

西南喀斯特山区农果草系统耦合及生产效益分析*

——以广西平果县果化镇龙何屯为例

黄玉清 何成新 王晓英 李先琨 陆树华

(广西植物研究所 桂林 541006)

摘要 本研究设计通过生态功能的转换,引入高效生态农业技术,提出了山顶优良树种封植、山腰果草+果药套种、山洼地粮果(草)结合、庭院畜牧圈养和半圈养、联动节水的水分贮存和输送灌溉网的农业生态系统空间发展的农果草耦合模式,引入地草轮作技术、果草(药)复合技术、秸秆秆垫圈沤肥技术、石山人工草地的建植和管理技术、以及石山区水资源开发和节水灌溉技术等关键技术。通过家畜消耗农田输出的作物籽粒、饲草等,实现饲草生产供应与家畜生长需求的平衡配置;同时利用家畜圈肥调节玉米和果树地、草地的物质循环与能量流动,调控农果草地的耦合生产,最大限度提升岩溶峰丛洼地区域土地资源的综合利用效率,以获取最佳生态和经济效益。该研究经济效益成效显著,如火龙果(投产第 1 年)套种板兰根收入可达 44775 元/hm²,比单纯种植玉米和黄豆增收 260.5%,而火龙果套种牧草,再耦合养山羊,则收入可达 60330 元/hm²,比玉米大豆耦合养猪增收 230.2%。

关键词 喀斯特山区 农果草耦合系统 生产效率

Integrated crop, fruit and pasture system and its eco-economic benefits in Southwest China karst terrain—A case study of Longhe Village, Guohua Town, Pingguo County, Guangxi Zhuang Autonomous Region. HUANG Yu-Qing, HE Cheng-Xin, WANG Xiao-Ying, LI Xian-Kun, LU Shu-Hua (Guangxi Institute of Botany, Guilin 541006, China), *CJEA*, 2007, 15 (6): 156~160

Abstract This paper established an effective eco-agricultural system through eco-function transformation designing. In the system, the mountain tops are cultivated with closed fine tree species, the middle part of the slopes is rotation cropping subsystem of fruit/pasture and/or fruit/herb, the lower and bottom parts of the slopes is a crop-pasture rotation subsystem, and the courtyards of farm households is a closed animal husbandry. A water-saving model of crop-fruit-pasture is established based on water storage and ducting net. A series of techniques are introduced, including integration of fruit-pasture/herb, manure and straw compost, pasture establishment and management, water resource exploitation and water-saving irrigation, and so on. Livestock forms the center of the system, which transforms the crop grain and pasture into manure that in turn enriches soils planted with crops, fruit and pasture, and accelerates material and energy cycling, thereby improves utilization efficiency of the natural resources.

Key words Karst mountain terrain, Crop-fruit-pasture system, Production efficiency

(Received Feb. 17, 2006; revised June 1, 2006)

中国西南岩溶山区面积达 50 多万 km²,包括贵州大部、广西、云南、四川、重庆、湖北、湖南等省(区)部分地区,是全球 3 大岩溶集中连片区中面积最大、岩溶发育最强烈的典型生态脆弱区。碳酸盐岩地区表层水分含量低,土壤贫瘠,植被顺向演替速度慢,这里居住着 1 亿多人口,且以农业为主,人地矛盾突出,水土流失和石漠化极为严重^[1],很多地区的石漠化面积已接近或超过所在地区总面积的 10%,如广西的百色与河池(>12%)。目前西南岩溶山区石漠化仍在快速发展,如贵州每年新增石漠化面积 933km²[2]。石漠化的快速扩展直接威胁了西南岩溶山区人民的生存环境与可持续发展。恢复岩溶山区生态环境,必须解决岩溶地区人民的衣食和农副业原料的供应问题,因此要大力发展生态农业,提高农林牧业生产效益,构建喀斯特地区良好的农业生态系统发展模式。

