

目 录

前言	(i)
第一章 性别在植物中的发现	(1)
第二章 关于性别	(6)
一、什么是性别	(6)
二、关于生殖体的专门术语	(8)
三、配子的分化	(10)
四、全配合、小体配合	(12)
五、同配生殖中的两性的证明	(13)
六、性过程中减数分裂的意义	(15)
1. 减数分裂	(16)
2. 交换和遗传物质交合群的交换	(17)
3. 染色体突变	(19)
4. 染色体组的改变	(21)
第三章 真核生物的有性生殖	(23)
一、一般解释	(23)
二、单倍体的性别	(24)
1. 单倍体的个体发育	(24)
2. 单倍体的性决定	(37)
三、藻类和真菌的配子引诱物	(42)
1. 配子引诱物质对受精的作用	(42)
2. 衣藻属	(43)
3. 鞘藻属	(47)
4. 水云属	(48)
5. 绵霉菌	(50)

6. 性外激素	(54)
7. 有性生殖的生态概况	(56)
四、二倍体生物的性别	(57)
1. 二倍体生物的个体发育	(57)
2. 二倍体藻类和真菌的个体发育的例子	(58)
3. 二倍体的性决定	(62)
五、有世代交替的植物的性别	(63)
1. 有世代交替的植物中的单倍-二倍体的个体发育	(63)
2. 藻类世代交替的例子	(66)
3. 藻类世代交替的一些生态现象——单倍体和二倍体的 比较	(72)
4. 性细胞成熟时的节律过程	(72)
5. 有世代交替的真菌的有性生殖	(74)
6. 苔藓类的有性生殖	(86)
7. 蕨类植物的有性生殖	(90)
8. 种子植物的有性生殖	(102)
9. 种子植物的性决定	(130)
第四章 原核生物的准性过程	(141)
一、细菌的重组可能性	(141)
1. 转化作用	(141)
2. 转导	(142)
3. 接合作用和性诱导作用	(143)
二、蓝藻有准性过程吗?	(143)
第五章 性别的进化	(145)
参考文献	(147)
德汉名词(包括拉丁学名)对照索引	(158)

第一章 性别在植物中的发现

植物有性别吗？许多人对这个问题都持怀疑的态度。有不少人把高等动物的受精过程都看作是性的过程。而对植物的有性过程的阐述大约在200年前才开始，这并不奇怪。因为对这些认识是以显微镜的有效应用和适宜的研究方法的进展为前提的。1875年O. Hertwig 证明，性细胞的融合是动物特有的性过程，这是可以理解的。相反，动物的有性生殖现象，又很久以来就引起人们的兴趣。在后冰期的克罗-马弄人(Cro-Magnon) (12,000—20,000年前)，在岩石的图画中已出现有猎人交配的图案（例如在Grotte Tuc d'Audoubert im Department Ariège）。到亚里士多德时已详细地描绘了野兽交配的行为。相反，在植物方面可和动物相比较的有性过程，到十八世纪末还很少。Platon和亚里士多德的学生Theophrastus(公元前371—285年)，已证实无花果的受粉作用，并且将这个受粉过程与鱼的受精相比较。他非常认真，想在植物中也证明有和动物一样的可以区别出来的性别存在的结论。从此以后约2000年，Rudolf Jacob Camerarius⁸ (1665—1721)冲破了他对种子植物花的构造的研究，即认为由于花粉运送到柱头，对果实的形成是很重要的。Camerarius指出，花粉可认为是雄性细胞，即“精子”(Samen)，而雌蕊的柱头则是花的雌性细胞。当时他对受粉的过程已有准确的记录。在他的仔细观察下，对花粉的传送是否确实就是性的过程，他自己也有怀疑。他还用石松属(*Lycopodium*)和木贼属(*Equisetum*)来研究，发现在它们中仅仅花药有“雄性

