

**ASICEF**  
Workshop on  
Interdisciplinary  
Research Topics

**前沿科学的交叉与融合**  
留法学人跨学科研究论文集

陈勇 主编

 北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

# 目 录

## 构形方法与多尺度部件

..... 罗灵爱,范怡麟,乐军,范志伟	(1)
一、引言:多尺度理论与微技术	(1)
二、多尺度部件	(4)
三、立体光刻技术加工	(11)
四、应用前景	(12)
五、总结和展望	(13)
参考文献	(13)

## 微鼓泡塔中的两相流与传质过程

..... 乐军,罗灵爱,G. Yves,袁权	(15)
一、引言	(15)
二、微鼓泡塔的结构	(16)
三、微鼓泡塔内的气-液流动特征	(18)
四、微鼓泡塔内的的气-液传质行为	(24)
五、研究前景及展望	(26)
参考文献	(27)

## 紫外光软模纳米压印技术和应用 ..... 石剑,陈勇 (30)

一、发展纳米加工技术的意义	(30)
二、纳米压印技术及其应用前景	(32)
三、紫外光软模纳米压印技术	(35)
四、紫外光软模纳米压印技术的应用	(38)
五、结论	(47)
参考文献	(47)

**环肽氨基酸研究进展** ..... 谢娟, 姜勇华 (50)

一、简介 ..... (50)

二、环肽氨基酸的研究 ..... (54)

三、我们的工作 ..... (68)

四、结语 ..... (73)

参考文献 ..... (73)

**伊犁地块晚石炭世、晚二叠世古地磁极及其大地构造意义** ..... 王博, Y. Chen, 汪胜, 等 (77)

一、前言 ..... (78)

二、古地磁采样与测量 ..... (79)

三、测量结果 ..... (81)

四、数据可靠性与剩磁年龄讨论 ..... (94)

五、伊犁地块及邻区古地磁数据对比 ..... (99)

六、古地磁数据的大地构造意义 ..... (102)

七、结论 ..... (105)

八、致谢 ..... (106)

参考文献 ..... (106)

**食品代谢组学** ..... 徐涵 (111)

一、前言 ..... (111)

二、代谢组学的发展现状 ..... (112)

三、代谢组学的特性 ..... (113)

四、组学的新领域——食品代谢组学 ..... (114)

五、食品代谢组学的工作和展望 ..... (116)

参考文献 ..... (119)

**有机生态学和循环经济与农业项目管理** ..... 徐涵, 杨俊丰, 徐耀强, 等 (121)

一、有机生态学原理 ..... (122)

二、农业有机生态学和循环经济的项目研究实例 ..... (129)

三、自组装液晶弹性体人造肌肉材料 ..... (205)

四、结论 ..... (218)

参考文献 ..... (218)

**稳定同位素标记分析固体废物高温厌氧降解中微生物功能群落** ..... 李天伦, L. Toffin, L. Mazéas, 等 (222)

一、引言 ..... (222)

二、实验方法及材料 ..... (224)

三、结果与讨论 ..... (227)

四、结论 ..... (239)

参考文献 ..... (239)

**法国水资源统筹管理的启示** ..... 恽方氏 (242)

一、我国的水源现状 ..... (242)

二、法国水资源统筹管理经验 ..... (243)

三、怎样化解我国的水危机? ..... (245)

四、中、法两国在环境(特别是水)方面的合作前景 ..... (246)

五、结语 ..... (247)

**小粒子光散射测量技术的新进展** ..... 任克芳 (248)

一、引言 ..... (248)

二、小粒子光散射的理论发展 ..... (251)

三、常用的光学测量技术 ..... (259)

四、结论 ..... (265)

参考文献 ..... (266)

**发育生物学的部分前沿学科研究现状** ..... 石德利 (268)

一、胚胎诱导和体轴的形成 ..... (269)

二、细胞的不对称分裂、不对称运动对细胞和组织分化的作用 ..... (271)

参考文献 ..... (274)

三、有机生态学在环境和农业方面亟待发挥作用 ..... (141)

参考文献 ..... (142)

**换热器设计: 从微型化到多尺度优化** ..... 罗芙蓉, 范怡麟, D. Tamdeur (144)

一、前言 ..... (144)

二、通过微型化的强化传热——两个例子 ..... (145)

三、多尺度优化——连接微观和宏观的桥梁 ..... (148)

四、结论 ..... (153)

参考文献 ..... (154)

**微流芯片技术与微流芯片实验室** ..... 陈青 (156)

一、引言 ..... (156)

二、微流芯片的制作技术 ..... (158)

三、微流的物理基础 ..... (161)

四、微流的操控和检测技术 ..... (164)

五、微流芯片技术的应用 ..... (166)

六、小结 ..... (174)

参考文献 ..... (174)

**微纳磁性材料在微流芯片中的应用** ..... 国世上, 刘耕君, 赵洪中, 等 (177)

一、引言 ..... (177)

二、微纳磁性材料的性质 ..... (179)

三、磁性微粒表面功能化修饰 ..... (183)

四、磁性微粒表面在微流芯片中的应用 ..... (185)

五、小结 ..... (196)

参考文献 ..... (197)

**液晶高分子智能材料** ..... 李航慧, P. Keller (201)

一、引言 ..... (201)

二、向列相液晶弹性体的驱动机理 ..... (202)

**以糖为基础的新药研究** ..... 张勇氏 (275)

一、引言 ..... (275)

二、糖科学与人类疾病 ..... (276)

三、糖类药物的研究 ..... (277)

参考文献 ..... (282)

**趋磁螺旋菌 AMB-1 的细胞极性与磁小体链磁性之间的关系** ..... 张凤丽, 赵三军, 吴龙飞, 等 (283)

一、引言 ..... (283)

二、AMB-1 在外加磁场中的细胞排列 ..... (285)

三、极性蛋白 IcsA 在大肠杆菌中的表达和定位 ..... (286)

四、极性蛋白 IcsA 在 AMB-1 中的表达和定位 ..... (286)

五、在外加磁场条件下极性蛋白在 AMB-1 中的定位 ..... (287)

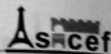
六、讨论与结论 ..... (288)

参考文献 ..... (289)

**图论中的极值哈密顿问题** ..... 李皓 (291)

参考文献 ..... (301)

后记 ..... (303)



- [15] Fiehn O. Plant Mol. Bio., 2002, 48: 155.
- [16] Wallace H M, Hughes A. COST Action 922-Health implications of dietary amines. vol. 1. Review of current status. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2004.
- [17] Manetti C, Bianchetti C, Biazarri M, et al. Phytochem., 2004, 65: 2187.
- [18] Choi H K, Choi Y H, Verberne M, et al. Phytochem., 1997, 65: 857.
- [19] 于辉, 徐磊. 中国国际法年刊, 1999, 1997: 71.

