

JINPINGGUO WENKU

主编/卞毓麟



金苹果文库

基因造福

江苏教育出版社

JIANGSU EDUCATION PUBLISHING HOUSE



基

因

造

福



金苹果文库

主编 卞毓麟

基因造福

赵寿元 著



图书在版编目(CIP)数据

基因造福/赵寿元著. —南京: 江苏教育出版社,
2003. 12

(金苹果文库)

ISBN 7-5343-5293-2

I. 基... II. 赵... III. 基因-基本知识
IV. Q78

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 121508 号

作者题词

看似寻常最崎岖，成若容易却艰辛。



A large, stylized handwritten signature in black ink, likely reading '赵寿元' (Zhao Shouyuan), with a long, sweeping horizontal stroke extending to the right.

赵寿元,1931年5月6日出生于江苏苏州。1961年毕业于复旦大学生物学系,随即师从谈家桢教授攻读研究生,毕业后留在复旦大学任教迄今。1985年任教授,1990年被评为博士生导师,1997年获复旦大学首席教授称号。曾任复旦大学遗传学研究所所长,遗传学和遗传工程系系主任。现任教育部全国高校生物学教学指导委员会主任,中国遗传学会理事长,国际遗传学联合会主席等职。1981年至1995年间先后在美国耶鲁大学和华盛顿大学(西雅图)进修和工作将近四年。长期在人类和分子遗传学领域中从事教学和科学研究,已发表学术论文近200篇,出版编、著、译作24本。

主编的话

世纪之交，果园飘香，灿烂的阳光下，百万只“金苹果”挂满枝头。面对此情此景，你将有何感受？

这片果园，展现在中国的科普田野上；这每一只“金苹果”，就是我们这套《金苹果文库》的一册书。

《金苹果文库》列入国家重点图书出版规划后，编写出版工作进展顺利。全部5辑共50种图书，按每辑10种依次出版。前4辑40种出版后，至今已累计印行90万册，让全国数以百万计的读者品尝到了它们的芳香与甜美。现在，随着第5辑10种正式付印，“金苹果”的产量也真的上了百万。

我们在第1、2辑《主编的话》中说过，科学的发展是一代又一代富有献身精神的人不断努力、不断拼搏的结果。对此，科学巨匠牛顿有一句广泛流传的名言：“如果我比别人看得远些，那是因为我站在巨人们的肩上。”

从牛顿的时代至今的三个多世纪中，科学发展越来越迅速，也越来越复杂，所以科学家、科学教育家们就有义务向社会公众，特别是向青少年们尽可能通俗地宣传普及科学精神、科学思想、科学方法和科学知识，这就是我们主编这套《金苹果文库》的宗旨。

“金苹果”首先是为青少年朋友编写的，具有初中文化程度的读者基本上就可以看懂。当然，它们一定同样会受到渴

求加深了解科学技术的成年读者的青睐。“金苹果”的作者们有一个共同的心愿，那就是使读者充分体验到，阅读科学书籍实在是一种妙不可言的美的享受。

几年来的事实业已表明，“金苹果”很受读者欢迎，先期出版的第1、2、3辑已经多次获奖。例如，第3辑获第12届中国图书奖、江苏省第4届“五个一工程”图书奖，第1、2辑均被评为全国优秀畅销书、获华东地区优秀教育图书奖，第1辑获江苏省优秀图书一等奖。在许多地方，“金苹果”还被教育、科技部门推荐给广大中小学生，成为他们喜爱的课外读物。

“金苹果”为什么会取得成功？原因很多，其中有一条很值得一提，那就是我们组建了一支很优秀的作者队伍。这些作者大多获得过中国科普作家协会的表彰，而且有丰富的科研经验，这就为科普作品的科学性、新颖性和深刻性提供了有力的保证。同时，他们也了解中国读者对科普的需求，熟悉中国读者的阅读习惯和思维方式，他们乐意尽力用自己的智慧和笔墨，和读者一同赏析蕴藏在真实的科学精神、科学思想、科学方法和科学知识中的永恒魅力和无穷乐趣。