精子”，即是孢子。

由于在植物中，到现在还没有证实可以和在动物中相比较的性的过程，这并不奇怪，因为到十八世纪末，有花植物还是当作贞洁的象征来看待的，而配对的动物则认为是不贞洁的。当1787年Christian Konrad Sprengel发表《从花的受粉和构造中发现自然界的秘密》一书后，这本著作立即被置于法律保护之外，并且因此Sprengel便失去了施潘道大学教务长的官职。以后Joseph Gottlob Kölreuter(1733-1805)用杂交试验也证明了在植物中有性别。他证明父本植物的特性通过花粉来遗传。他的这种在植物中有性别的观点，受到许多强烈的批评和怀疑。1819年柏林科学院还为“在植物界有无杂种受精？”这个问题进行悬赏，但奖金仅部分兑现。1837年斯瓦比亚的医生Carl Friedrich Gaertner(1772—1850)回答了当时荷兰科学院(1830)提出的同样的问题，因此他得到奖赏。Gaertner做了9000个杂交试验，并且对所有已知的可能的缺点(错误)作了探讨。

G. B. Amici(1823)第一次证明花粉传送到柱头并不是种子植物特殊的受精现象。他曾观察到花粉的萌发，以及经过花粉管侵入到胚珠(Samenanlage)的珠孔(Mikropyle)。他也特别说明西葫芦(*Cucurbita pepo*)的胚胎发育，并代表了这样的一种意见，即是认为胚胎发育是在胚珠的一部分发生的，这胚珠通过花粉管的“液体”而受精。M. J. Schleiden(1838, 1842)的见解与此相反，根据他的观察，胚胎的发育是在花粉管中进行的。到1856年，L. Radlkofer证明显花植物的“胚”(Keim)，是在胚囊中所含的称为“卵器”(Keimbläsche)(即卵细胞)的细胞，受花粉管内含物进入的影响而改变所产生的，以后，才调解了在那个年代的两种不同意见的争论。1884年E. Strasburger也说明了花粉管对“卵器”的影响。

当时他证明两个“核”从花粉管被排出到胚囊中，其中一个核与“卵器”(卵)的核相融合。最后在植物中，也证实了有性生殖过程，这是和O. Hertwig, 1875年在海胆中所发现的卵和精子相融合的有性生殖过程相似。因此，Strasburger推断，细胞核是遗传基因的所在地。他的证据，由 Sutton和Boveri(1902-1904)对孟德尔遗传法则在遗传的染色体理论中再次发现以后，找到了结论。Strasburger根据他的观察和考虑有下面四个结论：

1. 受精过程是以精子核和卵核的融合为基础的，这些核是真正的细胞核(以前是有争论的)。

2. 在这个过程中，细胞质是不参与的。

3. 父系的孟德尔遗传特性，通过细胞核传递(核外遗传到20世纪初才证实)。

4. 细胞核是最重要的遗传基因的所在地。

1898年S. Nawashin观察到花粉管的第二生殖核与胚囊中的二倍体核融合。这个很有意义的木兰亚门(Magnoliophytina)的“双受精”(doppelte Befruchtung)，在后来被L. Guigard所记录(与Nawashin没有联系)，并在1902年为U. hibata所证实。

1851年由于W. Hofmeister发现世代交替，自然就推动了对发展历史的研究，而且到今天在现代方法的应用下，还在继续研究发展历史。为了对有价值的Hofmeister的功绩的正确认识，对这个范围内的每一个时期的知识，加以叙述是必要的。

苔藓类的个体发育(Ontogenie)还不清楚。1747年爱尔兰根医生C. Chr. Schmidel曾记录了苔类(Lebermoose)的精子器(Antheridien)，并指出它就是雄的性器官，他把载有孢子的藓蒴(sporenführende Mooskapsel)比作是显花植物中

