

文章编号: 1008-2786-(2006)3-366-07

三峡库区小流域生态农业发展模式探讨 ——以杨家沟、戴家沟为例

杨德伟^{1,2}, 陈治谏¹, 廖晓勇¹, 倪化勇^{1,2}

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘 要: 以位于三峡库区的杨家沟、戴家沟小流域为案例, 在实地调查研究的基础上, 深入分析了三峡库区小流域由于自然和人为因素所导致的生态环境功能降低、生态农业发展滞后等实际问题, 在技术和模式层面探讨了山地小区域的生态农业发展。以水土保持为导向发展生态农业应立足资源和环境本底, 在农民可以接受的农业技术层次和经济发展水平上做文章, 最终走生态产业化和产业生态化的可持续发展之路。这对于在山地小区域维持生态系统的功能, 协调人地关系, 发展生态农业以及提高居民的生活水平, 有重要的理论和实践价值。

关键词: 水土保持; 生态农业; 小流域; 三峡库区

中图分类号: S157, X322

文献标识码: A

生态农业发展模式是建立在当地土地资源的基础上, 适应当地的环境条件并逐步完善发展的一种农业经济方式。生态农业发展模式的选择直接关系到区域的水土保持状况, 进而影响当地农业的长远发展和人民生活水平的提高。本文以三峡中部的重要观测站万县生态实验站为依托, 利用其对杨家沟、戴家沟流域长期的定位监测和试验以及移民经济活动的动态调查, 尝试探索适应当地环境, 有利于水土保持的高效生态农业技术与模式。这对于协调山地小区域人地关系, 发展生态农业, 提高居民的生活水平, 有着特别重要的理论意义和实践价值。

1 研究区域的自然概况

杨家沟、戴家沟属于陈家沟上游的两个汇水沟, 封闭区域总面积 1 275 158 m², 其沟口分别位于 (108°30′80″E, 30°44′36″N, 108°30′19″E, 30°44′21″N), 距汇入长江的出口 15.45 km。陈家沟和小陈家沟、河耳沟、老土等同属于五桥河支流, 自东南向西北汇入长

江, 并将杨家沟和戴家沟沟口相连。五桥河是长江重要支流, 也是万州区境内一条重要河流。研究区域中 0~5°, 5~15°, 15~25°, >25°四个坡度的面积大小和所占区域总面积比例如图 1 所示。

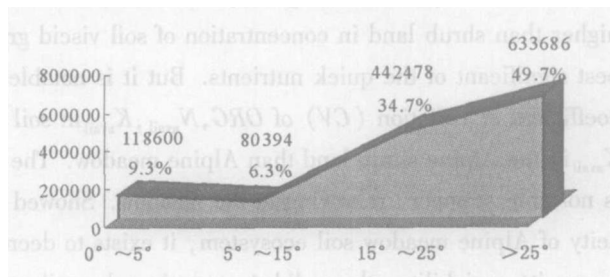


图 1 杨家沟、戴家沟流域坡度分级面积统计 (单位: m²)

Fig 1 The statistical gradient classification in Yangjia and Daijia valley (Unit: m²)

2 生态农业发展滞后的驱动力分析

2.1 自然本底因素

位于三峡库区中部的杨家沟、戴家沟流域, 以丘

收稿日期 (Received date): 2005-10-10 改回日期 (Accepted): 2006-03-21

基金项目 (Foundation item): 国务院三建委办公室万县生态环境实验站项目 (SX2001-021); 中科院知识创新项目 (KZCX2-316) [Funded by Wanxian Ecological Environment Experimental Station of three Gorge construction Committee of State Department (NO. SX2001-021); and Supported by the Knowledge Innovation Project of CAS (NO. KZCX2-316)]

作者简介 (Biography): 杨德伟 (1978-), 男 (汉族), 山东泰安人, 硕士, 现就读于中科院水利部成都山地灾害与环境研究所, 主要从事山地生态环境、生态农业和区域可持续发展等方面的研究。E-mail: dweijang@21cn.com. (Yang Dewei Male Han nationality, borned in Taian Shandong Bachelor Major in mountainous environment, ecological agriculture and sustainable development)