“金苹果”在选择作者和确定选题时，突破了严格按学科分类和强调覆盖主要学科门类的思维模式，而是先确保作者队伍的“整齐”，再由作者提出最“拿手”的选题，从而确保整套丛书的质量，突显丛书的特色。我想，这样培育出来的“金苹果”，大概是很难“克隆”的吧。

培育“金苹果”的历程，是一次“集结中国优秀科普作家队伍，展现中国优秀原创科普成果”的过程。如今，随着“金苹果”第5辑的问世，编辑出版这套文库的任务算是圆满完成了。然而，“金苹果”的生命力仍将与时俱增，为此，我们再次诚恳地请读者朋友将品尝“金苹果”的感受告诉我们，帮助我们不断地总结经验教训，不断地开拓进取，不断地为我国的科

普事业提供更加美好的新作品。

对我本人而言,和众多的作者、编者、读者一起,共同培育我们的“金苹果”,实在是一段非常值得回忆的美好经历。亲爱的朋友们,我衷心地期待着:有朝一日,在祖国的科普田野上,在一片新的果园中,我们大家再次来相聚。

卞毓麟

2003年12月19日

目 录

- 1 我与科学世界
- 4 基因学——新一代的遗传学
- 9 以基因为基础的农业
- 18 以基因为基础的医药业
- 33 以基因为基础的环境保护
- 37 人类基因组计划
- 57 生命科学工业的崛起
- 67 基因组研究与法律、商业和社会
- 73 怎样看待“克隆人”问题
- 80 遗传学与还原论
- 88 进化和进化学说
- 97 “劳动”选择了人
- 102 遗传学与优生学

我与科学世界

我进入自然科学领域和研究遗传学,可说是纯属偶然。

1948年我高中毕业,随即考入了上海一家很有名的私营银行,从当练习生开始,经历了上海解放,“三反五反”和私营企业改造,成长为国家银行的一名基层干部。1956年,在政府号召“向科学进军”的浪潮中,我以“调干生”的身份报考高等院校。当时我离开学校已经8年,且一直在银行里工作,但却不想读财经专业,而是一门心思想当一名医生,于是在报名表的专业志愿栏和学校志愿栏上全填了医疗专业和医学院校。

至今还记得很清楚,我是在华东师范大学报名点办的报名手续。当我把填好的报名表交给一位老师时,他看了一遍就皱着眉头对我说:“你这样填不太好,万一你不合适读医科,那不是全军覆没、毫无希望了吗。”我想也是,可我不知道填报什么专业是好。这位老师指点说,不妨报考与医学相近的专业,比如生物学。这样,我把最后一个志愿改为生物学,并填上了复旦大学。没想到的是,我却被复旦大学生物学系录取了。后来,我有机会看到了报名时的体格检查报告,上面赫然写着“该生高度近视,不宜读医疗专业”。就这样,正是华东师范大学的这位老师短短的几句话,改变了我的人生道路。遗憾的是我不知道这位老师的姓名,但我迄今还是深深地感谢

他,他是把我引向生物学领域的第一位老师。

在这里,我想说的是我对专业的兴趣完全是从学习和工作过程中培养出来的。开始时,对专业的内容浑然不知,毫无感情可言,但这并不妨碍到最后热爱这个专业并结下终身不解之缘,关键在于要孜孜以求,锲而不舍。

