

宁南半干旱退化山区生态农业模式构建的理论与实践

安韶山^{1,2}, 李壁成^{1,2}, 郝仕龙¹

(1. 中国科学院水利部水土保持研究所; 2. 西北农林科技大学, 陕西 杨陵 712100)

摘要: 针对宁夏南部半干旱退化山区生态环境与农业发展的难点热点问题, 通过长期定位试验研究, 总结提出了适用于当地的四种高效生态农业模式, 并大面积推广应用, 取得显著经济、生态和社会效益, 为退耕还林还草和生态农业建设, 提供了科学依据与实践经验。

关键词: 生态农业模式; 半干旱山区; 效益

中图分类号: S 181

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)03-0019-03

The Theory and Practice of the Eco-agriculture Models Construction in Semiarid Degradation Mountain Area of Ningxia

A N Shao-shan^{1,2}, LI Bi-cheng^{1,2}, HAO Shi-long¹

(1. Institute of Soil and Water Conservation, CAS & MWR;

2. Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The main problems of agriculture developing in southern area of Ningxia are analyzed, the experiences of 20 years experimental area in the area are summed up, and four different eco-agriculture models are put forward. The economic and social effectiveness, and foreground of extend which can be the basis of returning farmland into forest and grassland are also analyzed.

Key words: eco-agriculture model; semi-arid mountain area; effectiveness

1 发展生态农业必要性与原则

生态农业是指应用现代科学技术并与传统农业技术相结合, 依据农业生态学原理和经济发展规律, 在“整体、协调、循环、再生”的原则下, 充分发挥地区比较优势, 运用系统工程方法, 全面规划、合理组织农业生产, 实现农业高产优质高效持续发展, 达到生态与经济两个系统的良性循环和经济、生态、社会三大效益的统一。生态农业模式是生态农业研究与规划设计的核心。我国地域辽阔, 自然环境复杂多样, 社会发展很不平衡, 各地因地制宜地创建了类型多样的生态农业模式, 展现出我国生态农业研究与应用的勃勃生机^[1-3]。

宁夏南部山区位于黄土高原西部, 干旱缺水, 植被稀少, 水土流失严重, 农业生产基本条件差; 农业结构单一, 长期广种薄收、粗放经营, 农村经济落后, 群众生活贫困。不断恶化的生态环境和落后生产力, 严重制约着该区经济发展, 对社会稳定带来一定负面影响^[4,5]。

因此固原上黄—河川试区从“七五”至“十五”四个科技攻关阶段中, 不断探索生态农业建设的模式与技术体系, 按照生态农业构建的原则, 如实现资源永续利用原则、动态调控原则、最大绿色覆盖原则、“效益”最大化原则、渐次发展原则等理论, 初步将试区建成高效稳定的农业复合生态系统和

农业与农村可持续发展的示范样板, 先进的农业科技辐射源与培训基地^[6]。

2 从调整优化土地利用结构入手, 构建生态农业体系

上黄试区从 1982 年建点开始, 进行了土地利用结构优化模式的设计与实施, 已经有 20 年的历史。通过 5 期遥感制图, 对土地利用结构变化监测结果表明^[7]: 林草面积大幅度增长, 生态环境得到根本改善。1982 年上黄试区仅有林地 9.73 hm², 人工草地 4.53 hm², 林草覆盖率 1.87%。“六五”以后大力种草, 1987 年人工草地面积达到 135 hm², 林草覆盖率上升到 24.5%。“七五”后期由于气候干旱, 加之社会经济等复杂原因, 人工草地衰败后, 再未能恢复, 但 53.3 hm² 人工灌木林已旺盛生长起来, 成为稳定的放牧基地。“八五”又新造柠条灌木林 66.7 hm², 使林草覆盖率达 58.18%。建点初期, 试区耕地中基本农田很少, 坡耕地面积占 70.14%, 1987 年由于退耕 60 hm² 都坡地造林种草, 加之坡改梯等治理措施, 坡地仅占农耕地的 21.8%。1995 年基本农田达到 144.8 hm², 人均 0.3 hm², 2000 年基本农田达到 211.7 hm², 从根本上改变了农业生产的基本条件。“十五”期间主要是 2002 年和 2003 年两年试区为响应国家退耕还林还林的政对 140.2 hm² 的坡耕地进行了退耕。