陵、低山为主体,海拔在 430 1~ 812 5m 间, 25°坡度以上土地面积占区域总面积的近 50 %。本区域以紫色砂页岩为主体的成土母质所发育的紫色土、黄壤为主,河谷平坦区为冲积土,土质疏松,极易造成水土流失。据统计,本区域土壤侵蚀模数高达 3 000 ~ 5 800 t/(km² · a), 水土流失面积已占总土地面积 73 8%,强度侵蚀面积占 53 2%,导致裸山面积扩大、沟底河床抬高,这也是阻碍区域生态农业发展的主要因素。

同时生活垃圾污水的排放、秸秆的燃烧、化肥农药的过量施用等加剧了环境污染,导致农田径流污染问题突出,河湖富营养化严重,农产品有害物质积累,进而使三峡水库水质和居民健康受到威胁。据调查,1999~ 2004 年间,研究区内氮肥年平均施用量为 312 8 kg /hm², 磷肥 79. 2 kg /hm², 钾肥 37. 4 kg /hm²。化肥的合理施用在农业生产发展,作物增产中的作用已为世人所共识。但是,从实践看,长期施用化肥,特别是库区农民长期偏施氮肥,使土壤有机质降低,土壤板结,土壤有效肥力降低,从而使施肥量逐年加大。三峡库区农药各年使用量见图 2。

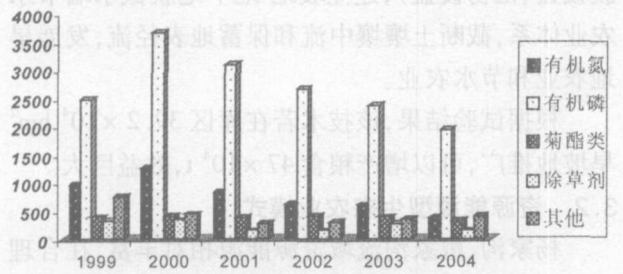


图 2 三峡库区 1999~ 2004 年不同类型农药年施用量统计 (单位: g/hm²)

Fig 2 The dosage of pesticide yearly use in 1999~ 2004 of the TGR Area (unit g/hm²)

本区属中亚热带湿润季风气候,旱灾特别是伏旱频繁发生,降雨集中于夏秋两季,成为水土流失的突发因素。以 2001 年的伏旱为例,据万州龙宝气象站(海拔 180 m)提供的多年平均降雨资料,7~ 9 月多年平均降雨量为 478 7 mm,多年平均雨日为 46 2 d。2001 年万县实验站观测的 7~ 9 月雨量仅为多年平均的 24 88%,雨日为多年平均的 60 61% (具体见表 1)。近 40 a 来,伏旱的发生频率在 30 % ~ 50 % 间,1980 年代以后达 50 % ~ 70 %,造成旱地作物平均减产达 10 % ~ 15 %,严重地区减产 > 25%。伏旱造成土地干裂,土质硬结,雨季时极不利

于保持土壤和涵养水源。因此,伏旱对三峡库区水土保持、区域农业的可持续发展是一个严重的威胁。

表 1 2001 年 7~ 12 月降水、蒸发和日照时数统计表

Table 1 Rainfall evaporation and sunlight hours in 7~ 12, 2001

观测指标	7月	8月	9月	10月	11月	12月	2001年 月平均	2001~ 2004 年平均
降水量 (mm)	27. 4	72. 0	19. 4	150. 1	17. 6	27. 3	73. 87	1 265. 2
蒸发量 (mm)	213. 1	194. 7	178. 7	68. 6	45. 1	26. 5	107. 85	1 086. 5
日照时数 (h)	-	150. 9	107. 5	74. 6	70. 6	37. 0	149. 53	1 472

杨家沟、戴家沟流域人口密度大,超过 250 人 / km²。由于不合理的土地开发利用,例如 > 25°陡坡地的过度垦殖,土地利用方式单一,总面积 > 45 % 的耕地用地,种植结构单一,以小麦、玉米为主等,山地植被生态系统受到较严重的破坏。尽管近年来国家施行退耕还林的政策,森林覆盖率还是从 20 世纪 50 年代的 42 4 % 急剧下降到本世纪初的不足 22 1%。群落种类组成、层次结构简单,植被在人类不合理利用和强烈干扰下正以森林 灌丛 草坡 裸石荒坡方向逆向发展,自然环境日趋恶化。

