

孟德尔的生平、科学成就和科学方法

张青棋

(安徽大学)

1982年7月22日是现代遗传学之父孟德尔诞辰160周年。

一百多年前,孟德尔在植物杂交实验中,首次发现了生物遗传的基本规律,从而奠定了现代遗传学的科学基础。今天,我们学习、继承孟德尔的科学成就,分析、探讨他的科学研究方法,对促进现代生物学的发展,还有着现实的意义。

(一)

格里戈·约翰·孟德尔(Gregor Johann Mendel)1822年7月22日出生于当时奥国的海钦多夫地区的一个贫苦农民家庭。孟德尔幼年就聪明好学。他11岁就离家到拉皮尼克上初中,以后转学到特雷堡,直到1840年中学毕业。他学习勤奋,成绩优异。中学毕业后,他进入奥尔谬茨学院,因家庭贫穷,被迫中途辍学。1843年10月不得不到布尔诺奥古斯丁教派修道院当修道士。五年后被授予神父之职,负责教会所辖医院的传教工作。因不适应医院生活,主教纳帕免去了他的神父职务,改派他到策涅姆中学当代课教师。

为了取得正式教师的资格,1850年夏,孟德尔参加了在维也纳举行的教师甄别考试,但未被通过。幸而大学教授包尔加特纳发现孟德尔是个有为青年,在他的推荐和纳帕主教的资助下,孟德尔得以前往维也纳大学学习。在这里,孟德尔先后受教于著名物理学家多普勒、数学家艾丁豪逊和植物学家翁格尔等,在自然科学方面受到了良好的训练,为他后来从事植物杂交的研究打下了坚实的基础。1853年夏,孟德尔回到了修道院,第二年应聘在布尔诺技术学校任代理教员,讲授物理学和博物学,从此致

力于教育事业达14年之久。在任教期间,孟德尔利用修道院内一块不到2400平方英尺的小园地,进行豌豆等植物品种的杂交实验,取得了名垂后世的重大成果。

除了遗传学之外,孟德尔在天文学和气象学方面也有相当的研究。他当时被公认为奥国摩拉维亚地区研究气象学的权威。在他的倡导下,摩拉维亚早在19世纪70年代就建立了地方气象站,并发布对农业的天气预报,这在欧洲还是首创。

1868年4月,孟德尔继纳帕之后当选为修道院终身主教。但他并未因此而中止他的研究工作。从70年代起,他还先后担任过布尔诺自然科学协会、摩拉维亚地区养蜂家协会、园艺家协会和农业学会等学术团体的副主席。大量的社会活动,使他难以从事多方面的科研工作。1873以后,便主要致力于气象学研究。

孟德尔的晚年是很悲惨的。他终生未婚,孑然一身,过着孤独寂寞的生活。学术上的不得志(他的研究成果不为时人所重视),因纳税问题与政府的关系日益恶化,使他常常郁闷和忧伤,他的身体逐渐垮了下来。1884年1月6日,孟德尔因患慢性肾炎和心脏病在布尔诺逝世,终年62岁。

(二)

孟德尔一生中做过许多动、植物品种的杂交实验。他用过实验材料有:豌豆、菜豆、紫茉莉、玉米、水杨梅、山柳菊、小家鼠等十多个物种。其中最为著名的,也是最为成功的是豌豆品种的杂交实验。这个实验是在1856年开始的。大约在实验进行到第五个年头的时候,孟德尔观察到了杂种的显性现象和杂种后代的分离

现象。他通过对实验结果的统计分析,发现杂种性状的分离与组合并不是杂乱无章的,而是有着一定的规律,即 $(3:1)^n$ 的遗传法则。为了解释这种有规则的遗传现象,孟德尔提出了著名的遗传因子假说。假说的大意是:植株的性状是由遗传因子决定的,这些因子独立存在于生殖细胞内,互不发生影响;杂种在形成配子时,成对因子彼此分离,不同对因子则自由组合,机会均等。1865年春,孟德尔在布尔诺自然科学协会的两次会议上报告了他的上述科研成果。翌年,他将其整理发表在该协会的会刊上,这就是我们今天看到的《植物杂交的实验》一书。