## 有机生态学和循环经济与农业项目管理

徐 涵<sup>1</sup>, 杨俊平<sup>2</sup>, 徐继强<sup>3</sup>, 郭天文<sup>4</sup>, 段争虎<sup>5</sup>, 任 辉<sup>6</sup>,  
孙万仓<sup>4</sup>, 王 鸣<sup>7</sup>, 丁寿亭<sup>7</sup>, 任克俊<sup>7</sup>, 于 辉<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Institut de la Recherche Interdisciplinaire de Toulouse, IRIT-ARI, 202 Bis Rue des Fontaines, 31300 Toulouse, France

<sup>2</sup> 中国甘肃省定西市旱作农业科研推广中心, 定西, 743000, 中国

<sup>3</sup> 中国甘肃省农业科学院, 兰州, 730070, 中国

<sup>4</sup> 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 兰州, 730000, 中国

<sup>5</sup> 兰州交通大学环境生态研究所, 兰州, 730070, 中国

<sup>6</sup> 甘肃农业大学农学院, 兰州, 730070, 中国

<sup>7</sup> 甘肃省渭源县人民政府, 甘肃, 748200, 中国

**摘要** 有机生态学是在社会发展的各个层面用系统论和控制论使社会发展和生态效益达到最优, 最大限度地减少浪费、规避和抵御风险, 运用生态学原理人为地实现科学生态社会的理论。生态和发展平衡的关键是如何掌握生态发展的“度”, 一直为多数人所持有的“在生态和发展之间权衡”的线性思维已经解决不了目前复杂的环境和发展问题, 有机生态学的应运而生, 就是要把多元因素及其评价方法引入到生态和发展的解决方案中, 解析线性分析系统中无法定性和定量的问题, 并使数量化、矢量化的评估方法得以实现。有机生态学是把社会发展考量在内的节约型的、发展的、安全的生态学, 通过使用有机生态学原理调节可持续发展以提供社会发展和生态建设最优的发展方案。有机生态学与循环经济相辅相成, 过去, 循环经济的发展在技术层面上了解决环境问题的一个新视角和一条新路径; 目前, 循环经济也有待发挥有机生态学和环境科学综合的、定量的优势来进一步提升循环的封闭质量。循环经济与更为宏大的有机生态学相匹配, 必然对社会发展和人类生存环境建设起到巨大的推动作用。本文将针对农业有机生态学和循环经济的项目研究, 列举“从有机生态学角度进行生态建设——甘肃省食用粮的资源保护和人工栽培技术”和“石羊河流域中下游沙化地区有机生态建设及关键技术和标准化体系研究项目规划”两个实例。



关键词 有机生态学, 循环经济, 环境保护, 新农村建设, 项目管理, 可持续发展, 石羊河, 灌溉。

### 一、有机生态学原理

人类在自然演化中不断地占据优势地位, 人口的增加、消费水准和习惯的改变, 加上自然环境的变化, 都导致人类与生态环境的不协调。这种不协调随着人类社会不断的生态破坏和不合理建设而加剧, 使生态环境和人类社会自身遭受更大的破坏。由于物质过程的不可逆性, 环境的变迁以及人为的环境破坏是无法完全可逆地修复的。因此, 解决人类与生态环境的不协调矛盾, 面临三个选择:

(1) “唯发展论”, 即以发展带动社会财富积累和技术进步, 环境问题主要留待由积累起来的财富和发展起来的更成熟的环境技术随后治理。这是资本主义社会发展普遍走过的路。

(2) “唯生态论”, 即以目前和今后相当一段时间的生态系统状况为基础, 使发展限制在不对生态系统造成一定程度危害的规模, 特别是建立不可预料风险的论证制度, 凡是其潜在风险不能确定量控制的发展活动都不得进行。这是许多“绿色和平主义者”持有的立场。转基因生物的使用就是一个典型的例子。

(3) “生态和发展平衡论”, 即把生态和发展放在视其所需要的轻重缓急程度而定的平等位置上进行考量, 依据整体社会状况和未来风险与发展、生态环境现状和变化、区域利益、行业利益、民族利益、社会各阶层利益等进行综合评价, 从而确定发展规模。

目前主张“唯发展论”的人很少, 因为从物质流上讲, 大多数地区都没有处在欠发展而使生存受到威胁的极限境地; 同时, 由社会发展带来的废弃物污染已经使生态环境无力净化和容纳。从理论上分析, 任何理论系统都不能回避“生态环境存在不利于人类社会发展的方面”这一事实。因此, “唯发展论”在当前的学术界和公众舆论中没有什么地位和影响。

主张“唯生态论”的人也不多, 但是在理论界有相当的影响力。就社会现状看, 阻碍生态建设和社会发展的主要理论问题不是“唯发展论”, 而是貌似科学的“唯生态论”, 甚至偏执地注重某些环境因素的“唯环境论”。“唯生态论”和“唯环境论”虽然以生态和环境科学的某些原则为指导, 以生态和环境现状为依据, 颇有科学的严谨性和唯物主义的表象, 但它忽略了“人类是生态环境的一员”这一基本事实, 忽视了人类社会的存在(例如人类在某个社会中生存的基本要求的存在), 因而是唯心主义的。从实践上讲, 社会不发展, 并不能解决人为破坏环境的问题, 也不能保证没有发展就必然会使生态系统有利于人类生存的方向变化。因此, “唯生态论”在实践上是行不通的。

目前, “生态和发展平衡论”实际上已为大多数人和社会上层建筑主流所接受, 存在的争议之处是如何掌握生态和发展的“度”。从理论上讲, “生态和发展平衡论”实际上包括“生态论”和“发展论”, “唯生态论”和“唯发展论”分别属于“平衡论”“极端论”的周值。因此, 优化生态和发展的“度”是理论上必须解决的问题, 也是这些年来困扰学术领域和其他领域的难题; 问题的关键就在于对“度”的定性和定量评价。

不管是更加注重生态还是更加注重发展, 在生态和发展之间权衡的线性思维已经占据了很长一段时间统治地位。这种思维对环保和发展的利益在一堆空间内定性和定量, 但是由于环境的“多因多效”和发展的“利益多元性”, 一堆空间的“度”的定位是无从实现的。因此, 这种线性思维虽然在 20 世纪“环保启蒙运动”中起到过积极的作用; 但是在当今高复杂度、高要求的生态建设和社会发展已经降低了, 解决不了多元化的环境和发展问题。