2 2 社会经济驱动因素

三峡库区经济落后、农业经济效益低下,农民人均纯收入较低。杨家沟、戴家沟流域 2004 年种植业的土地均产值为 7 207. 5 元 /hm², 农民人均纯收入 1 026 2 元,占所在长岭镇人均纯收入的 71 %, 仅及 2001 年库区农民收入水平的 53 %, 是三峡库区中部现有的农村社会经济状况的缩影。长岭镇为万州区移民安置的城镇之一,已于 1999 年起接纳农村移民 385 人,这在一定程度上加重了该区域土地利用强度。据统计,长岭镇现人均占有耕地面积 0 03 hm²,而移民后耕地压力将进一步加大。而且由于人口密度大、人类活动影响强烈,生态环境退化,水土流失、非点源污染问题更加突出,经济发展潜力严重不足。

杨家沟、戴家沟流域交通不便,信息闭塞,居民思想守旧。传统的以农为本思想难以克服,再加上人均土地面积不断下降,致使大量劳动力过剩。据调查,本区域劳动力过剩率 1997 年为 14 88 %, 2001 年为 32 6 %, 2003 年为 28 3 %。文化层次低,难以掌握先进的技术手段拓展就业门路。通过对区域 88 户农户的抽样调查显示,被调查者中,具有高中文化程度的仅占总调查人数的 7. 5 %,具有

初中和小学文化水平的居多数, 占总调查人数的 84.9%, 其余的文盲占 7.6%。详见表 2。

表 2 杨家沟、戴家沟流域农户成员文化背景统计
Table 2 The cultural background of villagers in Yangjia
and Daijia watershed

调查项目	文化水平	调查户平均	高收入	中收入	低收入
	高中以上 (%)	7.5	13.3	7.8	1.3
劳动力的	初中 (%)	36.4	47.3	35.7	26.3
文化背景	小学 (%)	48.5	36.3	51.3	57.9
	文盲 (%)	7.6	3.1	5.2	14.5

注: 数据来源于 2003 年实地调查统计, 收入水平为年人均组收入。其中, 高收入 (> 3 500 元), 中收入 (1 500~ 3 000 元), 低收入 (< 1 500 元)。

3 适于三峡库区农村发展的生态农业模式的主要技术和实现途径

考虑到杨家沟、戴家沟流域日益严峻的水土流失状况、土地资源压力和落后的社会经济形势, 走建立在水土保持和可持续发展基础上的生态农业之路是其必然选择。在生物技术、工程技术、耕作技术、生态学和系统科学原理相结合的指导下, 选择多元化生态农业发展模式, 优化农业产业结构, 对小流域立体综合式开发。

3.1 水土保持型生态农业模式

水土保持是生态农业发展的基础, 应优先予以解决。以生态恢复原理和能物流原理作指导, 以聚土垄作粮经果弹性复合模式、植物生态过滤网带立体配置、等高植物篱水土保持技术和地下地膜截水墙节水农业技术为代表的新兴实用水土保持技术, 技术层次适宜杨家沟、戴家沟流域内农民文化水平, 在万县生态站技术人员指导下, 在研究区域内得到了有效地推广^[1-4]。

依据景观生态学、农业生态学和农业工程学原理, 以 1.5 m 为垄, 1.0 m 为沟等高聚土筑垄, 沟内按株行距 2.0 m × 2.5 m 密植粮经作物, 垄、沟、土档配套, 垄沟全土秸秆覆盖, 进行秸秆覆盖与聚土垄沟结合的横坡网格水土保持耕作技术。选择优质高效的农林作物品种 (小麦、玉米、大豆、柚、梨、桃等), 进行优化组合, 利用垄沟微地貌差异, 建立果 (林) 粮经型、果 (林) 草型、果 (林) 药型等立体种植体系, 辅以果木“矮、密、丰、早”栽培管理技术及植物生长调节剂调控作物种植结构, 进行粮经果弹性种植, 建