具有种子的果实。J. Hedwig证明在许多藓类中有精子器和“拟雌蕊”(Pistilliden)，后者G. W. Bischoff称为“颈卵器”(Archegonien)。Hofmeister发现卵细胞在颈卵器中，随后在许多苔藓类中他又发现卵细胞从受精后一直到完成藓蒴为止的发育过程。蕨类植物的发育同样也知道得很少。蕨类的孢子曾比作是种子(Malpighi)，原叶体(Prothallien)即是蕨类的子叶(Keimblatt) (G. T. Kauffuss, 1824)。1884年Graf J. Leszczyc-Suminski在他的“蕨类植物发育史”的研究中，记述了“游动精子”即螺旋丝体(Spiralfäden, Spermatozoide)，和它侵入到颈卵器(他在许多蕨类中都有发现)。他把颈卵器作为“胚珠”(Samenknospe)，并且认为胚是从“螺旋丝体”产生的。在这里Hofmeister说明了实际情况，他证明异形孢子的蕨类是种子植物个体发育中很重要的衔接物。Hofmeister确定在松柏类中胚囊是不离开孢子囊的，并且在这里一直发育到受精成熟。他猜测，雄的性细胞是通过花粉管来输送的，因此花粉也就相当于孢子(参阅107页)。他指出，苔藓类的颈卵器构造与蕨类相同，在原叶体的那一部分也是相当的，胚就在它的内部产生。这样不仅解释了苔藓类、蕨类和种子植物的受精过程，而且也对它们的个体发育做了说明，并且它们都是可以比较的。

随后在藻类和真菌中也证实了有性过程。

在个别研究者致力于藻类和真菌的有性过程研究之前，1803年I. P. Vaucher已指出黄藻中管状的无隔藻(*Vaucheria*)的雄配子囊(Mikrogametangien)和卵囊(Oogonien)就是性的器官。但在此以后，一般还认为没有性别就是原植体植物的特征标志(Endlicher, 1836)。1853年G. Thuret和1855年N. Pringsheim的基本工作给上述的观点带来一个突变。Thuret确定墨角藻(*Fucus*)的卵细胞，在被游动精子侵入后

还继续发育。Pringsheim在研究无柄无隔藻(*Vaucheria sessilis*)时也记录了同样的过程。后来,在1869年他观察到实球藻(*Pandorina*)的配子结合,他把这个过程称为“植物界的生殖在形态学上的基本型式”。后来许多有名望的研究者,对藻类的有性生殖又有其他解释,如G. Berthold (1880)对一些同配生殖的藻类[如绒枝藻属(*Dasycladus*)和水云属(*Ectocarpus*)]证实有不同的性别。1915年C. Sauvageau从发育史研究,以及细胞核学的研究,都说明昆布属(*Laminaria*)的世代交替。

虽然Ehrenberg(1820)第一次指出了真菌的结合过程,而De Bary关于真菌的有性过程的解释却占有突出的地位。他在1853年和1884年,第一次综合叙述了已知道的所有关于藻状菌(Phycomyceten)和子囊菌(Ascomyceten)的有性过程。对具有世代交替*较高等的子囊菌和担子菌(Basidiomyceten)的性过程说明的困难性[它们的世代交替*是从双核阶段(dikaryophase)产生的],已由Clausen(1907)以他对火丝菌(*Pyronema confluens*)的基本研究得到解决。

后来又证明真菌的有性过程,比已认识到的复杂得多。并且开始相信,适宜的外界条件能诱导性器官的形成,并指出同种类但性别不同的菌丝体(Myzel),必需的外界因素是一致的(参考Raper, 1967)。Blakeslee(1904)成功地证明了具不同性别(雌雄异株diözische)的真菌。

目前了解到的关于所有植物性别的知识,与事实还有很大的距离。这一方面是因藻类和真菌,经常在它们个体发育中,还有不知道的例子,另一方面又不断知道更多的因素能影响性的过程。关于这些方面还有广阔的研究范围。

*此处的世代交替,应该是“核相交替”。——译者注

第二章 关于性别

一、什么是性别？

正如O. Hertwig和Strasburger的发现指出，真核生物在有性生殖时的一个重要过程，就是配子配合，即两种性细胞融合(胞质配合Plasmogamie)，紧接着有核配合(Karyogamie)。1883和1884年，van Beneden证明，常常是两个性细胞的核，分得同等数量的染色体，这样当核配合后，在新形成的核中，就有二倍的染色体组。通过这个过程，父母代的特性就能够一代一代传下去。这完全是一个“保守的”过程。随后(1887)A. Weismann从van Beneden的研究中继续得知，在动物和植物的个体发育过程中的任何时期，都添加一个调节过程，通过这个过程，成倍的染色体数，又还原为简单的染色体组。这种现象有极充足的证据，“减数分裂”(Reduktionsteilung)同样是有性过程以及配子配合的一部分。根据H. L. K. Whitehous(1949)认为，“有性生殖的本质是在核配合和减数分裂的先后连续中”。