有机生态学的应运而生, 就是要把多维的思维、评价引入到生态和发展的解决方案中, 例如, 把生态建设和社会发展中的行政代价、不同利益群体或地区的利益值等考量在内; 又如, 把发展范畴之外的重大因素(灾难、刑事犯罪、战争的风险及应对等)及其值域考量在内。这

种立体的思维可以解析许多线性思维系统中无法定性和定量的问题,并使数量化、矢量化、量化的评估方法得以实现。

解析生态建设和社会发展的“度”,主要是发展的风险和不同利益主体(区域、行业、地区、阶层等)的利益,例如黄河调水,在水量不足的情况下,上游大量用水会造成下游缺水,从而导致下游区域付出环境和生产的代价;但是上游为下游节水,会增加环境和生产代价。如果在二维线性空间内计算这两个因素,只能得到黄河调水总体上流域上游和下游区域生产的差值和环境利益的差值,其上游和下游各自的结果、代价和风险无法体现在评估结果中,就这个总体上的差值来说,其发展趋势也无法体现。如果应用有机生态学的方法,把利益体和风险引入评估,则可以把问题清楚地解析出来(图 7.1)。

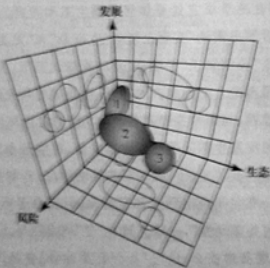


图 7.1 以生产差值、生态差值、潜在综合风险和不同利益体利益值(区域、行业等)为变量的有机生态学农业项目评估方法示意图  
其中,需要评估的三种方案分别由标有 1,2,3 的不同利益体利益值的集合轮廓图表明各自的值域,并分别投影在三个坐标轴内,从而对三种方案做出相应的评价,各种方案的不确定性由其轮廓图的立体形态可以直观地看出,并定量地标在各轴线上。

济投入产出比、社会和谐状况等进行非常精确的生态效益的定量计算<sup>[10]</sup>。“绿色 GDP”概念的引入是人类注重生态效益的标志之一,但是 GDP 的“绿色”部分并不是全部的生态效益,而只是生态效益在经济活动中的部分。目前,我国政府和学术界在 BCSD 提出“生态效益”这一概念的基础上,发展了林业、水资源保护等非经济和非经济活动中的经济效益的概念和变量。生态效益在非经济活动中的部分在有机生态学的生态效益分析中占有很大的比重。政府在项目中的行政支出、灾害和事故的影响乃至战争的代价等,都是在有机生态学的生态效益分析中评价的内容。

有机生态学与循环经济是相辅相成的。过去,循环经济的发展在技术层面上提供了解决环境问题的一个新视角和一条新路径;目前,循环经济也有待发挥有机生态学和环境科学综合的、量化的优势来进一步提升循环的封闭质量。循环经济与更为宏观的有机生态学相匹配,必然对社会发展和人类生存环境建设起到巨大的推动作用。

从地理范围上讲,有机生态学要求衡量全球性和区域性的生态效益;从时间范围上讲,要求衡量现在和未来的生态效益;从生态环境本身,要求衡量生态因素的增益(例如生物量、濒危物种的存留量、某一段时间或空间的生物多样性量等);从社会活动上讲,要求衡量每一行业对生态效益的贡献;从社会发展上讲,要求衡量生态效益和社会效益的和谐度(包括社会政治、军事冲突对生态和社会效益的损害度等)。

有机生态学要求首先科学地规划生态系统和社会发展压力;然后依据宏观的生态规划和社会发展的压力进行生态建设和社会发展的规划,并力争使用精准的循环经济圈,在最大程度上产生社会发展效益的同时产生生态效益。有机生态学的规划要求:

① “GDP”是“国内生产总值”(gross domestic product)的简称。

对生态环境建设和社会发展的“度”进行评价,这一技术并不是有机生态学的核心理论,有机生态学的目标是高效、持久的生态建设和社会发展。有机生态学避免简单地照搬理论生态学的“唯生态论”,而是运用生态学原理,以环境和社会状况的既成事实和未来发展趋势作为基础,设计符合今后生态环境和社会环境最优的发展规划,减少发展建设投入、规避风险,达到可持续发展的要求。换句话说,这种在社会发展的各个层面用系统论、控制论使发展和生态效益达到最优,最大限度地减少耗费、规避和抵御风险,运用生态学原理人为地实现科学生态社会的理论,就是有机生态学。

有机生态学具有显著的特点和进步性,有别于传统的生态学,有机生态学要解决的不仅限于自然环境和自然生态问题,同时也要解决社会环境和社会生态问题。它不要求为了保护自然环境,简单地遵从自然生态条件,来规划、从事社会发展活动;而是有机地使用各种自然、社会资源,依据既成的、未来发展的生态和社会条件,来规划、从事最优生态学效益的社会发展活动,最终实现生态与社会发展的有机和谐。这种有机的生态系统工程方法并不同于“有机农业”(organic farming)的“有机”,它不要求项目执行过程“无化学工业化”。

有机生态学要求社会发展产生生态效益(ecoefficiency)。生态效益最早由可持续发展工商理事会(Business Council for Sustainable Development, BCSD)提出,并于 1992 年在巴西里约热内卢召开的“地球峰会”(Rio Earth Summit)中获得各国与会代表一致的支持。“生态效益”是一个仍在发展中的概念,其原意是工商行为应兼顾经济与社会两方面的效益,主要强调从环境保护与资源节约中所带来的经济效益;要求企业在创造经济价值的同时,也能兼顾生态系统的平衡。我国衡量生态效益的有关国家标准尚待商榷,但标准制定的框架是确定的,主要原则也是大家都接受的<sup>[7-10]</sup>。利用现有的统计学方法,可以对环境的变化、生物界的存活量、生物量、生物机体和心理健康状况、经

(1) 规划要有提前量,即把未来发展对环境影响的预计值计算在内,而不仅仅计算过去和现在的环境变动值。

(2) 重在产生生态效益,而不仅仅防止环境破坏。

(3) 在环境和相关工程造成的既成事实的基础上,尽量不影响既得利益;而是通过有机的区域规划进行生态补偿;通过发展新兴科技达到生态效益的产生,而不是简单地拆迁、下马、迁移等。

(4) 在尽量大的区域生态以及生态与社会发展互动的框架中进行规划,而不是微观、静止或纯自然生态地进行规划。

(5) 计算社会行为成本(例如评估行政成本、规避风险和提供抵御突发事件的成本等),把安全和国防的投入纳入规划(包括公共设施事故、人为的破坏和战争导致的破坏等)。按照有机生态学的方法,“唯生态论”、“唯发展论”以及短期行为、重复建设、行政浪费、只研究生态和发展而忽视社会成本(例如战争成本等)的行为,都会得到最大程度的规避。因此,有机生态学是节约型的、发展的、安全的生态学。用有机生态学原理调节生态保护和可持续发展,将使社会发展和生态建设最优化。