立坡耕地生态农业种植体系。以梨-花生连翘模式为例, 模式的净经济效益为 3.22 万元/hm², 产投值为 1.92, 经济生态效益极佳。

植物篱和植物生态过滤网带是经过科学试验证明的一种高效农业配套模式。因地制宜地选用当地或引进适于坡地种植的植物篱植物 (皇竹草、银合欢、香根草、黄荆、马桑等), 确立最适的植物篱间距 (带间距为 6 m), 坡耕地上每隔 4~ 8 m, 沿等高线高密度种植双行 (株距 5~ 10 cm, 行距 30~ 50 cm), 结合篱间优良作物、经济林果、药材、牧草等品种的复合种植 (如花生 (大豆) 一柚 (枇杷、猕猴桃) 复合), 利用网带对景观生态、坡地径流、土壤侵蚀的影响和环境效应, 来发挥坡地植物篱农业技术最大的保水固土培肥、增产增收的生态与经济功能。1 hm² 皇竹草年可育成三只羊, 增加经济收入 1 500 元左右, 皇竹草植物篱一农作物模式产投比值为 1.58, 是传统经营的 1.25 倍。

以地下地膜截水墙—土壤壤中流截留技术为核心, 配置和组合坡面径流微型工程保蓄技术、简易滴灌技术和减少坡面水分蒸发技术 (秸秆覆盖、薄膜覆盖、植物覆盖), 建立坡地地下地膜截水墙节水农业体系, 截断土壤壤中流和保蓄地表径流, 发展旱地农业和节水农业。

根据试验结果, 该技术若在库区 39.2 × 10⁴ hm² 旱坡地推广, 可以增产粮食 47 × 10⁴ t, 效益巨大。

3.2 资源能源型生态农业模式

杨家沟、戴家沟流域资源能源相对丰富, 在合理开发的前提下具有利用的可持续性。但近年来人口剧增, 资源能源的不合理开发导致了严重的环境和社会问题, 亟待科学合理的解决。

3.2.1 能源的开发

三峡库区农村生活用能的主要途径是薪柴和秸秆直接燃烧。从农村能源构成来看, 6 a (1999~ 2004 年) 总趋势是秸秆为主, 占 37.22%~ 43.92%, 平均占 41.11%。而沼气占很小的比例, 仅占 0.82%~ 2.81%, 平均 2.00%。其他分别为: 小煤窑占 18.50%~ 31.78%, 小水电占 17.57%~ 24.00%, 薪柴占 10.78%~ 14.03%。近年来, 研究区内利用沼气池的农户比例由 1999 年的 2.40% 上升到 2004 年的 31.05%, 其主要原因是 1998 年起农业部在库区启动了高效生态农业示范工程, 沼气作为生态农业中废物利用和转化的纽带, 为库区人畜粪便的无害化处理, 控制面源污染提供了有效途径。

另据统计, 研究区薪炭林仅能满足农村能源需求量的 12.15%。因此, 多种形式能源的选择和开发势在必行。

以提高能源效率为中心, 促进非碳能源和可再生能源的开发利用。生物质能的利用是将其作为原料, 经过一定的理化工艺技术转化为二次能源加以利用, 利用设施农业可将太阳能进行低温热能应用。主要通过推广包括太阳能热水器、沼气池、建设保温设施、省柴灶等技术得以实现, 从而通过发展替代能源, 解决了居民的取暖、做饭、照明等问题。

3.2.2 资源的利用

通过土壤保肥防污技术、酸化生态修复技术、坡坎高效利用技术等进行土地的肥效保持和合理利用, 利用优质粮食、蔬菜增产技术和生物杂交、生物遗传技术等选择培养高产、抗病、固氮作物, 因地制宜, 筛选适合库区的高效生态农业模式。在植物根系和地面植被护坡技术的指导下, 在农田周边地区建立植被缓冲带, 有效减缓径流对土壤的冲刷作用和对地表径流中的氮磷起到截留作用。