¹ 收稿日期: 2005-02-28

基金项目: 国家“十五”科技攻关课题(2001BA606A-04); 西北农林科技大学科研专项基金(04ZX011)。

作者简介: 安韶山(1972-), 男, 宁夏平罗人, 博士, 助理, 主要从事土壤学及流域生态与管理的研究。

表 1 1980~2004 年上黄试区土地利用变化表

土地利用类型	1980	1985	1990	1995	2000	2004	总变化	平均变化率
耕地	279.7	218.7	234.3	230.8	224.0	79.4	-200.3	-8.0
园地	0.4	0.5	1.5	4.8	9.2	11.1	10.7	0.4
林地	9.3	67.5	68.6	135.4	158.3	238.3	229.0	9.2
牧草地	374.6	355.7	341.3	270.0	275.3	336.1	-38.5	-1.5
居民点	3.9	7.6	8.2	8.9	9.2	9.6	5.7	0.2
交通地	10.1	11.7	14.5	19.2	20.3	31.5	21.4	0.9
水域	5.6	5.6	12.6	12.6	12.6	12.6	7.0	0.3
未利用地	77.4	93.7	80	79.3	52.1	42.4	-35.0	-1.4
总面积	761.0	761.0	761.0	761.0	761.0	761.0		

从 1995~2004 年近 10 年土地利用空间变化特征来看,主要表现为耕地的空间变化,耕地变化的形式主要是耕地转为林地、人工草地、园地及居民点用地。耕地转为林地和人工草地主要原因是国家退耕还林还草政策的影响,主要是坡耕地的退耕还林还草。耕地转为园地是因为园地(主要是果园)的经济效益远比耕地高,在空间上主要表现为在居民点附近的部分耕地转为园地,同时由于耕地转为园地也引起了部分耕地向居民点用地的转变,主要原因是园地的用工大大高于耕地的用工,为了减少交通量部分居民把居民点用地搬迁至园地附近的耕地上,这样使部分耕地转为居民点用地。总的来说耕地的空间变化特征是离居民点较远的坡耕地都进行了退耕还林还草,离居民点用地较近、土地适宜性好的耕地大都转化为园地,土地适宜较好的耕地转化为园地的同时也促进了耕地向居民点用地的转化。

3 生态农业模式的构建与集成

试区在总结近 20 年的试验研究的基础上,形成了一批具有全局性、综合性和实用性的科技成果,大部分已推广应用,并转化为现实生产力,有力地带动了宁南山区生态环境建设和脱贫致富与农村经济发展。试区高效庭园经济蓬勃发展,成效显著,成为宁南山区生态与经济的最佳结合点,正逐步发展为农村新兴产业,为引导农民退耕还林还草,提供了可靠保证。试区利用宁南山区土地资源丰富和大搞井窖工程的条件,创造了“果菜型”、“果苗型”、“草-果-畜型”、“四位一体”等高效庭园经济模式,在干旱温凉山区探索出了一条改造小环境,发展集约化的高效农业的新路子。

3.1 平川地多种立体经营模式

3.1.1 果菜型

幼龄果园树冠小,光能和土地利用率低,采用间作套种的办法,即可以提高土地生产率,又弥补栽植果树前期收入少的现实^[8]。在 1~6 年生的果树幼园,栽培果树为早酥梨,株行距为 3 m × 4 m,行间套菜为辣椒,667 m² 6 000 株辣椒苗。根据市场需求,立体间作套种良种蔬菜(特大牛角椒、毛粉西红柿、甘蓝、鞭杆红萝卜等),充分利用土地和水热资源,实现以短养长,长短结合,优质高效的目标。接近或达到成年期的果园,树冠较大,吸肥水能力渐强,宜套种豆科绿肥植物,能改善土壤肥力,提高水果产量和品质。主要技术措施包括:选用名优品种,采用无病毒苗木建园;壕沟栽植,改土施肥;合理密植、早实丰产;覆盖地膜、增温保墒;嫁接改良、高产优质;窖容集流,节水灌溉。