刘祖洞教授是我的遗传学启蒙老师。我读书的那个年代,正是国际上提出了遗传物质 DNA 分子的双螺旋模型,遗传学研究进入了分子水平并取得迅猛发展的大好时光。可是,在国内遗传学刚刚从“反动的”、“唯心的”和“资产阶级”的政治大帽子下探出脑袋,刚刚被允许在课堂上进行讲授。为了体现“百家争鸣”方针,我们作为学生一定要同时读两门遗传学,一门是所谓的“摩尔根遗传学”,另一门则是“辩证唯物主义的”李森科遗传学,也就是当时的苏联的学派。刘祖洞教授给我们开设“摩尔根遗传学”。他上课时观点鲜明、论据充分、条理清晰,更为可贵的是他讲课时充满激情,洋溢着弘扬科学真理的胆识和勇气,对李森科的伪科学理论逐一驳斥,毫不留情。刘先生常说,谁听了我的课,如果还相信李森科的那一套,那就是我上课的失败。我和同学们都没有辜负刘祖洞老师的期望。现在,所谓的李森科遗传学之说已成为历史的陈迹。

刘祖洞老师宣传科学真理,诲人不倦的精神为我作出了表率。我在以后的遗传学教学活动中一直以他为榜样,切切实实地努力提高遗传学的教学水平。

谈家桢教授是我读研究生时的导师,他不仅把我带进了遗传学的研究领域,更重要的是教会我怎样去从事科学研究。科学研究首先要勤于观察、善于分析,这样才能捕捉住偶尔出现的个别例外现象,或是从日常遇到的事件中察觉出差异,然后以此为线索,追根溯源,穷究其底蕴,以期找出其原因和规

律。摩尔根从成千上万只果蝇中,盯住了一只与众不同的长着白眼而不是红眼的雄果蝇后,以它作为实验材料作了各种交配试验,分析它的后代的眼颜色同性别之间的关系,从而揭示出一条重要的遗传规律——遗传连锁定律。谈家桢先生从瓢虫的色斑灿烂的鞘翅上,细心地观察到亲代同子代鞘翅上色斑图案是重叠的,由此而发现了嵌镶显性遗传规律。

除了知识之外,向老师学习的更重要的是治学之道。在抗日战争期间,浙江大学内迁到贵州湄潭时,谈家桢先生就在一个破败的祠堂里,用煤油灯作为光源在显微镜下潜心观察。这种千方百计创造条件,在艰苦困难的情况下也不放弃科学研究的坚韧不拔的精神,成为我在以后工作中的动力。

“师父领进门,修行在个人”。在遗传学领域里,我学习和工作了四十多年,深深领悟到要在学术上有所建树,除了依靠老师的指点和引导外,很重要的是要依靠自己的努力,否则就难以做到“青出于蓝而胜于蓝”,也就无法把人类对自然界的认识推进一步。可是,“名师未必出高徒”。尽管有海内外享有声誉的师辈们为我授业和解惑,可是我自己少了一点悟性和灵气,所以学无建树,乏善可陈。虽然愧对师门,但把我的一点体会和认识告诉大家,也许还是有益的,那就是:

看似寻常最崎岖,成若容易却艰辛。

基因学——新一代的遗传学

回眸历史,遗传学的历程可分成两个时期。20 世纪 50 年代以前,人们以杂交为主要实验方法观察、比较生物体亲代和杂交后代的性状变化,定量地进行分析,从而认识与生物性状相关的基因及其突变与传递的规律,也就是从生物体的性状改变来认识基因,是为正向遗传学。这可称之为遗传的杂交分析时期。20 世纪 50 年代以后,人们开始运用物理学和化学的普遍原理和实验技术,直接解剖基因的物质结构,在分子水平上阐明基因的结构和功能及两者之间的关系,也就是从基因的结构出发,认识基因的功能,是为反求遗传学。这称之为遗传物质分子分析时期。

基因始终如一地是遗传学研究的对象。1909 年丹麦遗传学家约翰逊首次提出“基因(gene)”这一术语时,它还只是代表某个遗传性状的一个抽象符号。随着研究工作的深入,人们不断地赋予基因以新的科学内涵。现在,我们知道基因是一种化学分子,是遗传信息的物质载体,蕴含着支配生命活动的指令和构建生物体的蓝图,同时也是可以通过人工操作来改变生物体属性的一种元件。基因是 DNA 分子,DNA 的全称是脱氧核糖核酸。除少数病毒的遗传物质是 RNA——核糖核酸外,DNA 是所有生物的遗传物质。DNA 的基本组分是磷酸、碱基和脱氧核糖,三者组成了一个脱氧核糖核苷酸,核