在保护性的土地利用方式下解决农民温饱问题的同时, 通过充分利用生命值, 互惠共生, 食物链, 种群演替, 边缘效应和自适应原理及其技术进行特种水产品 and 优良食草畜禽养殖、名特优新林果、优质牧草及高经济价值药材开发等, 达到保护环境, 进一步发展经济的双重目的^[5, 6]。

大力发展农业的“友邻”产业, 利用沟谷和塘坝的有利空间, 进行特种水产品养殖 (如异育银鲫、黄颡鱼、中华毛蟹、大闸蟹、水芹、慈姑、茭白、莼菜、芡实等); 利用田间地头的牧草资源和农业秸秆资源等发展畜禽养殖 (如波尔羊、天府黑羊、天府黑兔、黑肤鸡、樱桃骨鸭、天府肉鹅等品种); 在保证柑桔种植主导地位的基础上, 引进名特优新高经济价值林果, 利用果木“矮、密、丰、早”栽培管理技术, 形成在海拔 430~600 m 则主要种植葡萄、梨、李等落叶果树, 海拔 600 m 以上主要种植苹果的立体化栽培模式; 优质牧草和药用植物 (黄山药、盾叶薯蓣、苦丁茶、连翘、金银花等) 的引种栽培, 提高了单位面积的产出效益。以鱼—畜—饲料—沼结合型模式为例, 各种鱼投入比例为草鱼 30%, 异育银鲫 10%, 黄桑页鱼 1%, 鲢 40%, 鳙 20%, 试验单位产量 7395 kg/hm², 气利润 21462.5 元/hm², 比传统的放养模式经济效益提高 177%。

3.3 生态经济型生态农业模式

在气候生态学原理、生态经济学原理和多种群

稳定性原理指导下, 利用坡地生态经济型人工植被群落建造和植被自然恢复技术, 发挥防护林、用材林、经果林、优质灌草等在区域中的保护环境、持水固土保肥和发展经济的多种功效。设置乔木纯合林带、灌木纯合林带、乔灌复合林带、乔灌草复合林带等复合方式, 形成海拔 400~500 m 的桔—粮—经—畜—桑—沼共生互惠模式, 500~800 m 的林—粮—油—薯—草—畜水土保持型模式, 庭院地区的果—菜—花—禽—沼—渔小循环型模式等立体模式^[7], 选择立地适应性强的乡土植物种类为生态本底主要基调植物, 发展农经综合模式。引进适合不同水土流失类型区和当地微气候的植物, 生态经济林木如银合欢、刺梨、笋用竹、花椒、印楝、杜仲、板栗等, 灌木如马桑、映山红等; 牧草以三叶草、黑麦草、串叶松香草、百喜草等为主。

实行农经作物间作、套作和混播等, 利用其时空、营养互补特性, 达到高产高效的目的。以果园间作模式为例, 银杏—农间作、板栗—农间作、枣—农间作、脐橙—农间作和梨—旱稻间作等几种群落结构模式是经过实践证明比较适宜当地环境的。以上这些模式中, 采用果园间作或果树混杂种植提高了果树群落对土地和光热资源的利用率, 减抑了病虫害的传播, 从生态上相对比较合理; 从经济上, 多品种既提高了果园生态系统功能的稳定性, 又保障了收入的稳定性, 提高了劳动生产力^[8, 9]。

3.4 市场导向型的生态农业模式

水土保持是生态农业健康发展的前提, 农林牧副渔的协调发展是生态农业持续发展的保障, 面向市场生产才是生态农业快速发展的关键。杨家沟、戴家沟流域海拔相差大, 可以立体开发多种形式的农业产业, 将各类型土地利用单元在空间格局上和生态过程中相互联系起来, 优势互补, 形成良性循环系统。把特色农业、林果业、花卉业、园艺业等置于综合系统中经营, 促使资源优势向经济优势转化。

实施“结构调整+市场引导+龙头带动”的战略, 建设农业生态保护与经济开发相结合的绿色农艺产品生产基地。围绕万州区和重庆市城区对无公害蔬菜、花卉、绿化青草等的需求, 立足本地资源发展多种形式的城市需求产业。利用充分获取太阳能的塑料大棚技术, 拓展植物生产时间的地膜覆盖技术和温室技术等, 发展名优特和反季节食品生产。

