

《海纳百川·藏书博览》

简装书库·自然科学总论

（理论、现状及发展）

# 百名院士科技 系列报告集

（中）

02

上海市黄浦区教育信息中心

# 高性能无机材料的现状与展望

严东生

中国科学院

严东生 材料化学家。1918年2月10日生于上海。1939年毕业于燕京大学。1949年获美国伊利诺大学博士学位。历任中国科学院冶金陶瓷研究所研究员、上海硅酸盐研究所所长，中国科学院副院长。曾任中国硅酸盐学会理事长、荣誉理事长，中国宇航学会副理事长以及亚洲各国科学院联合会主席。现任中国科学院特邀顾问、中国化学会理事长等职。1980年当选为中国科学院院士（学部委员）。1985年当选美国纽约科学院院士。1986年获美国伊利诺大学和法国波尔多大学、1993年获香港理工大学荣誉科学博士，1988年当选国际陶瓷科学院创始院士。1991年当选第三世界科学院院士。是我国无机材料科学奠基人之一。

日本通产省曾对高性能无机材料从80年代到90年代初的生产发展的实际情况，以及从90年代初到2000年发展预测，得到的结果是在这15年间将增长4-6倍。在金属、有机高分子、无机这三大类新材料中，不论增长速度或绝对产值均占首位。并预计在2000年的产值将超过文字处理机、工业机器人等产业。美国在1990年高性能陶瓷的总产值为25.3亿美元，其中功能陶瓷占有75%的市场，结构陶瓷占25%。美国商业部预测到2000年总产值将增加一倍多，达59亿美元，其中功能陶瓷将占60%，而结构陶瓷将占40%的市场。日本无机新材料的产值远高于美国，1985年为67亿美元，1990年已达120亿美元，预计到2000年将达250-400亿美元，是美国的4-6倍。

## 一、高性能无机材料高速发展的推动力

1. 高性能无机材料具有如此高速、持续的发展势头，主要特征和动力来自于以下几个方面。首先是应用需求牵引，成为最重要的动力。例如信息技术的发展，从电子信息处理，发展到光电子信息处理，以至于光子信息处理，需要一系列材料作为基础。包括：光-电子材料，非线性光学材料，光波导纤维、薄膜与器件等等。又如能源工程技术的发展，要求能耐受更高温度、高可靠性、寿命可预测的结构材料，以提高效率，改善环境；也要求更好的耐磨损、耐腐蚀、耐高温的材料等等。再如随着人类社会的进步，人体修复的需求将会日益增长，必将带动各类生物医用材料的发展。

2. 其次是多学科交叉的推动。材料科学本身就具有多学科交叉渗透的特征，包括丰富的内涵。例如材料的组分（分子）设计与合成，涉及许多化学学科的分支，如高温过程的热力学、动力学以至在温和条件下的仿生合成等。当研究与了解材料的微观结构与性能的关系时，就要涉及到物理学，特别是凝聚态物理；以及力学，特别是非连续介质微观力学诸学科。当联系到材料在各种条件下的使用效能时，就将涉及到众多的工程科学学科。

3. 再有一个值得重视的趋势，就是材料、器件、系统一体化日益明显，以发挥更有效的功能。这在功能材料领域表现得尤为突出。即使是结构材料，也更多地从系统的效率、经济性、使用寿命的延长与减少环境污染等角度来

考虑。

以上各点都推动着新材料、包括无机新材料的加速发展。

## 二、高性能无机材料在功能领域的应用

高性能无机材料具有电、光、磁、半导、化学等多方面的功能特性，从而在广泛的应用领域中占有重要地位，并有广阔的开拓前景。简述如下：

### （一）电性陶瓷——可分别归纳为几大类

1. 介质材料。许多陶瓷材料具有高的介电常数，称为介质材料。按其结构与性能，可分为以下几类。

（1）绝缘陶瓷。其典型代表有  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{AlN}$  及  $\text{BeO}$  等。 $\text{Al}_2\text{O}_3$  陶瓷已广泛用作半导体集成电路的基片与高性能的封装材料。 $\text{AlN}$  具有更高的导热系数，有利于在日益增长集成度条件下热量的散失，是继  $\text{Al}_2\text{O}_3$  之后，下一代的基片材料。 $\text{BeO}$  同样具有高的导热系数，但由于铍的毒性，而且价格昂贵，限制了它的应用。

（2）铁电陶瓷。这是一大类功能陶瓷，具有铁电性，以  $\text{Ba-TiO}_3$ 、 $\text{SrTiO}_3$  等为代表，有宽广的应用性，其中电容性陶瓷的产量及销售额占有最大的比重。

（3）压电陶瓷。铁电陶瓷经过极化处理，在大多数情况下可使其电畴转向、排列，从而具有压电性，以钛酸钡、锆钛酸铅等为其主要代表。用它们制成的器件，在水声、电声、超声、滤波、引燃、引爆等方面，有甚为广泛的应用。最近，微位移器的发展，压电陶瓷及电致伸缩陶瓷发挥了很大作用。著名的 Huber 望远镜在外层空间的位置的微小而精确的调整，就是用这种微位移器实现的。

2. 半导体陶瓷——不少类无机物质具有半导性，被利用为在不同环境下的敏感材料，发展成为传感器。

（1）湿敏材料、器件。

（2）温度敏感材料与器件——典型的有被广泛使用的 PTC、NTC 器件。

（3）气氛敏感材料与器件。

（4）变阻器（Varister）—— $\text{SiC}$ 、 $\text{ZnO}$  等。吸收高电压、脉冲电流，作为避雷器等。

3. 离子导体。其中以掺杂  $\text{CaO}$  或  $\text{Y}_2\text{O}_3$  的四方稳定  $\text{ZrO}_2$  作为氧离子导体，以及  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{NaSiCON}$  作为钠离子导体最有代表性。前者作为在各种环境下，包括高温窑炉、烟道气、汽车尾气和钢水中测定氧的浓度等，已发展成相应的器件，获得广泛的应用。在近年来发展中的氧化物燃料电池（SOFC），氧离子导体是整个系统中构成传导氧离子的电介质部件，起到核心的作用。而钠离子导体材料则是多年来引起材料界与电化学界重视的钠-硫电池的关键材料。

### （二）磁性陶瓷

1. 软磁材料。以铁氧体为代表的软磁材料，人们经过多年的工作，开发了几代材料，为磁记录介质的应用与发展做出贡献。它的优点之一，是更适于在高频下使用。

2. 硬磁材料。另外一大类铁氧体陶瓷构成铁磁体材料，也适用于高频，

同样获得广泛的应用。

### （三）光性陶瓷

陶瓷材料做到透明，从而可利用其光性，是陶瓷材料制备科学的一大进步。其关键是要在烧结致密化过程中，排除其中几乎所有的闭口气孔。否则，由于存在着许多与可见光波长相似的气孔，射入光因强烈的散射作用，不能透过，使陶瓷材料失透。

1.透明氧化铝。一般  $\text{Al}_2\text{O}_3$  陶瓷是不透明的，利用其耐高温、高硬度、耐磨损，高强度以及电绝缘等特性。但当人们掌握了在制备  $\text{Al}_2\text{O}_3$  陶瓷时，排除其中的全部气孔，即成为透明氧化铝。现在的水平，已可制出透过 95% 可见光的管子，用做高压钠蒸气灯。在灯管内，温度可达 1400℃，同时钠蒸气有强烈的腐蚀作用，透明氧化铝成为理想的灯管材料，现已是一巨大的产业。

2.透明  $\text{MgO}$ 、 $\text{ZnS}$  等。是红外及特殊的窗口材料。在工业、高温实验室及国防上均有重要应用。

3.透明掺镧的锆钛酸铅（PLZT）陶瓷，是一种有广泛应用价值的功能陶瓷。由于可制备得到透明的材料，在光阀、光调制、光存储、显示等领域获得应用，成为光信息处理技术中的重要材料和器件。

### （四）化学陶瓷

即利用其化学及电化学性能的一类材料。

1.气敏材料与器件，如  $\text{ZnO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SnO}_2$  等。已用于气氛检测器、漏气报警及自动换气风扇等。

2.催化剂载体及催化剂——沸石、氧化铝、尖晶石以及相应的纳米材料是很好或已获得广泛应用的催化剂载体，有些经过修饰就具有很好的催化剂功能。

3.电极材料。用于诸多的电解工业，主要是碳化物、硼化物等。

### （五）热性陶瓷

主要利用陶瓷，特别是涂层材料在适当的高温下具有高效率的红外辐射特性。例如以  $\text{ZrO}_2$  及  $\text{TiO}_2$  为基的涂层，在食品、化工、医药等许多行业中获得应用。

## 三、高性能无机材料在结构领域的应用

在结构领域应用的高性能无机材料，它的优势主要在于能够耐受更高的温度，具有高的强度、耐磨损、耐腐蚀等性能。这方面涉及到的材料也是很多的，主要包括氮化物系统材料，碳化物系统材料，氧化物系统材料，以及陶瓷基复合材料等四大类。本文因限于篇幅，拟以氮化物系统材料为例，作一些简要介绍。

高性能氮化物材料是一大类具有发展和应用前景的材料。一方面依据热力学原则，对多元氮化物系统的相关关系研究，提高了按性能要求加强材料设计的能力。另一方面，以制备科学为指导，通过对微观结构的调控，可在材料设计的基础上，调节与提高材料的性能。

近十几年来，我们以及国外几个重要的实验室通过大量工作，对氮化硅材料的分子与晶相设计，以及制备条件-显微结构-性能之间的关系，已得到

了相当深的认识，掌握了若干条重要的规律。例如  $-\text{Si}_3\text{N}_4$  和以它为基础的固溶体可以发育成呈长板条状的微观形貌，从而赋予整体以高的强度及断裂韧性；而以  $-\text{Si}_3\text{N}_4$  为基的固溶体，可以“清除”晶界中某些不利组元，同时本身具有很高的硬度；其它各相可分别发育为各自的特征形貌，对材料整体性能起到不同的作用。因此通过设计及对材料制备因素的掌握，可以在相当程度上调控材料的性能，以适应材料的使用目标。

在这里，还应当强调晶界的组分及相组成对材料性能影响的重要性。利用已掌握的知识，晶界的组分及相组成也是可以设计的，并使之与材料的主要晶相相辅相成。

但同样应当明确的是，对复杂的氮化物体系的材料，不清楚或知之不深的因素还很多，这里仍然是一块值得进一步开垦的园地，从中必然可以得到新的、重要的收获。由于氮化物及其他高效能结构陶瓷所可能具有的优异性能，人们预期在 21 世纪初叶，若干关键问题可望得到突破，从而大大扩大它们的应用范围。其中一个典型的例子是在地面燃气轮机上获得应用，日本为此而拟定的性能目标和研究内容可简述如下：

#### （一）高温高强材料

1. 性能目标：1200-1300，寿命  $10^3$ - $10^4$  小时，拉伸强度  $30\text{Kg/mm}^2$ ，韦伯模数  $m = 20$ 。

2. 研究内容：高温高强材料的设计与表征，获得高疲劳强度的有关问题，获得高可靠性的有关问题。

#### （二）高温耐腐蚀材料

1. 性能目标：1200-1400，寿命  $10^3$ - $10^4$  小时，拉伸强度  $20\text{Kg/mm}^2$ ， $m = 20$ 。

2. 研究内容：材料的选择、设计与表征大型复杂部件的制备，高温耐腐蚀性研究。

#### （三）高精度、耐磨、耐腐蚀材料

1. 性能目标：500-800， $10^3$ — $10^4$  小时寿命，抗折强度  $50\text{Kg/mm}^2$ ， $m = 22$ 。

2. 研究内容：材料的选择、设计与表征；表面光洁度研究；耐磨与耐腐蚀性能研究。

### 四、生物医用材料

高分子材料、无机材料及金属材料均已在生物医学领域被应用，作为人体修复材料。但从生物相容性的特性分析，则高分子材料与无机材料有着更大的应用前景。美国于 1996 年对人工骨与各类关节的市场需求量预测为约 200 万件，中国骨折病人约 10 倍于此。是一项重大的社会福利问题。

无机生物医用材料可分为三大类，即惰性材料、表面活性材料及可吸收材料。属于惰性材料类的有氧化物陶瓷、非氧化物陶瓷、生物微晶玻璃、复合材料及涂层材料。属于表面活性材料类的有生物活性玻璃、生物活性微晶玻璃、磷灰石类材料、复合及涂层材料。属于可吸收材料类的主要是羟基磷灰石及可吸收的磷酸钙材料。

本文拟对涂层材料稍加介绍。其制备方法是以上述三类材料中的任何一

种为对象，一般以钛合金为基底，用等离子喷涂方法将它们在基底材料上形成一层结合牢固的涂层。这类涂层材料具有若干优点，首先可使具有生物相容性好的材料直接与生物体相接触；其次可以利用钛合金基底的强度与韧性；另外涂层材料含有许多微孔，又与被植入体周围的生物体相容，在动物中大量、长期试验证明，生物组织可以长入到微孔中，亲合性好，形成紧密的结合体。因此是比较理想的植入体。现已有肘关节、膝关节及髋关节产品，可供医生选用。在上海一地已有二百多病例。根据对植入髋关节病人的实例统计，在未植入前，有  $2/3$  的病人在没有手杖时，就完全不能行走；而在植入后则有 90% 的病人借助手杖即可长距离行走，其中  $3/4$  的病人可脱开手杖行走，效果相当明显。

以上谈了四点不求全面，但已看出高性能无机材料可具有多种优异的性能，因而获得了广泛的应用，并有着巨大的发展潜力和美好的前景。新材料和材料科学与工程本身就是高技术的重要组成部分；而且其他众多高技术领域的发展，都离不开新材料作为它们的基础与支撑。因此展望高性能无机材料的未来，将是一幅十分诱人的图画。

# 化学（物质）污染与可持续发展

徐晓白

中国科学院生态环境研究中心

徐晓白 女，环境化学、无机化学家。1927 年 5 月生于江苏苏州。1948 年上海交通大学毕业，现为中国科学院生态环境研究中心研究员、博士生导师，中国诱变剂学会理事，全国环境监测委员会委员。1995 年当选为中国科学院院士。主要从事典型污染物的环境分析化学及污染化学研究。

## 一、概述

环境问题与国民经济可持续发展休戚相关。全球性十大环境问题：（1）大气污染；（2）臭氧层耗损；（3）全球变暖；（4）海洋污染；（5）淡水资源紧缺和污染；（6）土地退化和沙漠化；（7）森林锐减；（8）生物多样性减少；（9）环境公害；（10）有毒化学品和危险废物。其中至少有七个直接与化学物质污染有关（1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, ）。。

我们正生活在一个化学品充斥的世界里面，在过去的 40 年，全球化学品的种类与年产量均以指数关系急剧增长，到 1993 年已近 4 亿吨。现在大约每隔不到 10 年产量就翻一番，而人类普遍使用的化学品大约有 8 万种之多，它们对提高人类的生活水平起了（还正在继续起着）不可磨灭的作用，产生了巨大的效益。但遗憾的是它们之中不乏有毒有害的化学品，例如：汞、农药、氯乙烯、多氯联苯等。在化学品的生产、运输和使用过程中，曾发生过多起严重的污染事故，造成巨大的生命和财产损失。印度博帕尔的农药厂毒气（异氰酸甲酯）泄漏、俄罗斯切尔诺贝利核电站爆炸等，是这类事故的典型；而更为大量存在的是微量化学品的暴露和对人类生存环境和人体健康的潜在的污染影响。

在化学品的生产和使用过程中，有毒有害废物问题更为严重。据估计，国际合作与发展组织成员国每年产生的有害废物达 3-8 亿吨。发达国家走过“先污染，后治理”的弯路，化学品真正经过安全性评价的不足 10%，因此大量化学品要重新评价。而传统上采用的填埋、地面堆存以及深井注入等处理废物的手段，已证明是有很严重问题的。仅美国就大约有数万个地下填埋场是不符合标准的，其中列入 EPA 重点名单的有近万个（1987 年），而清理这些处理场大约需要 230-1000 亿美元。许多填埋场地成为重大的污染源，其造成的地下水污染和对公众健康的危害十分严重。因此，有毒有害废物的控制和安全处置已成为当今环境保护的焦点之一。这在 21 世纪议程和我国白皮书中都有详细的论述。就全球环境而言，除全球气候变暖、臭氧层耗竭、酸雨等已成为众目睽睽的焦点外，人类普遍关心的化学污染的热点为：化工产品的污染（塑料、农药、医药、造币、橡胶、钢铁、炼焦、有色金属采选、冶炼、皮革与皮毛、染料、基本化工原料、试剂）、大气污染、农业活动产生的污染（农药、肥料以外还有农业废物）、富营养化（磷、氮）、油污染及固废处理（城市垃圾及有毒有害废物）。

## 二、我国环境情况

我国化学品的生产和使用呈迅速发展之势。生产品种已超过三万种。目前全国贮存的固体废弃物数十亿吨，占地达 5 亿多平方米（约 10% 的农田）。全国每年因固体废弃物污染所造成的损失约百亿元。随着经济的不断增长，预计到 2000 年全国固体废弃物产量将比 1990 年翻一番，工业固体废弃物的产量将达到 10 亿吨（其中约 10% 有害）。

水污染方面，按近几年环境年报介绍，我国在环保方面已颁布了不少控制法令或条例，各有关方面都有所改进。在国民经济年增长近于或大于 10% 的迅猛发展形势下，废气、废水总排放量等基本上能稳定在一个水平上（北京的烟囱基本上能不冒黑烟），这也是不易做到的。但是应指出的是，在水环境方面除了湖泊减少、地下水位下降，不少的地区缺水或饮水困难外，工业污染继续加剧，110 条重点河流污染日趋严重，部分地区废水逆流影响水产养殖及沿岸渔业，有的河段两岸居民疾病频发。

70 年代，华北地区某化工厂无控排放农药生产废水，一次就造成数万亩小麦颗粒不收，引起农民要求关闭工厂，后查明系中间产物三氯乙醛造成，之后在南方又发生多起有关事故，进一步查明其在田间的降解产物三氯乙酸危害更大。此外，调查还表明，农药污染造成的死亡人数大大超过交通事故。

最近淮河流域的问题已达到不能不解决的程度。还需要强调的是最近十几年来对排水或水系中的汞、镉、砷、铬等重金属污染、氰化物和个别有机污染物如苯酚、DDT、六六六等加强了控制管理，所以局部地区环境有所改善，但对其他潜在的毒物（大多隐匿在年 620-700 万吨 COD 值中）放任自流，以致有的地区已明显影响养殖业的发展，有的地方严重污染饮用水源，导致居民许多疾病发生。国外在 70 年代中就已开始对水中百余种有机污染物加以控制，而我国酝酿已久的数十种优先监测污染物黑名单（其中不少是致癌、致畸、致变三致物质），由于种种原因，至今尚未正式作为排控对象。

## 三、大气污染方面

目前除对酸沉降 pH 值比较注意外，重点关注的是颗粒物（工业烟尘、粉尘）与二氧化硫。我国现行标准值高于 WHO 的标准。即便如此，不少城市大气仍不能达到国家二级标准；另外要指出的是在大气污染中，我们对于不少三致物质也未予足够的重视，例如对多环芳烃等，其代表物苯并（a）芘（俗称：3,4-苯并芘）是明确的致癌物。根据一些研究结果表明，我国不少城市（尤其是北方城市冬季取暖期间）大气中苯并（a）芘的含量仍很高。联系到近几年环境公报披露我国城市人口死亡率中癌症已占首位，农村人口癌症的死亡率也逐渐上升至第二位，不能不引起我们的深思。虽然癌症的病因复杂，其中不乏与家族因素、遗传因子等有关，但一般公认环境因素是极为重要的。

大气污染在相当程度上与能源消耗及能源结构密切相关。一般说来，就产生的单位能量而言，煤的污染最为严重。我国燃煤约占能源结构的 3/4，而且在相当长的时间内不可能改变，因此燃煤引起的污染、健康及生态影响

---

COD 值（化学耗氧量）：水体中能被氧化的物质，在规定条件下进行氧化过程中所消耗氧化剂的量，以每升水体消耗氧的毫克数表示（相当于 ppm 级），一般主要反映水体受有机物污染总的程度。

也是可持续发展中重要制约因素。

工农业和城市发展后机动车增加引起的污染（包括 CO，NO<sub>x</sub> 及碳氢化合物 HCs 以及由之而引起的光化学烟雾，以及三致物质等）同样也是不能忽视的。

#### 四、乡镇企业问题

在国民经济中近年来占显著地位、发展迅猛的我国乡镇企业方面，由于对环保重视不够，污染呈加重的趋势。据有关部门测算，全国乡镇工业废水排放量、工业固废产生量均达到全国的六分之一左右，工业粉尘排放量几为全国的 50%，与 1989 年相比其增长率为 23-65%。

兹举某地经营拆卸电器的乡镇企业为例，其中有一部分为以多氯联苯为介电质的国产电力电容器，其经济目的主要为利用其中废钢材、铜材及废铝箔，有的制作玻璃台架或用以回收、甚至可能用于糖果包装，而在拆卸过程中，不少介质油流失在周围场地。据估计，自 1985 年开始被拆卸的电容器已有 2-3 千台（每台约有数公斤多氯联苯）。报载，按照国际惯例，每损失 7 公斤多氯联苯液体，即为特大环境污染案件，该地如此剧毒品的特大案件，虽然经过多方努力，似乎取得了解决方案，并得到了一定的焚烧处理，但事实上不少多氯联苯的流失已造成了附近农田河流生物的持久性污染，我们前一阶段初步调查得到的结果是，堆放电容器的附近河流水中仍有明显的多氯联苯污染（当地居民饮用水源），有的河道中鱼体内多氯联苯含量已超过某些国家安全食品标准（国内尚无有关指标），附近家禽蛋类中也含多氯联苯，实际上已构成对人体直接污染。