进行减数分裂时，如何实现遗传物质重组(Rekombination)的可能性，这对有性过程是有决定性意义的。在这个过程中，复杂的有性过程中的一部分是有重要意义的。通常对这个分裂过程，最好用“Meiose”(减数分裂)这个名字。这个名称的含义，除包括染色体数目的减少外，还包括遗传物质改组的可能性。这种基因组合和染色体组合的变异，使“正”(+ , positiver)后代出现的可能性增大。在无性生殖

中，这种变异的可能性是不多的。由图1简单表示出来。

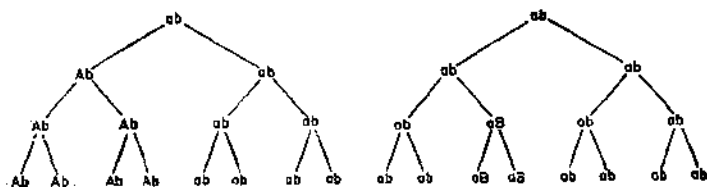


图1 有丝分裂后代突变分配图

突变A或B对单个生物体是没有意义的，它的出现在无性生殖中，可以同样形式在后代中继续出现。组合AB在一个个体中，则相反是有好处的，即是在无性生殖时，两个个体常常还能发生第二个突变。但这种可能性是很少的。相反，在有性生殖时，由两个配偶杂交，这种组合立即出现（参阅17页）。很明显，在有性过程中，除遗传物质改组的可能性外，还有其他的作用。正如研究原生动物和真菌时指出，在性细胞的胞质配合和核配合当中，都有一种“返幼”作用因素。真菌和原生动物都可以在一定的营养培养条件下，长期进行营养繁殖。这时它的生活力即适应别的环境的能力，以及繁殖能力都降低。通过插入一个有性生殖，它的生活力又再增高。

在有性过程形式中，包括配子配合和减数分裂，因此通过配子配合时将发生“返幼过程”，而减数分裂又可以带来遗传的变化，这种变化又使其可能在改变了的环境下生存；这个过程对进化是有决定性意义的。

有些学者对性的概念所包含的意义是很广泛的，它不仅对真核生物有关系。在他们致力以有性生殖在进化方面的理论考察中，例如Baker和Parker(1973)得到一个定义，即是在原核生物中(参阅141页)有一个“准性”生殖(parasexual-

len)。他们了解到(也包括Dougherty, 1955; Stebbins, 1960等人)通常在所有有性过程中, 遗传物质从一个体遗传到另一个体。这种过程本书作者在原核生物和真核生物中都有发现。Baker和Parker区别有性生殖为三个阶段: (1)在一个生物或多个生物体中的遗传物质, 全部或一部分融合; (2)重组; (3)细胞分裂。相反, 性的概念(如Whitehouse, 1949)开始时仅适于真核生物, 在这里仅个别步骤(阶段)是一般适用的, 诸如遗传物质的传输及细胞分裂。减数分裂及有关在排列染色体机制平面上出现重组的可能性, 在原核生物还不知道。我们及其他学者根据Whitehouse所下的定义, 只对真核生物而言。

二、关于生殖体的专门术语

对真核生物个别的有性生殖已有了解, 因此对单细胞生殖体的一般术语解释是可信的。但这些术语不仅在藻类、真菌中, 而且在颈卵器植物、种子植物中却是多种多样的。通常有一些术语仅在一定的一个种或几个种的构造中应用, 如“中性孢子”(Neutralsporen)、“胚囊细胞”(Embryosackzellen)等等。这些所使用的术语对有关生殖细胞的产生和作用功能没有关系, 同样这些术语对同源发生的其他植物相应的生殖器官很少适用。第一个对“孢子名称的统一”的建议是由V. Denffer (1967)提出。本书提出生殖细胞的术语词汇, 这些词汇, 考虑到生殖细胞的功能、发生和形态。但要提醒的是, 这些术语还是在讨论阶段。