同时大力发展庭院经济和乡村旅游业。庭院生态经济模式是利用有限的庭院空间和闲散的剩余劳

动力,依据生态经济学原理和系统工程方法设计的一种高效集约化经营活动。庭院生态经济立足当地实际,巧妙利用时间、空间、有限的土地资源进行种植、养殖、加工和以沼气为纽带的能源开发利用,能有效地促进庭院生态系统良性循环,提高劳动生产率,实现产品的转化增值,增加经济效益^[10]。

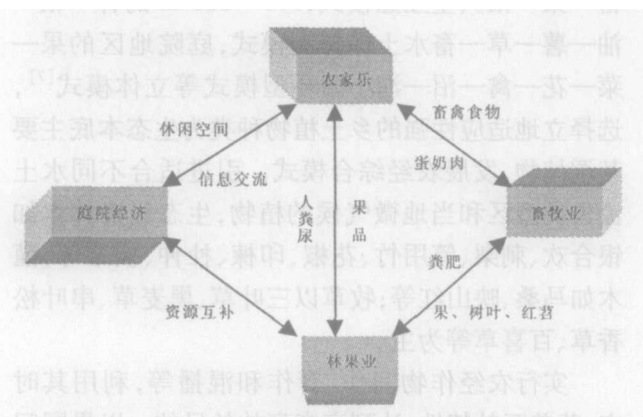


图 3 林果业、畜牧业、农家乐、庭院经济物质循环和能量转化图

Fig 3 The material cycle and energy translation of orchard industry, stock breeding industry, country tour and countryyard economy

本区域距离重庆市万州区城区不足 16 km, 并具有较好的自然资源, 可以围绕万州城市居民对休闲产业的需求发展乡村旅游业。农家乐是一种具有广阔市场前景的新兴旅游形式, 具有投入产出比例高, 充分利用当地林果资源和时空资源等特点。将农家乐、畜牧业、林果业和庭院经济开发有机结合起来, 可以在短时间内带动当地经济的快速发展。现在, 在研究区域的程家村, 果树业、畜牧业、农家乐和庭院经济四方面已经形成了非常密切的有机关系, 详见图 3。库区农民充分利用库区的地形与山地草场资源优势, 使空间上相互隔离的 4 个子系统之间建立了良好的物质循环和能量转化关系。

3.5 多元协调发展的生态农业经济模式

小流域的发展应该在农业充分发展的基础上, 合理利用当地资源发展乡村旅游、生态旅游等新兴支柱产业, 然后再寻求生态建设的产业化发展和产业的生态化之路。改变过去的以农(牧、渔)户为基本生产单位, 各户分散经营的生产组织模式, 进行规模的产业化开发, 逐步走上“公司+基地+农户”的产业化经营道路, 有利于小区域特色资源的开发和特色产品的生产^[11]。

建立多元高效的农、林、牧、渔、第三产业立体经营村基地, 集中进行农经作物的技术推广、生产销售的组织, 旅游服务的宣传, 从而实现资源的整合, 节省了人力、物力和财力, 达到事半功倍的效果。相邻的几个村联合建立农经开发股份有限公司, 和乡、镇、县、市一级的农经服务和外贸部门形成联合农经服务网络, 为农户提供技术指导、产品销售渠道和信息服务, 走“公司+基地+农户”的产业化经营道路(图 4)。在国家和地区发展战略方针指导下, 探索小区域农业和农村经济结构调整与产业化发展途径。

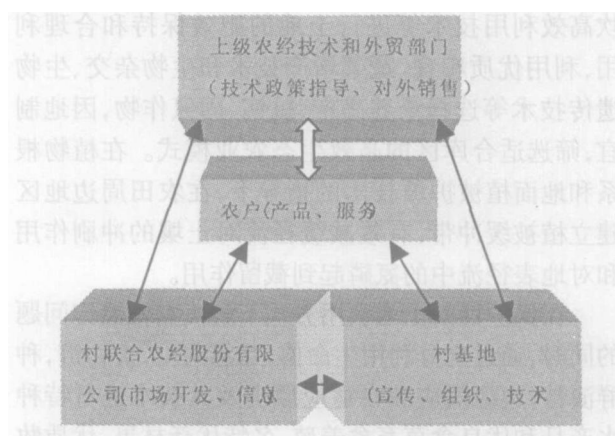


图 4 “公司+基地+农户”的产业化经营模式图

Fig 4 Industrialization management mode of “Corporation+ Base+ Farmers”