#### 五、雌性化问题（国际研究热点）

上述多氯联苯是一类全球性的典型持久性污染，多氯联苯对动物的肝脏、免疫系统、神经系统、皮肤及生殖系统均可造成危害。它们共有 209 个异构体或同种物，毒性差别很大，且由于它们有时与剧毒二噁英化合物共存，而结构与毒性也有类似之处，所以常作为并行研究对象。美国最近耗时 3 年以上，耗资数千万重新研究了二噁英类的毒性影响，现正在讨论对策。其它研究也发现，这些污染物（还包括一些有机氯农药等，甚至某些日用品的降解物）通过食物链（或其它途径）进入生物体（包括人体）后，除可能导致癌症外，还能起到类似于雌激素的作用（因此被命名为环境类雌激素），其与性腺细胞雌激素受体分子结合，影响或甚至破坏内分泌系统。国外学者将其与野生动物、鸟、爬行动物等雄性生殖器变化，特别是性别变态、雌性化、繁殖能力降低等联系起来，有的科学家还联系人类生殖系统癌症的增加及男性退化，甚至做出似乎是危言耸听的预言，认为若干年后，某污染地区一半男子将没有生育能力，这不仅涉及人口素质，而且似乎危及人类生存。中科院生态环境研究中心多年来研究发现，某化工厂的废渣中含有较高二噁英类化合物杂质，其年产量相当可观，而多年应用于木材防腐及血吸虫病疫区灭钉螺施药的五氯酚钠中也含有相当高的二噁英类化合物杂质，它们进入环境从疫区人血中都检出有相当含量。我国某地区矿区最近公布的流行病调查也有相类似事例，这都是非常值得重视的。

## 六、不能走“先污染，后治理”的老路

前些时 科学报报道我国学者访日见闻中曾较详细地介绍了 1956 年发生于日本九州水俣市（熊本县 1953 年就发现）的人间悲剧——水俣病，患者服用附近海鱼及海产品而得病。当时由于技术条件分析不出原因，故以地域命名，直到 1968 年才确认该病由于工厂向海洋排放富含甲基汞的废水（无机汞进入水体、沉积后也能被细菌转化为甲基汞），而甲基汞通过食物链富集，使当地渔民成为水俣病的受害者。甲基汞进入人体后主要损害神经系统，先出现头痛、疲乏、健忘、情绪异常等一般症状，随后出现感觉异常、语言障碍、运动失调、视野缩小、听力障碍等中毒症状。尤其严重的是甚至接触少量甲基汞，未出现中毒现象的妇女也可能通过胎盘影响胎儿大脑发育，进而导致流产、死产和婴儿患先天性痴呆或畸形，有的终生智力停留在两三岁水平，有的不能行走、不会讲话、失明，长大后生活仍不能自理，有的患者 30 多年来病情还会发展（例如由尚能步行发展为瘫痪）。日本政府对确认的水俣病患者（也有不少死亡者）曾给予赔偿。单熊本、新泻两个县就有 2946 人（每人 2400 万日元），1995 年还对受害较轻的又进行了最后一次赔偿（每人 260 万元），总计直接经济损失已大于 2000 亿日元（相当于 170 亿人民币）。由此一例也可见，无控排入污染环境的代价是沉重的。

发达国家经历了“先污染，后治理”的弯路，第二次世界大战后的工业发展是在人们没有认识到环境问题的情况下进行的。人们对进入环境的绝大部分化学物质（特别是有毒有害物质）及其环境行为（光解、水解、微生物降解、甲基化、吸附、淋溶、挥发、生物富集等）及可能产生的危害，知之甚微或迄今尚无所知，以致相当长一段时期以来流传一种错误的传统观念，认为“经济和环境只有一种选择”，因此污染上升，灾难性严重后果不断发生，而数以千计的危险废弃物堆放点引起的严重后果又是新发现的一类严重问题。“污染影响的广泛性、积累性、持久性，其程度远超过认识水平”，以致污染问题已构成经济持续发展的一个制约因素。1987 年世界环境与发展委员会出版的《我们共同的未来》一书中提出“将环境保护与可持续发展统一起来”的新概念和战略认识。中共中央十四届五中全会也提出“必须把可持续发展作为一个重大战略”，“使经济建设与资源相协调，实现良性循环”。我们必须吸取发达国家的经验教训，避免付出先污染后治理的昂贵代价。以处理城市及工业废物为例，要清理过去的错误措施所费的代价要比实行正确的措施昂贵得多（例如在美国清理费用大概要高 10-100 倍，拉芙运河就是突出的例子），何况有的损失还根本无法补偿。

江泽民同志在第四次全国环保会讲话中指出“环境意识和环境质量如何，是衡量一个国家和民族的文明程度的一个重要标志”，以国家、民族乃至全球全局长远利益为基点，不贪图眼前的局部利益、不危害他人、不危害子孙后代，保护环境，持续发展，这实际是精神文明和物质文明的统一。以这种新的指导思想为前提，我们除了要密切注意发达国家的有关动态及研究进展，引以为鉴或洋为中用外，不能让发达国家以任何方式将污染危害转嫁给我们，不能让中国成为洋垃圾、禁用品的倾销地。最近有人在报上指出国内外资企业中污染密集型的已由 1991 年的 29% 上升到 1995 年的 39%，而有的地区竟高达 47%，这是需要各方面重视的。我们应建立自己的研究体系，

促进有关控制法令管理体系的建立和健全、以及正确实施，并建立环境保护人人有责的思想和新风尚，吸取和发展各种现代化科技知识，减少污染，为可持续发展做出贡献。

## 生命科学与结构分析

唐有祺

北京大学化学系

唐有祺 物理化学家。1929年7月11日出生于上海。1942年毕业于同济大学化学系。1946年去美国加州理工学院深造，1950年获该校博士学位。历任清华大学，北京大学副教授、教授，物理化学研究所所长，国家教委科学技术委员会副主任、主任，国务院学位委员会化学学科评议组组长，中国化学会常务理事、理事长，全国政协常务委员等。1980年当选为中国科学院院士（学部委员）。长期从事晶体结构分析研究，取得多项重要成果。

学部通过联合办公室向我征求意见，要我有机会时讲一讲这个题目。我认为生命科学发展到了分子水平，而且正方兴未艾，如能让更多的人了解一下这个发展与结构分析，实际上也是与化学的渊源关系，一定是很有意义的。

### 一、生物化学的崛起

生命一直是带有浓厚的神秘色彩的课题。谁都说不清楚它的全部奥秘。一些方面有点清楚了，其他方面又出现了新的问题，真是无尽的知识长河呀！其实有哪个重大而深远的课题不是这样的。只是生命这个课题，除了突出的科学意义之外，对社会的关系也特别重大，再加它奥妙无穷，难怪神秘色彩应运而生，而且层出不穷了。

生命科学应该是从现象到本质研究生命的学科。它的核心是生物学，包括农学和医学等与生命活动密切相关的学科。生物学在19世纪后半期中接连出现了C.R.达尔文的进化论（1859）、G.H.孟德尔1865年发现后又被H.M.德符里斯等1900年从新发现的遗传定律和R.C.魏尔啸的细胞学说（1860）等突破性的重大发现，他们抓住了生命及其有关现象中最有特征意义的事物，从而为生物学的学科框架奠定了基础。生物学要在此基础上进一步发展，特别是要更多地揭示生命的共性和本质，极大地消除其神秘色彩以及解决农业和医药方面的问题，就必须从化学方面来研究生命和生物体，并将认识的层次从细胞深入到分子。正好化学从19世纪初起创立了原子-分子学说，经过半个多世纪的实践，学科水平发展很快，已能在分析和合成以及研究分子的结构等方面相当得心应手，足以担当这个方面的研究任务。这样就开辟了生物化学研究方向，并逐渐形成了生物化学学科。

一个多世纪以来，生物化学用了前半世纪明确了很多关于生命和生物体的重大问题。它几乎把当时化学的全部招数都用上了。首先要提到的是关于蛋白质化学本质的认识。它们都是由多种L型-氨基酸缩合而成的多肽（E.费希尔，1907），而且进入蛋白质分子的L型-氨基酸共有20种。同时只知其然地掌握了多种蛋白质的功能。其中有一大类是酶。生物体内进行的生命过程都靠酶来催化和定向。还有几类对生命活动很重要的蛋白质如激素、抗体以及作为氧分子载体的血红和肌红蛋白等。

生物遗传功能的载体也受到极大的关注。孟德尔遗传定律重新发现后将原来的遗传因子改称基因，认为基因寓于染色体中，并深入联系果蝇等生物

的形貌与染色体各个部分的关系，促成了遗传学的建立和发展。作为基因载体的染色体实际上是去氧核糖核酸（DNA）分子，而不是蛋白分子。但这一点直到 1994 年才被 O.T. 艾弗里所确证。

化学曾多次宁可接受环形分子，而对长链分子感到陌生，从而造成失误。这样的失误在天然和合成高分子的工作中都出现过。H. 施陶丁格尔曾对此有所澄清（1926），但并未能对核酸问题起到作用。到了 30 年代蛋白质已经确认为多肽链分子了，但 DNA 仍然被设想为四聚环形分子。

1944 年 A.J.P. 马丁和 R.L.M. 辛格发展出滤纸色层分析技术，使分离蛋白质的 20 种氨基酸和核酸的 4 种核苷成为可能，从而使蛋白质和核酸组成的定量分析工作前进了一大步。E. 夏尔加夫用了这种技术得出酸中胸腺嘧啶（A）与腺嘌呤（T）和胞嘧啶（C）与鸟嘌呤（G）的等分子数关系。这个结果后来成为 J.D. 沃森和 F.H.C. 克里克 DNA 双螺旋模型的重要依据。这种分析技术也使测定蛋白质中氨基酸定量组成成为可能，从而得以进一步测定其中氨基酸的顺序或蛋白质分子的一级结构（F. 桑格，1953）。

归纳起来，生物化学研究了动物、植物以及微生物等各种生命形态的化学特征，发现了形形色色的生物具有令人惊异的共性：它们含有相仿的化合物，具有相仿的组成，并由类似化合物执行相仿的功能。生物体的基本单位是细胞。构成生命的不同形态的细胞具有相仿的设计：细胞膜由磷脂分子双层形成，遗传信息的载体是 DNA 和 RNA（核糖核酸）分子，为生命执行各种使命的是蛋白质分子，还含有糖、类脂、氨基酸、核苷以及它们的代谢物等等。水对于生命是不可缺少的。细胞中水的含量约为 70%，按分子数计算，高达 99%，细胞还含有少量无机盐类。

## 二、分子生物学的前夜

本世纪 40 年代是处在生物学带动生命科学进入分子水平的前夜。当时科学界有几个与此有关值得重视的情况和动向。

### （一）

生物化学的研究已经带动生命科学走向分子水平，而当务之急是对蛋白质和核酸这两种生物大分子的立体结构或所谓高级结构进行分析，取得突破，使关于生命过程以及生物大分子的功能的认识从知其然向也知其所以然发展，从而来推动生命科学进入分子水平，并使分子生物学得以确立。

这里不言而喻：直接决定一般物质性能的不是分子的化学组成，而是其结构，即原子在空间结合成分子的方式；生物大分子的功能也是直接在其立体结构或高级结构的基础上发挥出来的，从而化学组成以及一级结构并不直接决定其功能。

分子水平也确实给予了生命科学不可限量的活力和前景。生命的本质问题，到了原子-分子水平，当能从化学和物理的规律中迎刃而解。在沃森等所著《基因的分子生物学》书中曾有一个章节阐述“细胞遵循化学定律”。确切的结构知识，能让我们看到，蛋白质分子在执行其在生命活动中的任务时，几乎是万无一失的，俨然如一架分子机器。对生命过程的深入理解带来了高技术如：基因工程、蛋白工程以及 PCR 等，它们都具有令人瞩目的应用前景。生命的神秘色彩几乎消失殆尽。生命当今已与化学过程认同。

### （二）

X 射线晶体学和结构化学到了 40 年代，水平已经发展到足以对付生物大分子的结构分析问题。这里先从晶体结构分析谈起。

19 世纪后期，有机化学已经发展到立体化学的水平，并为有机分子提供了确定结构的方法，曾在有机化学的发展上起过重大作用。但化学之能全面发展到今天这样的水平，饮水思源，当归功于上个世纪末 W.K. 伦琴发现 X 射线（1895）和 M.F. 劳厄发现了晶体对 X 射线的衍射（1912）。1913 年 W.H. 和 W.L. 布喇格父子测定了氯化钠和金刚石等的晶体结构。从此以后，X 射线晶体结构分析成为测定晶体和分子结构的主要方法。比起立体化学或其他任何方法，它具有无可比拟的优势。

这个方法利用了晶体中原子或分子在空间分布中具有三维周期性，而且周期很短。一般说，晶体结构是三维点阵结构，点阵点所代表的一个单位，称为单胞。不难推算，晶体例如金刚石中相邻原子间的距离当以  $1/10\text{nm}$  或

$\text{\AA}$  这样的单位来计算。伦琴发现的 X 射线的波长也是以  $\text{\AA}$  计的。当 X 射线入射晶体时，其中所含原子中的全部电子就会跟着电磁波的电场振动，成为次生 X 射线的波源，并继承入射波的波长和周相，从而产生衍射。晶体以

$\text{\AA}$  计的周期能使次生 X 射线只在一系列由晶体的周期决定的方向上周相一致而互相加强，形成衍射线。各个衍射线按其方向和强度收集在衍射图上成为位置和黑度确定的一系列衍射点，总称衍射谱。衍射点的位置可以给出晶体中原子分布的周期性或单胞的形状和大小，而它们的强度是由晶体中各个原子的位置决定的。换言之，如各个原子的种类和在单胞中的位置已知，亦即晶体结构已知，推算各个衍射点的强度倒并不困难，但从强度倒推结构还欠缺各衍射线的周相角数据。由于 X 射线在各种介质中的折光率几乎没有变化，极接近于 1，从而不可能找到能使衍射线直接聚合成像的透镜材料，而衍射波录下的只是衍射线的方向和强度，已经失掉了它们的周相角数据，为结构分析工作产生了一个周相问题，如不克服，也难于利用数学方法合成成像。

对于结构比较简单或单胞中原子数较小的晶体来说，周相问题可以用试差法，即根据某些线索提出试用结构，并不断根据衍射强度数据来检验和修正试用结构的办法用以克服周相问题。其实，衍射强度谱也隐含着某种周相关系（J. 卡勒和 H. 霍普特曼，1950）。现在小分子晶体结构都应用基于这个原理的直接法来求解了。1953 年 M.F. 佩鲁茨发现，将重原子引入蛋白晶体制备成两种或更多同晶型置换晶体就可以解决周相问题，从而在蛋白质晶体结构分析工作中出现了可喜的突破。他和 J.C. 肯德鲁在 1960 年完成了肌红和血红蛋白晶体结构分析工作，人们得以首次看到蛋白质分子的结构图像。

### （三）

结构和结构分析一直是化学学科发展中最为活跃的基本因素之一。晶体结构分析从氯化钠、金刚石等简单结构开始，设备不断改进，克服周相问题的办法层出不穷。到了 20 年代末，比较复杂的硅酸盐的结构分析已经成功，理顺了硅酸盐的组成与性能之间的关系，并经 L.C. 鲍林在 1928 年总结出离子晶体以电价规则为代表的五个规则，对于矿物学 and 无机合成化学的发展起到了重大的推动作用。

在 30 年代，鲍林将化学键本质的基础研究转向独树一帜的化学生物学领

域，1932 年就根据共振论提出了多肽中肽键 C-N 当具有双键成分，继而从多年积累起来的氨基酸和小肽的晶体结构数据中总结出伸展的多肽在肽键周围的标准键长数据以及氢键的成键条件和结构特征，并根据多肽链折叠后的长度约为伸展时的一半，考虑了折叠后的结构问题，最后得出了  $\alpha$ -螺旋模型（1950）。不久， $\alpha$ -螺旋在 X 射线纤维图上证实（M.F.佩鲁茨，1951），后来又在佩鲁茨和肯德鲁的两种红蛋白结构中找到它的含量高达 75%。鲍林还提出了第二种二级结构，称为  $\beta$ -折叠片（1951），也在后来测定的蛋白质结构中得到确证。

从化学学科的发展来看，结构分析不该为结构而结构，而是为了总结关于结构的规律并联系其性能，最后把关于结构以及结构与性能联系的规律，反馈到化学中去，使学科水平有所提高，并为结构分析提供更高的新起点。

在生命科学进入分子水平的前夜，鲍林在化学生物学领域中有很多重要贡献，例如在关于抗体结构（1940）和酶催化原理（1948）的工作中都一再强调结构互补原理。他对氢键在生命过程中的重要作用也始终是体验最深的先知者。

### 三、生物大分子结构分析的先驱工作

直接将生命科学引入分子水平的结构分析工作是完成于 1951-1967 年间的下列五项工作：

1. 蛋白质  $\alpha$ -螺旋模型（L.C.鲍林和 R.科雷，1951）
2. DNA 双螺旋模型（J.D.沃森和 F.H.C.克里克，1953）
3. 肌红和血红蛋白晶体结构（M.F.佩鲁茨和 J.C.肯德鲁，1960）
4. 溶菌酶晶体结构（D.菲利普斯，1965）
5. 羧肽酶 A 晶体结构（W.N.李普斯科姆，1967）

鲍林考虑纤维蛋白既在折叠的过程中缩短一半，设想它是通过分子内氢键形成了一个螺旋体，并依据肽键周围的共面性以及形成氢键的几何条件等制约因素，最后得出了一个每周含有 3.7 个残基的  $\alpha$ -螺旋。

沃森是个年轻的生物化学博士，有志于研究 DNA 携带遗传信息的机制。当他知道鲍林运用基于结构化学原理的模型法已经成功地得出了  $\alpha$ -螺旋模型时，认为研究 DNA 结构的时机已经成熟。他与克里克合作进行研究，终于取得了成功。这个工作还得力于两个重要信息。R.富兰克林在 M.威尔金斯实验室中取得了 DNA 的 X 射线纤维图，并从中得知 DNA 是双螺旋体，而且磷酸根位于螺旋的外侧。此外，夏尔加夫早已得出四种有机碱中 A 与 T 和 C 与 G 的等分子关系。DNA 双螺旋模型最重要的特征是有机碱 A 只能与 T，C 只能与 G 通过氢键在双螺旋内侧形成结构互补成对的共面碱基，这对生物的遗传机制作出了最有力的启示，并对生命科学的发展提供了无限的活力和前景。

两个红蛋白和两个酶的晶体结构都是根据佩鲁茨发展的重原子同晶置换法求解得出的，难度和工作量都很大。这些结果都极大地加深了对生命过程的理解，相当确切地掌握了这些具有特殊功能的蛋白质在生命活动中作为分子机器的工作情况。

DNA 双螺旋模型提出后不久，克里克又提出所谓中心法则，设想一种 DNA 表达基因的机制。一般来说，DNA 先下达信息来合成 RNA，然后让 RNA 再去合成一个酶或是其它蛋白质分子的指令。这个两步构成的过程简称基因表达。

人们的认识循此发展下去，生命蓝图的轮廓已可昭然若揭。生命科学首先是从这里在认识上得到了突破，分子遗传学、基因工程和蛋白质工程等新学科和新技术就相继应运而生了。

解出的两种红蛋白结构正好说明：生物大分子在为生命执行其特殊功能时，俨然是一架精心设计的灵巧的机器。

肌红蛋白为 153 肽，结构系由占有 121 肽的 8 段  $\alpha$ -螺旋组成。分子的活性部位是称为血红素的含铁辅基，二价的  $\text{Fe}^{2+}$  坐在辅基中央，与四个 N 原子配位。在它的 6 个配位中，第 5 个配位与肌红蛋白中的第 93 位上称为近侧组氨酸残基的 N 原子结合，而第 6 个配位是为氧分子准备的，在其附近有第 64 位称为远侧残基的组氨酸影响着进入第 6 个配位的分子。远侧组氨酸残基的作用在于使  $\text{CO}$  相对于氧在第 6 个配位上结合的优势降到 1% 以下。这里顺便说一下，64 和 93 位在多肽链上隔得很远，但在高级结构中却会合在一起。这说明高级结构信息的重要性，而一级结构并不能直接说明功能问题。

在生物演化过程中，生命立足于从无氧到有氧的过渡是十分重要的。葡萄糖在这两种不同条件下释放的能量要上升到 8 倍。脊椎动物发展出红蛋白分子来载氧，以克服氧在水中难溶所引起的传质问题。另外，为了不使血液变成难于流动的浓溶液，还将血红蛋白放在饼形红血球中输送。血红蛋白还兼管  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}^+$  的输送。肌红蛋白储备在肌肉中，以利在肌肉中供氧。血红蛋白要从肺气泡中取氧，然后输送给肌红蛋白和其它需氧的细胞或部位。

血红蛋白是四个与肌红蛋白相仿的分子作为亚基组成的。四个亚基之间是由盐桥等连成一个整体。肌红和血红蛋白之间不同的作用可以通过它们双曲线和 S 形的释氧曲线来反映。释氧曲线为以饱和度  $Y$  和氧分压  $p\text{O}_2$  作为纵坐标和横坐标描出的曲线。肌红蛋白的双曲线形曲线指明，肌红蛋白即使在相当低的  $p\text{O}_2$  下仍维持很高的饱和度，直到  $p\text{O}_2$  足够小时才能释氧。这种释氧特性是与肌红蛋白的作用相称的。而血红蛋白的释氧特性是：在很大的  $p\text{O}_2$  范围内，S 形曲线使得饱和度在不同的  $p\text{O}_2$  下可有较大差值。这种特性和 S 形曲线都启示，提高血红蛋白输氧效率的是血红蛋白分子的 4 个亚基间的协同效应。这种协同效应的结构基础在于血红蛋白是由 4 个亚基组成，而且它们在氧合或脱氧过程中可以通过构象变化来互通信息，其结果是：若对第一分子开了路，随后的分子就会比较顺利。

