反应)，当作比較稳定的蛋白質——类脂化合物——結合体来考虑(Drawert)。原生質在活体染色中的表現也是如此，对于这一点，这里不詳說了。蛋白質与类脂化合物的化学的結合，只有在原生質死亡时才会分解。

原生質流动 生活的原生質时常表現出活跃的运动。变形虫是裸出的細胞，能繼續不断的改变它的形状。它的身体由一部分突出伸长，而在另一部分則再收縮，就这样繼續慢慢地运动。硅

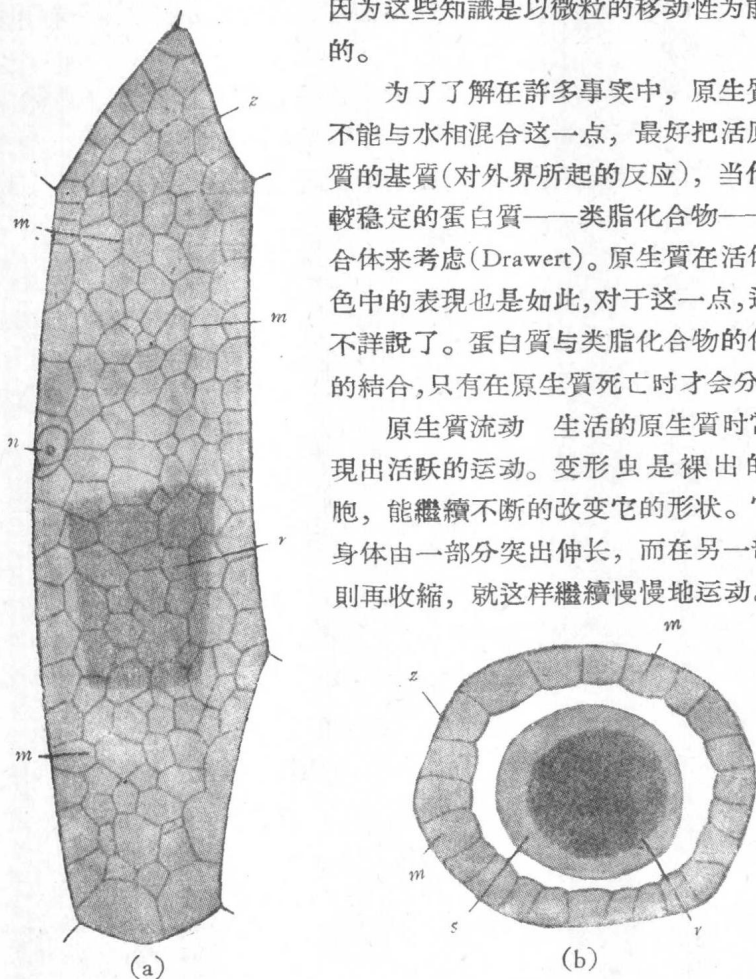


图 8a. 血叶兰 (*Haemaria discolor*) 生活时針晶束細胞的纵切。 *z* 細胞壁，*m* 原生質鑲嵌物，*n* 細胞核，*r* 为被粘液包着的針晶束。(原著图)

b. 上一种細胞的横切面，用碘-碘化鉀固定。原生質絲(管) *m* 与細胞壁 *z* 紧密的联接，它由环状排列的小室 *m* 組成。当中有粘液 *s* 包围着的針晶束 *r*。(原著图)

藻是由原生質經過細胞的孔穴流出與固着物的相摩擦，而引起了細胞的滑動。

但是在靠近細胞壁內部的原生質，也常常可以清楚的看到它的運動。這些運動或者沿着細胞壁旋轉(圖7)，或者系由細胞壁經原生質絲向着中心部流動，然後再由內部向細胞壁流轉(圖6)。這時原生質的最外部分，仍舊保持着靜止的狀態。