3.1.2 果苗型

幼龄果园树冠小,光能和土地利用率低,采用间作套种

的办法,即可以提高土地生产率,又弥补栽植果树前期收入少的现实。在 1~3 年幼园的行间繁育早酥梨、红梅杏等优良果树种苗,以满足发展庭园经济优质苗木急需,同时增加农户经济收入,加速庭园经济发展。目前主要繁育的苗木品种为红梅杏苗,利用当地的山杏种子,沙藏后,春天播种,第二年春天嫁接,当年即可出售。每 1 hm² 可定植 225 000 株。

3.1.3 生物质能转换高效利用型模式(圈—厕—沼—果菜型)

以沼气为纽带,以生物质能转换高效利用为主体结构的畜禽舍—厕所—沼气池—蔬菜瓜果有机结合为一体的生态循环链。实现物质能量循环利用,发展高效生态农业。

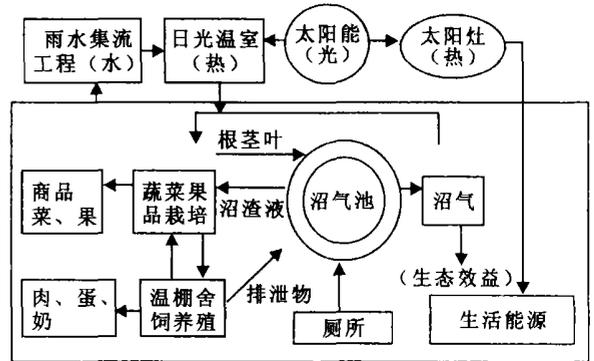


图 1 庭园太阳能与生物质能转换高效利用模式

固原试区气候温凉,无霜期短,属一年一熟制,冬春季日照时间长,发展日光温室养殖与栽培,充分利用自然光能和冬季的农闲时间,就地消化剩余劳动力,改善农村生态环境,促进农村种植业结构调整,加速退耕还林还草步伐,增加农民收入等方面发挥重要作用。“圈—厕—沼—果菜型”生态温室是以塑料日光温室为主体结构,在温室内,将沼气池、家禽畜舍、厕所、蔬菜栽培有机地结合在一起,形成一个良好的农业生态循环系统。生态温室是利用塑料薄膜的透光和阻散性能,将日光能转化为热能,同时保护和阻止热量和水分的散失,从而达到提高温室温度和湿度的目的,为蔬菜和家畜、禽生长和沼气的产生提供适宜的气候环境;家畜、禽、人粪便,蔬菜残株、枯叶入沼气池,为沼气的产生提供原料,沼气作为农村生活能源和蔬菜光和作用 CO₂ 来源,沼气发酵的残余物为蔬菜、农作物、果树等的生长发育提供优质有机肥,蔬菜的光和作用为家畜、禽提供氧气。通过这一良性循环,使各种能源、废弃物得到充分利用,减少环境污染。

生态温室是利用塑料薄膜的透光和阻散性能,将日光能转化为热能,同时保护和阻止热量和水分的散失,从而达到提高温室温度和湿度的目的,为蔬菜和家畜、禽生长和沼气的产生提供适宜的气候环境;家畜、禽、人粪便,蔬菜残株、枯叶入沼气池,为沼气的产生提供原料,沼气作为农村生活能源和蔬菜光和作用 CO₂ 来源,沼气发酵的残余物为蔬菜、农作物、果树等的生长发育提供优质有机肥,蔬菜的光和作用为家畜、禽提供氧气。通过这一良性循环,使各种能源、废弃物得到充分利用,减少环境污染,调动群众参加生态环境建设的积极性^[10]。

