

农业资源开发

生态效益评价及应用

袁柏瑞 等著

3.22

气象出版社

前 言

随着国民经济的飞速发展,我国农业资源开发、利用的广度和深度都取得了举世瞩目的成就,但是,由于各种因素的影响,在农业资源开发活动中,也产生了不良的生态后果,甚至造成了部分生态环境的破坏,影响了我国农业生产的进一步发展。为了科学地指导农业资源的开发,促进农业生产的持续发展,建立一套科学的农业资源开发生态效益评价方法是非常必要的,也是十分紧迫的。由于这方面研究工作起步较晚,以及生态效益评价涉及内容的广泛性和复杂性,至今尚未形成一套较成熟的农业资源开发生态效益评价方法。目前,这方面的研究工作已受到了国内外广泛的重视。

基于这种情况,农业部区划司于1990年委托中国农业工程研究设计院主持了“农业资源区域开发生态效益评价”课题的研究。目的是探索在农业资源开发中评价其生态效益的可行方法,为国家农业资源开发决策提供科学依据。参加研究的单位有北京农业大学农业气象系、中国人民大学农业经济系、中国科学院地理所农业资源室、中国农科院区划所及农业部区划司资源处。1992年1月通过了研究成果鉴定。

本项研究利用全国农业资源开发成果的资料进行了生态效益评价的应用分析,同时在黄淮海平原地区的淮阳县和禹城县、南方丘陵地区的都江堰市、北方农牧交错区的科左后旗四个县市进行了试点应用研究,并得到了当地政府和有关部门的大力支持。

参加研究工作的人员有袁柏瑞(主持人)、韩湘玲(副主持人)、鲁明中、姜德华、吴连海、孙国举、刘玉兰、刘海启。研究生田中明、陈殿源参加了试点县的研究工作。

在研究过程中，张巧玲教授、龚绍文教授、张宰福教授、韩纯儒教授、孙鸿良研究员、沈亨理研究员、高素华副研究员、于沪宁副研究员、林景生高级工程师和于铜钢高级工程师曾提出了不少宝贵意见，给予了热情帮助，在此一并表示衷心感谢。

本书是在原课题研究成果鉴定的基础上，由袁柏瑞主持撰写，参加撰写的有袁柏瑞、鲁明中、吴连海、姜德华、孙国萃、刘玉兰、韩淑玲、刘海启。袁柏瑞、鲁明中、吴连海、姜德华对书稿进行了审定，最后由袁柏瑞执笔，统一修改完成书稿。

中国科学技术协会副主席、前农业部部长何康同志，和百忙中还关心本项研究成果的出版，为本书作了序，在此由衷地表示感谢。

对气象出版社周诗健编审和他的同事为本书出版做出的努力，深表感谢。

由于作者的水平有限，书中难免有不当之处，请读者批评指正。

作者

1993年4月15日于北京

序

关于农业资源开发的生态效益问题，一直是人们十分关注的。农业生产要持续发展，农业生态环境就必须得到相应的保护和改善，利用生态规律使农业形成一个良性循环的生产系统，使得农业资源得到很好的利用，使得经济效益和生态效益达到很好的统一。

但是，如何来认识农业资源开发的生态效益，以及怎样对它进行评价，一直是国内外农业生产发展评价研究中的一个薄弱环节。《农业资源开发生态效益评价及应用》这一研究成果的出版，无疑是对这方面的一个新的贡献。

从生态学角度看，农业系统实际上也是人类利用农业自然资源的农业生态系统，人与其生态环境应该是一个和谐的统一体，人类不仅从中得到赖以生存的食物来源，同时还要满足生活和生产方面环境质量的需求。因此，农业资源开发的生态效益评价就是要弄清楚农业生态系统结构要素和功能的变化以及预测其生态后果，进而对农业资源开发作出科学的决策。

这本书为开展农业资源的生态效益评价提供了一套比较完整的生态效益评价指标、评价参考标准和简便的评价方法，这就使我们正确地评价农业资源开发的生态效益有了具体的科学工具。

农业资源开发生态效益评价工作已引起广泛关注。这本书的出版，是一次成功的探索。但是，要完全认识和解决生态效益评价这一复杂问题，还有待进一步的研究与应用。我相信我国的科

