

目 录

緒論.....	1
第一章 植物的生长和它的复杂性.....	1
第一編 物质的增长.....	27
第二章 从空气和光中积聚原料和能量.....	27
第三章 漫談水分平衡.....	42
第四章 化学机制——呼吸作用和光合作用.....	65
第五章 合成的机制.....	98
第二編 植物体各部分的生长.....	113
第六章 細胞和組織的生长和分化.....	113
第三編 整体的机体形成.....	131
第七章 发展过程間的一些相互关系.....	131
第八章 物质的运输.....	144
第九章 根、叶和花的生长及形成的相关性	155
第四編 植物和环境.....	171
第十章 对环境的調节.....	171
第十一章 气候和生长量.....	185
第十二章 植物生长的节律.....	196
結語.....	215
第十三章 植物生理学者的展望.....	215

緒 論

第一章 植物的生长和它的复杂性

植物要生长和繁殖，但是和动物不同，它們既沒有明显的寻找食物和吞食食物的情况，也沒有生动的配偶行为。在 2000 年以前就有人以这样的結語來說明植物，现在它仍可被认为是对植物一般特性的一个通俗的說明。生长虽沒有明显地伴随着吞进食物，但生长常是一个植物最显著的活动。我們有意无意之間，当要証明某种东西是不是植物时，便以此为根据。因为生长在一小段時間內常不易察觉，可是頗为明显，而这些例証又是大家所熟知的。关于这个或者植物的生长对我們有多种多样的关系是毋需多說的，如当作物繁茂时，关系到我們的粮食和福利；当一片草地需一再刈割时，关系到我們的劳力；而当一个人期待着从一粒看上去是死的种子变为一株茂盛的作物的时候，就会感到奥妙。

了解植物保持生长和生活的过程，是植物生理学这门科学的目的。我們將可看到，在植物体内进行着很多的生理过程，它們在这一方面或那一方面都和生长有关系，但这些过程沒有一个可以单列出来，作为植物生长中最重要的或据此来解释生长。事实上，虽說大多数人会觉得对“生长”这一个詞的意义，可以了解得很明确，可是以严格的科学性言之，就沒有明确的含义。这个直接困难使本书写作时，不能有一个明确的出发点。但由于平常总将生长看作为体积的增加，因此我們就从这个观点来考虑生长吧。

在植物生理学上，和在任何别的科学上一样，測定和数据的明确性是首要的。在适当的間隔時間內，简单地測定高度，很可以弄明白植物体积增长的途径。以这种方法，从白羽扇豆 (*Lupinus albus*) 苗的測定中得到一些結果。羽扇豆的株高生长，起初較慢，以后增加达到一个最高度，而后又渐下降。因此，将株高生长与时

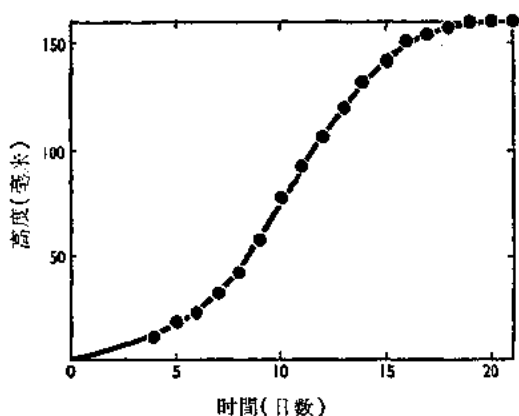


图 1-1 羽扇豆苗的株高生长(Pfeffer 的资料)。

間对比起来繪成图，会得到一个斜体的 S 形(图 1-1)。也可以用另外的方法作图，即以株高的每日生长量对比生长的日数作图，即可得到一条山峰形的曲线，它有一个顶点，自此点左右对称地下削(如图 1-2)。

它也说明了生长速度增高后又下降的情况。这两条曲线所代表的生长式样是一般植物的特征。当然，由于植物种类之不同，其生长速度及最后的数量自然也有很大变化的。生长有时不易察觉，甚至生长了几年，也还看不出来。

但一年生植物如玉米 (*Zea mays*)、向日葵 (*Helianthus annuus*) 等，在一个生长季中，可以达到 10 英尺或更多一些，而竹子(如大牡竹 *Dendrocalamus giganteus*) 的生长，尤为突出的高速度的例子。