如果联系晶体结构分析中得出的分子结构，前面提到的两种酶的分子也同样会形象地显示分子机器的特点。

溶菌酶是一个 129 肽，通过 4 个二硫桥形成一个蛋形分子。球蛋白分子中一般都是疏水性残基向内，而亲水性者都在分子表面上。分子既有  $\alpha$ -螺旋，也有  $\beta$ -折叠片。分子有一条沟形的活性部位，可以接受合适的底物。溶菌酶可在这个活性部位中将  $-1,4$  多糖形成的细菌壁通过切断  $\text{C-O}$  键来瓦解多糖分子，从而来溶解细菌。

羧肽酶 A 是一个从羧端切断肽键割下最后一个残基的酶。蛋白分子的氨基端和羧端分别为它的头和尾。若蛋白质或多肽的最后一个残基含有芳香侧链时，就特别容易切割下来。这个酶分子是具有一个二硫桥的 307 肽，并含有一个 Zn 原子。它是一个  $52 \times 44 \times 40 \text{ \AA}$  的近似球形的分子。Zn 原子坐在分子表面上一个低陷处，为活性部位所在之处。当多肽作为底物进入这个活性

部位时，羧端的芳香性侧链正好可以被套进酶分子结构中内在的疏水包内，然后可以看到底物的羧端残基的羧基以及两个相邻残基之间的肽键 N-C 被酶分子的 145 位精氨酸残基以及 248 位的酪氨酸、270 位的谷氨酸等残基和 Zn 原子所牵缚，从而使肽键削弱，以便让一个  $H_2O$  分子为之水解。这个酶的作用很像一个屠宰牲口的生产线，先将牲口的头和脚等捆住，然后在它头颈上切割一刀。

#### 四、展望

进入分子水平以来，生命科学在最近 30 年中发展迅速；水平提高了，登高望远，因而认为 21 世纪是生物学世纪等等的说法就会甚嚣尘上。生命科学中很多分支学科都已成为分子学科。作为一个传统的分子学科，化学仍将大力参与生命科学的发展，并发挥重要作用。这也是为了化学本身发展的需要。我国在这个方面还需加强力度。

近年来，蛋白质、核酸以及它们之间的相互作用也从结构方面多所阐述。在生命活动中，分子识别作为一个因素，正如结构互补以及糖作为一类生物大分子，正如蛋白质和核酸，都已受到极大的关注。由于单糖之间的结合方式多样，糖是容量极大的信息载体。

在生物大分子的结构分析方面，核磁共振方法经过发展后，其作用也已有所发挥。蛋白质晶体结构分析的数据已有相当充分的积累，结构预测和分子设计的前景也不可等闲视之。计算机和同步辐射的技术因素都已在结构的分析和预测以及结构变化的追踪中发挥越来越大的作用。

有朝一日，如果波长为  $1\text{ \AA}$  的激光器研制成功，包括生物大分子在内的细胞构件都将成为具有原子分辨率的全息照相的对象。届时，生命科学当可进入一个更高一级的分子水平了。

## 现代农业和农业科技产业

石元春

中国农业大学

石元春 土壤学家。1931年2月18日生于湖北武汉。1956年毕业于北京农业大学。现任中国农业大学教授，八届全国政协委员、中国科协副主席、中国农学会副理事长、国家教委科技委员会副主任。曾任北京农业大学校长。1991年当选为中国科学院院士(学部委员)，1994年当选为中国工程院院士。长期从事土壤地理、盐渍土发生和改良研究工作。

### 一、回顾和前瞻

从本世纪初到1950年，世界粮食亩产由62公斤提高到67公斤，平均年增长0.1公斤，粮食总产的增加主要依靠扩大耕地面积，农业尚处在低生产率、低发展速度和低科技水平的资源农业时期。1950年到1980年，世界粮食单产由67公斤提高到153公斤，平均年增长2.8公斤，是前半世纪的28倍。我国粮食亩产也由78公斤增长到252公斤，年均增长5.8公斤，比世界年均增长量高出一倍。帕维里斯在总结这一时期农业高速发展时提出，科技对提高土地生产率的贡献率为81%，对提高劳动生产率上的贡献率是73%。对这时期农业增产作出贡献的主要技术是：良种、化学物质（化肥和农药）和灌溉，所占份额分别为3、4和2。这不得不使人们想到，上世纪后半叶，达尔文杂种优势理论和摩尔遗传学理论及其推动下的现代育种方法和种子产业、德国化学家李比希的植物矿质营养学说及其推动下蓬勃发展的化肥工业以及本世纪30年代缪勒开创的有机合成农药及农药工业。

科学和理论上的突破，必将开拓出一片新的技术领域和产业，带来一次新的生产上的飞跃。马克思将达文学说作为19世纪的三大发现之一；认为李比希的新农业化学“比所有经济学家加起来还重要”；把科学看成是“历史的有力杠杆”和“最高意义上的革命力量”。邓小平同志说，“马克思说过，科技是生产力，事实证明，这话讲得很对，依我看，科技是第一生产力”。一个世纪来的农业和农业科技发展的历史证明了这个真理

遗传育种理论、植物矿质营养学说和农药的有机化合成，经过半个多世纪才发展为比较完善的良种、化肥和农药的技术系统和产业体系，成为推动农业生产发展的强大力量。到本世纪的后半叶，这个进程大大地缩短了。50年代以来，一些重大的科学发现和技术突破，掀起了阵阵的新技术革命浪潮。1953年发现遗传物质——脱氧核糖核酸的双螺旋结构和1973年DNA重组技术的诞生，使生物科技和以生物为生产和研究对象的农业科技进入了一个崭新的时代。进入80年代，细胞工程、基因工程、发酵工程和酶工程等生物技术开始在农业上应用和取得可喜进展，展现了诱人前景。50年代发展起来的计算机和信息技术，60年代开始崭露头角，80年代大发展，90年代形成高潮，对包括农业和农业科技在内的各个学科和各种传统产业的改造产生着越来越广泛和深刻的影响。新材料与新能源、航空与航天以及自控等现代技术也加速在农业上的应用。在以生物科技和信息技术为主体的新技术革命浪潮

的冲击下，农业和农业科技将进入一个新的，更高的发展时期。这个新时期的序幕已经拉开。

## 二、现代农业

现代农业是在三个要素驱动下逐渐形成的。一是如上所述的新技术革命浪潮的冲击；二是随着现代技术的大量注入，人口压力和土地开发强度骤增而带来资源和环境的严重破坏和引起人们的极大忧虑，农业可持续发展的观念和相应的技术体系开始受到重视和逐渐成为现代农业的重要内容和特征；三是社会需求不仅是满足数量上的日益增长的需要，而且追求质量上乘、品种多样、营养保健、绿色安全。

现代农业的特征和走势可概述如下。

第一、强大的技术支撑和驱动。生物技术与常规育种技术的结合，开始和将在全新的基础上培育出过去和现在难以达到的高产、优质和高抗的动植物新品种，“超级稻”、“超级猪”、“抗虫棉”、“抗腐烂番茄”等将不断出现；新型生物性农兽药、动植物营养物质和调节生长发育物质等将取得更好的效果和不断扩大对化学物质的替代。肥料向复合、专用和缓释、长效；灌溉向精细节水和微灌方向发展。计算机和信息技术使经验性和分散性的农业技术趋于定量化、规范化和集成化；信息网络将克服农业分散性和区域性强的弱点而使信息资源得到有效利用。新材料、先进制造和自控技术将使农业机械和设施达到前所未有的水平。航空和航天遥感技术将有效地为资源环境监测保护和减灾提供有力支持。现代技术加速对农业的全面武装和不断提高技术含量和装备水平是现代农业的重要特征和必然趋势。

第二、生产领域的拓展。传统农业是以植物性和动物性产品为其生产对象的。在先进技术和市场意识的支持和驱动下，现代农业由动植物产品向微生物产品；由陆地农业向海洋农业；由初级生物性产品向食品、生物化工、医药、能源产品等方向拓展，传统的工农业界线渐趋模糊。单细胞蛋白、生物农药和肥料等的微生物发酵产品的生产、海洋农牧场、生物能源、生物反应器生产多肽药物以及农产品加工业等开始崭露头角，引起了人们的很大兴趣和关注。

第三、高生产率和高效益。发达国家农业从业人口仅占从业总人口的 5% 以下。法美农民人均产粮分别为 45 吨和 110 吨，产肉 56 吨和 101 吨，一个美国农民可供养 80 个人。近 30 年，美国农业投入的产出率指数由 72 上升到 135，1990 年的投入产出比为 1 : 1.55。仅有 1500 万人口和人均耕地 0.66 公顷的荷兰，农产品出口总值仅次于美国，居世界第二位；从 1985 年到 1990 年，人均净创汇由 1.8 万美元上升到 5.7 万美元，而美国同期仅由 2310 美元上升到 6301 美元。农业生产条件很差的以色列 1991 年出口创汇 6 亿美元，占出口总额的 5.6%。在当代市场竞争日趋激烈的形势下，现代农业的高生产率和高效益越来越引起企业家们的兴趣。

第四、生产组织的规模化、管理的企业化和生产的专业/区域化。以农户和家庭农场为基本生产单位的规模在逐渐扩大。40 年来，美国的家庭农场由 650 万个集中成 260 万个，场均耕地面积由 60 多公顷扩大到 170 公顷。这个发展趋势仍在加速进行。农户、家庭农场及其相应的组织机构向着企业化管理，生产向着专业化和区域化的方向发展，可以大大降低成本和提高产品的

市场竞争能力。

第五、农业的可持续发展。农业的可持续性原则是为保持人与自然的协调发展，保持人的需求与生态环境良性循环的一致性。其主要内容，一是保证区域性水、土、林等资源的科学和综合的开发利用，在满足社会发展需求的同时，改善资源状况，保持生态环境的良性循环；二是寻求最佳的物质/能源投入产出模式和资源利用模式；三是减少和防止对环境和生态的污染和破坏。

### 三、我国农业的现代化

新中国建立以来，我国粮食保持着 7% 的年增长速度，是世界平均年增长率的一倍；以世界耕地的 7% 生产了 24% 的粮食，养活了 22% 的人口，这是举世公认的伟大成就。但是，我国人口多，农业底子薄，与现代农业的差距甚远。我国农业的从业人口占总从业人口的 56%，是发达国家的十多倍；基层生产组织的规模是美国的 1/300，法国的 1/60；人均产粮产肉只是美国的 1/100，法国的 1/50。

实现我国农业的现代化是一个十分艰巨的任务和漫长的过程。其核心和具有实质性意义的问题，是如何增强农业的自我发展能力和科技的支持力度。

我国农业的自我发展能力很差。其内部条件是生产规模小、生产者和基层管理人员素质低以及缺乏有力的组织形式和扩大再生产的能力。

外部环境也很不利，如农业投入少，工农业剪刀差和农业生产资料价格居高不下以及农业的比较效益低和农民负担重等。改善农业自我发展能力的外部条件具有重要意义，党和政府已经和正在作出这方面的努力。内部条件中具有关键意义的是生产规模和组织形式的改进，一直是关注的焦点之一。

农业的基本生产组织形式是个实际问题，也是个理论问题，只有符合客观经济规律和国情农情的基本生产组织形式才会充满活力和最大限度地调动生产者的积极性。对此，我国曾经历了一段曲折坎坷的道路。50 年代初的土地改革，以后的合作化运动和随之而来的三级所有队为基础的人民公社，直到十一届三中全会确立的家庭联产承包责任制，才再次解放和迸发出中国农民的生产积极性。欧美日澳等农业发达国家也始终以农户或家庭农场为其基本生产组织。美国在讨论 21 世纪美国的农业基本生产组织时，更多的专家认为，家庭农场仍将是主要的形式。农业生产的自身特点，决定了劳动者与劳动对象和生产资料的不可分割性，即农民与土地的不可分割性。保持生产者与土地使用者的一致性至今仍是现代农业的基础。

随着社会和经济的发展，在激烈的市场竞争中，分散的农户和家庭农场暴露了他们的弱势和缺乏竞争能力。因而在生产和经济活动的实践中，产生了适应各国各地的农户间的经济组织，如日本、欧洲国家的“基层劳动者组合”、“跨行业专业组织”、“市场指导/协调组织”、“农业经济委员会”等，美国的家庭农场也有州和全国的“农场主联合会”。我国农户十分分散、生产规模很小、农民文化科学素质不高，都与社会主义市场经济的发展和现代化农业的建设极不相适应。80 年代后期，党中央提出了双层结构经营和适度生产规模，为之指出了发展的途径。

近年来，我国一直在探索适应我国国情农情的组织形式和扩大生产规

模，如合作制、股份合作制、集体农场（如北京顺义县）等。而广西的糖、云南的烟、山东的菜等，以公司加农户组成农工贸联合体可能是具有普遍意义的一种好形式。其实质是以市场为导向，以产品为龙头，以农户为基础，以公司或合作经济组织、科技协会、专业市场等能适应当地的多种形式，把分散的个体农户组织为农工贸一体化的联合组织。对此，我们可以称之为“农户+X”的农工贸一体化模式。这种形式多样的经济组织，可以扩大农业的资金来源；可以使农产品多次增值；可以增强应用科技的能力；可以引导农民进入市场和提高其竞争能力；可以大大提高农产品的经济效益和农业的自我发展能力；可以组织专业化和区域化的现代化农业的生产。这种形式多样的经济组织，可大可小，可密可松，可高可低，可集可散，在向社会主义市场经济体制转变过程中，具有很强的适应能力和应变能力。

#### 四、农业科技产业

我国农业现代化的重点支柱是科技，关键是提高科技的贡献率，而“瓶颈”则说明科技成果转化率低。要实现农业增长方式的转变，其重要内容是提高科技成果的转化率和贡献率。

区域性和分散性的特点，决定了农业必须有一个强大的技术推广体系。研究院所和高校创造的技术成果，需要通过推广的环节，作区域性适应操作才能有效地转移到生产者手中，这是科技流向生产者的一条重要通道。在市场经济发达的国家，农业科技产业起着更加重要的作用。我们往往只注意到，美国农民只占从业人员总数的2%，而忽略了还有17%，近2000万人，以大大小小的公司形式为农户提供农业科技产品，支撑着仅占2%的农民。农业科技产业是美国现代农业的重要组成力量，是发达国家科技成果转化率达到70%以上的主要因素。如果将前者比作“地方部队”，后者可称得上最具战斗力的“野战军”。

目前世界上的化肥和农药品种繁多，针对性、质量和效率日佳。1960年到1990年的30年间，世界化肥生产量增长了4.5倍，农药销售额增长了28倍，世界粮食产量的40%，约8亿吨得益于化肥和农药。世界十大农药公司内部年科研经费达15亿美元以上，他们拥有强大的科技力量和先进的技术。美国先锋种子公司的杂交玉米种子占有美国市场的42%，世界玉米种植面积的22%种的是该公司的种子，1993年的销售额达10亿美元以上。泰国正大集团以种子业起步，已发展成为以养殖业为主体的强大农牧业产业，在我国投资额达170亿元，曾占有我国饲料业市场的30%以上。目前世界较大的生物技术公司300多家，生物农兽药、肥料、农田灌排、农业设施、农业信息、绿色环保等各类农业科技公司在发达国家已经相当普遍。这些公司集科技-生产-销售于一体，资金雄厚，产品技术先进，机制灵活，营销手段强大，市场反应快速，是一支充满活力的，科技成果转化的强大推动器。

我国自50年代开始，在全国建立了以种子站、土肥站、植保站、畜牧兽医站和农机站为主体的四级（国家、省、地、县）农业技术推广网，对促进我国农业技术推广和农业生产发展曾发挥了重要作用。在经济体制转换期间，四级农技推广网“线断，网破，人散”，而“社会化服务体系”尚在建设中。目前，建设思路尚不明朗，问题困难甚多，需要有个相当长的过程。此外，由于长期实行计划经济，我国的农业科技产业一直很不发达。也就是

说，目前，科技成果转化的两条主渠道都不通畅，“野战军”和“地方部队”都没有战斗力，要提高科技成果转化率和贡献率，谈何容易。当前，在向社会主义市场经济转变的过程中，及时和大力促进农业科技产业的发展，无疑是识时务，把握时代机遇的一项重大战略选择。遗憾的是，这支科技成果转化的强大的“野战军”的建设至今未能得到应有的重视。

农业是直接从事生物性生产的产业，农业科技产业是为农业产业提供科技产品服务的产业。也就是将先进的遗传育种、栽培饲养、培肥改土、施肥灌溉、植保兽医、农业机械和设施等技术，使之规范、集成、固化和形成产品，进入市场。当今，起着主导作用的传统农业科技产业是我国农业科技产业发展的重点。这些传统农业科技产业也在大力引入现代的高新技术，以不断提高产品的技术水平和竞争能力。近年来，以现代高新技术为主的农业高技术产业发展迅速，将成为推动现代农业发展的最具竞争力的一支新生力量。

农业高技术产业中，最活跃的是生物技术产品，植物基因工程育种，特别是抗性育种成为技术开发的战略重点。利用苏云金杆菌 Bt 毒蛋白基因和蛋白酶抑制剂基因获得的转基因植物已进入田间实验阶段；通过导入病毒外壳蛋白 CP 基因获得的抗病毒植株已有数十例。美国孟山都公司的抗虫棉已进入商业阶段；加州遗传公司的抗腐烂、耐储运、风味好的番茄，是美国政府批准的第一个可进入生产的转基因植物新品种。我国的抗虫棉已进入田间实验，抗虫玉米通过了鉴定。家畜胚胎工程技术取得突出进展，胚胎分割、核移植、性别控制、试管家畜等技术均已用于商业。美加英德等国家建立了牛胚胎移植公司，胚胎移植牛 30 多万头。这些技术在我国也已开始用于生产和进入商业化。转基因动物研究进展迅速，已得多例多代转基因羊、猪、兔等。超级猪、超级牛、动物生物反应器等是竞争的热点，吸引着许多的企业家，并将之称为“朝阳行业”。微生物发酵工程产品是另一个热点，AVERMECTINS、IVERMECTINS、MONENSIN、ZEAR-ALANOL 等生物农兽药、生长调节物质产品已广泛用于农业生产和取得了重大效益，并将扩大对化学物的取代程度和减少农业的环境污染。

我国是养猪（存栏数占世界的 50%）和喜食猪肉（占肉类的 75%）的大国，但出栏率、屠宰活重、死亡率和料肉比均低于世界平均水平。反而言之，在猪的生产上，我国具有很大的潜力。如能在加强常规育种和饲养基础上，采用上述的高技术产品，如常规育种与遗传标记选育结合、基因工程猪选育、重组猪生长激素、AVERMECTINS、基因工程疫苗、猪生物反应器等，我国猪的生产定将取得重大突破和带来巨大的社会效益。

在提高水肥利用效率方面，如高浓、长效、缓释、复混肥料产品和微灌、增温保墒剂、抑制蒸腾剂产品；在农业设施或农业环控方面，对温度、湿度、射线具有良好调控能力的新型材料、栽培/饲养过程的自控和半自控、设施条件下的特种作物畜禽品种等都可以形式农业高技术产业和产品。

农业信息产业对传统农业的现代化改造具有特殊的意义。发达国家的农业信息技术已进入实用化和商业化，我国尚处起步阶段。目前，网络建设发展很快，而农业信息服务和软件产品启动慢而艰难，农业信息产业的发展必将有效推动农业信息化进程。

全球性新技术革命和农业/农业科技进入了一个新的发展时期以及实现我国经济建设的两个战略转变，都为我国农业的发展提供了一个难得的历史

机遇。我们要对现代农业的特征和我国如何才能实现农业现代化；什么是适合我国国情农情的生产/经济组织和生产规模以及如何才能促进科技成果转化的问题上有个清醒的认识。如能在理论和认识，方针和政策，措施和资金上得到落实，我国农业是可以摆脱困境和取得重大进展的。

# 影像学综合诊断优选应用及其对心血管疾病的评价

刘玉清

中国医学科学院协和医科大学阜外医院

刘玉清 放射-医学影像专家。1923年3月14日出生。天津市宁河县人。1951年北京协和医学院研究生毕业。曾任中国医学科学院阜外医院副院长、心血管病研究所教授及副所长。现任中华医学会常务理事。1994年被选聘为中国工程院院士。是我国心血管放射影像学主要创建人。

## 一、影像学综合诊断优先应用概论

1895年X线的发现为X线诊断学、放射学的形成和发展奠定了基石。70年代初期以来CT的开发和应用,使医学成像进入了一个以电子计算机和体层成像相结合,以图像重建为基础的新阶段。其后超声体层成像,放射性核素体层成像,MR体层成像(MRI)以及数字减影血管造影(DSA)和CR(计算机X线摄影)等数字式成像逐步兴起。这些影像学新技术与传统的普通X线诊断包括各种X线造影技术共同构成了现代医学影像诊断学。

影像诊断新技术的应用,尤其以无创、少创技术大大丰富和提高了影像诊断的内容和水平,使诊断进程发生了革命性的变化。但普通X线诊断是影像诊断的基础。与此同时,近年来新的治疗方法不断涌现。概括地说内科、外科、放疗和介入等主要治疗及其配合运用,又对影像诊断提出了更高的要求,影像学应按各系统不同疾病或病变和同类疾病的不同病期提供全面,适宜的诊断信息,包括显示准确的解剖形态变化、功能、血流动态和代谢异常等,以及对负荷试验的反应、疗效的验证评价等,以满足临床和病人诊治的需要。

但一个时期以来,社会“流行”一种看法或倾向,不问病情如何,动辄要求“最新”的影像检查如MRI,超高速CT(如心血管病)等,认为新技术能诊“百病”,更有甚者同一病例要求做多种检查,认为只有这样才能得到更全面的诊断。甚至部分医务人员,由于对不断开发应用的某些影像新技术的效用和限度不甚了解,也时时提出,或按病人要求申请不够合理的或多种检查。实际上,这样做不仅常常是不必要的,而且还会对病人和国家增加额外的身心和经济负担。实践证明,迄今还没有哪一种影像技术,能提供上述的全面的诊断信息。因此,临床和影像学医师面临综合分析众多的影像技术(包括新技术和普通X线检查)的诊断性能,按病人诊治的实际需要从中优选出合理的检查技术,向病人提供优质的影像诊断服务,以最少的代价取得最大的诊治效益。