在原生質運動中還攜帶有各種的物體，例如微粒體和葉綠粒，這種葉綠粒是使植物表現綠色。顯然的，這些是被原生質帶着流動的。特別有一些水生植物，適合於做原生質流動的實驗：如眾所周知可在水族箱中生长的苦草(*Vallisneria spiralis*)，*Elodea canadensis*，及藻類中的降藻(*Nitella*)，紫鴨跖草屬(*Tradescantia*)花絲的毛和南瓜的毛細胞，都可見到原生質的流動。如小心將 *Elodea* 的葉子從莖上切下來，放上一滴水，當時並不就發生流動，過幾分鐘以後，原生質就漸漸開始運動，最初的運動是在中脈附近出現，而到最後，有時幾乎在所有的細胞中都可見到。在降藻的細胞中，原生質是具有很大的旋轉流動，而且在原生質流動的同時，還帶着許多細胞核及其它的內含物體，而在原生質外層的葉綠粒，則靜止地固着在原生質層上。降藻及其他許多植物在未受傷的情況下，也可以看到這種運動。所以並不需要一種特別的伤害刺激，才有這種現象。

原生質在細胞里流動的速度是很不一樣的；普通在室溫下，大概是每分鐘為0—3毫米或每秒為0—50微米。顯微鏡下觀察流動着的外生質時，必須注意到它的運動，並不象它在鏡下所表現的那樣快。因為它的實在速度，可因為顯微鏡的放大倍數而增加。通常原生質的運動，是很快流動的話，也不會快於袋表中秒針走動的速度。富有水分的外生質，在任何時候都不會完全靜止的，一般的是具有微弱的循環流動。最快的流動，可以在粘菌的外生質團中看到；它的流動速度：例如在 *Didymium serpula* 中，是每分鐘10毫米，但這裡所討論的可能是一種被動的抽水過程，自然不能與主動的外生質流動相提並論。

這裡再特別說明幾種原生質流動的速度。

植 物	器 官	速度(毫米/秒)	观 察 人
<i>Didymium nigripes</i>	原生質团	1.25	Vouk, 1912
<i>D. Serpula</i>	原生質团	0.16	Hofmeister, 1867
<i>Physarum</i>	原生質团	0.09	Hofmeister, 1867
<i>Mucor stolonifer</i>	菌 絲	0.055	Arthur, 1897
<i>Nitella</i> sp.	細 胞	0.0503	Ewart, 1903
<i>Vallisneria spiralis</i>	叶 細 胞	0.026—0.012	Mohl, 1846 Ewart, 1903
<i>Elodea canadensis</i>	叶 細 胞	0.0154	Ewart, 1903
<i>Tradescantia virginica</i>	花絲的毛	0.0138—0.0108	Hofmeister, 1867
<i>Potamogeton crispus</i>	叶 細 胞	0.0015	Hofmeister, 1867

毫无疑问,经过原生质的运动,细胞内部的物质被搅和,新陈代谢及物质的流动,会被显著的促进。

低等生物中整个细胞的运动,多半可能是由原生质组成的丝状体所引起。此种丝状体称为鞭毛和纤毛。例如藻类中的游泳孢子,苔藓和蕨类中的游动精子(图5)。鞭毛类、粘菌和细菌中都可发现这种鞭毛和纤毛。鞭毛的直径较大,但数目较少;而纤毛则较小,但数目较多。眼虫(*Euglena*)只有一条鞭毛,其它鞭毛类及藻类的游泳孢子有两条鞭毛。丝藻属(*Ulothrix*)的游泳孢子有四条鞭毛。

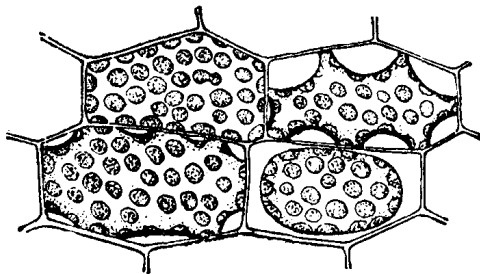


图9 藓的叶细胞,示质粒分离进行阶段。×350
(原著图)

蕨类、苏铁属(*Cycas*)、银杏属(*Ginkgo*)的游动精子都有无数的纤毛。许多能动的细菌也有很多的纤毛。

透过性 原生质在生活的时候,它是不能被一定的溶解物质所透过。那些在花里显出红的或蓝的

花青素(Anthokyan),也在细胞液中成溶解的状态,它就不能渗入或者透过原生质。与此相似的,如自然存在细胞液中的糖和一些盐类,也有这种现象。对于这些糖或盐类是不能或者仅能很少量的透