孟德尔对遗传学的贡献,主要有以下四个方面:

首先,他最早发现和明确提出了杂种性状的分离律和自由组合律,即 $(3:1)^n$ 的遗传法则:最先以假说形式科学地解释了这一现象,并运用科学的实验方法给予了证明,从而揭示了生物遗传的基本规律。一个多世纪以来的科学实践表明,孟德尔的这个重大发现在生物学史上具有划时代的意义。它不仅奠定了现代遗传学的科学基础,同时还在医学、人类学、农学、园艺学等方面都获得了广泛的应用,极大地促进了这些学科的发展。

其次,是初步形成了“颗粒式”遗传的理论。孟德尔在观察豌豆植株各对区分性状的遗传时,都没有看到任何的中间类型,即植株的性状都没有发生融合现象。既然性状没有发生融合,那么决定性状的遗传因子在细胞内应是独立存在的。孟德尔由此认识到了遗传是“颗粒式”的,而不是“融合性”的,即初步形成了“颗粒式”遗传的理论。科学的发展已经证明,孟德尔的颗粒式遗传理论基本上是正确的,是遗传学史上的一个重要里程碑。它不仅给当时流行的融合遗传理论以巨大的冲击,使遗传学找到了正确的发展方向,而且还填补了达尔文学说的一个漏洞,因而对现代遗传学和达尔文主义的发展,都有着重大的影响。

第三,孟德尔在杂交实验中创始的“回交法”和选择典型性状进行单因子分析法,已成为现代遗传学研究的重要方法。特别是他开创性地运用数理统计方法来研究生物的遗传问题,从而把遗传学研究从单纯的描述推进到定量的计算分析,开拓了遗传学研究的新途径。孟德尔之后,英国学者哥尔登应用数学方法研究了生物群体的遗传,发现了群体遗传学的一个重要定律——回归律。可以认为,数学在生物学中最先得到应用的是遗传学,而这又是从孟德尔对生物单个性状的研究,和哥尔登对生物群体的研究开始的。此后,数学日益向生物学渗透,以致于在今天的生物学中,数学成了一种必不可少的研究工具。

第四,孟德尔是提出数量性状遗传思想的先驱者之一。孟德尔在菜豆实验中,用红花菜豆同(开白花的)矮菜豆杂交,发现菜豆花色的遗传不同于豌豆。除了红花与白花外,还有一系列的过渡类型,对此孟德尔是用因子的组合作用来说明的。他假定,若红花菜豆的花色A是“两个以上完全独立的颜色的组合”,即 $A = A_1 + A_2 + \dots$,那么在与矮菜豆受粉后,“就会产生杂种组合 $A_1a + A_2a + \dots$ ”。因此,杂种 A_1a 和 A_2a 两个各别系列的组合,“就一定要产生一个完整的颜色系列”,即 $(A_1 + a)^2 \times (A_2 + a)^2 = 1A_1A_1A_2A_2 + 2A_1aA_2A_2 + 2A_1A_1A_2a + 4A_1aA_2a + 1A_1A_1aa + 1A_2A_2aa + 2A_1aaa + 2A_2aaa + 1aaaa$ 。在这9个不同组合类型中,每个类型所含的因子不尽相同,因而就代表着不同的花色。显而易见,孟德尔对菜豆花色遗传的分析,与本世纪初瑞典遗传学家尼尔孙-爱尔用多因子假说来解释小麦种子颜色的遗传,是十分类似的。从这点来说,孟德尔对菜豆花色遗传的分析,已包含数量性状遗传思想的萌芽,因此可以认为他是提出数量性状遗传思想的先驱者之一。

(三)

孟德尔所以能够取得如此重大的科学成就,除了学习、继承前人的科学成果外,在很大

程度上也和他具有独特风格的科学研究方法密切相关。

那么, 孟德尔的科学方法有什么特点呢?