苷酸逐个连接成一条核苷酸链。碱基分四种：腺嘌呤(A)、胸腺嘧啶(T)、鸟嘌呤(G)和胞嘧啶(C)。A和T之间、G和C之间通过氢键连接配对，于是两条核苷酸链通过碱基之间的互补配对形成了DNA双链分子。在核苷酸的排列次序中包含

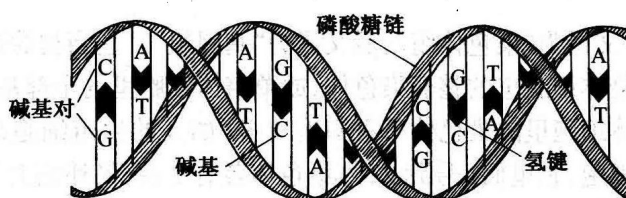


图1 DNA分子的螺旋模型

了遗传信息。所以具体地说，基因是由核苷酸序列组成的一段DNA分子。总之，所有生物体的所有生命活动无不直接或间接地在基因的控制之下。因此，凡是以生物体某一特定生命现象为研究对象的学科，如研究细胞内生命活动的细胞生物学，研究生物个体生长发育的发育生物学，研究生物系统发生和进化的进化生物学，研究生物体内生理、代谢的生理学和生物化学，以及研究生物体不同层次上的神经活动的神经生物学等，在深究这些生命活动的底蕴和机制时，都会涉及基因。基因融入了生命科学的各个学科，各个学科的发展又推进了对基因结构和功能的认识。在这种情况下，生命科学的各个学科几乎都与遗传学形成了交叉学科，如细胞遗传学、生化遗传学、神经遗传学、发育遗传学、进化遗传学乃至生态遗传学等。遗传学研究逐渐被其他学科所“蚕食”，遗传学的固有“边界”正逐渐变模糊，趋于消失。但是，这并不是意味着遗传学在消亡，恰恰相反，这正是标志着遗传学面临着又一次迅猛发展的大好形势，那就是基因组学的出现，它把遗传学的研究推向新的高潮。在此基础上，遗传学将以新的面貌——基因学

(Genics)出现于自然科学领域中。

基因学是在 DNA(RNA)分子的结构和功能的基础上阐明生物遗传现象的一门学科。它既因袭了遗传学的成就,又包括了基因组学的研究内容。

1922 年,在遗传学文献上第一次出现了“genome”这个术语,中文译为“染色体组”,后又译为“基因组”。它当初的定义是单倍体细胞里的整套染色体,或单倍体细胞里的全部基因。单倍体细胞里的染色体每种只有 1 条,如人的生殖细胞是单倍体细胞,它里面 1 号到 22 号染色体各有 1 条,另外加上 1 条 X 染色体或是 1 条 Y 染色体,共 23 条染色体。可是,在人的体细胞里,每种染色体都各有 1 对,另外加上 1 对 X 染色体,或是 1 条 X 染色体和 1 条 Y 染色体,共有 23 对 46 条染色体。这类细胞称二倍体细胞。染色体是由 DNA 分子和蛋白质组成的可被染料染色的细胞内的一种结构,是基因的载体。因此,全套染色体就是全套基因,也就是全套遗传信息。可是随着基因组研究的深入,人们发现基因组中除了基因外,绝大多数(如人的基因组 DNA 中 70% 以上)不是基因,而是不编码蛋白质的非编码序列。所以,对基因组的定义应该是单倍体细胞里所有的基因序列和非编码序列的总和。