学工作者在已有工作的基础上会做出更大的成绩，促进我国农业资源的开发、利用和保护，取得经济效益和生态效益持续、同步地提高。

何强
三月廿二日

一九九三年三月二十二日

目 录

序

前言

第一章 我国农业资源开发现状	(1)
§ 1 农业资源	(1)
§ 2 我国农业生产的发展及面临的生态问题	(3)
第二章 农业资源开发生态效益及其评价意义	(10)
§ 1 农业资源开发生态效益	(10)
§ 2 生态效益评价意义	(12)
第三章 农业资源开发的生态效益评价指标体系	(14)
§ 1 评价指标体系建立的前提和基本原则	(14)
§ 2 评价指标体系构成分析	(15)
§ 3 评价指标分析	(19)
§ 4 关于评价指标的标准	(73)
§ 5 关于评价指标数据的采集	(75)
第四章 农业资源开发的生态效益评价方法及应用	(76)
§ 1 综合评价方法简介	(76)
§ 2 分级综合评价法	(80)
§ 3 生态效益综合评价方法的应用	(88)
§ 4 生态效益评价指标及评价标准(参考)表	(103)
附录	(104)
参考文献	(110)

第一章 我国农业资源开发现状

§ 1 农业资源

1. 农业资源的概念

通常人们把用以形成社会财富的自然要素和社会要素称为资源。由于资源形成特点的不同又可分为自然资源和社会资源或人为资源两大范畴。可用于农业生产的这部分资源就是农业资源。农业是人类社会最基本的物质生产部门，农业生产的对象是农业生物，人类通过社会劳动，对农业生物的生长繁衍及其环境的干预，从而取得生活所必需的食物和其它物质资料。或者说，农业是人类利用现有社会资源对自然资源进行改造、加工的物质生产过程。因此，农业自然资源是农业资源中最基本的资源。我们所要讨论的农业资源开发，重点是对农业自然资源的开发和利用。

农业自然资源是自然界可被利用于农业生产的物质和能量来源。一般指各种农业生物资源、土地资源、水资源和气候资源等。

2. 农业自然资源的基本特性

(1) 整体性。由农业自然资源构成的农业自然生态系统，呈现出“系统”的整体特性。各种农业自然资源在这一系统中是相互联系、相互制约和互利共生，形成统一的整体。在农业资源开发中，对其中任何一个资源要素的变化，都可能引起其它资源要素的变化，甚至引起整个系统的变化。例如，在一些地区为增加放牧数量，使草场载畜量超过了一定的限度，就会使植被受到破坏，造成土壤沙化、水土流失，最终使草原退化为荒漠。

(2) 地域性。由于地球与太阳的相对位置及其运动的特点，各种农业自然资源的形成条件，以及资源的分布和组合都具有明

显的地域差异。例如我国亚热带和热带地区主要种植热带或亚热带作物,如香蕉、菠萝、可可、橡胶等,在北方的中温带和寒温带地区主要种植一年生作物,如春小麦、玉米、大豆、甜菜等。即使在小的地区范围内,也有着水田和旱田、平地 and 坡地、以及不同的海拔高度之间不同的资源生态特点。这种资源的地域差异特性,决定了不同地区的农业资源开发应有不同的特点。

(3) 有限性。农业自然资源在一定的时空条件下都是有限的。一种是资源的存在数量是有限的,例如一个地区的土地面积、水资源量是有限的。另一种是资源的存在数量或生产潜力是无限的,但其在一定的时空条件下可利用量是有限的,如太阳的光热资源不会因为人们的利用而减少,但在植物生长的一定时间和单位面积上的可利用量又是有限的。因此,农业资源开发的一个重要方面是如何充分合理利用有限的农业自然资源,提高资源的利用率和生产力。

(4) 可更新性。如土壤肥力经栽培作物后,由于植物落叶、秸秆、动物排泄和生物尸体回到土壤中被微生物分解而得到周期性的恢复和提高。又如土壤水分的循环补给和气候条件的季节性变化等。人们可以按照这一特性进行科学的干预,使农业自然资源保持周而复始和不断更新的良好状态。

(5) 可培育性。农业自然资源可以经过人类对它的改造、改良和培育,进一步发挥资源的生产潜力,如选育优良的动植物品种、改土培肥、兴修水利、建立人工气候室等。

3. 我国农业自然资源的特点

我国素称地大物博,又是人口大国。农业自然资源的特点是绝对数量大而人均相对数量少。土地面积居世界第三位,但按现有人口平均的相对数量就远低于世界平均水平。960万平方公里的国土总面积中,36%是沙漠、戈壁、高寒荒漠、石头山,约有7.33亿公顷可用于农、牧、渔业生产。耕地9566.7万公顷,人均只有0.085公顷,约为世界平均水平的30%(据估算,实际上有1.2—1.33