有机生态学项目实施的主要区域是广大的非城市地区。在这类区域中,农业与生态的联系最为紧密。在处理发展和环境的关系方面,不能停留在简单的“生态修复”的陈旧观念上,要实施科学的(也就是人为的)、社会的生态学,而不是纯粹的(也就是实证的)生态学。这听起来似乎掺入了人为的主观因素而排挤了实证的科学,但实际上恰恰发挥了“科学之所以是科学”的科学能动性。

有机生态学的应用亟待引起决策部门的重视,并反映在法律法规层面上。就解决“三农”问题而言,要突破传统的“形象工程”以及推广可能性小、投入高的示范基地的做法,建立具有前瞻性的、科学的(当然是人为的)农村社会发展和生态效益生产的规划、规范。在农村,如果要促进循环型社会的发展,也必须进行循环封闭性的定量评估,

并建立相应的国家标准,使得在法律规范层面上受到强有力的牵引和制约。

发展和应用有机生态学,是人类从过去的环境和社会建设的经验、教训中得到的结论。这种教训从埃及阿斯旺水坝,到我国过去的开荒、围湖造田以及目前的一些环保工程中都能总结出来。例如,我们特别注重对环境治理中荒漠化和沙化的治理。经过我国多年的生态建设论证和工程实施,荒漠化土地由20世纪末期年均扩展10400 km<sup>2</sup>转变为目前年均净减少7585 km<sup>2</sup>,沙化土地也由年均扩展3436 km<sup>2</sup>转变为年均净减少1283 km<sup>2</sup>。但是,我国不断发生的沙尘暴在2004年趋于更频繁、更严重。“三北”地区的沙尘暴已呈现多样性,并随着西北地区内陆河流域水量的退缩而产生地下水下降;按照传统生态学原理建造的千万亩的人工林、人工草灌木区相继枯死;局部地区的沙尘暴以每年上千平方公里的速度扩展。巨大的投入和宏伟的工程业绩却得到如此的生态效益,这不得不使我们对传统生态学的观念和做法进行反思。按照目前的政府规划,我国力争到2010年基本遏制荒漠化地区生态恶化的趋势;到2020年基本完善生态防护体系,使荒漠化地区的生态环境得到较大的改善,全国1/2以上可治理荒漠化土地基本得到治理;到21世纪中叶建设完备的生态防护体系,使荒漠化地区的生态环境明显改善,全国可治理的沙漠化土地基本得到治理,促进人口、资源、环境、社会的协调发展。这一工程的投入巨大是可想而知的,如何获得高效益(特别是生态效益),是有机生态学要解决的核心问题,其中有机生态学的实施及其与循环经济的有机结合是重要元素之一。

在2006年召开的“全国土地资源战略与区域协调发展学术研讨会”上,国内专家对我国国土资源的保护和利用进行了较为全面的研究,包括土地资源调查与评价、区域土地利用和覆盖变化(Land use/cover change,LUCC)及其驱动力、土地可持续利用战略、土地经济与城市土

地、耕地保护与粮食安全、退化土地修复与生态安全、土地整理与新农村建设、土地研究技术与方法、土地利用规划修编、旅游用地开发等。这些领域的研究,发展都需要有机生态学和循环经济的理论、方法。单一的生态保护、修复无法解决如此大面积和高保的发展问题。

## 二、农业有机生态学和循环经济的项目研究实例

解决“三农”问题是我国保持高效、稳定可持续发展的关键,其中生态环境保护、农业高速发展需要学术领域拿出更多的智慧和更有效的方案来。生态科技理论的滞后主要表现在只注重自然生态学而了解社会生态学,这导致了生态的被动保护和社会发展的过高风险。有机生态学不仅考查自然环境的保护,而且注重经济活动(例如生产)和非经济活动(例如政府行为)的生态效益,利用所有可以动员的资源,整合自然、人类、科技、社会等因素,有机地进行高效、优化的生态和社会建设。这对我国解决复杂的“三农”问题有很强的针对性,必然会对我国的“新农村”建设起到更积极的推动作用。

### 1. 从有机生态学角度进行生态建设——甘肃省食用蕨的资源保护和人工栽培技术<sup>①</sup>

在我国,蕨菜已有三千多年的食用历史。据测定,蕨菜中含有16种以上的氨基酸,7种人体必需的微量元素和5种常量元素,每100g蕨菜含粗蛋白24.1g,粗脂肪1.5g,胡萝卜素1.68mg,维生素35mg,维生素的含量比一般蔬菜高1~8倍,加之它出山野,无农药、化肥污染,因此是一种纯天然、无公害的绿色食品,对于改善我们的营养状况,调节食物结构有宜。根据目前的研究,蕨菜作为食品虽然有部分副

<sup>①</sup> 项目负责人:杨俊平,课题:项目参加者及分工:李娜(课题管理、保护区建立及生态监测)、杨俊平(课题管理及栽培技术)、岳克俊(栽培技术推广)、丁海宇(保护区建立)、曹正刚(种子萌发及组织培养)、安海萍、姚登仁(栽培栽培技术)、王峰(蕨菜生态学)。

作用,但富有营养,只要不大量、长期食用,其副作用有限,营养和绿色的价值就凸现出来了。由于这一特点,蕨菜在国内市场上十分走俏,也成为产地农民出口创汇的重要土特产品之一。在甘肃省定西市的干旱地区,蕨菜是出口外运的抢手蔬菜,曾经给几个县的农民带来过可观的经济效益,为当地的脱贫致富起到很大的作用。对1992~1994年定西地区蕨菜生产情况的调查表明,蕨菜的年采收量超过4500 t<sup>②</sup>,年产值超过600万元;仅计蕨菜一项,产区人均年收入34.6元,户均年(纯)收入164.6元。

但是,由于连年过度采折以及不合理的破坏性采伐,造成了野生蕨菜的生长地域不断缩小、产量急剧下降的严重问题。如继续发展下去,蕨菜资源将逐渐枯竭,甚至有绝种的可能;同时也使本来就缺少植被的黄土遭到空前的破坏。有调查显示,定西地区范围内的蕨菜年产量在1991~1995年呈直线下降趋势。因此,要使这份宝贵的资源可持续利用,较理想的方法就是进行人为保护和人工繁殖,探索蕨菜的人工培养和高产、高效的栽培技术,替代野生蕨菜资源的使用,从而开发地区经济,加快贫困地区致富步伐,实现生态恢复。