第一、实验材料的精心选择

在植物杂交实验中, 首先必须解决的问题, 是选择什么样的植物品种作实验材料? 在某种意义上说, 这是关键性的。因此, 孟德尔在杂交实验中, 非常注意选择实验材料。他指出: “任何实验的价值与用途, 取决于实验材料之是否适宜于它所用作的目的, 因而在吾人当前的例中, 加以实验的是什么植物, 以及这种实验怎样进行, 不是没有关系的”。他根据前人实验的经验和自己仔细地观察, 选用了豌豆品种作实验材料。因为豌豆是严格的自花受粉植物, 人工受精成功率高, 也易于栽培, 生长周期短; 品种间相互受粉能产生有完全繁育能力的后代, 更主要的是它有易于识别的可区分性状, 因而是很理想的植物杂交的实验材料。事实说明, 孟德尔实验的成功, 与他选择豌豆作实验材料是分不开的。

第二、植株性状的分类与单因子分析

在确定了用豌豆作实验材料后, 孟德尔并不像他的前辈们那样, 只从整体上笼统地观察植株性状的遗传, 而是先把植株的性状进行分类, 然后再分别观察各对性状的遗传。他先花了二年时间, 对 34 个不同的豌豆品种进行“纯系”培育, 从中选取了 22 个能够真实遗传的品种, 尔后又从这些品种中, 剔除了那些性状差异不明显的品种, 只选留了具有明显性状差异的品种。通过进一步地观察, 他从这些具有明显性状差异的品种中, 确定了 7 对易于识别的区分性状, 如种子的圆形和皱形, 子叶的黄色与绿色等等。经过这样的一系列“纯化”过程, 孟德尔就把复杂的生物遗传问题, 限定在某些典型性状的遗传上, 这不仅大大简化了实验条件, 而且也便于观察植株性状的传递规律。

接着, 孟德尔根据豌豆的 7 对不同性状, 共部署了 7 组实验, 每组实验只以一对性状的遗传作为观察对象, 而暂置其他众多性状于不顾,

也就是选择单位性状进行单因子分析。采取这种方法, 孟德尔观察到: 在各杂种中分别出现的 7 对性状都类似于两个亲本类型中的一个, 而不表现为融合的中间形态; 而杂种后代的性状则发生分离, 两个原有亲本类型的性状同时表现出来。这样, 孟德尔就成功地认识到了杂种的显性现象和杂种后代的分离现象, 从而为揭示植株性状的传递规律奠定了基础。

第三、创造性地引进和运用了数理统计方法

孟德尔在分析前人实验的经验教训中认识到, 对实验结果进行数量分析, 是关系到实验能否成功的关键。因此, 他在每个实验中, 都精确地记下了各个品种在它们的连续世代中的个体数目, 并用数理统计法进行统计分析。在统计有一对区分性状的植株的杂交结果时, 孟德尔总是发现, 具显隐性性状个体的数目之比大约都是 3:1, 在统计有二对区分性状的植株的杂交结果时, 杂种性状的分离与组合也都呈现 9:3:3:1 的比例, 很有规则。根据这两个方面的实验结果, 孟德尔确立了杂种性状在后代系列中的分离比。他设 n 代表两个原有亲本区分性状的对数, 那么在杂种产生的后代中, 其保持稳定的组合数为 2^n , 组合系列中的项数为 3^n , 系列的个体数为 4^n 。这样, 孟德尔就得到了杂种性状的 $(3:1)^n$ 的比例关系公式, 即我们通常所说的 $(3:1)^n$ 的遗传规律。由此可见, 孟德尔分析, 整理实验结果的基本方法是数理统计法。他正是在对实验结果进行了计数的基础上, 通过统计学分析, 而发现植株性状的传递规律的。这说明数理统计方法的应用, 确是孟德尔实验成功的关键。

第四、善于提出科学的假说

假说是自然科学的思维形式和发展形式, 因此它在科学研究中应用得极为广泛。孟德尔在植物杂交实验中, 也应用了假说的方法。

如上所述, 孟德尔在统计、分析实验结果时, 发现杂种一对性状和两对性状的分离, 分别呈现出 3:1 和 9:3:3:1 的比例。为什么会出

这种有规则的遗传现象呢？孟德尔认为，假如任何个性状都是由因子决定的，这些因子在形成配子时既独立分离，又以同等机会自由组合，那么上述现象就可以得到合理的说明。这样，孟德尔在实验的基础上，运用正确的理论思维和丰富的想像能力，就总结并提出了遗传因子的分离假说和自由组合假说。