1. 关于功能方面的术语:

配子(Gameten); 所有的有性细胞。

孢子(Sporen); 单细胞的繁殖体(增殖和扩展)。

2. 关于发生方面的术语:

(1) Meio——减数分裂发生的。

Mito——有丝分裂发生的。

这些词汇仅作前缀应用,例如Mitogameten(有丝分裂配子), Meiosporen(减数孢子)等。

(2) 在孢子中也有以核期来定的,据此来区别是单倍体的或二倍体的,如Haplosporen(单倍体孢子), Diplosporen(二倍体孢子)。

必须注意“Tetrasporen”(四分孢子)这个名词,它的意思与tetraploide Sporen(四倍体孢子)无关,而是说明由一个孢子囊中产生四个单独的孢子(多数系减数孢子)。

3. 关于形态学方面的术语:

(1) Plano和Zoo——具鞭毛的(能动的)细胞。

Aplano(不动)——无鞭毛的(不能运动的)细胞。

例如: Zooameiosporen(游动减数孢子), Aplanogameten(不动配子)等。

(2) 根据大小,即是从同一种类所产生的不同大小的细胞或由性细胞出现的二形性(Dimorphismus)的。

Mega-(或Makro-)(大)——较大的生殖细胞。

Mikro-(小)——较小的生殖细胞。

例如: Megazosporen(大游动孢子), Mikrogameten(小配子)等。

对性细胞的概念有:

Andro-(= Mikro)(雄、小), 如 Androgameten(雄配子或小配子)。

Gyno-(= Mega)(雌、大), 如 Gynogameten(雌配子或大配子)。

这些术语的优点是在植物(和动物)的发育史中,特别容易比较观察的。虽然,一个无鞭毛的、性成熟的雌性生殖细胞,一般都称为卵细胞(Eizelle, Ovum),这是普遍使用了的,因此最好仍保留,而不要以“Aplanogynogamet”(不动雌配子)来代替。另外,上面所建议的词汇,还不能表达的,例如在禾柄锈菌(*Puccinia graminis*)中,还不能区别它的锈孢子(Aecidiosporen)和夏孢子(Uredosporen)。但这些都是例外的情况。其他已有固定含义的词汇有:

合子(Zygote), 由两类性细胞融合而产生的。

配子囊(Gametangium), 产生配子的细胞。

孢子囊(Sporangium), 产生孢子的细胞。

由前缀如Mono-(单, 一)或Tetra-(四)能够将配子囊和孢子囊, 在它产生生殖细胞时, 关于数字方面的特征表示出来[例如Monogametangium(单配子囊), Tetrasporangium(四分孢子囊)等]。然而有时不同生物的配子囊和孢子囊, 在器官发育史中是不能比较的(参阅Schussnig, 1954), 因此词汇学仍须保留, 而生殖细胞不用这些词汇也是有道理的。

三、配子的分化

对真核细胞的性过程来说, 雄性细胞和雌性细胞往往都是分得等量的遗传物质到所形成的合子中。但两个相互融合的配子的形状, 是不相同的。根据形态构造, 可区分配合为三种类型。最简单的(也是最原始的)情况是两个相配合的配子是同形的(isomorph), 这种配合型式称为配子同型[或叫做同配生殖(Isogamie)]。这种配子同型并不包括这些配子在生理学或遗传学上的区别。配子同型仅在一些藻类及低等真菌中有发现。第二种配合形式是异配生殖(也叫配子异型