亿公顷)。我国的森林覆盖率只有 12.89%，而世界平均是 22%，排在世界第 121 位，全国第三次森林资源普查的森林蓄积量为 91.41 亿立方米，人均约 9.1 立方米，相当于世界人均 83 立方米的 11%。草原 3.93 亿公顷，干旱和高寒区草原约占 60%，可以利用的有 2.2 亿公顷。我国的内陆水域 2.7 亿公顷，可用以养殖的约 500 万公顷。沿海的 200 万公顷海涂中，约有 1/3 可用来养殖，沿海大陆架 1.53 亿公顷是近海渔场。我国的地表水年径流量约 2.63 万亿立方米，居世界第六位，人均 2327 立方米，由于受季风气候的影响，全国各地降水和径流的季节性变化十分明显，夏秋多雨、冬春少雨、雨量集中在汛期，且南方水多，北方水少。另外，我国可供进一步开发利用的土地后备资源不多，主要是林牧业用地，多在边疆人口稀少地区，可开垦作为农田的大约有 1333 万公顷。

§ 2 我国农业生产的发展及面临的生态问题

1. 我国农业生产发展的现状

农业是国民经济的基础。为了不断满足社会对农产品日益增长的需求，1949 年以来，国家对农业资源开发的规模 and 水平有了迅速的发展和提高，农业生产取得了举世瞩目的成就。我国已占世界 7% 的耕地基本解决了占世界 22% 的人口的温饱问题。现有耕地 9566.7 万公顷、草地 35333.3 万公顷、森林 12460 万公顷、人工淡水养殖面积 383.5 万公顷。近 40 年来生产的农产品无论是总产量、单产量还是人均占有量都有了明显的增长，表 1-1 为 1949 年、1980 年和 1990 年主要农产品生产情况，特别是近 10 年来，在人口迅速增长的条件下，主要农产品的人均占有量仍有很大增加，人民生活水平有了大幅度的提高。

但是，不同地区间仍存在着很大差异，从粮食、肉类和水产品的人均占有量(表 1-2)可以看到，我国有相当多的省区人均占有的粮食、肉类和水产品分别在 350 公斤、20 公斤和 5 公斤以下。以 1989 年我国人均占有量与世界平均水平比较，粮食为世界平均

表 1-1 主要农产品产量

名 称	单 位	1949年	1980年	1990年
粮食：总产量	万 吨	11320	32055	46184.1
单产	公斤/公顷	69	183	265
人均	公斤/人	209	326	400
油料：总产量	万 吨	256.4	769.1	1613.2
单产	公斤/公顷	615	65	99
人均	公斤/人	4.7	7.8	14.3
棉花：总产量	万 吨	44.4	270.7	450.8
单产	公斤/公顷	11	37	54
人均	公斤/人	0.8	2.8	4
肉类：总产量	万 吨	220	1205.5	2856.7
人均	公斤/人	4.1	12.3	25.3
禽蛋：总产量	万 吨		256.6	794.6
人均	公斤/人		2.6	7.0
水产品：总产量(淡水)	万 吨		123.99	523.76
总产量(海水)	万 吨		325.7	713.3
人均	公斤/人		4.6	10.9

水平的 88.9%、油料为 75.4%、肉类为 75%、鸡蛋为 97%、奶类为 3.8%、水果为 24.6%，这也说明我国农业生产在总体上是处于世界较低的水平。为了提高我国的农业生产水平，进一步开发和利用好农业资源是至关重要的。

从分析我国农业资源开发利用的状况来看，我国农业生产的发展潜力还是很大的。例如，1986—1988 年，全国 30 个省、市、自治区和 5 个计划单列市推广农业科技成果 342 项，累计面积 24 万公顷，增产粮食 47.11 亿公斤，增产棉花、油和糖分别为