农业系统是一个由多种农业资源相互联系、彼此依存、竞相制约的整体。构成农业系统的农田、林地、

* 国家科技部科技攻关项目(2001BA606A-08 和 2002BA901A13)和广西科技攻关项目(0322021-2,0630004-7A-22)资助

收稿日期:2006-02-17 改回日期:2006-06-01

草地、河湖等子系统在能流、物流和信息流的带动和人工技术的调配下相互补充和共同作用,形成了一个有机整体,并使系统在一定状态下运行和发展。系统耦合在微观上表现为农业资源内部的生物、水、热、气、肥等资源之间的耦合,只有充分把握好农业资源开发中的耦合效应,才能通过系统耦合来调节农业系统各耦合单元之间关系处于最佳状态,才能挖掘资源系统的内在潜力,获得少投入高产出的效果,从而在微观上实现低耗、优质、高产、高效的农业生产目标,在宏观上实现农业系统的持续、快速和良性发展的目标^[3,4]。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

国家“十五”攻关计划项目示范区——广西平果县果化镇布尧村龙何屯,地处 107°23'E、23°23'N,属典型的岩溶峰丛洼地地貌。峰丛洼地由众多高低错落的联座尖峭(锥状)山峰与其间形态各异的多边形封闭洼地(当地村民称“弄”)组成,全屯共 35 个弄。峰丛洼地底部标高 300~400m 不等,石峰高度可达 550m。示范区地层主要岩石为纯石灰岩和硅质灰岩。该地岩石裸露,石漠化严重,生态环境脆弱。由岩石风化形成的土地很薄,峰丛洼地地区土壤稀少,岩石裸露,加之人对土地资源的不合理利用,石漠化趋势明显。植被覆盖率和森林覆盖率很低,森林覆盖率不足 1%,旱涝灾害非常频繁、严重^[5],全屯依靠 1 个岩溶泉维持人畜用水。全屯 114 户 530 人,其中劳动力 378 人,农民人均年纯收入 780 元,主要来源于种养业和劳动输出,文化水平较低,文化程度普遍在初中以下。耕地分布在峰丛洼地的各个弄场中,洼地、山腰以及山顶的“马鞍山”等地都被当地群众称之为耕地,由于交通不便,每天劳动须翻山越岭,且耕地严重不足,农业作物单一,生产力水平低,资源利用率低。根据果化岩溶峰丛洼地示范区的特点、环境状况、土地利用情况和当地生产及居民经济水平,在农业方面,引入生态型复合农果草技术,充分利用当地的气候资源,提高经济收入,扼制石漠化的恶化,实现系统内部良性循环,逐步恢复生态环境。

1.2 南方喀斯特山区农果草耦合系统的建立

传统的喀斯特山区农业主要以玉米和黄豆轮作为主,在峰丛洼地地区如平果龙何屯,由于人口的压力,在山坡上开荒种地十分普遍;坡地上地块破碎,被大块裸露石灰岩分隔,耕地地块面积一般 $\leq 3\text{m}^2$,而这类耕地类型占总耕地的 50% 以上,有些地块,有土宽度仅容身 1 株玉米。针对此环境问题,本研究设计通过生态功能的转换,引入高效生态农业技术,提出了山顶优良树种封植、山腰果草+果药套种、山洼粮果(草)结合、庭院畜牧圈养和半圈养、联动节水的水分贮存和输送灌溉网的农业生态系统空间发展模式。

喀斯特山区农果草系统耦合生产模型见图 1。模型的农田系统改变了传统意义上单纯的农作物种植业,而包含季节性牧草生产,利用豆科牧草、1 年生牧草及饲料作物参与粮食作物和经济作物的套作和轮作,实行用地与养地相结合,通过草田轮作或果草套作,培肥地力,提高单产,在保证粮食不减产的前提下,可提高土地生产水平。轮作的草地也是粮食产量的调节器,粮食有余时可多种牧草,粮食不足时则可将草地改为粮田,实现“藏粮于草”^[6]。农田草地系统耦合生产模型中的草地专指改良建植的人工草地。这是由于南方喀斯特地区天然草地退化、草种营养不均衡,人工或动物直接采食困难,且养羊地区石漠化已十分严重,草坡草山大多需围封培育,不便再过多利用。