旅行家們常讲这样的故事，說是把一頂帽子挂在竹子上，过了一夜，第二天早晨便高得拿不到了。这是有一点事实根据的，因为这类植物曾有每日增高 41 厘米的记录。

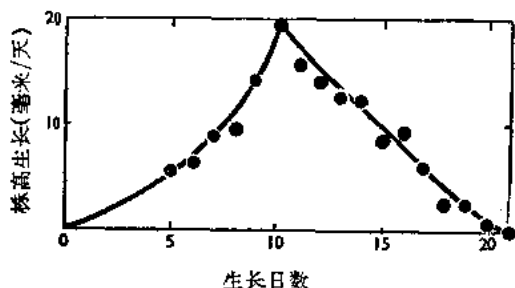


图 1-2 羽扇豆苗的株高生长。按每日的增长量計算，將图 1-1 的資料加以重繪。

多年生植物比起一年生植物的情况要复杂得多，因为生长的式样每年都要重复一次。从一定的时间間隔，譬如說每隔一星期，測定树的生长来作图，那么所得到的曲线，虽大体上符合一年生

植物的式样，可是它显出梯级的形式，每一个梯级相当于一个生长季。如果仅以每年在相当的时间测定一次的资料来作图，那么梯级的情况便没有了。由于测定一棵树的整个生活时间的生长量是相当麻烦的，而恰好树的年龄都有它们的年轮在树干上记载着，因此只要测定不同年龄的树的高度，那么它的生长资料可以很方便地得到。以这种方法来得到米心树(*Fagus sylvatica*)的生长资料，可见图 1-3 所示的。图上各点沿着理想曲线的两侧颇形分散，特别是那些老树更形分散；解释这种变异(分散)所依据的事实，是植物生理学家必须努力克服的。这些变异起源于本性上的不同，因为不同个体的米心树各有它自己的遗传性特点；也起因于营养的不同，如土壤、光照、风力以及其他等等

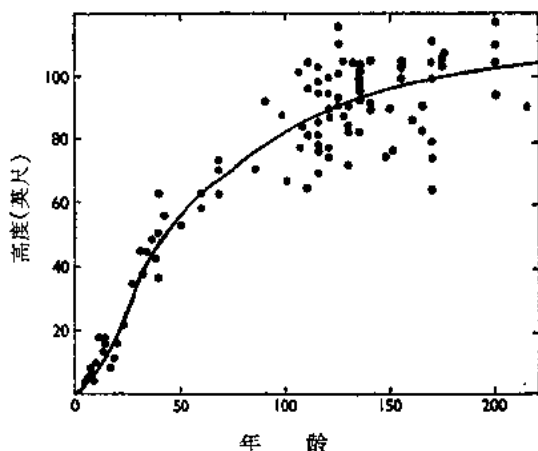


图 1-3 生于白垩土和石灰岩土上的米心树的年龄与高度的关系(Brown, 1953)。

环境条件，对每一株米心树也各不相同的。虽然如此，曲线上各点大体上仍可现出如图 1-1 的 S 形的样子。不过这条曲线的起始部分，由于各树的年龄相距极近，它的上升坡度不容易被察觉，因此能把这条 S 形线的上部，各树年龄间隔较大的部分总计在内。

从一棵多年生树木的生长，和一株仅生活几个星期的具有同样的一般特征的草本植物，我们便猜想这种式样在植物生长中，受到遗传的影响要比受到生长条件下的季节变化的影响大得多。可以用下例证明这个推论的正确性：把植物栽培在人工控制下的不变的条件下，仍可得到和前面一样的生长式样。因此，这显然是一条规律：在某一个时候植物增加它的生长能力，而在它临死以前

的另一个时候，降低它的生长能力。

虽然株高的测定有一些用处，且可不损伤植株，但是究竟还不是一个令人满意的测定植物生长的办法。因为它仅仅测定了植物的地上部分，且并未注意到它的粗细和分枝的情况。很明显，如果仅测定植物的地上部分，对胡萝卜（*Daucus carota*）的生长测定便没有什么用处，这就是一个例子。另外，如要比较生长于充分光照之下和近于黑暗中的植物之生长，仅用测定高度的方法，也不能把两者的区别，一个是纤弱而修长地生长于黑暗之中，一个是生长于光照之下，则表现出粗壮而分枝多。因此，有一些直接测定植物物质总量的方法，可以减少对植物生长测定上的错误。

体积的测定，虽可以应用，但这种测定很不容易，因此实践上使用得很少；重量测定，则令人较为满意。虽然重量的决定，相当麻烦，可是用干重（即在 100°C 的温度下，或用其他方法使植物体内的水分全部移去而不影响有机物的重量），其结果是很容易被理解的，在生长的研究上，当比测定鲜重要经常些。以鲜重作为测定生长的最大缺点，是在于大部分植物体含有 75% 的水分，其中相当的数量可以任意在生长中失去或获得，比如说，在干热的天气下，植物体从别的标准来看它还在生长，而鲜重却在减低。虽然利用干重，也可能发生同样的缺点，因干重必包括植物体从土壤中所吸入的盐类，而这些盐类并不一定都和生长量发生直接的关系，可是这种来源的误差常是很小的；因此，没有疑问，干重是简单地测定生长的最有用的方法。