表 1-2 1990年不同省区主要农产品的人均占有量划分*

农产品种类	人均占有量(公斤)		
粮 食	450公斤以上	350—450公斤	350公斤以下
	吉林、黑龙江、江苏、湖北、内蒙、新疆	江西、湖南、四川、宁夏、山东、河南、辽宁、安徽、浙江	北京、天津、上海、山西、福建、广东、广西、海南、贵州、云南、陕西、西藏、甘肃、青海
肉 类	30公斤以上	20—30公斤	20公斤以下
	湖南、四川、广东、西藏、青海	北京、河北、内蒙、辽宁、吉林、上海、江苏、浙江、安徽、江西、福建、山东、湖北、广西、海南、贵州、云南、新疆	天津、山西、黑龙江、河南、陕西、甘肃、宁夏
水 产 品	15公斤以上	5—15公斤	5公斤以下
	辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南	湖北、湖南、天津、江西、安徽、广西	北京、河北、山西、内蒙、吉林、黑龙江、河南、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆

* 1991年中国农业年鉴，水产品缺西藏资料。

3.17 亿公斤、23.46 亿公斤和 22.89 亿公斤。到 1989 年，玉米双交种和单交种的推广面积已达全国玉米栽培面积的 70% 以上，平均每公顷增产 750 公斤。1992 年推广水稻的早育稀植栽培技术达 172.7 万公顷，增产稻谷约 25 亿公斤。这一技术可节省种子 50%，节省水 30%，节省化肥 30%。如果把小麦现有播种面积 10% 的种子经过包衣加工处理，其产量可平均提高 30%，全国每年将可增产 900 万吨粮食。我国现有耕地中，高、中、低产田分别占 25%、34% 和 41%，其中的中低产田的增产潜力较大，研究表明，改造和开发中低产田是完全可能的，若把约 3667 万公顷的中低产田的一半，粮食单产提高 750 公斤/公顷时，则将获得 275 亿公斤的新增产量。在畜牧业方面，又譬如我国猪的生产，1989 年全国猪存栏 35281 万头，产肉 2628.5 万吨，而美国存栏为 5549.9 万头，产肉

711.6 万吨,相比可得,美国的存栏头数为中国的 15.7%,而肉产量则为中国的 33.5%,即美国存栏 1 头猪的产肉量是我国 1.72 头存栏猪的产肉量,美国的猪的出栏率为 160.7%、每头胴体重 80 公斤,中国分别为 84.8%和 73 公斤,因此,若使我国的生猪出栏率提高到美国的水平,可增加 3800 万吨左右的肉产量;另外按“八五”计划目标,使猪的成年死亡率由目前的 10%下降到 5%,以 2000 年全国规划存栏数 3.8 亿头计,每年就可减少死亡 4462 万头猪,由此也可节省大量的饲料和能源资源。

由上可见,我国农业生产的发展对农业资源已经进行了卓有成效的开发利用,可是与历史相比、与世界相比,我国农业资源目前还有巨大的生产潜力亟待开发。

2. 我国农业发展面临的生态问题

建国 40 多年来,我国农业生产虽然有了长足的发展,但是,随着农业资源在广度和深度上的进一步开发,越来越明显地暴露出制约农业持续稳定发展的一系列生态问题,如人口剧增、资源的逆向演替、资源短缺、农业环境污染、土地质量下降等等,农业生态环境相当脆弱,对人们的生活和生产潜伏着严重的不良后果。

(1) 人口急剧的增长,加大了对土地资源开发的压力。土地资源是农业最重要的生产资源,也是不可替代的生产手段。我国对于土地资源的开发历史是很悠久的,在历史上,随着社会的发展和人口增加,开发的耕地不断扩大。从战国时期到新中国建立(1949 年)的两千多年中,人口由 2000 万增加到 5.42 亿,开发的耕地也由 600 万公顷增加到 9786.7 万公顷,而 1949 年到 1990 年,人口由 5.42 亿急增到 11.3 亿,耕地则相对减少 220 万公顷(表 1-3)。建国以来的“耕地压力”(每公顷耕地负担人口数)从 1949 年的 5.55 人猛增到 1990 年的 11.85 人,增长了 113.5%,高于任何一个历史时期,而人均占有粮食,1990 年虽然比 1949 年增长了 91%达到 400 公斤,但仍低于历史上的大多数时期,同时也低于世界平均水平。随着人口的继续增加,对耕地资源的压力也