3.2 坡地综合利用模式

3.2.1 灌草乔多树种生态经济型防护林体系配置模式

本模式由荒山梁峁顶部生态型薪炭林、梁峁退耕地灌草结合型水土保持林、缓坡退耕地林药结合型水土保持林、陡坡退耕地、荒山灌木混交型水土保持林、阴坡退耕地乔灌草结合

型防护林、阳坡退耕地乔灌草结合型防护林、山坡道路针阔混交型护路林、沟壑乔灌混交型水土保持林等造林模式组成。模式的突出特点是: 山顶柠条、沙棘、山桃戴帽, 山腰山杏、花椒、仁用杏缠绕, 川台地及‘四旁’梨、杏、苹果镶嵌营造, 退耕坡地山杏、山桃与紫花苜蓿隔带立体复合栽培, 柠条、沙棘、山桃护坡, 刺槐、臭椿拦水保底, 形成一个既有巨大的水土保持功能, 实现‘土不下山, 水不出沟, 山清水秀’的生态目标。

3.2.2 林—草—畜的生态—经济多元耦合模式

本模式主要由 3 个开放的生态、经济系统连接, 耦合成为一个完整的生态—经济多元耦合系统模式。模式在林草立体复合配置技术体系、优质牧草旱作高产栽培技术体系、设施养殖综合配套技术体系的支撑下运行。具体做法是在荒山坡地和退耕地建立柠条、山桃、沙棘与紫花苜蓿相配置的水土保持型林草立体复合生态系统, 用系统内生产的生物饲草饲养优良牛羊——小尾寒羊与秦川牛, 牛羊排出的有机肥施入农田培肥土壤。模式的突出特点, 就是用山地或退耕还林地种植优良牧草—紫花苜蓿, 成园行间种植绿肥, 用牧草圈养优良牛羊——小尾寒羊与秦川牛, 圈粪施入果园培肥土壤, 形成‘以草养畜, 以畜造肥, 以肥还园’的良性循环。经实践证明, 每头大寒羊每天需食青饲料 12.5 kg, 排泄羊粪 3.5 kg, 每 667 m² 产的牧草足够 1.5 头寒羊一年所需的饲料, 而一年生产的 2 000 kg 羊粪, 又足够 667 m² 果树和牧草所需的肥料。既提高了土地、空间、光能利用率, 抑制了杂草, 改良了土壤, 防止了水土冲刷流失, 又解决了养羊饲料、果树用肥, 降低了生产成本和增加了早期收入, 是绿化荒山、改善生态、保护环境、增加农民收入的较为理想的生态农业模式。

表 2 庭园经济各类模式单位面积经济效益分析

模式类型	套种类型	调查户数	投入/元			总投入	产出		总收入/元	纯收入/元	产投比	备注
			种子(苗)	肥料(饲草)	水电费		产量/kg	单价/元				
果菜型	辣椒	22	240	93	10	340	2750	0.28	1540	1200	4.5	幼园
果苗型	红梅杏	5	155	61	30	246	7500	1.3	19500	19254	78.2	两年
成园	早酥梨	15	4000 农家	66	60 农药+ 30 水	156	2000	1.0	4000	3846	24.6	
四位一体	辣椒苗	2	210	52	55	317	75000	0.04	6000	5683	17.9	0.013 hm ²
种植业	小麦	30	22.4	25		47	125	0.45	112.5	65.5	2.3	
	玉米	28	20	31	42(膜)	93	425	0.48	408	315	3.3	