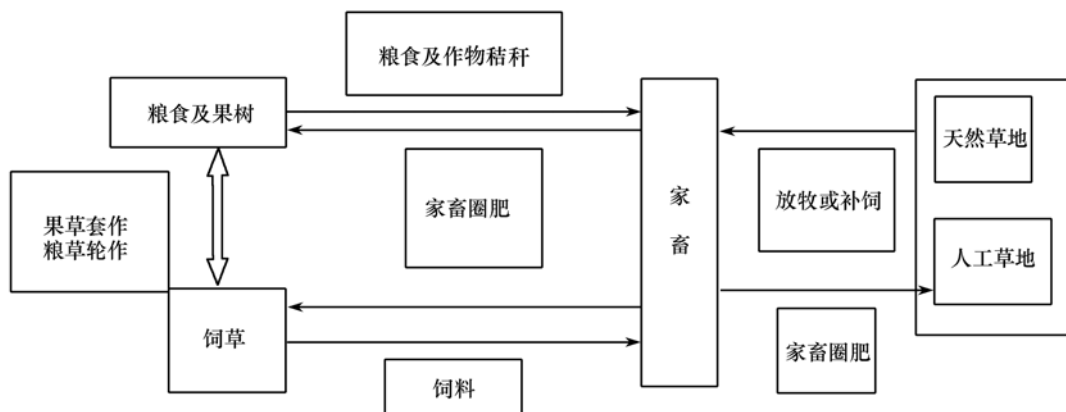


图 1 龙何屯的农果草耦合模式(参考张英俊等改进)

Fig.1 Crop-fruit-pasture coupling model in Longhe Village in karst terrain

1.3 数据收集与分析方法

农作物产量测定包括:火龙果产量,火龙果分 2 批收果,进行果实产量专家现场统计验收 1 次,然后推算年产量;生草产量调查,采用 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 样方法对不同产量级的地块进行实地测量,草地一般年刈割 10 次;玉米\大豆籽粒产量,以调查表形式调查和抽样,同时对农户进行入户具体调查。其他农业相关信息调查包括:进行 110 户农户逐家访问和以调查表的形式调查,农产品及生产资料价格以 2004 年在调查地区进行的农村调查各项价格为准。

2 结果与分析

2.1 岩溶农果草耦合系统关键技术

2.1.1 地草轮作技术

地草轮作是玉米与黄豆或玉米与秋冬牧草进行轮作,可提高农田系统生产力,增强系统稳定性。龙何屯是典型的峰丛洼地地貌类型,耕地少,土壤瘠薄,土地生产力极低。由模型可以看出,草田轮作技术是增强农田草地系统耦合生产的关键技术之一。利用农业“休耕”地种植适宜的豆科-禾本科-菊科牧草,如普那菊苣(*Cichorium lntybus* L.)、多花黑麦草(*Lolium mnliflorum* Lam.)、白三叶(*Trifolium repens* L.)、百脉根(*Lotus corniculatus*)、柱花草(*Stylosnathes*)、紫花苜蓿(*Medicago sativa*)等,另外,在种植作物的农田系统内部,由于主要作物玉米和大豆的生产都在夏秋两季,在水分条件好的区域,可以用来种植冬季牧草,发展季节性人工(短期)草地,可提高土地生产力。牧草以发达的根系和土壤微生物的共同作用,促进了土壤理化性质的改善和团粒结构的形成,从而提高土壤有机质含量。其盘根错节的根系可阻挡雨点对土壤的直接冲刷。特别是豆科牧草具有很强的固 N 能力,栽培的豆科牧草根瘤菌的固 N 量为 $56670\text{kg}/\text{hm}^2$,紫云英 1 年可固 N $80\text{kg}/\text{hm}^2$,相当于 200kg 尿素^[3]。

2.1.2 果草(药)复合技术

引进抗逆性强、经济效益好的果树品种如火龙果、牛心李、澳洲坚果等作为上层覆盖,其下套种混合牧草如普那菊苣+柱花草+鸡脚草等或草本药材如板兰根。上层植物适应岩溶高温干旱环境,下层植物种类稍耐阴,两类植物各占生态位,充分利用光能,提高土地生产力。在岩石裸露度较高的地段,7 月份正午的岩石表面,林下没有太阳光直射的较有太阳光直射的温度低 $5\sim 10^\circ\text{C}$,高温导致水分散发大大增加。牛心李茂密的树冠可阻挡太阳对地面特别是对岩石的直接辐射,可改善小气候,提高光合利用效率。

2.1.3 秸草秆垫圈沤肥技术

南方家畜饲养都有夜晚归圈的习惯,这势必会将大量营养元素带出草地和农田系统。因为家畜 70% 以上的排泄物都在夜晚排出,因而草地及农田茬地的大量营养元素随家畜的夜晚归圈而归圈,形成营养元素的损失和卧圈地环境的污染。