1998年,我国开始实行“西部大开发”的战略。在教育部和甘肃省政府的支持下,法国图卢兹综合科学研究所(IRIT)与甘肃省定西干旱农业研究中心合作开展了“从有机生态学角度进行生态建设——甘肃省食用蕨的资源保护和人工栽培技术”项目。

从生物学角度上分析,甘肃省定西地区的蕨菜包括蕨菜(*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn)和毛蕨(*Pteridium resolatum* (Bl.) Nakai),隶属于蕨类植物门(Pteridophyta)、真蕨亚门(Filicophytina)、水龙骨科(真蕨目)(Polypodiales (Filicales))、薄囊蕨纲(Leptosporangioopsida)、蕨科<sup>③</sup>(Pteridiaceae)。蕨属(*Pteridium*)。蕨菜既是高等的孢子植物,又

<sup>②</sup> “是”“吨”的符号。  
<sup>③</sup> 有人认为是真蕨科,这是错误的。

是原始的维管束植物,具有明显的世代交替现象。它的孢子叶为双倍染色体(2n)的孢子体,孢子叶发育到一定阶段,就在其背面沿叶边产生线型的孢子囊群。孢子囊群由密生的孢子囊组成,囊内的孢子母细胞通过减数分裂形成单倍染色体(n)的孢子。孢子呈浅褐色,成熟后囊壁破裂,散发出来的孢子借风或水作为媒介而到处传播,遇适宜的环境条件便可萌发、生长,形成片状的配子体,其上产生颈卵器和精子器,分别产生卵子和精子。精子具有鞭毛,能够游动,通过水和化学的吸引进入颈卵器,与卵子结合后,先形成双倍染色体(2n)的受精卵;再由受精卵发育成幼胚,寄生在配子体上,继续发育成长,在配子体很快衰老的过程中形成根,着生于根状茎上。根状茎为地下茎(又称匍匐茎),长而横走,呈黑色,密被锈黄色短毛,后脱落。叶分化为叶柄和叶片两部分。我们通常所食用的蕨菜,就是刚出土的幼叶。

但是,经过研究发现,在定西地区日趋干旱的环境下,蕨菜很少能完成有性繁殖的过程,绝大部分孢子因缺乏适宜的条件而不能萌发;即使能萌发,也可能因某种条件不适宜而中途停止其生长发育,特别是在受精过程中,如缺乏足够水分,就不能形成合子,因而也不能产生蕨菜。因此,蕨菜主要以无性繁殖的方式多年连续生长,即匍匐在地下根状茎在适宜条件下萌发出幼叶,采折下来便是蕨菜;若不被采折,幼叶便会长大形成羽状复叶,生长到一定季节时老化、枯死,第二年继续从根状茎上萌发长出蕨菜。但由于采折过度,蕨菜的生物量得不到积累;更有甚者,在采折时把根状茎也一起拔出,造成植物个体死亡。

根据对定西地区当地生态、生产、社会发展和农民素质等各方面因素的综合考虑,项目组制定了一套有机生态学的环境保护和可持续发展方案。

一方面,实施行政干预,即在遭到严重破坏的渭源县设立暂时性的软性保护区,宣传生态和野生蕨菜资源被破坏的状况,动员群众自觉保护环境,并承诺为蕨菜种植加工户提供蕨菜的人工栽培技术和苗木。

另一方面,进行研发活动,即发展人工孢子培养繁殖和栽培技术,旨在实现如下目标:对生物多样性给予就地保护;开发地区蕨类资源;推广贫瘠富的蕨类实用栽培技术;为蕨类旱地物种创造条件。具体内容包:孢子萌发、小苗移栽、大田栽培技术;根茎的移栽和栽培技术;蕨类保护区的建立。

经过三年的努力,项目组成功地找到蕨类孢子萌发和孢子体、配子体生长的适宜条件(图7.2),培养出蕨类的人工孢子菌和无性克隆试管苗,并在大田栽培实验成功(图7.3)。细胞学鉴定表明,人工菌和野生菌具有同样的形态。大田对照实验表明,人工筛选的试管苗具有更强的适应性和生长表现。

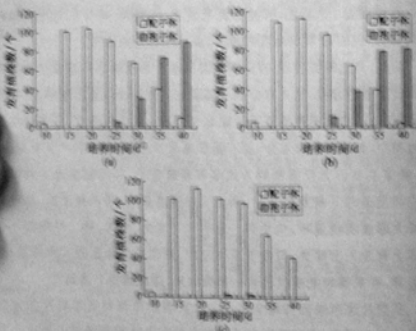


图7.2 蕨类孢子萌发和孢子体、配子体生长的适宜条件  
 分别分别选取了(1)沙土(2)土壤(3)基质作为培养基。

① “a”即“a”(a)的缩写。



图7.3 蕨类的人工繁殖和栽培技术

(a) 在塑料大棚中生长的蕨类的人工孢子菌, (b) 在大田栽培成功初期用孢子繁殖(左)和根茎无性克隆(右)的蕨类, (c) 在渭源县农业局前山种植和可耐采集人工繁殖的蕨类, (d) 蕨类在山坡上越冬第二年长出的蕨类。

由于迅速成形的人工繁殖和栽培技术十分简单,基于在房前屋后以及小片土地、山坡地上栽培,投入低,产量高,蕨类生产已没有必要依靠采集野生蕨类,从而在提高生产、增加收入的同时保护了当地的野生蕨类,因而也保护了生态环境。于是,渭源县政府随即停止了软性保护区的行政干预。

讨论 在甘肃省定西地区的这种特定情况下,生态农业<sup>①</sup>的发展受到很多因素制约,有机生态学不是按照传统生态学的常规做法,在环境遭受破坏的区域建立保护区并种植野生蕨类,而是有机地结合市场、行政、劳动价值、生态规律、生物技术、项目管理等多个因素,从物质资源的源头解决发展的问题,在最大程度上使生态和发展实现双赢。

渭源县政府没有投入大量人力、物力,费时、费力地申报和建立所谓正规的自然保护区,并且在蕨类的人工繁殖和栽培技术成形后就停止了软性保护区的行政干预。这样的项目虽然没有形象工程的光彩,但是工作做到了实处,高效且节约<sup>①</sup>。