由于这个方法，会破坏活着的植物体，因此这个方法，只有在连续地测定一系列的相似的植物下，才能进行。假使这一系列的植物体，它的遗传性相同，并生长于绝对相同的条件下，那么只要在一定时间内测定一株，便可得如图 1-1 的一条光滑的曲线。Went (1953) 曾指出，如将其遗传性一致的豌豆品种的种子，用同一的方法播种在同一的介质中，并使之在同一条件下发芽和生长（但在一般的温室中，光照处处有很大的不同，而通风设备又使得室内的温度与湿度也发生局部的变化），那么，这些植株便十分地

相似，全部都具有相似的高度、相同的叶片数，并且对着相同的方向。一排这样的植株其规律化同一队士兵差不多。用这样的材料，在一定的间隔中，取其一株测定之，便可得到一条很好的生长曲线。但是极难达到完全一致的生长条件，并且价格也太贵。就是在实验的工作中，虽然所用植株属于同一品种，可是由于环境条件的不同，它们生长上的变异也常是大的。当然，在自然的条件下，其变异性更大，因此测定各植株的结果，就象图 1-3 一般离开理想曲线（即图 1-1）的距离很大。要缩小这种变异的影响，就必须在一定时间内，随机测定几个植株，以便得到具有代表性的平均值。

以干重法得到的一类结果，可以图 1-4 说明之。上世纪末以玉米为材料，得到大量的资料，经过 Briggs、Kidd 和 West(1920)等人深入地分析，图 1-4 即根据他们的资料作出的一条理想的曲线。它与用测定高度的方法所作的曲线大体上相似，但也有一些新的情况出现。

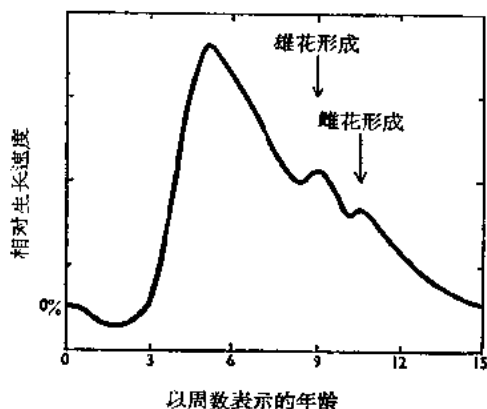


图 1-4 玉米植株的干重生长(从 Briggs、Kidd 和 West, 1920)。

在头三个星期，当种子萌发而苗露出于土

面上之时，确有失重的现象。因为种子中原先贮藏的养料，当转变为幼苗的生活物质的时候，一部分就耗之于呼吸作用。呼吸过程，在物质转变时，是不可少的，因为它供给了必要的能量。关于呼吸，后面还要多谈一些，目前只需指出，这个失重仍旧服从物质不灭定律的，失去的物质乃是以水及二氧化碳的形式被释放出去了，不存在于幼苗的干物质内。这种失重的情况，指明了以干重法来测定植物的生长不是很完美的，因为重量虽然失去，幼苗却在发

展和增大体积，如果这种情况，我們竟不称之为“生长”，那是不适当的。

但当幼苗短期曝露于阳光之下以后，这种情况就被扭轉了，植物的干重便开始增长起来。这种干物质的增长，来源为何，在化学这门科学还没有发展到能提供概念来回答这个问题之前，许多具有最聪明头脑的人，也觉得这是一个难于弄明白的问题。一位早期的化学家——van Helmont (?1577—1644) 所做的一个著名的试验，可做为最初试探这个问题(后来才被解决)的一个例子，现将全文引述如下：

我用一瓦盆，其中填以 200 磅在鍋上烘干过的土壤，然后我用雨水把它打湿，紧紧地插入一株 5 磅重的柳苗。5 年之后，树已长成，重达 169 磅 3 英两。但是这个瓦盆除了必需的雨水或蒸馏水、浇湿它的土壤外，没有再加入任何东西。土壤依旧紧紧地装在瓦盆中，并且因为怕有灰尘什么的落在土壤上，因此土面上用一块鍍过錫的，上面打着洞的铁片盖住。秋季的落叶，我未計在重量内。最后，我再次将土壤烘干，仍然得到和我开始时相同的重量 200 磅，仅少了 2 英两而已。因此，这 164 磅的树皮、木头和根部全是由水分产生的¹⁾。

土壤损失如此之小的事实，清楚地排除了为亚里斯多德最初所提出的意见——植物体的物质全由土壤所产生。因为上述柳树的秤重，是在新鲜的状态下进行的，没有先把它烘干，因此大部分的重量为水分。但是 van Helmont 的結論认为 164 磅全部由水分而来乃是錯誤的，因为他沒有注意到从空气中，也可能供給植物一些物质。