就越大。一方面是从耕地获得越来越多的农产品,例如,我国到 2000 年每年增加的人口若控制在 1250 万人,人均占有粮食为 400 公斤,单产以 7500 公斤/公顷计算,仅粮食一项每年就需要增加 50 亿公斤,约需增加耕地面积 66.7 万公顷;另一方面是耕地资源有限,且由于生活和各种建设需要的占用耕地,耕地面积不断减少。1990 年我国耕地面积为 9566.7 万公顷,人均耕地仅 0.085 公顷,为 1952 年人均耕地的 45%,目前人均只有 0.067 公顷或以下的省市达 13 个,超过 0.133 公顷的只有黑龙江、吉林、内蒙古、甘肃、宁夏和新疆 6 个省区。从 1949 到 1990 年间,全国的人均耕地每年平均以 1.81% 的速度递减。即使根据一种新的估测数字,现有耕地 1.39 亿公顷,人均耕地也只有 0.123 公顷,预计到 2000 年也将减少到 0.1 公顷以下。

随着经济发展和人口增长,导致森林资源的过度消耗,从三次全国森林资源普查结果看,第一次(1973—1976)全国普查,平均年消耗森林资源 1.96 亿立方米,第二次(1977—1981)为 2.49 亿立方米,第三次(1984—1988)为 3.44 亿立方米,而相应的森林蓄积量分别为 90.28 亿立方米、83.10 亿立方米和 91.41 亿立方米,15 年里森林资源年消耗量增加了 76%,而森林蓄积量几乎没有增长。按目前资源消耗水平推算,可供采伐利用的蓄积量只有 14—15 亿立方米,只够采伐 7—8 年。

(2) 水资源供需矛盾更趋尖锐。水资源已是不少地区提高农业生产水平的主要限制因素。农业是依靠生物生命活动实现产品生产的部门,每生产一单位的产品都需要一定的水以维持这种生命活动的进行,例如,生产 1 公斤小麦(干物质)需要约 500 多公斤的水。目前我国水田和水浇地的面积共计 4767 万公顷,占现有耕地的 49.8%(1990 年)。据 1980 年的测算资料,粮食生产的单位面积产量,灌溉地为非灌溉地产量的 2.44 倍。因此,要满足这部分灌溉地农业生产的持续发展,就需要保证水资源用量。据预测,到 2000 年,仅粮食生产的灌溉用水将由 1949 年的 956 亿立方米

表 1-3 我国不同历史时期耕地面积、人口和粮食*

时 期	耕地面积 (万公顷)	人 口 (亿)	人均占有粮 食(公斤)	耕地压力 (人/公顷)
战国中晚期	600	0.2	460.5	3.3
西汉末	1586.7	0.595	496.5	3.75
唐	1406.7	0.529	628.0	3.75
宋	2766.7	1.04	579.5	3.75
明	3100	1.3	559.0	4.2
清中叶	4846.7	3.61	314.0	7.5
1949	9786.7	5.42	208.9	5.55
1990	9566.7	11.3	400	11.81

* 1949年以前数据引自吴慧：中国历代粮食亩产研究，农业出版社，1985。1990年人口为全国第四次人口普查数，不包括香港、台湾、澳门地区人口。

增加到 4800 亿立方米，农村人口生活用水 也将由 80 亿立方米增加到 134 亿立方米，同时牲畜用水也将增加 46%，那时全国总缺水约 500 亿立方米，缺水区主要集中在黄淮海辽四个流域地区及西北干旱地区和高原山区等。另一方面，由于技术和管理等原因，水资源浪费十分严重，更加剧了水资源短缺的矛盾。

(3) 土壤侵蚀和土地“三化”严重。土壤侵蚀中水土流失问题尤为突出。由于森林和草原植被的破坏，以及大面积陡坡地开荒，近 40 年来，水土流失面积由 116 万平方公里扩大到 150 多万平方公里。据分析，每年流失的 50 亿吨表土，损失氮磷钾肥相当于 4000 万吨。例如四川省就有 44% 的面积的土地遭受流失，全省 200 万公顷坡耕地年平均土壤流失量达 110 吨/公顷。我国土地的“三化”(土地沙化、耕地盐碱化、草原退化)继续发展。根据中国科学院兰州沙漠研究所的监测表明，近 10 年(70 年代中到 80 年代中)，我国北方农牧交错区土地沙化的总增长率高达 16.35%(监测范围 49765 平方公里)，平均年递增 1.39%。自 70 年代以来，耕地盐碱化的面积几乎平均每年增长 1%。我国草原约 3.93 亿公顷，居世界第三位，但草原退化速度每年达 133.3 万公顷，例如，