4 建议

三峡库区各地自然环境和资源条件差异巨大, 生态基础恶劣。因此, 生态农业的发展应该在本地自然环境容量和自然资源的承载力的基础上, 保护自然本底的原生性(减轻污染、防止水土流失), 在农民可以接受的农业技术层次上做文章。具体操作建议如下:

1 理论层面上, 应将农业生态学原理、耗散结构原理、系统工程原理、生态位原理等有机结合起来指导生态农业发展和布局, 因地制宜, 始终贯穿“整体、协调、循环、再生”的原则, 切实实现农业增产、农民增收、资源节约、环境改善的宗旨。

2 技术层面上, 融汇中国传统农业生产经验和现代农业先进技术进行生态农业建设, 处理好农业系统的能物流、价值流、信息流的良性循环, 追求良好的经济、社会、生态效益。模式是框架, 技术是内

涵。三峡库区条件落后,在有限的土地资源的基础上快速发展生态农业的有效途径就是,充分利用现代的工程技术、生物技术和资源保育技术、时空利用技术等作指导来提高农业生产效益。

3 政策层面上,实行宏观引导和微观操作相结合,引导农民改变落后的生产方式和价值观念,将生态农业向二三产业渗透和延伸,发展区域“大农业”,同时兼顾经济、生态和社会利益。实行科教兴农战略、结构调整战略、农业产业化战略、城镇带动战略、扶贫开发战略和可持续发展战略,在宏观布局上实行区域化、社会化服务,加大资金投入和政策扶持力度,加强农业基础设施和社会化服务体系建设,加快农业产业化和结构优化升级;在微观上实行专业化生产、企业化管理,把种、养、加和产、供、销、经、科、教结合起来形成一条龙经营体系,推进农业向产业化、标准化、信息化、现代化方向发展^[12 13]。

4 思想层面上,引入现代先进的农业科技指导生产,有选择的借鉴传统农业技术和思想。改变重模式、轻技术;重生产,轻市场;重部分,轻整体耦合;重农业,轻二三产业等的错误思想,向现代农业发展迈出实质性步伐。

参考文献 (References):

- [1] Liao Xiaoyong, Chen Zhijian, Liu Shaoquan, et al. Agro-forestry technique of slope crop land in the Three Gorges Reservoir Areas[J]. *Journal of soil and water conservation*, 2003, 17(2): 37~40 [廖晓勇, 陈治谏, 刘邵权, 等. 三峡库区坡耕地粮经果复合耕作技术效益评价[J]. 水土保持学报, 2003, 17(2): 37~40]
- [2] Liao Xiaoyong, Chen Zhijian, Liu Shaoquan, et al. Benefit of soil and water conservation of Hybrid giant Napier on abrupt slope land[J]. *Journal of soil and water conservation*, 2002, 16(4): 34~36 [廖晓勇, 陈治谏, 刘邵权, 等. 陡坡地皇竹草水土保持效益研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(4): 34~36]
- [3] He Yucheng. Improve the agroecology environment of Sichuan realize the sustainable development of agriculture[J]. *Journal of mountain science*, 2000, 18(6): 541~546 [何毓成, 四川农业生态环境问题和可持续发展对策[J]. 山地学报, 2000, 18(6): 541~546]
- [4] Chen Zhijian, Liao Xiaoyong, Liu Shaoquan, et al. The sustainable use technique and benefit analysis of slope crop in Three Gorges Reservoir Areas[J]. *Soil and Water Conservation Research*, 2004, 11(3): 85~87 [陈治谏, 廖晓勇, 刘邵权, 等. 三峡库区坡耕地持续