这种可能性为 Stephen Hales 所注意到。他是英国特丁屯 (Teddington) 地方的植物生理学者之一。他于 1727 年，曾写到关于植物：“很可能植物透过它們的叶片，从空气中吸收一部分的养料。”而且他几乎指出了这个过程的必需的因素，当他推测道：“难道阳光不也自由地进入开闊的叶面和花里去，而促使蔬菜的素质大大提高嗎？”但是，Hales 并没有将这些論点加以肯定。次一

1) 引自 E. John Russel: 《土壤条件与植物生长》一书，第 8 版，1950。

步的工作，便是要証明植物在光照之下，会释放一些东西到空气中去。1772年，Priestley 发现自植物体中释放出现在我們称之为氧的气体。1779年，Ingen-housz 指出光为产生氧必要的因素，并且这种放氧的情况只能见之于綠色植物中。在Senebier(1782)发现氧之产生还需要二氧化碳的存在之后，Ingen-housz (1796)提出，植物分解自空气中来的二氧化碳而获得碳，同时放出氧。这时，已經知道碳是植物体的重要組成部分。

这是我們今日所知道的关于光合作用过程的最早的描写。現在我們可以简单地說(后面详述)它是綠色植物在光照下自二氧化碳和水制造有机物的过程。从以干重法观察植物的生长中，还可以推断光合作用的很多道理。如果一棵植物生长于黑暗中，或生长于光下，但将二氧化碳从空气中除去，那么这棵植物，将看不出有任何干重的增加；这說明了光綫和二氧化碳对光合作用的必要性。干重的开始增长，在幼苗出现于阳光中而轉綠之后即可看到。有时可以得到一种突变品系的玉米种，它的植株完全沒有綠色色素，这种植株便不能进行光合作用，若不供給它一些适当的有机物如糖之类，它就不会增长干重。至于水分在光合作用时参予于物质的制造則較难証明。但这可将所用二氧化碳之量，加上所放出氧气之量的总数，和干物质形成之量相比而得到。因为前者小于后者，似乎只有水分才有足够的数量，使两者平衡。因为氢和氧是水的元素，也是植物有机物的重要組成物，因之上面的方法似乎还是合理的。

在 van Helmont 的試驗結果中，土壤失掉 2 英两重的意义就不能被忽視了。損失的一部分可能是土壤中微生物分解了一些有机物之故，但至少也可解釋为柳樹苗从这里获取了一些灰分。虽說植物体的干物质大部分为有机物，它們極大部分由水中的氢、氧及空气中的碳等元素构成；可是其他的元素，比例虽小，也为植物生命中不可缺少的部分。这些矿物元素在植物有机体燃烧后变为灰分，是植物从土壤中获得。

七种矿物元素——鉀，鎂，鈣，氮，磷，硫和鉄——在植物生长

时是不可少的，而且需要較為大量。园艺家們自然知道要使植物繁茂，必須施用肥料以供給这些元素；但是应要求比用土壤栽培植物更好的技术来証明它們是必需的东西，因为土壤中至少要經常含有小量元素的問題，而且它們是一种不易控制的杂物。如果使根部有良好通气的措施，那么植物在含有矿物盐的水溶液中能很好地生长。它們在純水中，却不会活多久。这个不用土壤栽培植物的技术，称为溶液培养法，它已在为栽培贵重的温室作物而广泛地被应用着。从科学的角度来看，則重要的是提供一种方法，以便确实地观察到植物对矿质的需要量。用不同盐类的組合，便可观察到缺少某一特定盐的影响；以这样的方法去試驗植物，便揭示了上述七种元素对任何一种植物的生长都是必要的。

此外，在应用十分純淨的材料和特殊的注意，以避免污染，发现了另一些特定元素——硼，錳，鋁，鋅，銅及其他一些可能的元素——对植物生长也很必需，不过仅需极微的数量而已。每一种微量元素对植物生长最适合的浓度，常自千万分之一到万万分之一，如超过这个浓度，一般将使植物发生害多利少。有一些大量存在的元素如鋁和硅，对植物却并不是必需的。另一点需要指出的，是植物可以在仅含純淨盐类的溶液中生长良好，說明了植物并不要依賴土壤作为有机物的来源。关于某些特定矿物元素，在植物的生活中发生什么作用，将在后面(109页)予以说明，但是值得注意的是我們在解释作为常量营养元素的鉀，对植物生长的重要性时，几乎依旧是十分繚乱的。