内蒙古自治区自 1965 年至今,草地可利用面积由 74.16%下降到 67.4%,草地退化面积达 3067 万公顷,占可利用草地的 45.5%。

(4) 农业环境污染在扩大。农业环境污染包括灌溉水污染、农田土壤污染和大气污染等。引起这种污染的原因主要来自于工业生产和乡镇企业排放的废气、废水和废物,以及农业生产中大量使用农药、化肥和其它有害废弃物。因此,随着工业、特别是乡镇企业的发展,和农业生产的发展,农业环境污染是日益加剧。不少地区农产品的残毒检出率很高的情况表明,这种污染已不同程度地危及人的健康和安全。

第二章 农业资源开发生态效益 及其评价意义

§ 1 农业资源开发生态效益

农业资源开发是指在一定的时间和地域范围内,人们把自然资源(光、热、水、土地和生物资源等)和劳力、技术等非自然资源用于农产品生产的过程。农业资源开发旨在充分、合理地利用资源,提高自然的和人工投入的能量和物质的利用率,获得最佳的社会、经济和生态效益,不断满足人们的衣食需求,改善生活和生产环境。

在讨论农业资源开发生态效益评价的时候,一个很重要的问题就是对生态效益的认识。自从 1866 年 Ernst Haeckel 从古希腊文 oikos(意即房屋和住所)首先提出 Ecology(生态学)一词以来,生物与其环境之间关系的研究越来越引起人们的重视。Ecology 一词的英文定义是生物学的一门分支学科,用来研究生物的习性,特别是生物同它们所处环境的关系。在本世纪 30 年代,生物学界就建立起生态系统的理论。在生物群落与其非生物环境之间,通过不断的物质和能量流动、信息传递,而构成为相互作用、相互联系的整体,叫做生态系统。它是具有一定结构的生态学的功能单位。按照生态系统的自然状态可以分为自然生态系统和人工生态系统,后者是指人对自然生态系统干预下形成的各种生态系统。因此,从生态学角度,农业系统也是农业生态系统。它是以人的活动为主体,由人、农业生物和相应的环境构成的相互作用、相互依存的统一体。在农业生态系统中,人(特殊种群)既是一个生态结构要素,受到系统结构关系的制约,同时,人又不断地向系统输入

物质和能量,干预并改变系统的状态和运行机制;人既是系统的消费者,又是系统的生产者和管理者。人类在开发利用农业资源中,是对原农业生态系统的一种干预,必然要对农业生态系统产生有利的和不利的影 响,促进系统的发展,或者阻碍、甚至破坏系统的发展,所以,人类要从中获取更多更好更持久的利益,农业资源开发必须遵循生态学原理和生态规律。只有这样,才能使得农业生态系统为人类提供所需求的生态效益。

农业资源开发的生态效益是指人类开发利用农业资源的经济活动,对于农业生态系统结构和功能的影响,并进而对人类生活和生产产生直接和间接利益的生态效应。它包括以下几层含义:第一,生态效益是人类经济活动所引起的生态系统结构、功能和生态环境质量的变化结果;第二,这种结果又反作用于人类的经济活动,引起社会经济效益的增减;第三,生态效益在计量表示上可以有正、负之分,它表示生态效益的相对增加或减少。

生态效益是通过两方面来表现的。一是通过生态系统结构和功能的变化,不断地为人类提供所需要的农业生物产品;一是通过生态环境的变化,不断满足人类对生态环境质量的要求。

影响农业资源开发生态效益的因素是很多的,除了自然因素以外,人为的因素主要有以下几方面:

① 农业资源开发中投入物质和能量的形式和数量的影响。如石油农业与生态农业的比较,两种不同的物质和能量投入方式,产生了不同的生态后果。前者由于大量投入化学肥料、农药和能源,造成了农产品污染和生态环境污染等不良生态后果。

② 改变非生物环境的影响。例如通过合理的农田基本建设、改进灌排水条件,就可以明显地改善农作物生长条件,增加生物量产出。如两千多年前修建的都江堰水利工程,扩建后灌溉面积达 67 万公顷以上,明显改善该地区的农业生境。

③ 改变农业生物要素的影响。例如根据生物之间的互利共生关系将农业生物要素进行合理组合,可以形成有良好效益的新