几年前我曾提出开展影像学综合诊断优选应用研究的意见,其后又专题论述了心脏大血管疾病的综合诊断优选应用问题。现在看来,对影像学的不同专业进一步开展这方面的研究,更有其重要性和现实意义。例如:

——颅脑和脊髓疾患,如急性脑血管疾患CT应为首选,而后颅凹和脊髓病变MRI具有独特的优越性。一般,CT可满足多数脑内病变诊断要求;

——腹部实质性脏器,如肝胆胰肿瘤等多种疾病CT为首选诊断技术,应

用螺旋型 CT 的体积扫描可提高诊断效率。MRI 密度分辨率高对某些情况可补充 CT 的不足。超声检查简便，易行为有效的筛选及诊断技术。肾脏情况也基本相似。

——胃肠道，如胃、食管癌的诊断等钡剂双对比造影仍为主要技术。CT、MRI 按病情需要可检测管壁增厚，淋巴结肿大等有助于病期诊断分析；

——胸肺疾患，X 线平片仍为常规应用的有效技术。但 CT（必要时高分辨 CT）对肺间质病变，肺气肿和小结节灶等肺内微细结构的观察分析效果优良，对纵隔非血管与血管结构的鉴别 MRI 为首选而无需对比增强；

——心脏大血管疾患，（详见第二部分）。

——骨骼系统，对大多数骨创伤和病变 X 线平片仍为常用的有效技术。但 CT（必要时高分辨率 CT）有助于显示五官如颞骨的微细解剖结构。对关节病变的诊断如膝、肩关节的软骨、半月板损伤等 MRI 为首选诊断技术，对软组织疾患及骨肿瘤的软组织侵犯等 MRI 都具有优良的效用。

我国是一个发展中的大国，幅员辽阔，人口众多，各地区各单位的专业、学术水平的发展颇不平衡，设备条件也有相当的差异。根据 WHO 提出的“2000 年人人享有卫生保健”，我国政府已经承诺的这一全球性战略目标，这里当然包括向广大城乡居民提供有效而优质的影像学服务。以上举出的仅为几个例证但不难看出，影像新技术诊断效用将会不断提高，但普通 X 线检查仍是影像诊断的基础，在某些方面如胃肠道，骨骼和胸肺疾患则占有主导和重要地位。多年来，X 线设备在我国镇乡卫生单位已基本普及。

因此，如能提高与普及并重，针对影像学不同专业组织、开展多中心的“影像学综合诊断优选应用研究”，制订出适当的“规范”，对减少不必要的高昂或重复的检查，提高诊断效用和效率，直接造福人民群众尤其广大乡镇居民是十分必要的。为完成此项工作，提高实际效用，加强教育和培训工作，不断提高专业人员（尤其基层专业人员）的素质，是至关重要的基本环节。

## 二、心血管病的影像学综合诊断优选应用

近 20 年来心脏大血管的诊断和治疗技术均有长足进步。自 70 年代初、中期以来上述影像学技术，如二维超声（US）含多普勒技术，DSA、MRI、CT 尤其超高速（UF）CT、放射性核素成像如单光子和电子断层显像（SPECT 和 PET）等影像学新技术的开发和应用，显著地改变了多年来以 X 线平片和心血管造影为主体的普通心血管放射学的面貌，尤其以无、少创技术使诊断进程和诊断水平发生了革命性变化。

自 70 年代中期发展起来并逐步成熟的介入治疗，与传统的内、外科治疗构成心脏病的三大治疗方法。这些方法及其配合运用，又对各种影像学技术的合理应用提出了新的不同要求。因此，按临床病例的实际需要，如何作好影像学结合诊断和优选、合理应用，已成为现时心脏病诊治的一个重要课题。

影像学诊断应适应治疗的要求

当前，现代影像学的发展，对疑有和患有心脏病的患者，临床和影像学医师有众多的影像学技术可供选择，而上述三大治疗方法及配合运用，则要求影像学提供全面而适宜的诊断信息，而某些重要信息反过来又可指导临床医师修正治疗方针，选择不同的治疗方法。

全面的影像学诊断信息应包括：(1)显示心脏大血管形态变化包括冠状动脉(冠脉)分支的解剖情况；(2)心脏功能，主要是心室、瓣膜功能和心血管的血流动态；(3)心肌灌注、代谢及其对负荷试验的反应；(4)心脏结构的组织特征(Tissue Characterization)，如心肌异质浸润，纤维置换等。

但从临床实际出发，不同疾病及同一疾病不同病期治疗，对影像学诊断又有不同的要求。例如复杂先天性心脏病外科治疗，要求精确、全面的形态诊断；不同类型冠心病如心绞痛、心肌梗塞等，放射性核素成像则为主要方法；显示心室壁瘤，腔内血栓和组织特征，MRI和UFCT均有帮助；冠心病的手术和介入治疗适应症的选择等则仍依靠冠脉造影；心脏瓣膜病、先天性心脏病的诊断US起主要作用；主动脉瘤，夹层等大血管病，DSA、MRI和CT等为首选或确诊方法。

### 心脏大血管病的影像学诊断

#### 1. 先天性心脏病

X线平片与临床心电图相结合的是基本的无创性方法。对单纯或有典型X线征象的复杂畸形，如房、室间隔缺损，动脉导管未闭，肺动脉瓣狭窄和法鲁四联症等70%-80%病例可提供诊断和鉴别信息。US和多普勒技术已经成为先天性心脏病包括复杂畸形的无创性影像学诊断的主要方法，不仅能实时显示畸形的形态变化，还能观察心脏功能和血流动态。但US空间分辨率低，不能有效地显示冠脉分支和肺循环状态，在一定程度上受患者体型，操作者技术经验等影响为其限度。

普通心血管造影(X线电影)，时间及空间分辨率高，目前的是显示复杂畸形解剖细节最可靠方法。结合心导管检查还能测量心腔各部压力、血氧的具体数值。但作为有创性技术，本法主要用于复杂和疑难先天性心脏病手术前确诊和作为介入治疗的组成部分，有针对性地选择应用。DSA，由于硬、软件的改进，空间分辨率(如矩阵 $1024 \times 1024$ )和时间分辨率(30~60帧/秒)均有明显提高，已能有效地用于先天性心脏病的诊断。但从临床实际效果分析，现时仍不如心血管造影电影技术。

MRI，自旋回波(SE)与梯度回波(GRE)的快速成像技术相结合，CT(UFCT)作为无创性技术，对先天性心脏病复杂畸形如法鲁四联症，大动脉错位，三尖瓣闭锁等具有优良的效用和发展潜力。UFCT的时间及空间分辨率优于MRI，但基本上是横断面成像，需对比增强，而MRI不仅对比分辨率高，直接多体位成像，一般无需对比增强等，总的诊断效用优于UFCT。根据国外经验，复杂先天性心脏病矫治手术后的复查和疗效验证，MRI收到优良效果。由于设备条件限制，MRI，尤其UFCT在国内尚远未普及。

从诊断效率和效果价格比等全面衡量，对先天性心脏病包括复杂畸形的诊断，仍以US为首选。其他技术如MRI，心血管造影等有针对性地选择应用。

#### 2. 后天性心脏病

常见的心脏瓣膜病、肺心病和心肌病等，US或并用多普勒技术，X线平片密切结合临床和心电图检查多可提供诊断性和重要信息。对心脏瓣膜病的诊断，如观察瓣膜的形态和运动，则主要依靠US。补充前者的不足，X线有助于显示心脏整体大小和肺循环状态，如肺静，动脉高压等。心肌病，对显示心壁和肌部间肥厚及其测量等，US简便为首选，MRI更为全面、准确，UFCT则需对比增强。对继发于肺胸疾患的肺心病，X线平片“心肺兼顾”，简便

而具有诊断价值。如为观察肺间质改变和肺气肿细节和后者的类型，则需 CT 包括高分辨率 CT。冠心病的诊断，X 线平片无任何帮助。对心肌缺血及其与梗塞的鉴别，放射性核素扫描含负荷试验则为主要依据。近年来，SPECT 尤其 PET 对晕厥/冬眠心肌和梗塞后存活心肌的检测和心肌代谢分析的意义，愈来愈受到重视。冠心病外科或和介入治疗适应症的选择，冠脉含左室造影是不可缺少的。

MRI 和 CT，尤其 MRI 对多种后得性心脏病同样具有优良的诊断效用。对比和空间分辨率均优于 US 和核素成像。对心包疾患如积液、缩窄，心脏（心腔和肌壁）肿瘤的诊断及其与心旁肿块的鉴别，US 为首选，MRI 全面。心脏瓣膜关闭不全的诊断和定量，US 和 MRI 均实用。CT，尤其 UFCT 对冠脉钙化的检出及定量分析，对冠心病的筛选诊断，尤其对高危人群具有重要意义。

### 3. 大血管病

当前，US（结合经胸和经食管技术，TTE+TEE），MRI，CT 和 DSA 为各类主动脉疾患和畸形可供选择而且有诊断价值的影像学技术。X 线平片仍为普遍应用的筛选和初步诊断方法。普通血管造影已逐步为 DSA 所取代。主动脉瘤和不同类型的主动脉夹层的诊断，应根据不同病情，优选适宜的方法。如急性主动脉夹层，尤其 DeBAKEYI 和 Ⅱ 型，或濒临破裂的主动脉瘤等具有紧急情况，动脉 DSA 应为首选，为应急外科处理争取时间，US 可用于床旁检查，有其优点。无紧急情况的主动脉瘤和慢性主动脉夹层，尤其 Ⅰ 型者，MRI 和 US（TTE+TEE）均可满足诊断要求。两者的诊断率均达 95% 左右。US 和 MRI 对显示主动脉分支均有一定限度，根据治疗处理的需要，可有针对性地进行 DSA 检查。对先天性主动脉缩窄及其他主动脉弓畸形，MRI 能直接多体位成像，有助于显示畸形的解剖细节，MR 血管成像可显示主动脉缩窄的侧支循环。

大动脉炎是我国最常见的血管病。US（TTE+TEE）MRI 和 CT 均有助于主动脉本身狭窄、阻塞和扩张等诊断，但显示主动脉和肺动脉分支病变对本病的全面诊断仍需血管造影，而静、动脉法 DSA 的配合应用为首选技术。

#### 综合诊断和优选应用原则

应从患者诊治的实际和具体要求出发，由无创、少创到有创技术次第考虑。参照上述各种方法的价值和限度，并应衡量各种技术的效用价格比，以最少的检查收到最大的诊治效益为优选应用的原则。当然，亦应结合单位的具体条件，技术经验，全面分析，作出适宜的选择和安排。

# 施肥与农业和环境

朱兆良

中国科学院南京土壤研究所

朱兆良 土壤学家。1932 年 8 月 21 日生于山东青岛（原籍浙江奉化）。1953 年毕业于山东大学化学系。历任中国科学院南京土壤研究所副研究员、研究员。1993 年当选为中国科学院院士。对土壤氮素转化及管理进行了长期研究。

我国人多地少，对农业生产的压力很大。增加肥料投入是提高单位面积产量和发展农业生产的重要途径之一。自 70 年代以来，我国化肥的消费量迅速增加，这对提高农作物产量起到了很大的作用，但是，化肥的增产效用并未得到充分发挥，而且，农田中氮肥的损失较多，在一些地区已出现了水污染等问题。因此，合理施肥的目标应是既保证农业的持续发展，又避免引起环境污染。

## 一、肥料结构

### 1. 总施肥量及化肥、有机肥的贡献

1949 年，我国农业中施用的氮肥，折合纯氮（N）只有 6000 吨，且尚无磷肥和钾肥的施用。农业生产几乎完全依赖有机肥料。自 50 年代、特别是 70 年代以来，随着化肥工业的迅速发展，我国化肥的施用量有了很大的增加。到 1994 年，以化肥形式施用的氮（N）、磷（ $P_2O_5$ ）和钾（ $K_2O$ ）量已分别达到 2062 万吨、925 万吨和 331 万吨，合计 3318 万吨。氮肥和磷肥的总施用量都已为全球之冠。

有机肥料是一项重要的养分资源，其量随着化肥施用量的增加和农产品产量的增多而增加。这是因为，有机肥料是农业中养分的再利用部分，即随农作物收获从农田取走的养分在通过不同循环途径后有一部分又重新用于农业。据估算，1990 年，我国农业中由有机肥料提供的氮、磷和钾量分别约为 513.6 万吨、289.1 万吨和 716.1 万吨，合计约为 1536.8 万吨。

化肥与有机肥合计，1990 年我国农业中施入的氮、磷、钾养分总量约为 4127.1 万吨，其中化肥和有机肥分别约占养分总施用量的 62.8% 和 37.2%。化肥已是农业中投入养分的主体。但是，不同养分的情况有所不同。在施入的 2272.5 万吨肥料氮中，化肥约占 76.6%，有机肥仅占 23.4%；在施入的约 935.9 万吨肥料磷中，化肥约占 69.1%，有机肥仅占 30.9%；而在施入的 918.7 万吨肥料钾中，化肥却仅占 22.1%，有机肥则占 77.9%。这表明，对投入的氮和磷来说，化肥已是主体，而对钾来说，则仍以有机肥为主。

### 2. 有机肥料的构成

对有机肥料的构成进行分析的结果表明，无论是对氮、磷或钾来说，有机肥料的主体都是人粪尿和牲畜粪尿，特别是人粪尿、猪粪尿、牛粪尿和羊粪尿。例如，以 1990 年为例，人、畜粪尿提供的氮、磷、钾量分别占有机肥氮、磷、钾总量的约 80.7%、82.7% 和 53.0%。其次是秸秆（包括秸秆灰），其所提供的氮、磷、钾量分别占有机肥氮、磷、钾总量的约 13.4%、14.1

%和 43.8%。而绿肥提供的氮、磷、钾量却分别仅占有机肥氮、磷、钾总量的约 5.8%、3.2%和 3.2%。

人粪尿和牲畜粪尿是一项重要的养分资源，但是，如果不加以充分利用，则进入水体后又会引起环境污染，导致富营养化。因此，充分利用人、畜粪尿具有重要的经济意义和环境效益。至于秸秆直接或间接还田，目前各地大多已给与了较多的注意，这有利于缓和缺钾问题；还应提倡“过腹还田”，提高其经济价值。关于绿肥，应当指出，习惯上在强调有机肥料时，往往着重于扩大绿肥的种植面积，但是，由于存在着与农作物争地的矛盾，在实施中常有困难。实际上，从绿肥提供的氮、磷、钾量来看，它并不是有机肥料的重要组成部分，因而没有必要过分予以强调。看来，今后绿肥的发展应与饲用等相结合。

## 二、产量与化肥施用量

在一定的土壤、气候和栽培技术条件下，由于存在着一个或几个限制因子，作物的产量有一个所能达到的最高限。这一高限产量受到最低因子律的制约。随着这些限制因子限制程度的减弱或消除，产量得以提高到新的最高限。此时又会出现新的限制因子，影响着产量的进一步提高。因此，又需要找出新的限制因子并加以消除，以使产量再提高一步。农业生产中作物产量的不断提高就是这样逐步实现的。

施肥是通过减弱或消除养分限制因子而获得增产的。但是，在产量与施肥量之间并不是呈直线关系的。在施肥量较低时，单位施肥量的增产量较高，随着施肥量的增加和单位面积产量的提高，单位施肥量的增产量即逐渐降低，即通常所说的报酬递减律。此时，如果能找出新出现的限制因子并加以消除，例如，当存在着品种的增产潜力低、栽培技术不合理、干旱、其它养分不足等限制因子时，则需通过培育新的高产品种、改进栽培技术、合理灌排和平衡施肥等消除这些限制因子，然后才可能通过进一步增加施肥量以获取更高的作物产量。

对 1981 年至 1994 年全国粮食总产与化肥施用量关系的统计分析表明，随着施肥量的增加，粮食总产也趋于增高，二者存在着明显的正相关关系。但是，单位施肥量的增产量却逐渐降低。例如，1981 年至 1985 年，化肥的总施用量由 1334.9 万吨（以  $N+P_2O_5+K_2O$  计，下同）增至 1775.8 万吨，粮食（包括大豆，下同）总产由 32502.0 万吨，增加到 37910.8 万吨，平均每增施 1 公斤养分增产粮食 12.3 公斤；从 1985 年至 1990 年，化肥总施用量由 1775.8 万吨增加到 2589.6 万吨，粮食总产由 37910.8 万吨增加到 45184.1 万吨，平均每增施 1 公斤养分增产粮食 8.9 公斤，仅为 1981 年至 1985 年间化肥增产效果的 72.4%；在 1993 年化肥总施用量又增至 3150.1 万吨，而粮食总产仅增加到 45648.8 万吨，平均每增施 1 公斤养分仅增产 0.83 公斤，尽管仍表现出一定的增产作用，但仅为 80 年代初期增产效果的 6.7%。这一现象一方面反映出报酬递减律的必然性，但是，也意味着在我国农业生产中还存在着其它限制因子有待于消除。例如，据统计，一些施肥量和产量相对较低的地区，增施化肥的增产效果仍较大，而在一些施肥量和产量都已较高的地区，或在施肥量和产量虽然较低、但存在着其他限制因子（如干旱等）的地区，则增产效果较低。在后两类地区，努力找出这些限制因子，并加以消

除，是充分发挥化肥增产效用和提高产量水平的前提。

### 三、养分收支和土壤肥力的变化

农田的养分收支情况直接影响到农田土壤肥力的变化。对我国农田养分收支平衡进行的估算表明，80年代初以来，氮的收入（包括化肥、有机肥等）一直大于支出（包括作物收获、氮素损失）而有盈余，且盈余量趋于增多。按20亿亩耕地计算（下同），1990年的盈余量每亩已达到约0.5公斤N（未计入肥料以外的收入）。这一部分盈余的氮或积累在土壤中从而提高了土壤的氮素肥力。或进一步损失而进入大气和水体，引起环境污染。磷的情况与氮相似，也是收入大于支出而有盈余，且盈余量也趋于增多，1990年每亩耕地的盈余量已达约1.9公斤 $P_2O_5$ （未扣除损失）。这一部分磷积累在土壤中，从而使土壤的磷素肥力趋于增高，因此我国农田土壤的缺磷面积正趋于减少。与此相反，钾一直是严重亏缺的，1990年每亩播种面积的亏缺量已达到约2.3公斤 $K_2O$ 。因此，我国农田土壤的钾素肥力正趋于下降，缺钾的面积趋于扩大，这可能成为今后农业发展中的主要限制因子之一。

### 四、施肥与环境

农田的养分损失对环境的影响主要涉及氮和磷两个元素。磷对环境的影响主要限于水体的富营养化，氮则还影响到大气。

#### 1. 大气污染

氧化亚氮（ $N_2O$ ）作为一种温室气体，促进全球的气候变暖，不仅如此，它还破坏臭氧层，增加紫外线辐射，引发皮肤癌。因此，农田向大气排放氧化亚氮问题受到了广泛的关注。

据估计，全球氧化亚氮的年排放总量约为1400万吨（以N计），其中，来自化肥氮的量究竟有多少，是人们所关心的一个重要问题。从统计资料来看，近些年来，全世界化肥氮的总消费量已增至约7300~7900万吨。据报道，不同氮肥品种在不同条件下氧化亚氮的排放率有很大的差异，低的只有0.04%（硝态氮），高的可达5%（无水氨）。如果平均以2%计算，则每年全球因施用化肥氮所排放的氧化亚氮量约为150万吨，约占全球氧化亚氮排放总量的10%。这仅是化肥氮直接排放的氧化亚氮量。为了评价化肥氮对大气氧化亚氮的总贡献，还应考虑因增施氮肥所增加的作物吸收氮以及由农田进入水体的化肥氮在此后的循环中又将释放多少？对此目前还难以作出估计。

施入农田的能形成氨或铵的氮肥，可通过挥发作用向大气释放一部分氨。进入大气的氨中，一部分以干湿沉降而返回地面，还可进入平流层后通过光化学反应产生氮氧化物。因此，农田中氮肥的氨挥发损失，不仅降低了肥效，而且也影响了环境。据观测，我国水稻田中氮肥的氨挥发损失约占施氮量的10—40%。

#### 2. 水污染

按照一般标准，每升饮用水中硝酸态氮的含量不应超过10毫克，水中无机氮总量和磷酸态磷（P）的含量分别超过每升0.2和0.015毫克时即可发生藻华。目前，我国一些产量高、施肥量大的地区，已经出现了地表水和地下

水的污染问题。部分饮用水中硝酸态氮的含量已超过卫生标准，部分湖泊和水库水中氮、磷的含量已达到中-富营养化水平，藻华频发，影响了工业和生活的用水，而且有趋于严重之势。

根据 1987 和 1988 两年的田间原位观测，苏南太湖地区每年由农田进入水体的氮素净量（差额负荷量）约为 1.76 万吨，其中，每亩水田的差额负荷量为 1.6 公斤、旱地为 0.8 公斤。因此，农田中的氮随径流和渗漏而进入水体已是引起水体污染的重要原因之一。但是，由农田进入水体的磷素差额负荷量尚为负值，因此，它不是水体中含磷量增高的原因。

此外，与农业有关的、引起水体中氮、磷含量增加的另一重要原因是，人、畜粪尿（特别是前者）未能充分利用，而是大量地直接排入水体，这一现象在城镇尤为突出。以江苏苏锡常地区为例，据粗略的估计，每年城镇人口排泄的粪尿中所含的氮、磷总量分别可达 6000 ~ 8000 吨和 2400 ~ 2800 吨。如果其中大部分排入水体，将会严重污染水体。因此，尽可能充分地将人粪尿用作肥料，减少其直接排入水体的数量，将是一项既有利于农业、又有利于环境保护的好事。