植物以吸收并轉化与它本身十分不同的物质而生长。这是它与非生物的結晶体之类根本上区别之点。結晶体也会“生长”，但它的增大体积，是从周围中增加与它自己化学上相似的物质而已。这是一种外着作用；植物的生长却是同化作用，两者不一样。从简单分子构成的原料，經過同化作用后，变为組成植物体的复杂分子，是一些錯綜复杂的化学过程。关于这些后面还要討論到，现在只要明白無論生长在田野里的百合花，在外表上是多么地安靜，它的內部的分子却是紧张地在活动着。新陳代謝一詞，即是指生物

有机体内所进行着的复杂的化学作用而言。

在一个时间内，植物干物质的积累是永远上升的。这是由于植物体内制造成的物质并不是不活动的，它能再造成更多的东西出来。从这点上来看，植物的生长就有一点儿象银行中以复利计息的存款，数目越来越大一样。但两者仍是有区别的，利息是在规定的间隔时期内付予的，因此存款的增加，是一步一步地也是有间隔的；但植物物质的“利息”，在植物的生长时间内，是不断地“付予”的，因此没有一步步间隔的现象而是一条光滑的曲线。以“利率”，即以植物体每单位体积的生长速率，来表示植物生长的活动情况，要比用每一株植物在某个时间内增加多少物质更能予人明确的概念。如用数学来表示，在公式 $dW/dt = RW$ 中， R 代表“利率”， W 是任何一定时间内植物的干重， dW 是在 dt 时间内所增加的干重。

如以积分表之，则公式更有用了：

$$\log_e \frac{W}{W_0} = RT \text{ 或 } \frac{\log_e W - \log_e W_0}{T} = R$$

W 是经过一段时间(T)后的最终干重，在生长之初，则干重为 W_0 。 R 叫做相对生长速率，它代表植物产生新物质的效率。如玉米一类植物，其相对生长速率并不恒定。假使以连续的短期来记录它的生长情况，那就可看出它具有如图 1-4 的变化状态。在播种后 5 周，升到最高峰，然后下降。但下降不是稳定的；在下降中出现了辅助高峰，这是在开花及结果期，植物生长重又兴起之故。需加注意的，是一株植物所产生的新物质之量，依赖于相对生长速率及所产生的物质有多少两个方面而定，所以在相对生长速率已经开始下降之后，实际的生长则为最大。

纯以高度或干重来描述植物的生长，会明显地遗漏了许多重要的方面。如它们对形态的变化就没有谈到，而形态的变化是与任何植物的生长必然地相伴进行着的。关于茎、叶和根，以及叶的形状，块茎和其它贮藏器官的产量，和花及果的产量等的变化，也被忽略了；而就是同样的高度和干重，也可以表示许多不同的生长

类型。因此，要想窥生长之全豹，首先必须对植物体的结构，有所了解，然后才能从结构上揭示生长的意义。

除了某些海藻和真菌之外，所有植物都以细胞为单位构成的。在大小和形式上，细胞的变化是很大的；有些长可达1毫米以上，可为肉眼所见，但多数为0.01—0.1毫米的直径，仅能在显微镜下看到。最容易研究的细胞种类之一是洋葱（*Allium cepa*）鳞茎表面的细致的表皮细胞（图1-5）。它除了没有光合作用时所需的绿

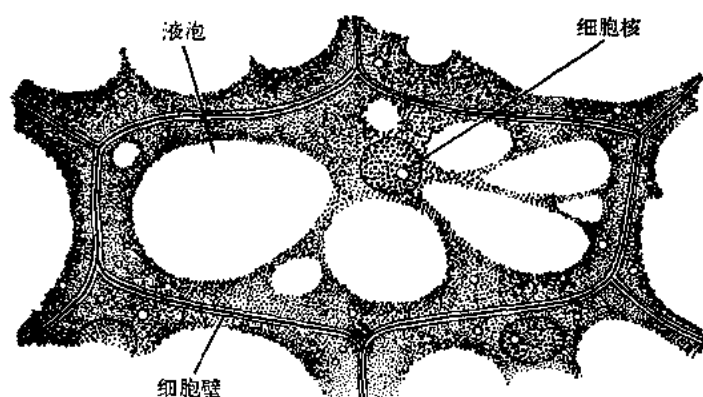


图1-5 一个洋葱鳞茎表皮细胞的显微镜切片($\times 700$)。

色色素之外，它是一个具代表性的植物细胞。细胞壁是最显著的部分，是一层薄的纤维性的壁，其内充满着不很透明的液体。细胞常在切开后被观察或描写的，但必须记住它是具有三维度空间的物体。洋葱的表皮细胞，近乎多边形，它的游离面近于球状，而与相邻细胞接触的各面，则成扁平状，它们的壁间有粘胶物使之固定。许多细胞集成组织，表皮即是组织的一种。生活物质即原生质，充满于细胞之内，它是一种粘液，含有大量细微的颗粒状和球状的东西；在活着的时候，或多或少表现着活泼的流走运动。每个细胞有一个细胞核，为原生质的分化部分，特别是参与遗传性状的传递；它有时位于细胞壁的附近，有时被纤细的原生质丝悬于细胞的中央。一个细胞分裂时，细胞核一分为二，在两个子细胞核之