4.2 生态效应评价

对本试区 22 年与 12 年柠条林地土壤物理、化学、生物学特性进行分析后发现: 柠条林可明显提高土壤中有有机质、速效氮和速效钾的含量。土壤有机质、速效氮、速效钾含量成年林地较幼年林地 0~20 cm 土层分别增加了 13.79%、17.91%、11.82%。速效磷含量在 0~20 cm 和 20~40 cm 都相差不大, pH、容重 22 年林地 < 12 年林地 < 对照耕地。成年林地与幼年林地土壤脲酶、蔗糖酶活性有不同程度的增加。黏粒含量 0~20 cm 土层成年林地较幼年林地高 69 g/kg, 20~40 cm 土层成年林地较幼年林地高 58 g/kg, 表明柠条林的生长发育稳定了成土环境, 有利于黏粒的形成和聚集。表层 0~20 cm 大于 0.25 mm 的团粒含量成年林地和幼年林地较耕地分别增加了 4.6% 和 14.1%, 分散系数成年林地 < 幼年林地 < 对照耕地, 说明柠条林前期对团聚体改良效果显著。

按照层次分析的评价方法, 对上黄试区不同恢复措施表层土壤进行质量评价。土壤综合质量指数表现为灌木林 > 天然草地 > 人工草地 > 农地 > 果园。果园主要分布在台地及与塬地上, 是当地主要的耕作土壤, 受长期耕作的影响及不重

4 生态农业模式的生态经济效益评价

4.1 经济效益评价

从表 2 看出, 果菜型、果苗型、四位一体型以及成园生态农业模式的产投比分别为 4.5、78.2、17.9 和 24.6, 与种植业相比, 较小麦分别提高了 1.9、34、7.8 和 10.7 倍, 从投入状况看, 各类模式的投入加大, 同时收入也相应增加, 在四种庭园经济生态模式之间产投比表现为果菜型 < 四位一体型 < 成园型 < 果苗型。虽然果菜型产投比较低, 但其技术易于掌握, 投入水平也较低, 针对当地生产实践, 在生态模式发展的初期, 果菜型应为主要发展模式。果苗型产投比虽然很高, 但其受技术要求与市场的制约, 部分群众发展是合理与现实的。据 2002~2003 年对试区 15 户庭园经济示范户调查, 纯收入 17 343 元/hm², 户均 3 645.9 元, 人均纯收入 816.26 元。尤其是庭园间作, 纯收入为 31 229.7 元/hm², 为大田农地的 10 倍左右。果—草—畜链生态农业模式是当地比较适合的生态农业模式, 其充分利用了退耕地种草、平地建园、建圈, 结合农民擅长养殖业的特长, 舍饲养殖可在短时间内育肥、上市, 同时也避免了自由放牧对植被的破坏, 农民在冬闲时节, 将精力集中在养殖上, 变冬闲为冬忙其经济、生态和社会效益得到统一协调发展。该模式投入主要为舍饲养殖棚一座, 为 1 万元左右, 牛、羊是根据市场价格变动, 买进或卖出, 果园投入与管理与果菜型模式相同。由于养殖棚一次性投资较大, 再加上养殖业所需流动资金多, 因此, 该模式适合于经济条件较好的农民, 同时也可以利用扶贫和当地政府的项目投资, 发展该模式。

视有机肥的投入, 造成了土壤质量的下降, 土壤质量指数非常低。在今后的利用中, 应重视加强有机肥的投入, 逐步提高和改善该类土壤的质量状况。

4.3 社会效益评价

在 1982 年前粮食作物主要是春小麦, 1997 年后粮食作物基本以冬小麦为主, 冬小麦在该试区产量为 2 250 kg/hm², 比春小麦产量高出 1 倍。推广地膜覆盖技术使各种粮食作物进一步增产, 冬小麦产量达到 3 540 kg/hm², 与此同时发展了新的种植模式, 地膜玉米技术使玉米种植成为可能, 并实现了 6 000 kg/hm² 的高产。作物生产的单元结构从单一的粮食作物结构调整到粮、经、饲等多元结构, 这些措施在增加农户投入(即提高集约度)的同时, 也确保了粮食自给, 牧业发展和群众增收。试区建点初期仅有园地 0.4 hm², 2004 年园地发展到 11.1 hm², 是初期的 27.75 倍, 园地占耕地面积从 1980 年的 0.14% 发展到 2004 年的 13.98%。根据上黄试区调查资料, 园地收入为 15 000~45 000 元/hm², 是同等农耕地经济收入的 6~20 倍。由于耕地变化, 农户在寻求农户总体经济收益最