## 五、协调农业发展与环境保护的肥料管理

协调农业发展与环境保护是农业中肥料管理的总原则。无论是化肥的合理施用或是有机肥料的充分利用，都要既着眼于农业发展和作物高产，又要考虑到环境保护。当前，我国一些地区有机肥料的利用有所减少，这不仅造成资源的浪费，而且也不利于环境保护。因此，继续强调施用有机肥料是完全必要的。而就化肥来说，当前最重要的可能是合理施用氮肥。

根据国内各地在田间进行的试验结果，氮肥的利用率虽然变幅很大，但其平均值却只有 28% ~ 41%，损失率则大多在 30% ~ 70% 之间，利用率与损失率之间常有一定的互补关系。因此，减少氮肥损失是提高其利用率和减少环境污染的共同基础。当前，在氮肥合理施用中似应考虑以下几点。

### 1. 氮肥施用量的控制与作物高产

将氮肥的施用量控制在适当水平，是充分发挥其增产效用、减少环境污染的主要措施之一。

众所周知，产量 ~ 施氮量的反应曲线在超过某一施氮量后产量即不再随施氮量的增加而增高，甚至下降。因此，过量施用氮肥并不一定能获得最高产量，却反而增加了氮肥的损失量。氮素营养水平过高时，植株易遭病虫害危害，因而常需更多地施用农药。因此，过量施用氮肥并不一定能获得最高产量，而且还增加了成本、污染了环境。

目前，各种预测适宜施氮量的方法都只能达到半定量的水平。而“平均适宜施氮量法”，由于不需要进行土壤测试，符合我国农村当前缺乏测试条件的具体情况，因而简便易行、不误农时，易于在大面积上应用。所谓平均适宜施氮量是指，在某一地区的某一作物上，由多点进行的氮肥用量试验网中各田块上该作物的最适施氮量计得的平均值。该法就是以这一平均值作为该地区该作物上确定适宜施氮量的基本依据，并在此基础上，根据土壤的肥力、前作上的施肥情况，以及有机肥料的施用量和质量等，作适当的增减。其理论依据主要是，在适宜施氮量附近，产量 ~ 施氮量的反应曲线已较平缓，在该用量附近，施氮量的少许增减所引起的产量增减并不大。显而易见，随

着生产条件的改善和栽培技术的提高，应当重新进行多点的氮肥用量试验，以确定新的平均适宜施氮量。

从国内一些地区在主要作物上进行了 5—10 年的中长期试验结果来看，无论是水稻、小麦或玉米，每亩施氮约 10—12 公斤（配施磷肥和钾肥），已能持续达到比较高的产量水平，更高的施氮量区作物的产量并未进一步明显增加。例如，在北京进行的小麦、夏玉米和春玉米试验中，每亩施氮 9 公斤时，1984—1993 的 10 年平均亩产分别为 396 公斤、373 公斤和 527 公斤；每亩施氮量提高到 18 公斤的产量分别也只有 378 公斤、398 公斤和 491 公斤，产量与施 9 公斤时基本相同，在内蒙古进行的玉米试验结果与此类似，每亩施氮 10 公斤和 20 公斤的 2 个处理，在 1986 - 1993 年间的平均产量都是 722 公斤。据此，并考虑到可能存在的增产潜力，以及在大田生产中，施肥技术不一定能像小区试验中那样精细等，施氮量可略多一些。并以此作为宏观控制氮肥施用量的基本依据。至于目前的施氮量和产量都已很高的地区，看来需要结合具体生产条件和栽培技术水平，进行氮肥用量与产量的关系及其对环境影响的研究，以协调作物高产与环境保护的关系。

## 2. 施肥时期与早发高产

大量的研究表明，与在作物生长旺盛时期（拔节至抽穗期）施用相比，在生长初期施用（包括播种前或插秧前表施和苗期或分蘖初期表施）的氮肥，其利用率较低、损失较多。这是由于在生长初期作物的需氮量少，根系尚未充分发育、吸收能力低，加之作物地上部分的郁蔽度也低，氮肥易于损失。而在生长旺盛时期，作物的需氮量大，作物根系发育已较好、吸收能力强，加之地上部分郁蔽度高，氮肥损失受到抑制，因而利用率较高、损失率则较低。当然，为了在早期有一定的群体，以获得高产，早期适当施用一部分氮肥仍是完全必要的。但是，过分强调“早发夺高产”，在作物生长的初期就表施大量氮肥的做法则是不适当的。这不仅会造成氮肥的更多损失，而且，前期生长过旺，对高产也不一定有利。

## 3. 深施与早发高产

深施是目前提出的减少氮肥损失、提高氮肥利用率的各种方法中，效果最大且最稳定的一种。它能有效地减少氮肥的径流损失和气态损失。深施的方法有多种。从原则上来说，“力求减少施肥后留存于田面水中的氮量”应是稻田中氮肥合理施用的一个重要原则。在此原则指导下，可以因地制宜采取各种施用方法，例如，粒肥深施、犁沟条施、穴深施，以及“稻田的无水层混施”、“以水带氮（尿素）”等，其中以粒肥深施的效果为最好。在实际运用时，需要考虑到深施的适宜深度和适当减少氮肥的施用量。施肥过深，将不利于早发。

## 4. 平衡施肥

在缺磷或磷钾的土壤上，配施磷肥或磷钾肥，可以促进作物生长、提高其吸收能力，从而能明显地降低氮肥的损失，提高氮肥利用率和作物所吸收的氮素转化成籽粒的效率，并在增产效果上表现出一定的氮磷、氮钾或氮磷钾之间的协同效应（正交互作用）。现行的配方施肥为大面积生产中实施平衡施肥作出了重要贡献。但是，当前我国钾肥短缺，开源节流尤为重要。钾肥应优先施于缺钾的土壤和对钾肥反应大的作物种类和品种上。在高产条件下，应特别注意发挥不同养分之间的协同效应。

## 六、结语

积极增加化肥的投入，充分利用有机肥料是促进农业发展的物质基础。但是，化肥、特别是氮肥和磷肥自农田的损失，以及有机肥料的未能充分利用而排入环境，又都会引起环境污染。因此，充分利用和发挥肥料的增产效用、减少和避免其对环境可能产生的不利影响，应是农业持续发展战略中合理施肥的总原则。围绕这一目标，还要进行很多工作。我们应当努力工作，为我国农业的持续发展作出应有的贡献。

# 农耕文化圈与畜牧文化圈在黄土高原上的嬗替

任继周

甘肃草原生态研究所 甘肃农大草业学院

任继周 草原学专家。1924年11月7日生于山东平原。1950年毕业于南京前中央大学。历任甘肃农业大学教授、副校长、甘肃草原生态研究所所长。并曾任中国草原学会副理事长、中国草业协会副会长等职。现任甘肃草原生态研究所名誉所长、教授。1995年当选为中国工程院院士。主要从事草原科学的教學与研究。

## 一、文化圈，畜牧文化圈，农耕文化圈

文化圈，也称文化景观，是在自然景观的基础上，经过人类活动所形成的可以辩识的自然-社会的空间实体。它包括有形的自然事物，如森林、草原、水体、山川等，也包括含有较多人类活动烙印的事物，如农田、房屋、道路、服饰等，还包括文化要素的语言、文字、心理状态，以至特定的生活气氛。

文化圈是在一定的自然环境中，在相对隔离的条件下，自然环境条件与人类社会活动长期同化的结果，因而它是自然因素与社会因素两者的矛盾统一体，可以把它看作自然-人文的生态系统。它的内部，存在一定的结构和功能。

作为社会物质基础的生产系统，当然是任何文化圈发生与发展的前提，也是为保持其文化特征所最有权威的一种“文化迫力”。

在这里相对隔离的条件是必要的。这种隔离，如大山、大海的自然阻隔，人种、语言、社会结构等社会活动的阻隔，以及民俗、宗教、价值观等心理习惯的阻隔。

黄土高原上存在过的畜牧文化圈与农耕文化圈，就是在这种相对隔离的状态下，通过文化圈内部各个组分相互作用，形成的结构-功能体，亦即自然-人文生态系统和与之俱来的生态系统的“序”。

“序”从本质上说，是内在的、自生的系统的构架。“序”一旦形成，它就趋向于保持自身的稳定。

“序”是任何较为确定的系统所必需具备的。否则，将不可辩识，也就不成其为系统。这种“序”的产生，往往要经过一个漫长的、不自觉的过程。

文化圈内“序”的产生，因为是不自觉的，因此，常常受到不必要的、不自觉的干扰。但这种干扰不管多么强大，多么持久，只要没有超越它能够承受的弹性阈限，系统内部所固有的“序”，仍然顽强地，有时是曲折地给以适应、修补和自生；并最终还是有所表现。因而农耕文化圈和畜牧文化圈都是稳定的实体。稳定，意味着固有的排他性。

农业文化圈，它含有农耕文化圈与畜牧文化圈，作为人类文化最初的生长点，它的稳定特征尤其明显。这是因为原始的农业生产是相对封闭的；农业生产周期较长，生产方式改变较慢，“传统”较易保持；农业生产更多的受自然环境的影响，而自然环境是相对稳定的；农业社会结构较单纯而稳定。农耕文化圈与畜牧文化圈有明显的区别（表1）。

表 1 农耕文化圈与畜牧文化圈特征之比较

农耕文化圈	畜牧文化圈
生产单位、活动地域相对狭小	生产单位、活动地域相对广阔
界面相对稳定	界面相对多变
对土地加工较多	对土地很少加工
自然植被破坏较多	自然植被保存较好
生产活动往往造成土壤侵蚀	生产活动造成的土壤侵蚀较不明显
居民以植物生产为主	居民以动物生产为主
居民以素食为主	居民多肉食
村舍城镇较发达	村舍不发达，稀见城镇
文化设施较齐全	文化设施较简陋
居民不喜搬迁	居民经常搬迁
人口增长较快	人口增长较慢
社会交易较发达	社会交易较不发达
两者交融中以文化移出为主	两者交融以文化移入为主

但是文化圈的隔离状态一旦被打破，不同的文化圈必然发生交融而出现新的组合，从而产生新的“序”。尽管文化交融主要的进程是单向的，即较高水平一方涵盖较低水平一方，但不可避免地，较低水平一方的某些成分也渗入较高水平一方。从这一意义上说，农耕文化圈与畜牧文化圈的交融，不是某一旧的文化圈的简单扩大，而是新文化圈的诞生。从生态系统的理论看来，这是两个系统，即农耕生态系统和畜牧生态系统的耦合，也就是更高级系统的诞生。

这种系统间交融的特征，可以表现于同一时代的不同地域，如同时存在的农耕区与畜牧区，我们称之为空间特征；也可以表现于同一地域的不同时代，如农业发展史中的不同历史阶段，我们称之为时间特征。

而中国的黄土高原以其悠久的农业历史，广大的空间分布和处于农耕文化圈及畜牧文化圈过渡地带这一特色，则表现出两个文化圈交融的特殊轨迹。

## 二、农耕文化圈与畜牧文化圈的嬗替轨迹

黄土高原是华夏文化的摇篮。其农耕文化圈与畜牧文化圈的更替颇具典型意义。

传说中，黄土高原曾经率先出现了中国农业的第一代始祖伏羲氏（相传出生于今甘肃省天水市）和以伏羲氏为象征的畜牧业及其相应的畜牧文化圈。

随后又出现了农业的第二代始祖神农氏（相传出生于今陕西省的岐山），他象征农耕文化及其相应的农耕文化圈。

这两位先哲细节的真实性也许可以商榷，但他们所昭示的历史背景却给我们以启示：黄土高原曾经出现过互相嬗替的畜牧和农耕两个文化圈。

两个文化圈之间的嬗替过程应是漫长的，大约始于 6000 年前，西安的半

坡村文化应属此类嬗替的转折点。

在两个文化圈发生时间嬗替的同时，不同的民族，以其相对封闭的文化圈，也同时存在于黄土高原及其邻近地区。随着各民族势力的消长，农耕文化圈与畜牧文化圈也发生空间的推移和交融。

从有史可考的年代算起，大约 4000 多年以来，黄土高原的农耕文化圈与畜牧文化圈在时间和空间上的嬗替极为丰富多彩（表 2）。

表 2 黄土高原畜牧文化圈与农耕文化圈之嬗替

年代	文化特征	史 实
公元前 2100-1600	原始游牧时代	夏文化以前
公元前 1600-1500	种植业在黄土高原萌芽，并部分发展	夏农官后稷子不窋出亡陇东，但迫于周围畜牧部族的压力，端父率众退出陇东高原，下岐山。嬗替之一
公元前 1100-500	农耕文化圈在关中稳定发展，并向北扩张	商、周、战国时期，游牧民族在农耕文化压力下有所退让，畜牧文化圈与农耕文化圈界面北移。
公元前 500-220	畜牧文化圈在黄土高原再度扩大	战国后期到秦统一，各农耕国家疲于战乱，畜牧民族再度占据黄土高原之大部，畜牧文化圈在黄土高原居主导地位。嬗替之三
公元前 220-0	农耕文化圈稳定扩张，其文化系统趋于完善，乡村、城池、驿道等文化设施发展	秦始皇三十三年（公元前 214 年），蒙恬伐匈奴，筑长城；汉文帝十一年（公元前 169 年），晁错建议“募民徙塞下”；汉武帝元狩三年（公元前 120 年），徙民 70 余万实边；元鼎六年（公元前 111 年）又大移民。嬗替之四
1-620	畜牧文化圈在黄土高原再度扩展，但长时期在农耕文化圈濡染下也有所蜕变。部分居民趋向农耕。	从东汉到三国、南北朝，中原动乱，游牧民族控制黄土高原，并问鼎中原。汉顺帝永和五年（140 年），下诏边民内徙；汉灵帝熹平三年（174 年），鲜卑人踞黄土高原。嬗替之五
620-750	黄土高原以牧为主稳定发展，逐步走向定居，与此同时，农耕文化圈在某些地区取代畜牧文化，而另一些地区仍保留原来的畜牧文化	唐朝为农耕文化与畜牧文化交融发展时期，黄土高原广设牧场，仅陇东就有牧场 8 处，“地广千里”，开元十九年（731 年），养马 44 万匹，私有者百倍于公。嬗替之六
750-1370	畜牧文化圈政治上居优势，对农耕文化施加压力，但当时较先进的农耕文化圈仍以不可抗拒的较高文化濡化畜牧文化，对周围施加影响	从五代十国直到元朝，黄土高原主要为畜牧民族统治，以行政命令推行畜牧业，远离关中盆地黄土高原保留了畜牧文化圈的特征。嬗替之七

续表

年代	文化特征	史实
1370-1650	黄土高原为中心的农耕文化圈不断向周围畜牧文化圈渗透	农耕文化圈的生产优势逐渐为黄土高原北面的畜牧文化圈所吸收。明朝更以行政手段实行“盐引”制，强迫盐商运粮支边，盐商就地雇工种粮，开垦大盛。嬗替之八
1650-1949	黄土高原被过度开垦，农耕文化圈居绝对优势。水土流失严重	清王朝进入稳定发展阶段，人口倍增，农耕地向草原、灌丛发展，畜牧民族被迫退至半荒漠、荒漠
1949-70's	农耕文化圈空前扩张，水土流失、草原退化加速。不仅畜牧文化圈不复存在，农耕文化圈的土地资源也遭受破坏	实行“以粮为纲”的政策，强调牧区粮食自给。黄土高原专以畜为业的居民，几乎不复存在

从表 2 中 11 个阶段，8 次嬗替中，可以看出农耕文化圈在黄土高原一步一步地扩大，畜牧文化圈一步一步地缩小。经过 1000 多年的角逐、融合，直到公元 200 年左右，秦国以其强大的综合国力，才使农耕文化圈在黄土高原的东部站稳脚跟。又过了 1000 多年，从 14 世纪以后，农耕文化圈在黄土高原才取得绝对优势并稳定发展。

在农耕文化圈与畜牧文化圈两者的嬗替过程中，在两种文化圈的结合部，逐渐形成了若干具有两者烙印的结合点，这就是为大家所熟知的、分布于传统农耕区与畜牧区之间的“茶马市场”。它们较为著名的，从北往南数，有华北的张家口、陕西的榆林、甘肃的洮州、四川的西昌、云南的大理。在这里文化的交融，异化为产品的交换，而产品交换本身，具有丰富的文化内涵，如通过产品的使用会作用于生活习惯、审美观点以及形成共同的价值观等等。通过两个文化圈的物质的和文化的交流，实现着两个文化圈的渗透。

不同文化圈互相渗透，新的文化圈形成过程中，尽管较为先进的一方，看来近乎同化了较为落后的一方，但落后一方的文化烙印，已经深深地留在了这个新的复合体中。且不说汉朝的苜蓿、唐朝的胡琴、元朝的胡同、清朝的旗袍和满汉全席，都来自较不发达的文化圈，就连已经几乎被完全“消灭”了的印地安文化至今还经常出现在美国的服装、语言乃至“西部片”中。黄土高原上畜牧文化圈的淀积则表现为陇东苜蓿（关中苜蓿的前身）、早胜黄牛（关中黄牛的前身）和与之相应的生产、生活等许多方面的表现。

文化圈既是不停地发展变化的，也是具有稳定的深厚淀积的。

### 三、文化淀积对黄土高原农业生产的影响

不同的文化淀积，在同一地区，可以出现不同的农业生产倾向。

同是一个黄土高原，当来自畜牧文化圈的游牧民族占优势的时候，倾向于发展畜牧业；当来自农耕文化圈的习惯农耕的民族占优势的时候，则发展种植业。从上述的农耕文化圈与畜牧文化圈的嬗替轨迹，可以明显地看出这种文化淀积作用的倾向性。

由于两种文化各自保持了自己固有的倾向而少有发展，因而几千年来，黄土高原的农业生产处于质变不多的嬗替之中。这里有两方面的原因，一是科学技术停滞不前，二是商品经济发育不足，甚至某些时期还有一些倒退。

在这段漫长的历史时期中，农耕文化圈的封闭式的、古老的以植物性生产为主的农耕文化传统，越来越在黄土高原居于主导地位。

几千年来，黄土高原在人口不断增加，垦殖压力不断加重情况之下，从50年代到70年代，又执行了“以粮为纲”的政策，强调各地口粮生产自给，文化圈的内部和外部产品交换系统阻滞不畅，把视野局限于谷物种植，不但基本取消了畜牧文化圈的有用部分，也极大地伤害了农耕文化的合理内核，如不适当地扩大耕地，过分开垦了草地和林地，倒茬轮作的程序被打乱，招致土壤肥力的破坏，在造成水土流失、土地瘠贫的同时，也导致了文化圈本身停滞和贫乏。

这是一个漫长的历史时期。文化圈产品交换系统发育受阻的同时，人类赖以生存土地资源受到严重破坏。

土壤有机质由3—5%下降到不足1%，甚至不足0.5%。在当地的条件下，土壤有机质每降低一个百分点，意味着每一毫米降水量减收半公斤谷物，那就是每公顷减少了3吨到3.75吨的收成。

水土大量流失。每年16亿吨泥土流入黄河，把这些泥土培成高宽各一米的长堤，可以绕地球9.1周。这对下游造成了无穷的祸害。

随着这些土壤的流失，大约相当40万吨氮肥和大量土壤中的营养元素付诸东流。这相当1990年甘肃省全年化肥使用量的一倍多。

这样的水土流失，使平坦、肥活的陇东高原，被割切得支离破碎，沟壑吞食了70%的土地。有的地方，沟壑占去了94%，平地几乎不复存在。

原来是著名粮仓的董志塬，一度成为缺粮区，倒要从外地调入口粮。近几年抛开了“以粮为纲”的口号，尽管人口增加的压力未减，但口粮已经可以自给。

甘肃草原生态研究所在黄土高原的中心董志塬所做的实验证明，把畜牧文化与农耕文化的土地利用方式适当结合，可使光能利用效率提高40—90%，水分利用效率提高一倍，作为土壤肥力指标的有机质，三年内可以提高24%；从而在减少化肥用量70%的情况下，反而使产量提高了40%，牧业产值达到40%，纯收入提高了1.7倍，水土流失量只有原来的2—4%。这个贫困地区的人均产值，居然超出当时全国平均水平的34%。中国科学院水土保持研究所在固原上黄村，以扩大林草植被为突破口，调整土地结构，只几年时间，粮食单产提高2.1倍，总产提高97.6%，人均纯收入增长6.4倍，水土保持达50%。

从以上这些事例可以清楚地看出背离科学技术所造成的反差。

这仅仅是把两个文化圈的土地利用习惯，加以初步调整，就产生了这样明显的效果。如果进一步加以优化，使之达到两个文化圈的系统耦合，其生产潜势将是难以估量的。

#### 四、结束语

黄土高原曾经存在两个农业文化圈，亦即农耕文化圈及畜牧文化圈。它们在黄土高原的农业发展和民族融合中都起了历史性的作用。

就黄土高原本身的农业发展来说，畜牧文化圈发生在先，农耕文化圈后起，但就黄土高原的多民族来说，两者长期并存，互有消长。数千年间经过11个阶段，8次嬗替，最后农耕文化圈稳定于黄土高原。

综观其嬗替规律，农业这一自然-社会综合系统，既受自然因素的影响，也受民族文化因素的影响，在自然背景允许的条件下，文化因素起决定作用。

黄土高原的自然环境具有广谱性，它既宜于畜牧生产，也宜于农耕生产。正是通过文化圈的作用，发生着畜牧生产系统与农耕生产系统的多次嬗替。

在黄土高原的具体情况下，由于农业耕文化系统较畜牧文化系统为先进，经过长期、反复融合，农耕文化圈终于占据了黄土高原。

但黄土高原的农耕文化圈，迄今为止，长期停留在汉民族习以为常的单纯种植业模式。它还没有能力，或没有来得及运用现代科学技术，把畜牧文化圈与农耕文化圈两者的长处结合起来，更谈不到通过较为完整的系统耦合，建立新的、更高层次的农业生态系统。目前，在“开放”的大局下，农耕文化圈所固有的超稳定性，以及由此而发生的较多的保守性和排他性已经有所松动。