間，再形成新的細胞壁。細胞的大部分容積為一個或幾個液泡所占有。液泡是原生質內的空間，其中含有細胞液，液中溶有各種的礦物質和有機質。

現在，我們當然不是來討論細胞結構的細節，而是要以細胞的行為來闡明生長的道理。一株植物由細胞集合起來成為組織，這種生長是不複雜的，我們一開頭從這點想起，在這裡是極為有用的。大体上本書所討論到的植物，將是那些極為熟悉的有花植物。但是，由於實驗上的需要，所用的材料要儘可能避免形態和生活史複雜的，因此我們一大部分的植物生理學知識，是由研究簡單的植物而來，如藻類，它們包括從海藻到一些顯微鏡下才能看到的種類，以後經常還要談到它們。藻類和有花植物一樣，要進行光合作用的，而且它們的身體結構雖與有花植物的複雜性不同，可是基本上有相似的生活過程。苔蘚、蕨類及與它們相近的種類，在進化位置上處於藻類與有花植物之間，差不多具有和有花植物極其相符的生理學式樣，但從生理學這個角度對它們所進行的研究，進行得比較少。真菌卻不進行光合作用，也歸屬於植物一類中，但它们的生理學在好幾方面與綠色植物的不同。我們在下文中，將較少地提到它們。

單體的綠藻如小球藻(*Chlorella*)是一個球形的單細胞，直徑約為0.5%毫米，具有與前述細胞一樣的必要結構。在這個細胞內進行着一切的生命活動。當一個小球藻的細胞處於適宜的條件下時，它便生長起來，其體積擴大，它所含的干物質量增加，但這種生長並非漫無止境的，因為隔了不久，它將分裂。分裂後產生了子細胞，它們各再獨立生活、生長又分裂，周而復始。這種細胞分裂的過程，在細胞內部引起化學上及結構上的複雜的變化，而我們對其機制的詳盡的了解，還隔着一大段的距離。

在思考單細胞的生長之余，我們不妨思考小球藻群體的生長。從一個細胞開始，在分裂進行時，我們將可繼續地得到2、4、8、16等等個的細胞，這就是說，細胞數是以幾何的級數增加着。在實際情況中，因有許多的細胞在進行分裂，步調是不一致的，因此其細

胞数便继续不断地增加,如果以细胞个数与时间相对而作图,那么这种细胞数目的生长加多,可以得到一条永远上升的光滑曲线.这种指数式的生长,可用公式 $n = n_0 e^{kt}$ 来表示,这里 n 和 n_0 是水的每单位体积中细胞的数目, n_0 是 t 时间开始时的细胞数, n 是经过 t 时间最后的细胞数,故 t 代表一段生长的时间, e 是自然对数的基数, k 是相对生长因数. 这个公式与前述关于多细胞植物体的生长速率的公式(见第 9 页)相似,而可变为:

$$k = \frac{\log n - \log n_0}{t}$$

不象有花植物的相对生长速率 R , 它在任何可察觉的时间内都不保持恒定; k 在小球藻及类似的单细胞有机体的生长中,可以相当长期地保持恒定,这意味着细胞分裂所间隔的时间是有规律的. 这种情况可用细胞数目的对数(代替真正的细胞数目)和时间相比来作图,将能得到一条直线(图 1-6); 此时单细胞的群体,当然生活于适宜的条件之下. 如果以每单位体积的水中所含的干物质质量来代替细胞的数目,那么可以看到小球藻的生长仍遵循相似的规律,不过所得到的 k 值略有出入而已. 这种简单的数学关系之所以成立,是由于小球藻在光合作用时所产生的物质,大部分并且几乎以一定的比例用于造成能直接生长的物质. 因此,小球藻特别清楚地表现了原生质能够自我复制的特性.

当小球藻以指数生长时,细胞个数的造成非常迅速,但是,这种增长的形式将是很清楚地不能够无限止地进行下去. 最常见的是生长原料的供给渐渐耗竭,生长就停止了. 或者细胞数目太多了、太密了,影响光线的透入,使光合作用受到限制,生长也要停止. 有时,在生长过程中其废弃物的积聚浓度足以使细胞受到毒害致使生长停止. 不管什么原因,生长迟早总会缓慢下来,单细胞的群体也渐趋停顿下来. 细胞一进入到这种不再分裂情况的时候,即使再使之移到生长条件好的地方去,也不再能立刻恢复分裂的作用. 其间,必需要一个调整的阶段即所谓延缓期,然后再恢复指数生长. 这种生长周期的各阶段情况,可以图 1-6 表示之.