(下转第 34 页)

理性黏粒的信息。说明在低肥力条件下,表征土壤肥力的因子群比较分散,各因子对土壤肥力的综合作用效果不明显。

不难看出,无论是在高肥力还是低肥力土壤上,尽管土壤有较大差异,但对土壤肥力起主要作用的因子主要包括土壤脲酶、蔗糖酶、磷酸酶、过氧化氢酶活性、有机质和全氮等。这说明土壤酶活性在表征土壤肥力上具有显著的作用。

3 结果与讨论

(1)天然草地和灌木林地土壤脲酶、蔗糖酶和碱性磷酸酶活性较高,人工草地、农地和果园三种酶活性较低,而且变异性较大。土壤过氧化氢酶不但在不同的土地利用类型之间变化不大,在各用地类型内部及各土样剖面层次上差异也不明显。

(2)脲酶表层活性在 4 种群落中的大小顺序为长芒草 + 大针茅 > 铁杆蒿 > 长芒草 > 百里香。蔗糖酶活性大小为长芒草 + 大针茅 > 铁杆蒿 > 长芒草 > 百里香,中性磷酸酶活性

大小为长芒草 + 大针茅 > 铁杆蒿 > 长芒草 > 百里香,过氧化氢酶活性大小为铁杆蒿 > 长芒草 + 大针茅 > 长芒草 > 百里香。长芒草群落两种土地利用方式下,脲酶活性为开垦地 > 封禁地。中性磷酸酶则表现为封禁地 > 开垦地。中性磷酸酶与过氧化氢酶差别不大。铁杆蒿群落三种土壤利用方式下:放牧地的土壤脲酶、蔗糖酶和中性磷酸酶含量均高于封禁和开垦的同土层土壤,封禁的脲酶和蔗糖酶次之,开垦地的脲酶和蔗糖酶最小,开垦地的中性磷酸酶高于封禁地。在保护区内,无明显的土壤侵蚀发生,开垦地与封禁地在酶活性整体上差异不明显,因此也说明合理的土壤利用方式对防止土壤退化是十分关键的。

(3)无论是在高肥力还是低肥力土壤上,尽管土壤有较大差异,但对土壤肥力起主要作用的因子是土壤肥力系统中的第一主成分,其中主要包括土壤脲酶、蔗糖酶、磷酸酶、过氧化氢酶活性。这说明土壤酶活性在表征土壤肥力上具有显著的作用。

参考文献:

- [1] 周礼恺. 土壤酶学[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [2] Abdul K S, Katayama A, Kimura. Activities of some soil enzymes in different land use system after deforestation in hilly areas of west Lampung, South Sumatra, Indonesia[J]. Soil Sci., 2000, 80: 91- 97.
- [3] Badiane NNY, Chotte JL, Pate E, et al. Use of soil enzyme activities to monitor soil quality in natural and improved fallows in semi-arid tropical regions[J]. Applied Soil Ecology, 2001, 18(3): 229- 238.
- [4] Acosta- Martinez V, Zobeck TM, Gill TE, et al. Enzyme activities and microbial community structure in semiarid agricultural soils[J]. Biology and Fertility of Soils, 2003, 3: 216- 227.
- [5] 张成娥, 陈小利. 林地砍伐开垦对土壤酶活性及养分的影响[J]. 生态学报, 1998, 17(6): 18- 21.
- [6] 侯扶江, 南志标, 肖金玉. 重牧退化草地的植被、土壤及其耦合特征[J]. 应用生态学报, 2002, 13(8): 915- 922.
- [7] 张成娥, 刘国彬, 陈小利. 坡地不同利用方式下土壤微生物和酶活性以及生物量特征[J]. 土壤通报, 1999, 30(3): 101- 103.
- [8] 邹厚远, 关秀琦, 张信. 云雾山草原自然保护区的管理途径探讨[J]. 草业科学, 1997, 14(1): 3- 4.
- [9] 张映瑞, 古晓林, 王富裕. 云雾山草原自然保护区的社会化技术服务体系建设[J]. 中国生物保护区, 1998, 1: 20- 22.
- [10] 李阜棣, 喻子牛, 何绍江. 农业微生物学实验设计[J]. 北京: 中国农业出版社, 1996. 136- 137.
- [11] 关松荫. 土壤酶及其研究法[J]. 北京: 中国农业出版社, 1986. 274- 277, 308- 313.
- [12] 中科院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物学研究法[M]. 北京: 科学出版社, 1985. 263- 264.