利用秸草垫圈,同时做堆肥处理,最后以肥料的形式将营养元素再次输入农田草地循环系统,可减少甚至防止营养元素的流失。美国每年生产的动物厩肥共 1.6 亿 t,其中 90% 的厩肥是利用秸秆秕壳与家畜粪尿发酵而成,并回归土壤^[7]。龙何屯村民长年割草喂牛羊,落在地上的草与畜肥混合,堆沤的有机肥料每年达 267t,相当于有效氮 961kg、全 N 2523kg、 P_2O_5 2162kg、 K_2O 3123kg(根据张英俊的秸草秆垫圈沤肥数据换算),这些圈肥还田可促进系统物质内部的良性循环。

2.1.4 岩溶区人工草地建植与管理技术

开展人工草地种植技术和草地利用技术的研究与应用,主要包括品种选择:由于南方岩溶区夏季高温、秋冬干旱,且土壤呈中-微碱性,所以选择合适的草种是成败关键。根据牧草本身生态位宽度,南方岩溶地区可以选择普那菊苣、柱花草、秋眠级 8 级紫苜蓿、白三叶、木豆、大翼豆、杂交象草“桂牧一号”、四倍速体多花黑麦草、牛鞭草、银合欢和任豆树(乔木)等,银合欢在贫瘠的多砾地块生长旺盛,而任豆树在石山岩石裸露度高达 80% 的山坡上仍然长势极好,利用任豆树或银合欢与牧草按一定密度种植可以产生较好的综合效益。肥料施用:由于岩溶石山区土壤瘠薄,要施足基肥,基肥一般为有机肥 $15000\sim 30000\text{kg}/\text{hm}^2$,同时施用迟效肥钙镁磷肥 $400\sim 700\text{kg}/\text{hm}^2$ 。要合理施用追肥,禾本科植物补施 N 肥为主,豆科植物补施 P 肥为主,提倡使用有机肥。牧草混播:牧草混播可提高牧草的总量和质量,能四季均衡供草,并改良土壤提高土壤肥力,减少杂草和病虫害,延续草地的利用年限,豆科牧草与禾本科牧草混播比例为 3:4 或 4:7。人工草地的利用:人工草地的利用方式主要是直接放牧利用和刈割养畜利用^[8]。由于石山区地块分散,归属不同,草地中间隔很多玉米地,本研究根据实际情况目前

还是以刈割为主,以菊苣为主混播牧草每年刈割4次,正常管理年总产量可达75000kg/hm²。目前龙何屯的群众种草主要用于喂山羊和猪,草高度达20~25cm时开始刈割,牧草过高则粗纤维含量高,营养成分降低,同时造成营养生长向生殖生长转变,导致草场很快退化。

2.1.5 石山区水资源开发及节水灌溉技术

尽管南方降雨十分丰富,但主要集中在4~7月份,秋冬季节雨水偏少。由于岩溶地貌的发育,岩溶山区永久地表水几乎不存在,只有深层地下水或局部裂隙水。在龙何屯,有两处明显的浅层裂隙水出露,其中一处海拔约320m(洼地底部海拔195m),除非干旱长达5个月以上,为长年细水流出,夏季水量较多。通过建立2个500m³主水柜收集裂隙水,在海拔较低的弄怀、弄情和弄列3个山弄建立大小不同的蓄水池,用金属水管与主水柜连通,中间建立具有灌溉和减压功能的次级水柜,形成从山谷到山腰的金字塔水系渠道,利用自然水压力进行滴灌、移动式和非移动式喷灌。

2.2 耦合系统效益分析

通过对2003年有关系统数据分析,龙何屯传统农业模式为玉米(黄豆)-猪模式及玉米和大豆模式,玉米产量约为37500~48000kg/hm²,大豆受降水影响,产量差别很大,一般为450~1500kg/hm²。龙何屯的农业收入十分少,迫于生活压力,青壮年劳动力不得不外出务工,外出务工收入占总收入的50%以上。

本研究对该区进行农业结构调整,引进火龙果、牛心李、黄皮等果树品种作为上层覆盖,套种板兰根、牧草、早熟花生、黄豆等植物。通过对抽样农户的综合分析,龙何屯习惯饲养山羊,该山羊为都安山羊种类,按广西畜牧局试验数据,都安山羊品种周岁增重26kg计算,当地养殖方式增重1kg消耗饲料26.5kg^[9]。通过农果草耦合调整后,农业内部经济效益见表1。单纯的种植业玉米和黄豆收入仅12420元/hm²,而进行农业结构调整后,如火龙果(投产第1年)套种板兰根收入可达44775元/hm²,增加260.5%;玉米和黄豆两季耦合养猪收入为18270元/hm²,比单纯种植增加47.1%;若火龙果套种牧草,再耦合养山羊,则收入可达60330元/hm²,比玉米大豆耦合养猪增收230.2%。