一个小球藻的群体可以当作一个植物体来看待，这个植物体具有全部相似的细胞，但各细胞间，彼此并不粘连，在这样一个群体内，干物质之增长伴随着细胞数目之增长也表现出在快速生长之后，跟着一个缓慢

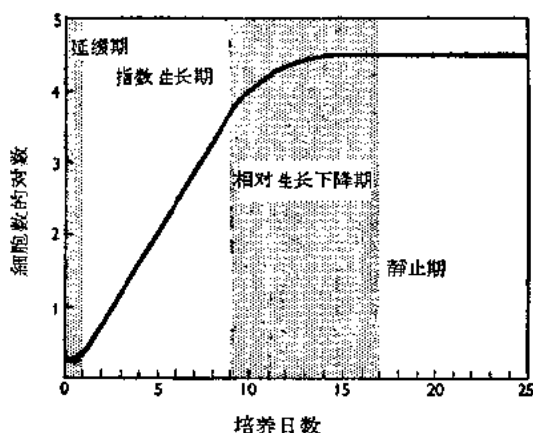


图 1-6 单细胞的小球藻在培养中的生长。以每单位体积培养基中细胞数的对数和时间之比作图。

生长的情况。在这方面，小球藻有些类似玉米，例如玉米从一个受精卵开始，成长为一个无数细胞的聚集体。小球藻与玉米的区别是在于玉米的细胞具有特分化，行使不同的功能，这些特化的细胞，组织成为一个整体。因此在玉米体内，凡水分与矿质盐之吸收以及光合作用诸功能的进行，分别由不同形式的根部及叶部细胞来执行。因为根部与叶部的诸细胞，分隔在不同的部位，可是又必须彼此依存着，因此在茎部或其他之处，就出现了其他类型的细胞，将两者加以联系，既作为沟通物质之用，也作为机械支持之用。但也另有一些别的细胞，有贮藏食物的作用。在这些特化了的细胞中具有有的、如前面所述作为输导与机械之用的；细胞壁特别重要，当细胞壁达到一定的形式与厚度时，其中的原生质便消失了；有的，则继续保持活的原生质，更多的是继续保持生长的潜力；但多数细胞一经特化，其体积便不再增大，也不再分裂。因此，生长便局限于植物体上特殊部位的特殊组织上，如位于枝端和根端的生长点是颇为明显的。

如图 1-7 所示，在显微镜下观察根的生长点的纵切面，可以推知许多关于生长所在部位的情况。在根尖后面约 1—2 毫米处，是一块组织，它由薄壁而具浓厚原生质的小细胞所造成；在这里，高