运用假说，孟德尔较好地解释了已有的实验结果。但孟德尔并不以此为满足。为了检验假说的正确性，他又设计了一种“回交实验”，作为直接证明因子在杂种中相互分离和组合的方法。实验分四组进行：(1)用 AABB 的花粉与杂种 (AaBb) 杂交；(2)用 aabb 的花粉与杂种 (AaBb) 杂交；(3)用杂种 (AaBb) 的花粉与 AABB 杂交；(4)用杂种 (AaBb) 的花粉与 aabb 杂交。若假说是正确的，对于 (1)、(3) 两组实验来说，杂种的后代应该都是 AABB、AaBB、AABb 和 AaBb，即两组杂种全部都表现出显性性状，对于 (2)、(4) 两组实验来说，两组杂种的后代应该都出现 AaBb、Aabb、aaBb 和 aabb 四种类型，数目相等，即呈现出 1:1:1:1 的比例。

事实上，在上述的实验中，的确出现了孟德尔所预期的各种类型和数目，实验结果与预期值非常接近。“回交实验”的成功证实了假说的正确性。

孟德尔的治学态度非常严谨。他虽以实验验证了假说，但他并没有立即将自己的实验成果公布于世。他感到他的假说是根据豌豆品种的实验结果总结出来的，它是否适用于其他的植物品种，还有待于通过实验来检验。为此，他又用菜豆、玉米、水杨梅等植物的不同品种作杂交实验，以“确定在豌豆属里发现的发育规律是否也适合于其他植物的杂种”，在这些推广实验中，不少植物品种的“杂种发育，在有关那些影响植物形态的性状方面，是遵守着豌豆属中同样的规律的”。实验证明，孟德尔根据豌豆的实验结果提出来的假说，对于很多别的动植物品种也是适用的，因而具有普遍的意义。

从以上的概述中我们可以看出，孟德尔虽然是一个天主教神父，但他在自然科学领域内却是个坚定的唯物主义者。他在植物杂交研究中。由于选择了合适的实验材料，运用了正确的理论思维和一整套科学的实验方法，又善于提出科学的假说，从而发现了生物遗传的基本规律，为科学的发展作出了杰出的贡献。他在生物学史上，最早应用严格的数理统计方法来研究生物的遗传规律，是遗传学研究方法的重大创新，这对于整个生物学的研究和发展，也具有深远的影响。

青蛙捕食的观察方法

青蛙到底如何捕食，几年来在课堂上看挂图，在野外远距离观察，效果都不太理想。

今年夏天，我们做了一个实验。捕捉几只幼蛙，在每个罐头瓶里放一只，再加入 0.5—1cm 深的水，以保持瓶内湿润的环境，盖上有孔的盖。先让幼蛙饥饿一天，然后分给每个观察小组。小组同学把活的苍蝇、地老虎、蝼蛄等投入瓶内。当昆虫飞近时，蹲着的幼蛙会突然活跃起来。接着便迅速张开宽大的嘴巴。这时，舌根在前，舌尖向后的舌突然灵巧地翻出口外，用舌尖把昆虫粘住，送入口内、吞下。配合吞嚥动作，眼球向口腔推动，有助于把食物推向食管。这一情景，只要学

生认真观察，是比较容易看到的。

这个实验还可以帮助我们了解青蛙的食性。任意捕捉一些昆虫投给幼蛙，发现蛙对有的昆虫很爱吃，对有的昆虫不太爱吃、甚至不吃。通过观察，还可以使学生了解蛙的食量。据统计，每只蛙每天可吃五十只左右的昆虫。引导学生做这样的观察之后，学生们自己就可以得出结论：青蛙是对农业生产有益的动物，应该加以保护，不许捕杀青蛙。

让学生做以上实验，再结合课本上青蛙捕食图解，就很容易使学生获得形象、生动、具体的感性知识，从而也培养了学生的观察力和思维能力。

吉林永吉县教师进修学校 叶春茂

吉林永吉县第三十二中学 关惜平