表1 2003年农果草(药)耦合系统经济效益分析*

Tab.1 Economical analysis of crop-fruit-pasture coupling system

农业系统模式 Agriculture system	地上生物 量(FW)/kg Fresh above- ground biomass	干籽粒 产量/kg Dry grain yield	生物产量折 算价值/元 Bio-product converted to currency	牲畜数/头 Number of cattle	牲畜价值/元 Cattle converted to currency	产值合计/元 Production value
传统模式 玉米	40770***	3750	4875			13875
黄豆	1800**	3000	9000			
可养猪				21.75	18270	18270
新模式 单项分析 火龙果		10500	31500			49815
牧草混播	190800		22896			
可养羊****				83.55	25065	25065
板兰根	2205 (叶干重)	2445 (根干重)	13275			13275
黄花蒿	2250(叶)					15000
复合1 火龙果+ 草-羊						56565
复合2 火龙果+ 板兰根						44775
复合3 黄花蒿+ 冬牧草						>24600

* 取样的混播牧草主要包括菊苣、紫苜蓿、黑麦草;**为干柴;***为灌浆时地上生物量鲜重;****以每公顷洼平地为例。

3 小结与讨论

农果草系统是一个比较复杂的系统,草地与农田系统本身也都比较复杂,内容涉及土壤、植物、动物和

微生物。但土壤、植物与微生物由于地域的关系,多互为异质。农田系统与草地系统通过家畜这一同质元素发生耦合(家畜本身是 1 个系统,但这里将其视为 1 个元素)。农田生产的植物性产品(食物、纤维和油料等)只有不足 25%可以直接被人类使用,75%以上需要通过家畜转化为动物性产品(肉、奶、毛、皮等),该部分产值至少与植物产品相当或更多^[6]。岩溶山区农果草耦合系统可充分利用有限的物理空间和太阳能以及水分等资源,经济效益明显并能促进生态的良性循环。

从模型可以看出,家畜是农果草地系统耦合生产的纽带,果草结合,特别是在山坡部分,使土壤免遭不断翻耕而得以休养生息。通过家畜消耗农田输出的作物籽粒、饲草等,实现饲草生产供应与家畜生长需求的平衡配置,进行畜产品优化生产;同时利用家畜的圈肥来调节玉米和果地、草地的物质循环与能量流动,调控农果草地的耦合生产,最大限度地提升岩溶峰丛洼地区域土地资源的综合利用效率,获取最佳的生态和经济效益。因此,草地农果系统耦合生产的关键是如何利用家畜,进行系统调节,管理的核心是减少农果地和草地系统营养物质的外流损失,避免外来能源和物质的输入,节约生产成本。因此家畜、草、粮、果等的品种选择是首要技术。

致谢 覃家科和殷兴华参加本研究部分野外工作,谨表谢意!

参 考 文 献

- 1 袁道先,蔡桂鸿,等.岩溶环境学.重庆:重庆出版社,1988
- 2 苏维词,朱文孝.贵州喀斯特山区生态环境脆弱性分析.山地学报,2000,18(5):429~434
- 3 梁卫理.农业生产效益发展层次论.北京:中国农业出版社,1998
- 4 杨 修,李文华.农业生态系统种养结合优化结构模式的研究.自然资源学报,1998,13(4):344~351
- 5 庞冬辉,李先琨,何成新,等.桂西峰丛岩溶区的环境特点及农业生态系统优化设计.广西植物,2003,23(5):408~413,398
- 6 张英俊.农田草地系统耦合生产分析.草业学报,2003,12(6):10~17
- 7 刘冀浩,高旺盛,朱文珊.秸秆还田的机理与技术模式.北京:中国农业出版社,2001
- 8 向应海,朱邦长.人工草地建植与利用技术.贵阳:贵州民族出版社,2000
- 9 廖 玮,刘克俊,赖志强,等.隆林山羊引种南宁饲养观察初报.广西畜牧兽医,2004,20(2):64~67