希望过去那种长期处于生产水平不高，但对自然资源的破坏却日甚一日的严重状态，会逐步有所改善。人类对于黄土高原“破坏与征服的历史”应该结束了。

部分科学工作者在黄土高原初步进行的工作，亦即畜牧文化圈与农耕文化圈某些组分的初步结合，已经取得了显著成效，但这远未达到两个文化圈耦合的水平。如前所述，文化圈的形成，应以建立包含产品流通的生产系统为前提。耦合的生产系统长期发展，不断完善，直到足以建立自己特有的文化圈时，这一过程才完成。

我们翘首企望这一天的到来。

# 生物资源的合理开发利用和生物多样性的有效保护

吴征镒

中国科学院昆明植物研究所

吴征镒 植物学家。1916年6月13日生于江西九江。1937年毕业于清华大学，1942年清华大学研究生毕业。历任清华大学生物系讲师兼国立医药研究所研究员，中国科学院植物研究所研究员、副所长，昆明植物研究所所长、名誉所长，中国科学院昆明分院副院长、院长，《中国植物志》主编。1955年被选聘为中国科学院院士（学部委员）。长期从事植物学和生物多样性研究。

## 一、生物资源的利用和生物多样性保护的关系

这是需要开宗明义加以说明的重要问题。生物资源的合理开发利用和生物多样性的有效保护是相辅相成的一对矛盾。生物资源的合理开发利用要以生物多样性的有效保护为基础，否则就难以为继；生物多样性的有效保护又必须在生物资源的合理开发利用下才可能有效，两者须双管齐下，并行不悖。

问题的关键是合理和有效。简言之，有效保护是为了永续的合理利用，而合理开发利用了生物资源才能使保护生物多样性的有效措施得以逐步实现。两者之间要协调好，关键又在于长远利益与近期利益的合理调节，合理调节是使生物资源得以永续或持续利用的关键性措施，可以这么说，整个人类文明史的持续，在很大程度上取决于把生物作为一种再生资源的合理开发和有效的保护。

## 二、生物资源的定义、范围、特点和五个历史发展的程序

生物资源通常指植物、动物和微生物，即可资人类利用的一切生命有机体的总和。

植物包括具有颈卵器的高等植物和低等植物；动物包括脊椎动物、无脊椎动物和庞大的昆虫家族；微生物的门类则十分庞杂，包括非细胞生物中的类病毒、病毒，原核生物中的细菌、立克次氏体、支原体、衣原体、螺旋体、蓝细菌、真核生物中的单细胞藻类、酵母，霉菌以及原生动物等。

生物资源不同于其它自然资源，有其特殊的性质，因而在整个自然资源中起着桥梁的作用并占据中心的地位。下面谈的五个特点的四点是整个生物资源所普遍共有的，后一点则主要为植物的属性。

生物资源与非生物资源本质区别在于生物资源可以不断自然更新和人为繁殖扩大，而非生物资源则不能。利用生物资源的这一特性，首先必须保护生物资源本身不断更新的生产能力，从而才有可能达到长期利用的目的。

生物资源相对来说，都具有一定的地域性，即每一种生物都有其或大或小的特定的生长地理范围，而在植物里面表现得尤为突出。如巴西橡胶、可

可只能在湿热带生长；瓜尔豆、牛油树只能在干热带方能生长良好；贝母、黄连只适应高海拔地区等等。

生物具有遗传潜力的基因，存在于该种生物的种群之中，任何生物个体不能代表其种的基因库。各种危及物种生存和繁殖的因素容易引发物种世代顺序的断裂，而种群的个体数减少到一定限度时，该生物的遗传基因便有丧失的危险，最终导致物种的解体。而物种的解体也就是资源的解体，因为物种绝种之后是不可能再造的。

生物与环境之间是相互作用的，它们一方面受制于环境因素，反过来又影响这些因素。植物在这方面的作用尤为显著。组成土壤有机物质的大部分是植物的产物；植物组成的植被具有保持水土、调节气候的作用。森林植被的恒温恒湿作用、涵养水源作用和巨大的热容量，具有保护农业生产和稳定的生态环境的特殊作用。由于森林植被的破坏而造成区域气候诸要素的明显不利变化早已成为全球面临的严峻问题。

生物资源中的植物资源又有其独到之处，能直接利用太阳能，并将太阳能转换为化学能加以储存，在一定条件下释放出来或转变为热能。部分光合自养性微生物也有此功能。

在生物资源的开发利用中，以上五个属性必须得到高度的重视，才可能制定出真正合理的措施，使生物多样性在施惠于人的同时又能永恒地存在于这个星球。

人类文明的早期，原始人利用生物资源主要是为了果腹，提供能量，生存繁衍。这类生物资源可归类为食用生物资源，主要有淀粉糖料、蛋白质、油脂等各类。这类开发利用目前仍旧是人类对生物资源需求和重点研究的一个主要方面。

随着文明的发展，人们在长期与自然打交道的过程中，偶然发现了一些动、植物具有治疗某些疾病的作用，并开始了有意识的深入研究，因而利用生产资源的进程几乎同时进入了另一个阶段，所以，可以说食药同源。我国对药物的利用历史渊远流长，为世界医药作出了巨大贡献。在微生物中多种抗生素的发现，开创了这方面生物资源开发利用的新纪元。目前这一方面的发展更是日新月异。

在人类文明的一定阶段，生物资源在工业方面不同程度、不同规模地得到利用。但真正大规模集约化利用生物资源，还是近代工业革命之后的事。资本主义市场的不断扩大，对各种资源的需求也随之加剧。工业化对生物资源的利用目前已达到无以复加的地步，极大地改变了我们这个星球的面貌。对木材、造纸原料的需求就是一个很好的例证。橡胶从热带雨林中供原始部族中的小儿玩具近百年间一跃而成为工业重要原料和战略物资也是如此。而由于大量砍伐木材和毁林植胶已使热带雨林急剧萎缩，这不仅使区域气候诸要素发生显著的变化，也使全球生态系统产生不可逆转的不利变化。目前，利用集约化生物工程求得最大限度的商业利润已成为工业利用生物资源的一个崭新领域，也是解决人类迫在眉睫的资源危机的新世纪曙光。

人类在文明的成长过程中，审美意识逐渐增强，逐步懂得利用生物资源美化环境，历史悠久的名贵花木，艳丽贝壳的室内装饰就是很好的例证。懂得利用生物资源进行环境改造则是人们在长期的生产实践中逐步摸索出来的，如利用植物防风固沙、改良环境、固氮增肥、改良土壤等。真正具有环保眼光，有意识地合理利用这一套生物资源则是比较近代的事物，如利用生

物进行环境监测和抗污染等。

这是生物科学发展到一定程度后开始的利用生物资源的一个高级历史进程。根据遗传学观点，每个物种都有自己的遗传特性；不同的遗传特性均应视为不同的种质。生物种质资源主要是指有用生物的种质资源。各种有用生物均隶属于相应分类等级的科、属、种，往往具有大量的近缘属种。长期栽培的植物，驯化的动物和有用微生物菌株，由于人为的定向培育皆具不同程度的特性，与其野生类型和不同区域形成的变型相比，往往具有不同程度的特性，构成了生物种质资源多样性的一个方面。

收藏、研究这些种质资源，对人类十分有益。国际上很多研究中心、机构都建立了各种相应的收藏种质资源的“种子库”或“种子银行”，“精卵库”，“细胞库”，“菌株库”乃至分子水平的“基因库”，利用不同种质进行杂交，以期获得满足人们不同需求的新品种，获得了各种成功。特别目前以 DNA 克隆、杂交、定向移植、异体表达等新技术为标志的生物基因工程的应用，在生物种质资源的收藏、研究和利用方面显示出极富魅力的前景。然而，由于植被的破坏和环境的恶化，当今世界种质的损失日趋严重，种质的消失是不能再造的。国际上十分重视生物种质的保护，成立了许多机构，提出了相应的行动纲领，在这方面，我们必须迎头赶上。

### 三、生物多样性的内容及意义

活的有机体本身和它们赖以生存的生态复合体的多样性和变异性，代表着生物与环境的辩证统一。它包括数以百万计的动物、植物、微生物和它们所拥有的基因以及它们与生存环境形成的复杂的生态系统。它的本质为活的有机体的基本特征之一，是生物从非生物进化而来的过程中的自然产物和必然产物。

三至五个层次或水平，其中研究较多、意义重大的有遗传多样性（基因多样性）、物种多样性、生态系统多样性、景观多样性四个层次。而最重要的是物种多样性，它是其它的基础或载体。多样性向两极发展，宏观向生态系统多样性或景观多样性，微观向基因多样性、生物化学物质多样性。

生物资源（包括人类本身）是生物多样性的物质表现，也是人类赖以生存和发展的物质基础。

动物、植物、微生物和人类本身，连同所在环境即大气层、水和土壤是一个互相依存、互相制约的循环系统，也是一个辩证统一体。主要层次和结构如下：

植物——主要的第一性生产者。没有绿色植物（特别是高等植物），就意味着没有生命和现在的人类社会。动物——主要的消费者，也是第二、第三性的生产者。微生物——分解者，同时也可成为生产者。人类——最大的消费者，同时也能成为最大的生产者；可以成为破坏者，也可成为协调者。

各个层次之间的纯自然关系是建立在食物链的各个环节上的，本质上是靠能量流动和物质流动加以维系。它们之间的物流、能流及食物链的级次均是辩证统一的关系。

自从人类出现以后，一切生态系统无不与人类活动有关。一切生态系统都以人类活动为中心。人类只有成为“栽培者”，才能有“文化”，才能成为最大的生产者和协调者。

人类能成为前所未有的最大而最有效的食物和能量的生产者，主要是因为他们能根据自身的需要“栽培”任何一种生物资源，并使之不断再生和不断进化（如稻、麦、牛、狗、鸡、鸭、金鱼等）。

生物多样性是生命进化的产物。地球上的生物经过几十亿年发展进化成今日气象万千的生命世界，它是人类赖以生存的物质基础。如果毁于一旦，人类也不复存在。它有多重价值，现已得到人们的逐渐认识。自李鹏总理 1992 年在里约热内卢代表中国政府签署《生物多样性保护公约》之后，对生物多样性的保护就成了我们一致行动的政府行为。

生物多样性的直接价值即为人类所直接利用的生物资源。植物不单为人类提供了基本粮食、蔬菜、水果等等，也为人类蛋白质、油脂主要来源的畜禽、海产等提供了基本的食物和饲料，所以，是第一性的生产者。发展中国家 80% 的人口仍靠传统的药物进行治疗，其中，大部分是植物。此外，生物多样性还提供多种多样的工业原料如木材、纤维、橡胶、造纸原料、天然淀粉、油脂，甚至煤、石油、天然气也是生物遗骸经千百万年转化而成的。

生物多样性的间接价值，这一价值较之前者更为重要。生态系统是由很多物种所构成，完善而稳定的生态系统对调节气候、稳定水文、保护土壤作用巨大。目前没有得到利用的诸多物种在所处的生态系统中几乎都有不可替代的重要作用。因此，保护生态多样性就是保护人类舒适、美好的生态环境。此外生物多样性还有不可估量的美学、文化价值，同时也是旅游资源中极为重要的成分。

人类经常作为重要资源加以利用的生物不过 500 种，仅 150 种被大面积栽种作为食品；世界上 90% 的食物源于 20 个物种，75% 的粮食来自小麦、水稻、玉米等 7 个物种。常用的中药也不过 1000 种。即是说，绝大部分物种还是用途不明。要解决人类目前面临的几大危机除了在已利用的生物资源上深入作文章外，还有赖于在其它尚未利用的物种中寻找新的可用资源。有的可培育成新的经济种，有的可与栽培（饲养）种进行杂交，产生更有特异抗性的新品种。全世界的绝大多数物种还未被人们进行过研究，因而它们蕴藏的遗传多样性的潜在效能难以估量。

生物多样性的形成也是地球形成后特别是白垩纪以来很多自然历史事件如板块构造、造山运动、海洋进退、冰川进退等的反映。生物多样性的形成——亦即物种起源的历史进程，一直是生物学界最大最基础的研究课题。

#### 四、云南生物资源概况及利用潜力

云南土地面积仅占全国的 1/25，然而各大类主要生物物种，几乎均占我国总量的 1/2。云南物种种类尚未完全摸清，近年来仍有许多新类群被陆续发现，尤其是昆虫和菌物类，距“基本清楚”也相差甚远。

由于云南省地史古老，优越的地理环境和气候条件，使云南的生物资源不仅十分丰富。而且独特，具体主要表现在以下三个方面：

一是区系成分复杂。以植物为例，云南既是古热带植物区系和泛北极植物区系的交汇点，也是喜马拉雅植物区系和“东亚”植物区系的交汇点，因而极大地丰富了它的植物种类，相应地也丰富了它的动物和微生物种类。云南既有与我国各大片区相同的生物种类，也拥有远至前苏联、地中海、美洲、大洋洲等地区的生物种类或相近的种类，其区系组成十分复杂。

二是特有属、种甚多。云南各类生物究竟有多少特有属、种，迄今仍无确切的统计，种子植物中有 82 属为中国特有，其中 15 属为云南特有。特有种约占总种数的 1/3 左右，动物的特有属种：鱼类有中国特有种 260 个，其中云南特有 164 个；鸟类有中国特有种 99 种，其中 7 种为云南特有；兽类有中国特有种 60 种，其中云南特有 28 种；两栖爬行动物有中国特有种 70 种，其中 25 种为云南特有。昆虫因研究程度较低，很难统计，以蝴蝶为例，中国有 2300 种，云南有 700 种，其中 60 种为云南特有。

三是珍稀濒危物种多，在国家公布的第一批保护植物中，云南有 151 种，占 42.6%，其中一级保护 4 种，二级保护 56 种，三级保护 91 种，第二批拟编入国家红皮书的有 187 种。

在合理开发利用的过程中，我们既要看到优势，同时也要注意后两点，尽管特有类群会含有一些特有的有用成分，但它们和珍稀濒危物种的种群数量往往十分有限，在未解决人工栽培或饲养问题前，尤其要搞好保护的工作。

国内已开发利用的生物资源种类中，云南占的比重很大。植物资源的内含物及类型的多样性是明显的，而以第一性生产力为生存条件的消费者——动物，分解者——微生物也会受到影响，产生出相应的多样性。

生物中 useful 物质在种间常有相似性，在其它地区已找到有价值的种类，往往在云南也可找到近缘或替代种类，其价值有时会超过“正品”。如药用植物中的马钱子，是传统的进口药，云南发现的云南马钱子，其有效成分优于进口的马钱子；人们从非洲的美登木属中提取到有抗癌疗效的美登木素，我们也从滇产同属植物中分离到该化合物并具抗癌疗效。这类事例很多。即使要引进新品种，由于云南具有从热带直到寒带的气候条件，根据气候相似性原则，易于找到引种成功的立地生境。

云南有 25 个少数民族，他们都有自己的优秀文化。众多民族在长期与自然打交道的过程中，积累了丰富的经验，都有其独特个性。这些都是值得深入发掘和研究的。结合生物资源分布的特点与民族居住的相关性，把这两方面从科学的角度加以深化，向高层次的利用水平推进，将会产生巨大的商业效益。

云南省特殊的地形地貌和生态条件，既有有利的一面，同时也使得众多的生物资源表现出很强的地域性，分布十分零散，在一定时空范围内，种群数量少，加之其它不利因素，难以形成稳定的规模化生产，成本势必增加，这就严重地制约了对生物资源的合理开发上规模、上档次。

不利因素主要表现在开发利用的基础不够，技术力量薄弱和生产方式的落后以及交通运输的严重制约等方面，这里不一一列举。

#### 云南生物资源的利用现状及建议

从目前来看，对野生生物资源的利用普遍存在破坏大于更新这个问题。对野生生物资源的利用水平大多仍停留在野生采挖、捕猎的自然经济状态。由于人们受短期利益的驱动，超限度地加以采挖、捕猎，但很多物种的自然更新、繁殖能力难以跟上人们无限膨胀的私欲，从而使得这些物种的种群数量大大下降，进入到遗传基因库可能丧失的危险境地。这应引起我们的高度重视。

由于很多带有综合性或前期性的研究工作往往没有得到应有的重视，在经费上更难得到支持，致使在生物资源某些种类的开发利用上一轰而起，一哄而散的现象屡有发生。蚕桑、甜叶菊、长毛兔、香料、咖啡等的发展都不同程度地发生过这种情况，近年的“柑桔热”、“香蕉热”也有类似的教训。

政府的宏观调控和指导有待加强。

云南省生物资源利用的现状是初级产品多、低层次开发多、单一利用明显。任何一种生物资源都有多种用途，而目前的利用往往只针对一种用途低度开发。因此，需要大力加强综合开发利用的深层次研究，提高生物资源综合利用的整体水平。

对生物资源开发利用存在着片面性，直接、快速、掠夺性开发利用的现象经常存在，特别是对某一时期的“热门”资源，这种方式的危害是更为严重的。从根本上说，是有效保护的意识还不强，也没有树立综合开发利用的观念，为了生物资源的永续利用，政策法规要跟上，科研水平也应提高。

在 1995 年云南省召开的科学技术大会上，中科院和云南省加强了联系，签署了长期合作的意向，这是值得庆幸的。18 个生物资源开发利用的项目的制定使得这种合作更加具体和明确。中科院有着综合研究、开发利用生物资源的较强实力，在云南的 4 个研究机构中，就有 3 个是涉及生物学科的。而云南丰富的生物资源和长期开发利用的一些成功经验是这种合作的坚实基础。

云南省对生物资源的开发利用有其得天独厚的优势，丰富的生物物种是开发利用的物质基础，而且，适生环境宽，以宜于作开发利用和保护山地的材料为特点。所以建议搞国际化的种苗公司，首先面向国内，有意识、高价值地推广种质资源。

我们对森林资源的利用要改变过去那种一味卖木材的坐吃山空的经营方式，注意森林的多重功能。森林生态系统既是人类的摇篮，也是早期人类的衣、食、住、行的天地，今天它仍在给予我们很多的益处。作为努力成为生态系统调节者的人类，在利用森林资源时，就应考虑到它的多种功能。在保护好防护林、水源涵养林等的前提下，合理而有限度地经营好用材林。但利用这类森林就要有综合利用的观点。除了着眼于木材之外，还要看到森林是陆地生态系统中面积最大、结构最复杂、功能最稳定、生物量最高的生态系统。在木材的经营上，一定要坚持采伐量小于生长量的原则，学习林业先进国家，提高“三剩”利用率，发展森林化工，研究树皮、树叶等的化学价值；森林中的其它生物资源的开发利用要得到应有的重视，森林内的动物、微生物、菌物类以及野生药物、水果等的价值较之单纯的木材价值还要高。因此加强森林资源的综合利用势在必行。

针对交通运输问题的一个对策，应是大力发展花卉、香科、药物等价昂、质轻、易运产品，这样，便于运输，同时产品价格不菲。另一方面，还要搞好初级产品的深加工，开展综合利用，提高产品档次，增加附加值和含金量，这更是解决运输问题的根本之所在。

橡胶引种于 1904 年，真正大发展始于 50 年代，现已遍及云南省南部 7 个地州 28 个县市。迄今，天然橡胶生产已成为继烟、糖、茶之后的又一新兴种植业。但是，我们应记取 1975—1977 年三年寒害的深刻教训。今后发展橡胶除了加强抗寒品系的培育和高地耐寒胶树的引种外，还应特别重视小环境的选择、植胶方式的配置。而胶茶混种就是一个较成功的经验。

烟草是单一用途的产品，只能用于加工卷烟和其它烟制品，其发展取决于自身的质量和卷烟工业的需求。云南烤烟和卷烟由于产品质量良好，占我国较大的烟草市场份额，尤其是名特优产品。从 1987 年开始，云南部分卷烟出口东南亚和日本，受到较好评价，有一定的市场前景。烟草一直是云南省

财政的重要源泉，外边戏称我们是“烟财政”。但是我们应该看到，从经济角度看，过分依赖单一支柱产业是危险的。另外，目前世界范围内政府行为性的禁烟运动和人们环保意识的增强，将使烟草行业逐步变得步履艰辛。因此，把云南省生物资源利用的优势产业逐渐换个顺序是势在必行。茶、糖于人是百益而无一害的“甜蜜事业”，目前云南省又有相当基础，可以替代烟草而成永久性的头等“支柱”。

如前所述，云南的动物种类也是以其丰富而享誉全国的。种类的多少固然是资源利用的基础，但并非每种动物都有利用的价值。欲构成一个可利用的资源动物，必须具备三个条件：（1）资源数量较多；（2）分布范围广；（3）利用价值大。根据这些原则，下面几项可资参考：

猴子：灵长类是人类的近亲，也是主要的实验动物。全世界每年需要大量的实验动物，而灵长类的使用是有严格限制的。全国每年需要上万只纯种猕猴作医学实验，云南省是猕猴资源最多的省区之一，且分布较广。由于近年的乱捕滥猎，云南省猕猴资源受到很大破坏。因此，很有必要扩大灵长类人工饲养、繁育基地，育成大量纯种，以扩大这些动物的纯种种群，满足生产和科研的迫切需要，同时也可成为一项极有市场前景的产业。

麂子：云南的革用兽类以麂皮最多，21年平均年产17万余张，占全国总收购量的70%以上。云南麂皮在外贸上很有名气，俗称“云贵路”，以皮张大，皮板壮实、韧性大、色泽好而著称，售价较高，加强对它的人工饲养是大有可为的。麂皮是云南省的主要出口畜产品，全国的麂皮均由云南省统一对外经销。它是光学仪器工业和制革工业的重要原料。商品皮价格很贵，但我国都以原料皮出口。原因是目前国内鞣制技术不过关。对于这样一项大宗畜产品，如果国内有关单位能承担并协作攻关，解决鞣制和精加工技术，变原料皮出口为商品皮出口，将大大提高这项产品的经济效益。