基因组学是 1986 年托马斯·罗德里克(Thomas Roderick)提出的一个新名词,当年用来作为麦库锡克(V. McKusick)和拉德尔(F.H. Ruddle)主编的一本新杂志的名字。基因组学依据其研究的侧重点可分为结构基因组学和功能基因组学。从词义上看,基因组是包含了整套染色体上的基因以及非基因的 DNA 序列,基因组学所研究的基因组的结构和功能应该涵盖了对基因的结构和功能的研究。因此,基因组学似乎是涵盖了基因学。其实不然,甚至正相反,因为基因组学是在大规模和高通量的水平上克隆分离基因和分析基因的结构,并在

基因间相互作用的网络中来认识基因的生物学效应。这并不悖于基因学的研究内容,大批克隆和分析基因只是在时间尺度上缩短了一个个单个基因操作所花时间的总和,而相互作用形成的复杂性,最终还是要了解构成网络的每一单个组成成分的功能后才能得到解析。所以,对于基因组功能的认识最终还是落实在对每个基因的研究上。至于基因组中非基因 DNA 序列或非编码序列的研究也离不开对基因的研究。非编码序列如果有其生物学功能,则一般不外乎通过两种途径来实现。一是作为积累不引起突变的核苷酸变化的“蓄水池”,形成核苷酸序列的多态性,然后在进化过程中,通过 DNA 序列改变在染色体上所处位置的易位、转座等方式形成有功能的新基因或是改变原有基因的结构而引起功能突变。另一条途径则是以增强子、弱化子、启动子等形式调节控制原有基因的表达方式和活性。归根到底,基因组中所有非基因序列如果真是具有生物学功能的,也一定是通过形成新的基因或是影响现有基因的表达来实现的。这说明基因和基因组是一个整体,基因组的功能是通过一个个基因的功能来实现的。换句话说,只有真正弄清了每个基因的所有功能,才是认识基因组功能的基础。因此,从这个意义上说,基因学的研究是包含了基因组的研究,基因组学是基因学的组成部分。

基因学通过直接研究基因的结构和功能将传统的遗传学研究推向深入,从而揭示出新的遗传现象及其规律。例如,目前除已认识的遗传方式如显性、隐性、共显性和伴性等外,还发现了三核苷酸重复序列扩增的动态突变引起的早现遗传或遗传早现现象。在无临床症状的正常人的基因或基因组中都有由三个核苷酸组成的序列重复出现,当这种三核苷酸重复序列的拷贝数扩增超过某一阈值时,正常基因变成了致病基因,而且重复拷贝数在传递给下一代时总是有增加的趋势。

结果获得更多拷贝数的子代发病年龄提前,症状加重。这种现象需要在 DNA 水平上加以研究。现在已提出了若干假说,如突变使编码产生的蛋白质变成一种酶的作用底物从而生成异常的产物,或是改变了的蛋白质产物阻遏了正常的酶活性等最终导致疾病的发生。又如在遗传传递过程中还有表观遗传学现象,这就是基因的核苷酸序列不发生改变,但出现了可遗传的变异。这方面的例子很多,如来自父亲的和来自母亲的同样的基因在功能上却出现差别,这称为基因组印迹;基因在转录产生 RNA 后,增加或减少了一两个核苷酸,结果翻译产生的蛋白质里的氨基酸序列同基因的核苷酸序列不相吻合,这是 RNA 编辑;还有像引起疯牛病的病原体——蛋白质(朊)病毒(Prion)就是一种正常蛋白质的异构体,也就是说这两种蛋白质的氨基酸序列和组成相同,只是氨基酸构成的多肽的折叠方式不同。会引起类似显性遗传以及蛋白质能自我复制和传递遗传信息的假象等也都属于基因学研究的范畴。

基因学的实际应用范围也将比遗传学有所扩大。除了应用单个基因的表达产物,增删生物体内单个基因,以及人为地加速“自然选择”进程达到育种的目的以外,还可发展基因组工程,将成批基因组合起来协调发挥作用,在组织、器官和个体克隆的基础上,实现不同来源的高等生物基因组的拼接,构建一个杂合基因组,创造出自然界中没有的、自然进化也无法产生的、全新的人造高等生物。