### 2. 石羊河流域中下游沙化地区有机生态建设及关键技术和标准化体系研究项目规划<sup>②</sup>

2003年,法国图卢兹综合科学研究所、甘肃省农业科学院、中国科学院寒区旱区环境与工程研究所、甘肃农业大学、兰州交通大学一起进行了荒漠化治理方面综合防治和综合开发的重大项目立项讨论,研讨的中心是石羊河流域中下游沙化地区的生态恢复和重建。石羊河起源于南部祁连山,主要由大靖河、古浪河、黄羊河、杂木河、金塔河、西营河、东大河、西大河等8条河流组成,消失于巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠之间的民勤盆地北部。石羊河流域位于甘肃省河西走廊东部、巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠的交汇处,是河西三大水系中灌溉面积最大、人口最多的区域。近年来,由于受到自然环境演变和人为活动的深刻影响,生态环境日益恶化,生态危机日益严重,开始威胁流域的可持续发展,有些地区甚至已危及人类生存。这是国内西北干旱内陆生态退化的典型<sup>③</sup>。为此,上述高校和科研机构对石羊河流域中下游沙化地区有机生态建设及关键技术和标准化体系的建立共同立项研究。该项目被全欧华人专业协会联合会2003年博士访问团作为我国教育部“春晖计划”的重点推荐项目,并得到了甘肃省政府的明确支持。

石羊河流域出现的生态危机主要体现在水的问题上,首先是水资源短缺,供需矛盾十分突出。石羊河流域的水资源量约 $1.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,灌溉面积约 $2.9 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ,人口约223万,分别约是甘肃省内陆河地

① 项目执行人:徐刚、郭天文、段争虎、任刚、韩万仓。  
 ② “hm<sup>2</sup>”是“公顷”的符号,1 hm<sup>2</sup>=15亩。

区水资源总量、总灌溉面积、总人口的1/4,1/2,1/2。目前,该流域水资源的毛利用率(即用水量与水资源量之比)达154%,净利用率(即耗水量与水资源量之比)超过95%,远远超出了国际公认的合理利用率。年超采地下水大约 $3.5 \times 10^7 \text{ m}^3$ ,造成地下水位每年以大约0.5~1.0 m的速度普遍、持续地下降。祁连山灌木林下线比20世纪50年代上移了约40 m,30%的灌木林区出现草原化和荒漠化。流域内城市生活污水、工业废水处理率不高,加之农药、化肥所产生的面源污染,导致流域水质恶化,水污染严重。民勤盆地地下水矿化度每年增加大约0.12 g/L,矿化度高达2~4 g/L(最高达8 g/L),导致盆地北部的五万多人、11万余头牲畜饮水十分困难。

由于突出的生态问题和重要的空间区位,石羊河流域的生态环境治理显得极为紧迫和必要。温家宝总理在2001年7月30日对新华社国内动态清样(第1162期)上的调研报告《河西走廊石羊河流域生态环境恶化》的批示中指出:“石羊河流域生态综合治理应提上议事日程,当务之急是建立流域统一管理机构,大力实施节水工程,有效地控制土地沙化和草场退化,决不能让民勤成为第二个罗布泊。”因此,本项目的研究具有明显的生态效益、经济效益和社会效益。

本项目涉及的领域包括防治沙化、控制和减少沙尘暴危害。这不仅关系到21世纪我国生态环境的治理和农业的可持续发展,而且直接关系到我国北方人民的身心健康,影响到2008年北京奥运会的举办。针对目前我国沙漠化土地面积扩展的趋势和沙尘暴频繁发生的被动局面,为了促使生态环境的良性转化,促进农业的可持续发展,保护人民的身体健康,提高人民的生活质量和水平,项目组根据生态学的基本原理和恢复生态学的理论,应用农业、生物工程、草业、畜牧业、林业、农业机械等科学领域的理论基础和科学研究成果以及发展生态有机农业的新途径来治理沙化土地,为生态环境的治理和社会的可持续发展提供模式。

对石羊河中下游区域生态状况的定位,应放在我国宏观生态和整个国民经济发展的框架中来认识。作为世界上受荒漠化危害最严重的国家之一,在20和21世纪之交,我国的荒漠化面积已达 $2.622 \times 10^6 \text{ km}^2$ (占国土总面积的27.4%),每年仍以 $2.460 \times 10^7$ 亩的速度继续扩展,全国有4亿人口深受荒漠化危害之苦,全国贫困人口60%集中在荒漠化地区,因荒漠化每年蒙受的经济损失达541亿元之巨,在某些“沙进人退”的地区,群众背井离乡,成为“生态难民”,楼兰的历史悲剧又在重演,荒漠化不仅发生在西北干旱地区,在东北平原和青藏高原亦有蔓延。因此,国内受荒漠化危害的新疆、内蒙古、东北地区都积极地在沙地上开展种草体系的实验研究,例如,中国科学院新疆分院在阜康荒漠生态站进行的“草田轮作,农牧结合”优化模式,其经济效益历年平均比对照区高出1.1倍,经济收入和成本的产投比由对照区的3.3提高到6.3,光能利用率由对照区的0.97%提高到1.71%,人工能产投比由对照区的2.44提高到草田轮作区的10.0,每消耗 $1 \text{ m}^3$ 水所产生的经济效益,种草、养羊比种棉花多收1.55元,20世纪60年代初,黑龙江省国营农场开展了免耕种植小麦实验,江苏省开展稻茬免耕种植小麦实验,70年代末,西南农业大学研究水田自然免耕法,80年代初,北京农业大学、陕西省农业科学院、山西省农业科学院、河北省农业科学院等开展了以覆盖或少耕、免耕的实验研究,取得显著的增产效果,90年代初,农业部组织中国农业大学和山西省农科院、中国农业科学院等单位合作,在山西省开展了保护性耕作实验,近年来,农业部组织农机部门在北方部分省、自治区、直辖市的三十多个县开展保护性耕作实验示范,取得了较好的效果;但是,在环保功能以及有机生态建设方面还有待于进一步研究,尤其在发展有机生态农业综合治理沙化土地方面还有很多实际问题需要研究、解决。通过沙漠有机生物固结技术,草原植被重建,农田复合林灌草保护技术,农田保护性耕作、畜群结构调整与可再生能源建设等综合措施,发展有机

生态农业;在治理沙漠化土地的同时,提高农牧民收入和生活水平;建立和发展有机生态农业的综合技术体系,提高整体技术水平,是我国沙化土地治理,也是石羊河中下游区域综合治理和发展的出路。

我们对石羊河中下游区域存在的问题进行了如下数字化归类:

(1) 气候干旱、水资源匮乏,石羊河流域属大陆性温带干旱气候,中下游降水量只有 $50 \sim 150 \text{ mm}$ ,年蒸发量高达 $2000 \sim 2600 \text{ mm}$ ,石羊河灌溉区的水资源总量为 $1.12 \times 10^9 \text{ m}^3$ ,人均占有水资源 $700 \text{ m}^3$ (仅为全国平均水平的1/3,甘肃省平均水平的1/2),亩均占有水资源 $220 \text{ m}^3$ (仅为全国平均水平的1/9左右),人均单位面积耕地占有水资源量的严重不足,是石羊河流域用水紧缺和生态环境恶化的主要根源。