(上接第 21 页)

大的过程中,在向农业系统内部挖潜的同时,还不断开拓农业系统外经济来源,根据上黄试区 2000 年至 2003 年农户经济行为调查,主要表现在季节性零工的人数及外出劳务人数不断增加和收入的增长。在 2002 年和 2003 年因国家退耕还林还草政策两年共退耕地 140.2 hm², 占总耕地面积的 62.59%, 农户经济行为变化在这段时间内变化也较为明显。2000 年上黄试区开展季节性零工的有 48 户, 当年平均每户收入为 2 599.2 元, 外出劳务仅为 8 人, 2003 年季节性零工发展到 63 户, 占该试区总户数的 56.76%, 平均每户收入达

到 3 238.1 元, 外出劳务发展到 21 人。

目前,示范区农民基本上摆脱了当地多年形成的低投入低产出的生产模式,使得平川地高效集约化,从而吸引了劳动力由从事大面积开垦转向高效生产的方向。“搞好一亩园,退耕十亩田”,从根本上解决“广种薄收”难题,提供了科学依据和经验。目前庭园经济像一块巨大的磁铁开始将广大农户从广种薄收的山坡上吸引到集约化经营中来。使得退耕还林还草有了可靠的技术保障与支撑,示范区生态环境处于良性循环的阶段。

参考文献:

- [1] 李全胜. 我国生态农业建设的理论基础[J]. 生态农业研究, 1999, 7(4): 1- 4.
- [2] 张壬午, 计文瑛. 论生态农业模式设计[J]. 生态农业研究, 1997, 5(3): 1- 5.
- [3] 李新平. 中国生态农业的理论基础和研究动态[J]. 农业现代化研究, 2000, 21(6): 341- 345.
- [4] 谢应忠. 宁夏南部黄土丘陵区生态农业建设实践与研究[J]. 生态学杂志, 2000, 19(1): 12- 18.
- [5] 李壁成, 安韶山, 黄占斌. 宁夏南部山区生态环境建设与科技扶贫战略研究[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(1): 107- 110.
- [6] 安韶山, 李壁成, 黄懿梅. 宁南半干旱退化山区庭院生态农业模式及效益分析[J]. 干旱地区农业研究, 2004, 22(4): 153- 158.
- [7] 李壁成, 焦锋, 马小云. 固原上黄试区土地利用动态监测与分析评价[J]. 水土保持研究, 1996, 3(1): 14- 21.
- [8] 施立民. 宁南山区高效果园建设技术及发展前景[J]. 水土保持通报, 1997, 17(1): 37- 42.
- [9] 董淑萍. 庭院“四位一体大棚”模式设计及效益分析[J]. 农业环境保护, 2000, 19(4): 242- 244.
- [10] 叶旭君, 李全胜, 王兆骞. 以沼气工程为纽带的生态农业工程模式及其效益分析[J]. 农业工程学报, 2000, 16(3): 93- 96.