鸣禽：云南所产的传统观赏鸟类有画眉、红嘴相思鸟、银耳相思鸟、八哥、鹦鹉、朱雀、金翅、绣眼鸟等种类，多为能歌善唱的鸣禽。根据资料，1980年的广州某出口鸟雀收购站出口笼养观赏鸟149,972只，某省驻广州出口鸟雀站出口733,833只。可见笼养观赏鸟的出口量是比较大的。随着国内人民群众生活水平的提高，许多人喜欢饲养笼鸟，作为业余闲情逸致的乐趣，城市中的鸟市越来越活跃。总之，这也是一项大有可为的生物资源开发产业。云南又是多种鸟类的迁移通道，要注意许多“鸟吊山”的保护，避免借机滥捕，仅供食用。

微生物的利用范围较广，几乎涉及我们生活中的诸多领域。这里，重点讲讲对于林业和农业这两大产业的作用。主要应结合森林更新，加强林下菌物的利用和农林综合系统中的肥源问题，这方面，首推菌根资源和放线菌资源。对优良菌种予以分离和获得专利，成为商品菌种加以推广，对云南省的农业和林业极为有利。

针对生物资源开发利用中存在的诸多问题，有一点是较为明显的。即在开发利用的科研和资金投入上，主要仍然靠政府财政支持，科研经费明显不足。多数生产企业普遍缺乏依靠科技进步求发展的战略眼光。如在对潜在优势生物资源开发的中间试验环节特别薄弱，非常需要资金支持，也需要一定的周期和承担一定的风险，但普遍存在的“短期行为”阻碍了对这一投入的积极性。另一方面，对很多带有综合性、前期性的研究工作，往往难以得到应有的重视，在经费上更难得到支持。这两方面将严重阻碍生物资源深层次

的开发利用，所以急需政府的协调和支持。

一切开发利用，必须禁止竭泽而渔、杀鸡取卵、锯树捉鸦的愚蠢做法。紧接的就是回到前面开宗明义的话题上，即处理好生物资源的开发利用和生物多样性的有效保护的关系，是生物资源开发利用中应始终遵循的原则。

## 面向 21 世纪的生物技术

郑国锷

兰州大学

郑国锷 植物细胞学家。1914 年 3 月 30 日生于江苏常熟。1943 年毕业于国立中央大学博物系。1950 年获美国威斯康星大学博士学位。历任兰州大学生物系教授、系主任，曾任中国细胞生物学学会副理事长，中国大百科全书生物卷细胞学副主编。1980 年当选为中国科学院院士（学部委员）。主要从事植物细胞学研究和教学。

由于生物技术为在农业、医药、食品、化工、环保和能源等方面的发展带来重大变革，因此在人类社会即将进入 21 世纪的今天，世界上几乎所有国家都在制定战略计划，投入巨额资金，推动生物技术的产业化。据有关人士预测，在 2000 年到来时，全世界生物技术产业市场销售额可达 1000 至 1500 亿美元。日益发达的生物技术产业，将在世界经济的发展中产生不可估量的作用。我国也不例外，党的十四届五中全会通过的关于制定“九五”计划和“2010 年远景目标的建议”中提出了从 1997 年起的 15 年中，经济建设的重点之一是加强农业，要抓好开发与推广、发展包括生物技术在内的高技术及其产业，并加强基础性研究，使科技与经济更紧密结合。这幅跨世纪蓝图显示我党要把 21 世纪的中国建设成一个富裕的、现代化的社会主义国家。

在 21 世纪，高科技发展的热点领域之一是现代生物技术中的遗传工程。遗传工程有狭义和广义之分。狭义的遗传工程就是基因工程；广义的遗传工程是指所有能改变生物体遗传性状的技术。基因工程起始于 70 年代，首先是由分子生物学家研究并掌握了分割和拼接遗传物质脱氧核糖核酸（简称 DNA）的技术，其后应用到各个方面。已通过这种技术，使细菌产生胰岛素和人类生长激素，并能提高乳牛的奶量，还能将抗御病虫害的特殊基因注入到马铃薯、玉米、棉花等农作物中。近年来医务界已治愈了几种可能致人于死亡的酶缺乏症（几种遗传病），并且几乎每周都能发现引发某种疾病的基因。

现代生物技术的要点是，在分子或细胞水平上进行基因操作，克服自然界物种之间遗传物质不能转移交换的障碍，定向地改变生物的某些性状，因而可能大幅度提高农产品的产量与质量，以及农业资源的利用率。我国自 70 年代初生物技术开始起步，广泛开展了农业和医药生物技术的研究与应用，并取得了显著的效果，表现在下列几个方面：

### 1. 植物组织与细胞培养、快速繁殖

植物种苗组织培养快速繁殖，已开始商业化生产。建立了马铃薯、香蕉、甘蔗、兰花、月季、苹果、葡萄等快速繁殖技术与脱病毒技术，并已大面积推广应用，增产效果十分显著。

### 2. 植物细胞工程育种研究

这项研究已进入大面积示范与应用。利用花药培养育成的小麦、水稻、油菜、烟草等新品种，累计推广面积达 3000 多万亩，产生了巨大的经济效益。

### 3. 抗病虫害转基因植物研究

这项研究也取得了一些进展。已育成一批抗病毒的烟草和蕃茄品系，并进行了大面积试验示范。转基因抗虫杨树、棉花和玉米也在田间试验成功，

都能增加产量并保证质量。另外，还有转基因的马铃薯，既能抗细菌性青枯病，又能提高蛋白质含量，也进入田间试验。最近，我青年科学家又克隆主要粮食作物水稻白叶枯病广谱抗性基因成功，将大大推动水稻抗病育种进程。

#### 4. 动物胚胎工程

这项新技术的成功，开辟了家畜良种繁殖的新途径。已建立绵羊、山羊、奶牛、家兔等动物胚胎分割、胚胎克隆与体外受精等新技术，并成功地建立了试管牛、羊繁育技术体系。

#### 5. 转基因动物研究

这项研究也进展迅速。例如，通过生长激素基因的转移，已获得快速生长的猪及其后代。转基因的鲤鱼生长也很快，现已进入中试阶段。

#### 6. 基因工程药物和疫苗研究

这项研究已显示出良好的应用前景。例如，用基因工程技术获得了干扰素、人生长激素、白细胞介素-2、人表皮生长因子等药物。又如，马传贫、口蹄疫、猪瘟、鸡新城疫等几十种单克隆抗体已研制成功，其中部分已制成单抗试剂盒，用于家畜家禽病害的鉴别和诊断。幼畜腹泻注射与口服基因工程疫苗已开发应用，痘病毒、马立克病毒等重要畜禽病毒载体与抗原基因的研究取得了显著进展。

以上所述只是刚刚开始，其中某些项目的研究水平虽居国际领先，但总的来讲，与国际上比较还有一定的差距。

### 国际上生物技术发展的新动向

#### 1. 基因治疗

随着人类对基因研究的不断深入，发现许多疾病是由于基因结构与功能发生改变所引起。研究人员不仅能发现有缺陷的基因，还将开始掌握如何进行对基因诊断、修复、治疗和预防，这是生物技术发展的前沿，其成果将对人类的健康和生活带来不可估量的利益。所谓基因治疗是用基因工程的技术和方法，将正常基因转入病患者的细胞中，取代病变基因，从而表达所缺乏的产物，或者通过关闭或降低异常表达的基因等途径，达到治疗某些遗传病的目的。1990年美国进行了第一例基因治疗，对两个4岁和9岁女孩由于体内腺苷脱氨酶缺乏而患严重联合免疫缺陷症进行基因治疗获得成功。现在（1995年）这两个女孩已9岁和14岁，都在上学。这一开创性工作标志着基因治疗已经从实验研究过渡到临床试验。1991年我国复旦大学薛京伦教授主持的实验室与上海医院合作进行了国内首例B型血友病的基因治疗临床试验获得成功。血友病B的症状是鼻子出血、关节出血。鼻子一出血就要输血，一年要发生六七次自发性鼻出血。这种遗传病是由于凝血因子基因缺陷，不能分泌凝血因子蛋白所引起的。基因治疗是将人凝血因子的基因经反转录酶病毒为载体导入患者自身的成纤维细胞，随后将此经过转化的细胞，通过皮下注射入患者体内，获得了凝血因子的成功表达，使血液中的凝血因子蛋白增加到正常人的浓度，就可使症状减轻或消失。目前，已发现的遗传病有6500多种，其中由单基因缺陷引起的约有3000多种。因此，遗传病是基因治疗的主要对象。

基因治疗的最新进展是即将用基因枪技术于基因治疗。其方法是将特定

的 DNA，用改进的基因枪技术导入小鼠的肌肉、肝脏、脾、肠道和皮肤获得成功的表达。这一成功预示着未来人们可能利用基因枪传送药物到人体内的特定位置，以取代传统的接种疫苗，将用基因枪技术来治疗遗传病。

目前，科学家们正在研究胎儿基因疗法，其治疗程序：首先将上述有“严重联合免疫缺陷症”家族病史的孕妇检测其 12 周胎儿，确证患有这种遗传病的缺陷基因后，胎儿自第 16 周后接受基因治疗，从脐带提取胎儿细胞，并用基因工程技术处理无害病毒加上健康基因“感染”这些胎儿细胞，然后把它们注入正在生成免疫系统的胎儿体内，取代缺陷基因，出生的婴儿通过检测证明，未发现“严重联合免疫缺陷症”征兆。如果这一初步试验疗效得到进一步确证，就有可能将胎儿基因疗法扩大到其他遗传病，以防止出生患遗传病的新生儿，从根本上提高后代的健康水平。

## 2. 基因工程药物研究

第二个值得注意的动向是基因工程药物的研究。开发的重点从蛋白类药物，如人胰岛素、人生长激素、促红细胞生成素等大分子蛋白质，转移到寻找较小分子的蛋白质药物。这是因为蛋白质分子一般都比较大大，不容易穿过细胞膜，因而影响其药理作用的发挥，而小分子药物在这方面具有明显的优越性。另一方面，对疾病的治疗思路也开阔了，从单纯用药物发展到用基因工程技术或基因本身作为治疗手段。

目前，还有一个需要引起大家十分重视的问题，就是过去被征服的许多传染病，由于病菌产生了耐药性，又卷土重来。世界卫生组织通报，全球肺结核病危机。本来即将被消灭的结核病又死灰复燃，出现了多种耐药结核病，据统计美国 1985—1992 年结核病患者增加 20%，意大利增加 27%，瑞士增加 28%，每年有 300 万人死于结核病。因此，科学家指出：在世界很多地方，细菌又兴风作浪了。在今后一段时间内，会有数以百计的感染细菌性疾病的人将无药可治；同时病毒性疾病日趋增多，防不胜防。不过与此同时，科学家们探索了对付的办法，即在人体、昆虫和植物种子中找到一些小分子的抗微生物多肽。例如，在人体血液内的一种白细胞，叫作多形核中性粒细胞内存在的人防御素，就是属于这一类小分子多肽，分子量小于 4000，仅有 30 多个氨基酸，它具有强烈的广谱杀伤病原微生物的活力，对细菌、病毒、真菌等病原微生物能产生较强的杀伤作用，有可能成为新一代的“超级抗生素”。除了用它来开发新的抗生素外，这类小分子多肽在农业上用于培育抗病作物新品种，为此，引起国内外科学工作者的关注。

近年来，我们围绕人防御素-1 基因工程，开展了以下几方面的工作：

- (1) 建立了人中性粒细胞防御素-1 的 cDNA 克隆；
- (2) 通过农杆菌介导的方法，将人防御素-1 (HNP-1) cDNA 片段导入烟草；
- (3) 初步证明了人 HNP-1 在烟草植株中的表达；
- (4) 初步证明获得的转基因烟草对烟草花叶病毒 (TMV) 侵染有一定抵抗力。

基因工程药物，往往就是这种重组 DNA 的表达产物。随着我们对人体本身的了解、不断深化以及分子生物学与其专门技术的迅速发展，基因工程药物已不仅仅局限于蛋白质这一类，广义地说，凡是在药物生产过程中涉及用基因工程的，都可称为基因工程药物，它具有十分诱人的前景。

## 3. 加快农作物新品种的培育

这是第三世界发展中国家发展生物技术的一个共同目标。我国农业生物技术的应用，已广泛开展，并已取得显著效益，前面已经讲过。今后我国的农业生物技术，要把重点放在主要粮食作物的高产、优质、提高抗病虫害的能力等方面。植物基因工程和细胞工程在这方面比常规育种技术有明显优势和巨大潜力，应利用这些新技术加速培育粮食作物新品种，为实现我国在本世纪末新增粮食 1000 亿斤的宏伟目标而努力奋斗。

#### 4. 分子进化工程的研究

分子进化工程是继蛋白质工程之后的第三代基因工程。它通过在试管里对以核酸为主的多分子体系施以选择压力，模拟自然中生物进化历程，以达到创造新基因、新蛋白质的目的。

实现试管里的“达尔文式分子进化”，必须通过三个步骤，即扩增、突变和选择。扩增是使所提取的遗传信息（DNA 片段）分子获得大量的拷贝；突变是在基因型水平上施加压力，使 DNA 片段上的碱基发生变异，这种变异为选择和进化提供原料；选择是在表型水平上通过适者生存，不适者淘汰的方式固定变异。这三个过程是紧密相联的，缺一不可。

近年来建立的“试管里定向进化”的方法简述如下：

- （1）用化学方法合成核苷酸顺序变异体的分子库；
- （2）给分子库施加压力，以选择其中符合实验要求的分子；
- （3）对选择出来的数量很少的片段，用 DNA 聚合酶链式反应（PCR）技术进行扩增。

现在已应用此方法，通过试管里的定向进化，获得了能抑制凝血酶活性的 DNA 分子，这类 DNA 具有抗凝血的作用，它有可能代替溶解血栓的蛋白质药物，来治疗心肌梗塞、脑血栓等疾病。

### 加快甘肃省生物技术发展的对策

#### 1. 因地制宜，发挥优势，发展支柱产业

联合国教科文组织一位生物技术专家阿尔贝·萨松认为：发展中国家生物技术的优势在植物生物技术上。我国的生物技术产业化发展进程也证实了萨松的这个观点。因此，我省近期生物技术产业化发展的重点仍应放在植物细胞工程育种、植物快速繁殖和脱毒苗的生产等生物技术上，发挥我省的优势。

甘肃丘陵山地很广，利用这些地区种植木本粮油植物，生产木本粮油食物应作为优先考虑的项目。快速繁殖良种木本粮油植物，干鲜果植物，如板栗、山楂、杏、枣、银杏、橡子、榛子、核桃、文冠果、杜仲等，在甘肃省大部分山区都可种植，而且可以节约米、麦粮食，经济效益高。例如，我国每年工业用粮（米、麦）80—90 亿公斤，仅上海市纺织工业每年用粮 2000 余万公斤（相当于 10 万人一年的口粮）。在纺织工业可用橡子淀粉来代替，并可增加纱的牢度，还有防腐作用。如果本世纪末工业用粮中的 50%—60% 用橡子淀粉代替，则每年可换出粮食 50 亿公斤。出口 1 亿公斤板栗，可换回小麦 10 亿公斤，可直接增加粮食产量，因此可以引进一批良种，用植物组织培养方法，进行良种的快速繁殖。这项新技术，仅应用极少量的需要引进苗木的茎尖或芽，在较短时间内繁殖大量苗木；例如，仅需要板栗、橡子、山楂、核桃或枣树等良种的一个芽，经过一年时间可繁殖 10 万余株苗木；同时

占地也不大，在一间 10 平方米的培养室中，一年至少可繁殖 20 万株试管苗，可实现工厂化育苗。这种育苗既不受季节和外界环境条件的影响，又可选育出优良性状的苗木品种，利用这些良种，就可进行工程造林和立体栽培经营。所谓立体栽培经营是同一块林地上栽培两种或两种以上的植物，利用它们之间的不同生物学和生态学特性，组织多层次的复合植物群落，充分利用阳光能和地力，提高效益。

关于应用现代生物技术，研制医药食品方面，甘肃省也有一定的基础。例如，甘南藏族自治州农业科学研究所的《冬虫夏草人工保护培育试验研究》课题，全人工培育冬虫夏草获得成功，为我国保护利用虫草资源提出了新途径。天然冬虫夏草的“冬虫”是虫草的寄主鳞翅目蝙蝠蛾类昆虫的幼虫，生长在土壤中；“夏草”是麦角科虫草属真菌。这种真菌寄生在寄主蝙蝠蛾的幼虫体上，从幼体上生长出地面为虫草菌丝子实体即为“夏草”。其有效成分为地面部分的草而非地下的虫，与人参、鹿茸并列为三大补品。这项工作除甘肃省外，广东新会也进行，而且走在甘肃省的前面，正在从试管走向世界。他们运用现代生物技术，进行菌种分离、纯化，而后接种于试管内模拟虫体的培养基上，诱导出“夏草”（虫草子实体）。据报告，新会的虫草有效成分远高于市售的天然冬虫夏草，其虫草素含量高出天然的 61 倍，现已进行工厂化生产，产品已在日本、美国、新加坡、台湾等国家和地区试销，这表明新会虫草是具有广阔应用前景的生物技术产品。但新会虫草技术与日本开发出的培育“冬虫夏草”技术相比，又落后了一步。他们已确立了菌系培养技术，开发出的 1500 立升培养容器，进行液体发酵罐培养，产品价格便宜，药效比天然的强。目前，甘肃省的人工培育“冬虫夏草”从资源保护利用方面占有优势，但从技术上看还将采用现代化生物技术，进行工厂化生产，才能形成支柱产业，远销国内外。

## 2. 人才培养

发展农业生物技术需要大量优秀人才。目前甘肃省的情况是只有少量生物技术研究人员，分散在大专院校及科研机构中，广大农村缺少这方面的人才。为此建议在甘肃省有条件的单位开办生物技术研讨班，招收农村高中毕业生，学习 1—2 个学期，回乡以后，可根据当地情况，因地制宜的选择 1—2 种植物，开发生物技术产品。这在国内已有先例，一个产品就可振兴一个乡的经济，以“生物技术兴乡”是大有希望和前途的。

生物技术产品的研制开发、生产和销售，也需要实行合理分流，建立一支强有力的科技企业队伍，实行社会化的研究—开发—生产—销售一体化。这是发达国家生物技术发展的一条成功经验。

## 3. 成立专门研究开发生产机构

在生物技术产业化发展过程中，不仅需要各类人才，还应设立专门机构来协调解决在生物技术研究 and 成果转化为产品的开发生产中所出现的问题。为此建议在省科委下，成立省生物技术指导委员会，负责咨询、监督甘肃省“九五”生物技术规划的执行，以及各单位之间的协调和合作，并使研究与产业有效地衔接起来。

## 4. 大力推行科普教育

加强科普教育要与经济建设和社会发展结合，针对不同层次，把握重点。甘肃省科普教育的重点：（1）要结合农业生产实际，以广大农村干部群众普及及传播推广先进、适用的生物技术和知识，用生物技术脱贫致富，为农业上

新台阶服务；（2）对各级领导干部的科普，重在提高他们的科技意识，了解科技发展趋势，进一步落实“科学技术是第一生产力”的思想，并转变为决策行为。

为了改善科普的工作条件，甘肃省财政要增加经费的投入，增加省科协的科普宣传车辆，采取有效的形式大力开展生动活泼的科技宣传。要注意发挥省级学会和农村专业研究会等基层科技组织的作用，高举科学的旗帜，清除愚昧落后，同一切反科学、伪科学现象作坚决的斗争。

# 从人类与自然协调共存谈害虫的自然控制

张广学

中国科学院动物研究所

张广学 昆虫学家。1921年1月31日出生于山东定陶。1946年毕业于中央大学农学系。历任农林部棉产改进处技佐、中国科学院动物研究所副研究员、研究员等职。1991年当选为中国科学院院士（学部委员）。对蚜虫分类和演化作了系统性的研究。

马克思、恩格斯早在一百多年前就强调人类与自然协调发展。1972年联合国召开的人类环境会议上提出了“我们只有一个地球”的口号，并通过了《人类环境宣言》。1992年6月联合国举办了“环境与发展”的世界首脑会议，通过了“里约环境与发展宣言”。呼吁人类携手保护地球的共同愿望，认识到包括人类在内的生物与地球的整体性和相互依存性，人类享有与自然协调共存、过健康而富有生产成果的生活的权利。走可持续发展的道路，谋求人类与自然协调共存，有着长期的战略意义。

## 一、发展面临的问题

随着经济的发展，人口膨胀对资源和环境造成了巨大影响，环境污染不断加剧，生态变化形势令人担忧。2000年前的中国森林覆盖率50%，现在仅有12%；丘陵裸露面积占2/3；全国水土流失面积达150多万平方公里，占全国面积的1/6；国土沙化面积达1.26亿公顷，盐化面积达0.27亿公顷。全世界约有1000万—5000万个生物物种，已知的仅有140万种，我国物种约占世界物种总数的1/10。目前物种的灭绝速度为自然条件下的1000倍以上，是地球史上的最高峰。在今后二三十年内，地球上受严重威胁的物种将占物种总数的五分之一。我国已有398种脊椎动物和1009种高等植物列入濒危物种名录。每一种生物往往与10—30种其它生物共存，所以任何一种生物灭绝都会引起连锁反应。按照我国有1009种植物濒危推算，会有1—3万多种生物的生存受到威胁。这种连锁式物种灭绝危机正在威胁着人类的生存基础。