(2) 中游地区灌溉农业规模过大,水资源配置不尽合理,耗用水量严重挤占下游的生产、生活和生态用水。

(3) 下游民勤地区开荒无序,地下水超采严重,耕地面积不合理扩大,生态环境破坏严重。

(4) 水质污染严重,加剧土地盐碱化,金昌市、武威市废水的大量排入使地下水水质恶化,民勤地下水矿化度每年以 $0.5 \text{ g/L}$ 的速度增长,用高矿化度的地下水灌溉,使土壤盐分迅速增加,年均增加盐碱地面积近 $6.7 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,其中民勤湖区弃耕地就达 $2.0 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,使下游的生产、生活发生严重的危机。

(5) 生态环境恶化,由于地下水位下降,绿洲植被枯竭,土地日趋荒漠化,沙漠化,原先已经固定的沙丘开始活化,扬沙、沙尘暴天气越来越频繁,据气象部门记载,20世纪50年代发生沙尘暴5次,60年代发生8次,70年代发生13次,80年代发生14次,90年代增加到23次,进入21世纪后,仅2002年就发生7次,面积达 $1.333 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的三渠绿洲绿洲仅存 $7.33 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,且有50%退化,20%沙化,巴丹吉林、腾格里两大沙漠每年以 $15 \sim 20 \text{ m}$ 的速度侵蚀民勤绿洲。

(6) 沙区耕作管理粗放,标准化体系不健全。

结论 石羊河流域如不及时进行有机生态建设和可持续资源管理,利用技术研究和有效的标准化管理体系建设,则下游绿洲内水土枯竭之日将是民勤绿洲消亡之时,流沙进而淹没武威市、金昌市已地非危言耸听。

根据上述生态和社会发展状况,在技术层面上,项目组对本项目的研究目标、内容及方法从以下8个专题进行了有机生态学、循环经济和标准化研究的建议:

专题1“沙化地区有机生态建设的标准化体系研究”包括:沙区生物固沙标准化体系建设与评价;荒漠草原植被恢复标准化体系建设与评价;农田保护性耕作及有机农产品生产技术标准体系建设与评价;基于“3S”技术的沙区有机生态建设的信息管理与咨询系统;沙区有机生态建设中水资源、土地、植被等资源的可持续、高效管理模式与机制创新研究;

专题2“沙区土壤质量维护提高与有机农产品生产技术”包括:沙区土壤养分循环与高效利用技术的研究;节能、节水、环保、有机绿色农产品配套技术的研究与产业化开发;沙区水盐运移规律及土壤盐碱化防治技术的研究。

专题3“沙区畜牧业发展及农村小能源建设”包括:沙区适度规模养殖及其产业化;沙区农村沼气建设技术及其应用。

专题4“沙区农田间作与冬春季覆盖作物栽培模式的研究”包括:草田轮作技术体系的研究与示范;冬小麦品种引进与配套栽培技术的研究;极抗寒油菜品种的筛选及配套栽培技术的研究与示范。

专题5“农田保护性耕作技术体系研究”包括:少免耕技术体系的研究与示范;作物秸秆覆盖、高留茬、稀植作物秸秆立地过冬技术的研

① “3S”指全球定位系统、地理信息系统和遥感。

究与示范。

专题6“林、灌、草复合防护林网技术体系研究与建设”包括:荒漠草原边缘林、灌、草的适宜种类、品种选择及组合搭配模式;节水型林、灌、草快速培育与持续管理建造技术的研究;生态、经济兼用型中药材品种的引进与高值化栽培。

专题7“荒漠草原植被恢复的生态研究”包括:荒漠草原可持续管理技术的研究;荒漠草原适宜牧草种类、品种的引进筛选与示范;荒漠植被群落结构与土壤种子库组成之间的相关关系研究;荒漠草原植被恢复中生物有机抗逆调节剂的应用技术与示范。

专题8“沙漠生物有机固结技术研究”包括:沙漠沙层生物结皮技术的研究;苔藓生物固结技术的研究;可降解的有机保水剂及生物固沙技术的研究与示范;极抗旱固沙植物的引进与示范;生物防沙、治沙管理技术的研究。

其中,主要的技术线路是:根据生态学基本原理、有机生态学理论和循环经济的发展要求,针对石羊河流域不同类型区的情况以及存在的主要问题,以具有区域广适性、技术效应稳定性和超前性的生态农业治理沙化地区土地的综合高效技术体系为主攻方向,因地制宜,采用实验示范、推广相结合的技术路线,田间小区实验、实验室模拟分析与田间测定、大区示范验证,大面积推广应用,分步进行,滚动发展。

要解决的关键技术与难题是:干旱内陆河灌区防沙、治沙、有机生态生物治沙技术体系的高效集成与运作。要重点解决的是:石羊河流域中下游地区防沙、治沙,保护生态环境;沙区水盐运移规律及土壤盐碱化防治;沙化农田土壤质量的提高与保持;沙区的畜牧业发展及农村小能源建设;沙区农业节水增效;沙区土壤养分循环、高效利用与优质农产品生产综合配套技术以及标准体系的建立与评价。

规划目标是:通过上述8个专题的研究集成,提出该流域沙化地区有机生态建设标准管理和评价体系,因地制宜,快速和有效地防沙、



治沙、沙漠固定,荒漠草原植被的恢复重建,林、灌、草农田复合保护体系建设的生态环境保护;农田保护性耕作,开源节流,提高水资源利用率;沙区的畜牧业发展,农村小能源建设,沙化土地土壤质量的维护,提高;有机农产品生产与有机生态建设的关键技术和标准化体系,由此建成具有一定显示度的沙化土地防治样板,为西部生态环境治理、循环经济的发展和社会可持续发展提供科学依据。