Anisogamie)。在这种配合中，其中较大的性细胞称为雌配子(Gynogamete)，较小的性细胞为雄配子(Androgamete)。配子异型的配合，其优点是较大的雌配子从母个体中相对地带来较多的贮藏物质，这些物质能一同带到合子中，因此当合子萌发时，能有足够的营养物质供物质代谢以及幼小植物进行同化作用之用。第三种配合形式是卵式生殖(Oogamie)，这里雌性细胞相对地有较多的贮藏物质，所不同的只是成熟的性细胞变为不运动的。这种配合类型中，当受精时不运动的配子称为卵，因此，当母体仍自由时，性细胞有皮有鞭毛，都没有什么意义[例如网地藻属(*Dictyota*)](参阅70页)。在这里由于贮存物质的储备，对继续发育是有作用的。如果从生态学观点来看，卵式生殖在高等植物的发育中也可观察到。同配生殖，异配生殖以及卵式生殖，在藻类和真菌都有出现，而苔藓、蕨类及种子植物则仅发现有卵式生殖。

初看起来，如果两个配合的配子是能运动的话，配子配合的出现是很多的。但从纯理论来考虑，则情况并不如此。从图2a中表示一个运动配子的行为，在这个最简单的情况下，配子运动是向两个方向运动的。而配子向左或向右运动的可能性，约各占50%。但它们也常常相互运动(并能出现结合)，其比例数为25%。在例b中仅有一个配子向两个方向自由运动，而另一个则是不动的(卵式生殖)。在此雄配子能遇到雌配子的机会通常也只有50%。

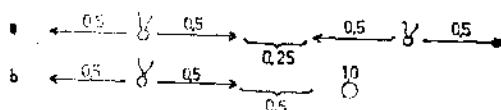


图2 两个自由方向运动之间接触的可能性

a. 两个运动着的细胞，b. 一个运动的细胞，一个不运动的细胞

然而，在自然界并不完全是这样简单。首先，自由运动的配子经常是有向光性反应的，即是它们在一定的光区域内聚集[射入光的作用，例如在伞藻属(*Acetabularia*)]，其次也经常发现(但并不是普遍的)配子也由于化学引诱物质而有趋药性(参阅56页)。

四、全配合[也叫配子大型(*Hologamie*)]、

小体配合[也叫配子小型(*Mevogamie*)]

虽然全配合(配子大型)仅在少数生物中出现，小体配合(配子小型)是广泛出现的，这两种类型的性细胞的形成都需要进行解释和加以比较。对全配现象的理解，是整个个体变为性细胞。当然，这只有单细胞才有可能，例如鞭毛类，也有球状绿藻(例如接合藻目*Conjugales*)或单细胞的真菌(如一些酵母)。所以在这时营养细胞的行为改变，大多数与外界环境变坏有紧密关系。它们的生理也将改变，并尽可能与不同性别的配子相配合。小体配合(配子小型)，即是由一个细胞形成一个配子囊，在这个配子囊中，由有丝分裂而形成多个配子。

性细胞的决定，对一些藻类往往还不能最后定论。如衣藻属(*Chlamydomonas*)的种类，它们的配子在适宜环境条件下，能继续成长。但多细胞藻类中也可能观察到配子小型。水云属的配子，即所谓单性配子(*Parthenogameten*)，如果当它没有找到可结合的配子时，它就固着下来，并继续生长为一个单倍体的藻类(参阅67页)。

不仅全配合而且小体配合的种类都能形成同配生殖和异配生殖的配子。只有在小体配合的种类才发现有卵式生殖；虽然已知道拟巨型衣藻(*Chlamydomonas pseudogiganteus*)有卵式生殖，但是否在全配合的藻类中，也有卵式生殖，则

还不清楚。卵式生殖是整个细胞都变为卵细胞。但是否雄配子也由全配产生，还不清楚。其他藻类，如水绵属(*Spirogyra*)的接合过程中，也出现有这种现象(参阅29页)。“不动配子”(也叫静配子)相当于全配合产生的卵细胞，而“游动配子”则相当于全配合产生的游动雄配子(*Aplanoandrogameten*)。*