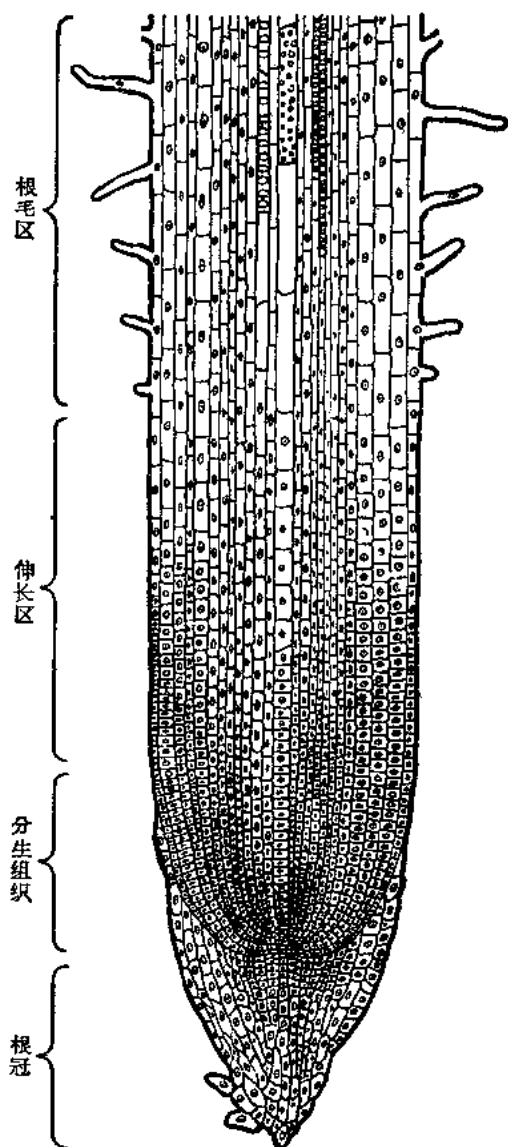


图 1-7 大麦根尖的中央纵切面($\times 50$)
(从 Holman 和 Robbins),

度集中了細胞分裂的活動。这块具有分裂着的細胞的組織，呼之为分生組織，它分生出新的細胞，加在它后面的根部上，使它在土壤中穿越前进。在它的正前方，則有一个冠狀物产生，保护娇嫩的分生組織在粗糙的土壤中前进。这个根冠一面生长一面耗損，耗損着的根冠变为粘狀体，而后终于分解，成为根尖前进时的滑潤剂。那些要形成根部永久組織的細胞漸漸停止分裂的活動，而开始扩大体积，主要向根的延长方向扩大。因此，延长最多的部位在距根尖后方不远处；用墨水将根部以毫米标出，让它生长，則可以容易地显示出这个部位，因为墨水标记之处，距离将拉长，如图1-8所示。

体积的增大可达30倍之多，此外，在細胞中这期間最明显的变化，是細胞内形成了巨大的液泡，原生质便比較不浓厚了。当細胞的扩大一发生，細胞便特化起来执行着特殊的功能，細胞壁就增厚了。图1-7显示了根部的表皮細胞突起而变为根毛，它們与水分之吸收有特殊的关系；同时，根部中央的細胞，特化为維管束，水分及溶解于水的物质在这里輸运。由于根部沒有綠色色素的，經常处于黑暗之中，它不能进行光合作用来制造它所需的有机物；此有机物必須从他处运

来，因此在这里尽快地形成一个有效的輸导系統，乃是重要之事。沿根毛部的后面更远处，根部还有侧根，它們是位于維管束外圍的成熟細胞群的分裂所形成的分生組織所产生的。这些侧根的生长和主根是相似的。

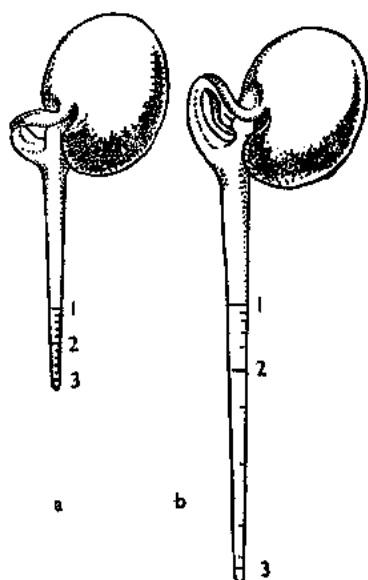


图1-8 蚕豆苗根尖以墨水标记之(a)。经过一段生长期后，标记即分离(b)。说明延长部主要位于紧接根尖后方处(从Sachs, 1887)。

地上部苗的生长,主要和根部的相似。苗尖的分生組織,仅在靠着它下面的位置上发生新細胞;而在苗尖后面部分所发生的分生組織发育成为叶片和枝条(苗尖沒有相当于根冠的东西)。苗尖的这种生长方式,主要保证了长度方向的生长,但于径向的加粗,没有什么影响;而径的加粗对高大的植物讲来,在机械作用上是非常必需的。在双子叶植物和针叶树中,許多最大的树属于这两类植物,它們周径的加粗,是由次生分生組織或称形成层的来完成的。它們在茎內或根內是一层柱状的具有分裂能力的細胞。形成层的細胞向内外两面都形成着子細胞。內面形成的細胞主要特化为运输水及机械支持之用,組成了永久組織,如为我们所熟知的木材即木质部(图 1-9)。

由于形成层在冬季时不活动,又由于从形成层产生的細胞因季节性之不同而有差异,因此在温带气候下生长的树材,有明显的堆积的层次,这些层次在茎的横切面上,以同心的圓圈状出现着,每一个圓圈,代表一年的生长。自形成层外表面分生出来的細胞包括那些特化为运输有机物的細胞在內,成为一种組織叫做韧皮部。当茎部增粗时这种組織不可避免地要被撕破,因此不能象木材那样永久存在着。韧皮部和管保护用的木栓組織在一起形成了树皮。木栓組織由另一种次生組織所生成。在春季的时候,从一株生长活跃的枝上可以使树皮容易地剥离,因为形成层的精致的組織易于撕裂。在单子叶植物群內,包括禾草和棕榈,次生加粗的生长,并不經常发生。

在有花植物中所见到的細胞功能的特化,使得生长的过程不可避免地要比小球藻群体要复杂得多。在小球藻中,光合作用持續的各阶段即細胞物质的增加和細胞分裂,是在一个单細胞中进行的,而每个阶段彼此間,都密切地联系着。往往它們生长的一般状况可以适当地用简单的数学公式来说明。但是,在较为复杂的植物中,那些不同的生理功能由不同的細胞执行着;营光合作用的組織,它在一個植物体中所占的比重,差距很大,而它所产生的物质可以从原生质起,到非生长性的貯藏物质和极为增厚的細胞壁为