我国在《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》<sup>[1]</sup>的“保护修复自然生态”一章中,把“石羊河流域综合治理”作为国家级“水土保持工程”的“生态保护重点工程”,在更高、更综合的层次上对石羊河生态环境进行了定性研究,包括石羊河整个流域生态恶化的主要表现、水资源配置、水污染形势、高效的流域统一管理机构和行之有效的管理机制等,确定了流域综合治理的根本目的是使水资源得到永续利用,生态环境得到保护与改善,最终实现流域经济、社会的可持续发展。为此,流域的综合治理必须从战略高度着眼,以统一管理和调度为核心,工程措施与非工程措施相结合,充分运用法律、行政、经济、科技、宣传教育等手段,协调安排生活、生产和生态用水,流域综合治理的首要目标是使地下水超采量为零,地下水水位停止下降,生态环境恶化趋势得到遏制;其次是使源头区的水源涵养能力有所提高;第三是使流域水质得到改善。国家“十一五”规划的“石羊河流域综合治理”项目在综合治理主要措施方面,规定了综合治理措施包括工程措施(例如节水、治污、封育、植草、种树及水库建设等)和非工程措施(例如经济结构调整、水价调整、生态移民、跨流域调水工程及其运行费用合理分摊、流域水资源统一管理)两大部分。2006年,甘肃省石羊河流域管理委员会部署了“石羊河流域综合治理”工程,甘肃省制定了《石羊河流域治理应急项目和流域生态治理责任书》、《石羊河流域地表水量调度管理办法》、《石羊河流域地表水量度和地下水削减开采量实行地方行政首长负责制的规定》、《石羊河流域水事协调规约》和

(关于加强石羊河流域地下水资源管理的通知)等文件。

讨论 石羊河流域生态建设项目已被列入国家“十一五”规划,目前“十一五”规划的“石羊河流域综合治理”项目力度更大、更综合、更全面,在技术层面上,与前期的立项研究有所不同的是,没有给予有机生态学充分的重视,标准化体系没有目标中明确规定,有些问题尚需在工作中进一步明确和找出解决方案,例如,是否需要结合更大的区域(未来西亚和我国的生态定位等)来进行更有前瞻性的宏观规划和生态建设,是否可以考虑建立我国的国家标准,让我国在国际生态效益生产的市场上有发言权,乃至建立以我国标准为基础的国际规则,这也是有机生态学和循环经济在市场经济方面的一个研究课题。

### 三、有机生态学在环境和农业方面亟待发挥作用

据2006年世界银行的统计数字显示,我国是全世界经济发展最迅速、贫困消除最快的国家<sup>[2]</sup>,循环经济是我国未来社会、可持续发展的最佳模式,发展循环经济,其本质就是“绿色经济”,倡导有机生态学和推行循环经济,是我国实现经济、社会、环境协调发展的需要。

有机生态学在环境保护和社会发展中,特别是在我国西部开发、资源枯竭区域的转型和新农村建设中,可以发挥促进作用,目前在我国农村广大地区,自然环境的保护不可能模拟甚至恢复其自然的状况,生态的恢复,建设需要科学的方法进行规划和操作,特别是在乡镇企业迅速发展的时期,必须运用有机生态学的原则最大限度地使环境和发展得到优化,特定的自然环境和社会发展的循环模式是目前循环经济研究的弱项,例如,许多地区粗犷的循环经济产业虽然有其进步性,但是从循环的物质和能量流来看仍然有优化的巨大空间,其中很重要的一个方面是,循环模式的不同导致环境增益和产品附加值的不同,例如,废弃物生产的沼气用做日常燃料或发电,显然都做到了废弃物的循环使用,但是附加值可以不同(投入当然也不同),例如,在山东

省乐陵市的希森新农村建设中,把沼气渣用做蘑菇生产的培养基,再把培养基用于蚯蚓养殖,蚯蚓的粪又是上好的绿肥,用于生产马铃薯种薯,这样,增加了循环层次,产生的附加值也大大提高,有机生态学的多元矢量评价方法将对循环经济行为的质量做出定量评价。

水是制约我国发展的重要因素,我们知道,有机生态学依据过去、现在,特别是将来的生态发展状况进行有机的、可持续的环境利用和社会发展,按照这一原则,在未来地下水水位降低的地区,就不要进行永久性的植树造林,而应考虑实行“头痛医头、脚痛医脚”的临时性措施;并且在特定的时间、地点实行固定沙丘和防止荒漠化扩展的措施,在有种植业的地区还要积极准备生产方式的转变,在什么条件下,进行什么性质和什么规模的转变,都需要有机生态学综合的、发展的和多元的定量分析。

在农产品和食品卫生方面,有机生态学在不同的发展维度和界限里根据未来的需求来规划项目,按照这一原则,如果土地中含有放射性物质、重金属等难以消除的污染源,而按照未来农产品和食品标准又属于超标物,就不宜划归基本农田,更不必进行有机农产品的生产规划,这样的例子还有很多。

有机生态学是一个新兴科学分支,其自身也在不断地发展和完善,我们相信,有机生态学在我国乃至世界人类社会的环境建设和社会发展将会日臻成熟,成为人类解决发展、环境问题的有效理论和科学技术系统。

### 参考文献

- [1] Brundland G. Our common future, the world commission on environment and development. Oxford, Oxford University Press, 1987.
- [2] United Nations. Convention on Biological Diversity. Brazil, Rio de Janeiro, 1992.
- [3] United Nations. Agenda 21. Brazil, Rio de Janeiro, 1992.

[4] IEFEM. Guidelines for ecological impact assessment in the United Kingdom. Winchester, Institute of Ecology and Environmental Management, 2006.

[5] 李文华. 生态农业: 中国可持续农业的理论与实践. 北京, 化学工业出版社, 2003.

[6] 徐楠. 人民日报(海外版), 1997-08-27(3).

[7] 郭天文. // 科学技术部农村与社会发展司, 中国农村技术开发中心. 农业新阶段新思路新对策. 北京, 中国农业出版社, 2000.

[8] 全国人大常委会办公厅秘书一局. // 中华人民共和国第十届全国人民代表大会第四次会议文件汇编. 北京, 人民出版社, 2006.

[9] World Bank Independent Evaluation Group. Annual review of development effectiveness 2006: getting results. Washington, World Bank, 2006.

**图书在版编目(CIP)数据**

前沿科学的交叉与融合：留法学人跨学科研究论文集/陈勇主编.  
—北京：北京大学出版社，2008.7  
ISBN 978-7-301-13351-4

I. 前… II. 陈… III. 跨学科—研究 IV. G301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 002202 号

**书 名：**前沿科学的交叉与融合——留法学人跨学科研究论文集

**著作责任者：**陈 勇 主编

**责任编辑：**孙 琰

**标准书号：**ISBN 978-7-301-13351-4/O·0745

**出版发行：**北京大学出版社

**地 址：**北京市海淀区成府路 205 号 100871

**网 址：**<http://www.pup.cn> 电子信箱：[zpup@pup.pku.edu.cn](mailto:zpup@pup.pku.edu.cn)

**电 话：**邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62752038

出版部 62754962

**印 刷 者：**北京大学印刷厂

**经 销 者：**新华书店

880 毫米×1230 毫米 A5 9.875 印张 282 千字

2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

**定 价：**35.00 元

---

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究

举报电话：(010)62752024 电子信箱：[fd@pup.pku.edu.cn](mailto:fd@pup.pku.edu.cn)