根据配子的产生和形态学，可将配子配合的形式分为下列几类：

配子同型的全配合(isogame Hologamie)，例如盐生杜氏藻(*Dunaliella salina*)。

配子异型的全配合(anisogame Hologamie)，例如布蓝衣藻(*Chlamydomonas braunii*)。

卵式生殖的全配合(oogame Hologamie)，例如另一种衣藻(*Chlamydomonas coccifera*)和水绵属的种类。

配子同型的小体配合(isogame Merogamie)。例如水云属和丝藻属(*Ulothrix*)。

配子异型的小体配合(anisogame Merogamie)，例如马鞭藻属(*Cutleria*)和羽藻属(*Bryopsis*)。

卵式生殖的小体配合(Oogame Merogamie)，例如墨角藻属(*Fucus*)、苔藓类、蕨类和种子植物。

五、同配生殖中的两性的证明

在同配生殖中，自然不可能在形态学上有可区别的不同性的配子。但往往却有“生理学”上的配子异型。直到现在，

.....
*在这里原文*Aplanoandrogameten* 有误，应是*Planoandrogameten*。
——译者注

多数研究情况都表明有一个基因型的性决定，一个纯变态（表现型phänotypische）的性决定，不仅在全配的生物，而且在部分配合的生物都不常见。褐藻中的长囊水云（*Ectocarpus siliculosus*）*是在这一类中最熟知的例子。这种藻类的配子类型，很快就变为不运动，并且固着，因此称它为雌配子，而雄配子的运动能力则仍保留，并更多地包围着雌配子（凝集）。雌配子随即与一个雄配子结合，群集的雌配子就解散。

根据M. Hartmann(1956)研究，长囊水云(意大利那不勒斯标本)有一个“相对性别”(relative sexualität) (参阅40页)，即是一个变态型的性决定。在此就雄性性细胞来看，一个配子对另一个配子可以认作是(+)或是雌性(-)的。这是由结合配偶的“性潜能”(Sexualpotenz)来决定的。相反，Müller(1947)的研究认为一个基因型的性决定，比较容易表现出来(参阅48页)。

由Lerche(1937)对团藻目中同配生殖的盐生杜氏藻的研究，也得到基因型的性决定。通过一种小的精细技术，能够将两种的性细胞类型的存在证明出来。如果在复杂的营养液中培养这种藻类，所有配子都呈现绿色。如果将这些藻类放在缺氮和缺磷的营养液下，其中一些配子很强地趋于形成血色素(Hämatochrom)，而还有一些藻类仍保留绿色。以盾的继续研究指出，经常只是很富有血色素的藻类，才与绿色配子接合。由此可表明，两性现象可由形成血色素的能力表现出来。

两性现象(Bisexualität)可通过遗传学的孢子分析得到

*这种藻类是异配生殖的，放在这里作为同配生殖的例子是不妥当的。——译者注

准确的证明。从许多单细胞植物(Phytomonadin)可以分离出减数孢子来,并能作为无性系(克隆Klone)继续被培养,在这时它不构成配子。在许多情况下比较无性系时可以指出,在互补的无性系之间,也出现有配子配合。这时往往无性系中的一半为(+),另一半为(-)性别。这两种性别配子1比1的关系,可以归源于减数分裂的分裂机制。Knip(1928)对盘藻(*Gonium pectorale*)的研究,也有这样的证明,即四个相互配对的减数孢子所形成的集结体(Coenobium),都是由一个合子产生。四个细胞的核都有基因型的差异,集结体中的细胞一半是(+),另一半是(-)。Knip称这类群体为“混合单倍体”(Miktohaplont),它们的单倍体核与基因型的不一致。Knip也通过无性(繁殖)系的培养,证明雌雄两性的存在。在培养中,他分离到的孢子在比较试验中往往两个是(+),两个是(-)。

很明显在更多同配生殖类型中,也表明有遗传上确定的(基因型的)生理学异配生殖出现。一个完全受变态影响的同配生殖,很明显是很少有的。

六、性过程中减数分裂的意义

生物的生殖也包括在性过程之中,但决不是所有性过程都有增殖(参阅27和60页)。除在水中自由运动的鞭毛类生物之外,其他不能自由移动的植物,必须用各种方式使一个种的不同性别配子,有可能同时出现。虽然在这里有许多是意外的,所以这种生殖方式,对一个种类的繁殖(=增殖和扩展),在最初确实是起次要作用的。目前还有不少藻类和真菌是这样的。高等植物,如苔藓、蕨类及种子植物,它们的繁殖都几乎完全与有性过程有关。但一些现代的蕨类,却明显