- 性利用技术及效益分析[J]. 水土保持研究, 2004, 11(3): 85~87]
- [5] Chen Mingda, Liu Zhaopu, Liu Wenbin, et al. Economy analysis and energy character of the field zoology system of compound cultivation paddyfield of Chinese mitten crab in the Three-Gorges Reservoir[J]. *Journal of mountain science*, 2005, 23(4): 469~475 [陈铭达, 刘兆普, 刘文斌, 等. 三峡库区稻田抚育复养河蟹的农田生态系统能量特征与经济效益[J]. 山地学报, 2005, 23(4): 469~475]
- [6] Shen Xingju, Liao Xiaoyong, Chen Zhijian, et al. Integrated management of agriculture and environment for the Shiwan small watersheds in the Three-Gorges Reservoir[J]. *Journal of mountain science*, 2005, 23(5): 616~620 [沈兴菊, 陈治谏, 廖晓勇, 等. 三峡库区石碗溪小流域农业生态综合治理[J]. 山地学报, 2005, 23(5): 616~620]
- [7] Fang Chuanglin, Feng Renguo, Huang Jinchuan. Analysis on the development mode and its benefits of the efficient eco-agriculture in different regions in Three Gorges Reservoir Areas[J]. *Journal of Natural resources*, 2003, 18(2): 228~234 [方创琳, 冯仁国, 黄金川. 三峡库区不同类型地区高效生态农业发展模式与效益分析[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 228~234]
- [8] Hu Anyan. The types of collection project and its feasibility analysis in Zaoyuan in north to Weihe River[J]. *Chinese rural irrigation works and electricity*, 2002(8): 17~18 [胡安炎. 渭北旱源集雨工程类型及可行性分析[J]. 中国农村水利水电, 2002(8): 17~18]
- [9] Li Denfeng, Zhang Fang, Zhuang Shiliang. Analysis of orchard ecosystem in Three Gorges Reservoir Areas[J]. *Journal of mountain science*, 2004, 18(2): 54~62 [李登峰, 张放, 张士良. 三峡库区果园生态系统分析[J]. 水土保持学报, 2004, 18(2): 54~62]
- [10] Yang Jingping. Agricultural ecological projects and techniques[M]. Beijing: Chemistry Industrial Press, 2001. [杨京平. 农业生态工程与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001]
- [11] Chen Guojie, etc. mountainous development report in China in 2003[M]. Beijing: Commerce Press, 2004. [陈国阶, 等. 2003 中国山区发展报告[M]. 北京: 商务印书馆, 2004.]
- [12] Ni Ruofeng. The developing characters and direction of Chinese agricultural industry[J]. *Chinese Agricultural Economics*, 2002, 18(10): 4~8 [牛若峰. 中国农业产业化发展特点与方向[J]. 中国农业经济, 2002, 18(10): 4~8]
- [13] Zhang Jiaen, Luo Shiming. Practical and theoretical issues on the sustainable development of Chinese ecological agriculture[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(11): 1365~1370 [章家恩, 骆世明. 现阶段中国生态农业可持续发展面临的实践和理论问题探讨[J]. 生态学杂志, 2005, 24(11): 1365~1370]

A Discussion on Ecological Agriculture of Small Watersheds in Three Gorges Reservoir Areas ——A Case Study in Yangjia and Daijia Watersheds

YANG Dwei^{1,2}, CHEN Zhijian¹, LIAO Xiaoyong¹, NI Huayong^{1,2}

(1. *Institute of Mountainous Hazards and Environment Chinese Academy of Sciences Chengdu 610041, China;*

2. *Graduate School of Chinese Academy of Sciences Beijing 100039 China*)

Abstract Basing on field investigation of small watersheds of Yangjia and Daijia valley in TGR, this paper analyzed deeply the problems induced by natural and human factors such as environment degeneration, ecological function depression and lag of ecological agriculture. Taking into account those problems, ecological agriculture towards to preservation of soil and water, which were discussed on lay of varies technologies and models, should introduce many modern technologies according to standard of villagers and economic development, and seek the way of sustainable development on eco-industrialization and industrial ecology finally. Which played an important theoretic and practical role in the harmony of human and nature, maintain of ecological function in small watersheds and the improve of life standard in rural area.

Key words ecological agriculture; development mode; small watershed; the TGR Area