地球上约有100多万种昆虫，有害的昆虫有8万余种，但真正造成危害的仅3千余种，在一个地区严重危害的也只有几十种。我国约有14万种昆虫，其中仅有少数是农林牧医方面的害虫；少数如家蚕、蜜蜂、紫胶虫、倍蚜、食品昆虫、药用昆虫和害虫的天敌是益虫，绝大多数是益害不显著的。近半个多世纪以来在人类防治害虫的历史里，单纯使用化学农药造成了许多不良后果。许多害虫对化学农药产生了几十倍甚至成百上千倍的抗药性，失去了敏感性；主要害虫如稻飞虱、棉蚜、麦蚜等数量急剧下降后又突然回升，造成更大危害；引起次要害虫如棉铃虫等在其天敌被杀死后突然暴发成灾；对非防治目标物种如天敌、传粉昆虫和野生动物造成有害影响；污染土壤、水域、大气和动植物产品。这是因为我国目前年生产化学农药以有效成分计达20万吨，而农药的使用通常有一半以上的剂量从使用处漂移到很远的地方，部分落在植物上或农田中，只有不到1—5%的剂量降落到害虫等被防治对象

上。环境污染非常严重，产生了害虫的危机。全国每年因病、虫、草和鼠害的损失约占粮食产量的 10—15%，棉花产量的 15—20%，水果蔬菜的 20—30%。每年的经济损失达数百亿元。

因而，人类必须谋求与自然协调共存，走可持续发展的道路。我国的 14 万种昆虫，除其中已知的 4 万种外，尚有未被认识的大量昆虫，应该加速研究，分门别类，查清这批资源，以调节互惠互利关系，使之有利于与人类协调共存。

## 二、人类与昆虫共存

大多数昆虫不直接危害人类，甚至也不直接危害植物和驯养的动物。即使它们取食某些植物或动物后，被取食生物常可得到补偿或超补偿，所以并非害虫。生物物种间还有一种食物链或食物网关系，是一种互相依存、互相竞争的关系。取食野生动植物的昆虫益、害通常不明显，作为当地生物群落中食物网的不可缺失的成员，作为害虫天敌的食料，它们在维持当地生态自然平衡中起着重要作用，应该被当作野生动物和生物多样性的成员受到人类的保护。反之，如果我们肆意破坏这种平衡，从表面上看，受害的是野生动物，从深层看，受害的是生物系统的食物网络成员，最终是人类自己。所以要保护生物多样性，保护人类的环境，应该促使作物和作物品种多样化，绝不滥用杀虫剂。

## 三、昆虫资源的合理利用

昆虫是地球上最繁荣昌盛的生物之一。且不说美国人 Erwin 曾推测世界昆虫种类有 3000 万种，英国博物馆曾推测将有 1000 万种，亦不说中国会有 100 万种昆虫，仅按中国现有已知昆虫 4 万余种，至少尚有 10 万种有待记述开发来说，除少数种类为害外，这些种类的昆虫大都是直接或间接有益于人类的昆虫资源。

天敌昆虫是害虫的克星。许多昆虫在其发源地，在它们天敌生物的克制下，并不造成危害，而作为次要害虫存在。一旦人为传播或自然传播到远方，由于其天敌生物没有跟随传播，往往失控，形成灾害。例如葡萄根瘤蚜和马铃薯甲虫从北美传到法国，麦双尾蚜、苜蓿彩斑蚜传入美国，吹绵介壳虫从澳大利亚传入美国等，都曾造成灾害，往往需要从原产地把害虫的克星——天敌引种进来，同时把抗虫作物品种引种进来，才得以免灾。因此，天敌昆虫资源的保护利用有着广泛的前景。

经济植物以虫为媒。我国蜂蜜和蜂王浆等蜂产品年总产量和出口量均居世界第一位，其中蜂王浆产量占 80%。养蜂业是农村的重要副业。蜜蜂为果树、油菜、油茶、蔬菜和西瓜授粉，使作物产量倍增。野生蜜蜂以及蜜蜂总科的许多种蜂类和许多蝶、蛾、蝇、虻等访花昆虫，都起着传粉作用。

昆虫食用。国内记载供人类食用的昆虫有蚂蚁、龙虱、蜜蜂幼虫、黄蜂幼虫、各种蚕蛹、蝉蛹、蝇蛆、各种蚱蜢、各种蝗虫、多种蝴蝶或蛾类幼虫和蛹、蟋蟀等数 10 种；此外国外另记载有甲虫、白蚁、田鳖、水螭、蟑螂、螳螂等，仅墨西哥一国即记载 370 余种为食用昆虫。昆虫作食物营养丰富，其蛋白质含量有的占干物质的 52% 以上，含有人体所需的多种氨基酸，尤其

是人类不能自行合成的赖氨酸、苏氨酸、蛋氨酸等；还含有多种酶、维生素、磷脂和微量元素等。其营养丰富，常优于鸡鸭鱼肉，是优良的滋补保健食品，常被视为美味佳肴。据记载，世界 34 目昆虫中有 22 目 500 余种已被人类食用。仅日本国 1992 年昆虫食品规模已达 2600 亿日元之巨。

昆虫药用。我国早有食药同源，寓医于食的传统。上述食用昆虫所含的多种氨基酸、酶、维生素和微量元素等生物活性物质，就有增强心脏功能、防止动脉硬化、调节肾功能、抗肿瘤、增强免疫力和抗衰老等功效。《本草纲目》中记载药用昆虫 73 种，后来增至 79 种，这些药材在中药药方配伍中尚在广泛应用。其中冬虫夏草、土鳖、蟋蟀、桑螵蛸、九香虫、蜂毒、蜂蜡、蜂巢和蚂蚁应用较广。

昆虫在工业上的应用。我国南方许多省盛产的白蜡虫、五倍子、紫胶虫都是供不应求的重要工业原料。我国 1994 年白蜡虫产量占世界 90%，紫胶生产居世界第 2~3 位。我国家蚕丝和柞蚕丝的产量在世界上占有优势。如 1990 年蚕丝产量占世界总产量的 65%，柞蚕茧产量占世界总产量的 75%，其他如天蚕、蓖麻蚕和樟蚕丝有待开发利用。野生的樗蚕、乌桕蚕、银杏大蚕及琥珀蚕等也有利用的前景，有待研究开发。

#### 四、农林害虫的自然控制

前文业已提到昆虫是当今世界上最昌盛的动物类群之一，它们大多数有益于或无害于人类，只有极少数害虫在达到经济危害阈限后才造成经济损失。在此之前，它们的存在是作为生物群落成员、食物网的成员存在的。它们是害虫天敌不可缺少的食物来源，它们的取食甚至可以刺激植物迅速生长，使植物获得补偿或超补偿。如何保持害虫数量在经济危害阈限以下，使害虫益化，与人类协调共存，这是人类急待解决的问题，是明智之举。我们既不能有恐虫病，也不能不允许在我们环境中昆虫存在，不能设想把害虫一个不留的消灭掉，这既无现实的可能性，也没有这种必要；我们也不能陷入滥用化学杀虫剂，造成恶性循环危机，引起主要害虫加重猖獗，次要害虫上升为大害虫，非目标生物被大量毒杀，以及环境污染等不良后果。我们必须走可持续发展的道路，谋求人类与自然协调共存，走保护生物多样性，自然控制农林害虫的道路。

##### 1. 利用植物的抗害性自然控制害虫

这是一件最根本的，也是最佳的措施。寄主抗性常是最有效和最持久的，如果是多基因抗性则使有害生物难以形成生物型来对抗植物的抗性。例如陕西关中推广“西农 6028”抗小麦吸浆虫品种，迅速将这一大害虫的为害损失率从 30% 以上，压低到 2% 以下。又如山荆子 67 作嫁接苹果的砧木，对检疫害虫苹果绵蚜免疫。北美葡萄作嫁接欧洲葡萄的砧木，对检疫害虫葡萄根瘤蚜有高抗性，此法曾在法国控制该蚜成灾中立过功。此外国际上还用抗性成功控制了苜蓿斑蚜、黑森瘿蚊、玉米穗夜蛾和稻螟等大害虫。我国粳稻 79122、复粳及籼稻 IR4 对二化螟有中等抗性，粳籼 89、浙丽 1 号、Pi661020、IR8608821313、IR36、密阳 54、水源 290、湘早籼 3 号、药用野稻、秀水 620、秀水 664 对褐飞虱、黑尾叶蝉、白背飞虱或稻瘟病、白叶枯病等有单抗性或多抗性。棉花抗蚜和抗棉铃虫品种选育成功；红叶芥、咸阳 74-1、甘油 5 号、华油 9 号、秦油 3 号及秦油 2 号等油菜品种对油菜几种蚜虫有较强的抗

耐性。还有一些其他抗虫品种和更多的抗病品种的报道。它们有的对一种或多种有害生物免疫，有高抗性或中抗性或强耐性。有的虽然只有中等抗性，但可以延缓有害生物的发育速度、降低其成活率和繁殖率，有利于与田间天敌协同作用。抗虫品种常可减少施药次数有利于保存天敌。据报道昆虫的取食可诱导植物对害虫产生植物防御素、人工提取或合成这类物质，施于田间，有望提高植物的抗虫水平。

## 2. 利用害虫的天敌自然控制害虫

此法便宜有效而且往往有持续效果。在世界范围内业已成功的用来控制 130 余种害虫，其中利用寄生性天敌成功的就达 115 例。在稳定的生态系统，如森林、草地、果园和公园里，生物防治一般是最有效的。在半稳定的生态系统，如苜蓿地也是有效的，而对一年生作物也有成功的机会。1980 年以来我国已从国外引进害虫的天敌 225 种次，业已取得丽蚜小蜂控制温室白粉虱、盲走螨控制苹果叶螨等显著效果。国内用生物防治农作物病虫面积已达 24 万多公顷次。防治玉米螟、松毛虫和棉铃虫等鳞翅目害虫的赤眼蜂，已建成人工寄生卵半机械化生产线，日产 4800 万头赤眼蜂，放蜂治虫面积 5 年累计达 1300 多公顷。1991 年东北三省利用赤眼蜂防止玉米螟面积达 47 万公顷。不少省县在冬闲田种绿肥、在田埂种豆类，收割麦、稻时留高茬，都有利于天敌蜘蛛及其他天敌栖息取食，以利天敌外迁。在苹果园、柑橘园中种草或留草，以提高生态系统的丰富度，有利于小花蝽、捕食螨等天敌大量繁殖，向果园不断提供天敌虫源，成功的控制了叶螨的危害。目前在稻、麦、棉、果、菜、茶田推广保护利用天敌措施防治害虫面积达 1000 万公顷。我国苏云金杆菌 *B.t.* 在十多个省建有 *B.t.* 工厂。*B.t.* 制剂年产量 1991 年已增至 4000 吨以上。全国使用面积达 100 余万公顷。防治害虫有鳞翅目、双翅目、鞘翅目等 40 多种，包括小菜蛾、菜青虫、玉米螟、稻苞虫、稻纵卷叶螟、蜡螟、大豆天蛾、松毛虫、棉铃虫、尺蠖类及刺蛾类害虫，它对其他生物无毒。非洲利用白僵菌及绿僵菌制剂防治蝗虫成功。我国白僵菌生产基本上具备工业化生产条件，研制成功的 500 亿孢子/克可湿性粉剂，1990 年在吉林和辽宁防治玉米螟示范 4660 公顷。近年对棉铃虫多角体病毒、油桐尺蠖多角体病毒、菜青虫颗粒病毒、斜纹夜蛾多角体病毒和茶毛虫多角体病毒等 10 多种昆虫病毒业已制成各种病毒制剂，防治试验应用达 6 万余公顷。利用昆虫病原线虫控制害虫。现主要用以防治栖境隐蔽的害虫。已知有 27 科线虫寄生于 16 目 3000 余种昆虫体内。以斯氏线虫属和异小杆线虫属为常见。其体内带有共生细菌，随线虫进入昆虫体内，造成昆虫败血症而死亡。线虫寄主广泛，可深入植物内部追踪杀死害虫，对人畜和天敌无害。线虫杀虫剂在欧、美和澳洲都已有注册商品。对一些甲虫类、白蚁类、蛾类和蚁类有良好防治效果。我国已引进苹果蠹蛾线虫和芜菁夜蛾线虫病源制剂，在山东、河南、广东和北京防治桃小食心虫、蔗龟、竹象、小木蠹蛾、多纹豹蠹蛾、荔枝龟背天牛及荔枝拟木蠹蛾等棘手的地栖性和钻蛀性害虫成功，其中防治苹果园桃小食心虫已超过 7000 公顷。并应用斯氏线虫试验，可侵染粘虫、甘蓝夜蛾、银纹夜蛾、向日葵螟、小菜蛾、白星金龟子和马铃薯 28 星瓢虫等重要害虫。泰山 1 号异杆线虫可使桃小食心虫及棉铃虫患败血症死亡。近来已利用病原线虫防治白蜡树、木麻黄、国槐和山楂树上占蛀性害虫木蠹蛾和多纹豹蠹蛾共 68 万株。1989—1992 年从日本引入花角蚜小蜂防治新害虫——松突圆蚧，放蜂 170 万头，覆盖控制松林面积达 25 万多公顷。

### 3. 利用昆虫生长调节剂和种间信息物质自然控制害虫

昆虫生长调节剂被称为第三代杀虫剂，具有选择毒性，对昆虫有效，对人畜安全。可抑制昆虫的几丁质合成，干扰昆虫的正常发育。如人工合成的抑太保、盖虫散、灭幼脲 1 号、取代基多、农梦特、优乐得、定虫隆、爱力螨克和卡死克等，有的可杀死卵、胚胎或幼虫，防治对象包括粘虫、小菜蛾、棉铃虫、海灰翅夜蛾、印度谷螟、象虫、光胸幽天牛、木薯粉虱、龟蜡蚧、日本松干蚧、致乏库蚊、家蝇和蜚蠊等，对防治棉、菜、果、观赏植物的螨、粉虱、蚜虫、叶蝉及某些鳞翅目害虫。它与生物防治、抗虫品种和农业防治相结合，保证高等动物安全，不污染环境。它也是杀白蚁的一类高效安全药物。昆虫性信息素既可以监测害虫发生，预报虫情，还可以在田间规模使用，干扰害虫的正常交配行为以达控制害虫危害的目的。国外利用性信息素在田间干扰害虫正常交配成功的例子有：棉红铃虫、二化螟、葡萄小卷蛾、苹果蠹蛾、小菜蛾、梨小食心虫及埃及棉粘虫等。目前我国已有棉红铃虫、棉铃虫、梨小食心虫、甘蔗二点螟和玉米螟等性信息素被广泛应用于虫情测报，并正在开展迷向法防治试验或示范。

种间化学信息物质的利用。植物、植食性昆虫及肉食性动物种间有化学信息物质。蚜虫分泌植物生长信息素使植物长成虫瘿，臭椿放出臭味将天敌驱走，这些称为利己素。蚜虫排出蜜露引诱天敌取食产卵，这称为利它素。松针的气味引来松蚜危害，也引来天敌取食蚜虫，棉叶中富含石竹烯可以引来棉花害虫来危害；同时引来普通草蛉来取食棉虫，这些称为协同素。番茄释放甲酮、烟释放尼古丁、马铃薯释放藜芦碱，这些物质可触杀或拒避植食性昆虫，冲击天敌，这样对植物、害虫及天敌三者都不利。从选育农作物品种角度出发，力争减少新品种对害虫的吸引力，而增加对天敌有吸引力的化学物质，可以设想通过生物技术、遗传工程技术把某些上述信息化学物质结合到植物甚至捕食者或寄生者体内，利用不同信息素的作用，干扰害虫的取食和生殖行为，达到控制病虫害，繁殖天敌的目的。

利用昆虫辐射不育技术防治害虫。继 50 年代中期，美国在西印度群岛的库拉索岛大量释放经辐射不育的螺旋蝇雄虫，彻底防治当地牲畜大害虫野螺旋蝇获得成功后，80 年代中后期，在我国贵州省惠水县一个 30 多公顷 4800 株柑橘园中经释放 15 万头辐射不育的柑橘大实蝇雄虫，使柑橘被害率从 7.5 % 下降到 0.005 %，显示了良好效果。有利于自然控制害虫。

### 4. 利用植物性杀虫剂控制害虫

历史上国内外曾经使用辣椒水、烟草水、烟茎水、烟碱、接骨木液或胡桃液或蛇麻草浸出液、除虫菊、除虫菊精、鱼藤、鱼藤粉、鱼藤精、苦楝、川楝、植物油乳剂、矿物油乳剂、松脂合剂、肥皂水、洗涤剂水和浆糊水等植物性物质或制剂防治蚜、螨、蚧、蜡等吸食口器害虫甚至某些咀嚼口器害虫。近期对苦楝油和川楝素毒杀桔全瓜蚜和菜青虫开展研究，这类植物性杀虫剂大都不杀伤天敌或对天敌杀伤力不大，对人、畜安全，不污染环境。对茶、菜、果、药和观赏植物有较高的使用价值。但由于有些产量有限，稀释倍数较低，杀虫率和持续效果比化学杀虫剂低，近来对它们的开发应用十分忽视。实际上杀虫剂的首要目的是改变益害比，留下天敌，尽可能多的杀伤害虫，留下部分害虫作为天敌的饲料，这才是好策略。所以植物性杀虫剂的合理开发利用不容忽视。

### 5. 利用农业技术方法防治害虫

上述利用植物抗害性、天敌、生长调节剂和种间信息物质与植物性杀虫剂等生物物质防治有害生物以外，还有很多农业方法或技术可以防治害虫。

制定农业生产规划，区域性治理飞蝗。东亚飞蝗的根治与兴修水利、治理海河和治理淮河有密切关系。50年代至70年代以来，我国通过制定农业生产规划，治理海河、淮河，疏通河道，控制湖泊水位、排涝、蓄水、灌溉，使沟渠河网化，机耕开荒，绿化造林，扩大水田和旱田种植面积，提高耕作技术，改造农业环境，使适合飞蝗天敌生活，消灭了飞蝗产卵和繁殖的适生基地和隙地。同时开展群众性和系统性侦查蝗情和综合防治，达到了大面积根治蝗害的目的。近来海南岛农业环境条件恶化，成为东亚飞蝗的新生地，现已提出根治意见：建议恢复原有森林植被、兴修水利、提高复种指数和开垦撩荒地等，以改造飞蝗产卵发生繁殖的农业环境，结合药剂防治来综合防治这一大害虫。

农作物合理布局防治棉金刚钻等害虫。50年代中后期，云南保山潞江棉区，为发展长绒棉，曾利用当地四季温暖的气候优势，四季植棉，春播、夏播、秋播、冬播棉甚至宿根棉都有栽植。于是棉花蕾铃期害虫棉金刚钻类和棉红铃虫等许多害虫因食物因素极大丰富而大量发生，严重危害。每年打药17遍，每亩只能收几公斤棉花，入不敷出。在1960—1961年，经领导与农民同意，统一改变为春播棉一季棉栽培，其他季节恢复种植粮食作物。切断了害虫的食物链，一举控制了该虫的危害。

农业大规模经营带来防治害虫的效果。1958年公社化以后，农田连片大规模集体经营，小片土地的地埂地界连同棉红蜘蛛的越冬寄主被铲除，配合其他方法综合防治而在北方棉区长期控制了棉红蜘蛛的危害。同时集中在室外冷库贮棉，改变了原先的单家独户暖室贮棉，棉红铃虫得以在华北棉区安全越冬的状况，遂使该虫发生下降。

利用植物对害虫的耐害力和补偿功能控制害虫。应充分利用植物对非种子或非铃部分受棉虫危害的耐害能力和补偿功能。害虫早期对非收获部分的危害，常常有促进植物生长的作用，在害虫防治中要注意这一特点。例如在安徽棉区摘去7月上旬左右以前的全部早蕾，可以减少棉红铃虫第一代的虫源，收到减轻或基本控制二代棉红铃虫为害的效果。在华北棉区的一般年份，第二代棉铃虫期间，只要保住生长点，棉株有耐住损失7月上旬左右以前的蕾的能力，而且有补偿功能。又如油松被害虫吃掉25%以下的叶子，不但无害，反而刺激油松的生长，马尾松被害虫吃掉50%以上的叶子，才造成树高和直径生长的损失。

利用自然控制因素控制害虫。辽宁朝阳棉区利用当地沿河靠山植物种类，包括作物种类和天敌种类较多，历年棉蚜、棉铃虫发生不严重的优势，旨在利用天敌控制害虫和利用棉株对棉虫危害的耐害性和补偿能力制定了较宽的防治指标。由乡镇领导和农民共同协商，不达防治指标决不施药防治。结果出现了上万亩棉田未施药未受棉蚜和棉铃虫危害的好局面。

稻棉轮作，能恶化单食性及寡食性有害生物的营养条件和生活条件，促进农作物的健康生长。可减轻棉田的枯萎病的发生，使棉蚜和棉红蜘蛛等危害下降。稻麦轮作，可以减轻小麦全蚀病、根腐病的发生，减轻小麦吸浆虫和多种地下害虫的危害。同理，对于在土壤中生活的其他害虫或虫期（如棉铃虫蛹期）也可采取饱和灌水法防治。

禾谷类作物与大豆轮作可以抑制蚜虫类和大豆食心虫的发生。棉麦套

作、邻作或条带间作、棉油菜间作、棉绿豆间作、棉田内分阶段衔接间作少量油菜、春玉米、夏玉米等诱集天敌的植物，可保护、繁衍天敌，减轻棉蚜的发生危害。麦收时留高茬，可为套种的棉花多留下 1—5 成天敌。

保护天敌，害虫有克星。在实行各种耕作措施时都要注意不伤害天敌，特别注意选用内吸选择性农药，尽量采用涂茎、刷顶、根际使用等隐蔽施药方法保护天敌。在间苗、整枝打杈和拾毁落果时，尽可能使天敌免遭杀害。在灯光诱杀害虫、麦田灌水、绿肥田浇水或耕翻、前茬作物收割、处理秸秆或灭茬时都有大量天敌活动或隐藏，都应妥善安排，尽可能避免杀伤天敌，并采取保护措施。鸟类、蛙类、蜥蜴、刺猬和獾等都是捕虫或鼠能手，应尽力保护。