

半干旱地区农业资源的复合经营模式及 生态经济耦合效应研究

刘兴元, 王锁民, 郭正刚

(兰州大学 草地农业科技学院, 农业部 草地农业生态系统学重点开放实验室, 甘肃 兰州 730020)

摘要: 半干旱地区脆弱的生态条件在理论和实践上都不允许进行反复的耕翻种植, 从资源特征和生态安全的要求出发调整其产业结构, 协调生态、经济和社会效益的关系, 获得农业资源耦合效益的最大化和可持续发展, 农林牧复合经营的高效生态农业模式是半干旱地区农业和农村经济可持续发展的主导战略。论文以甘肃中部的秦王川地区为例, 依据其资源特征, 设计该地区的植物和家畜生产的合理时空配置结构和产业复合体系结构, 提出了以高效合理利用水土资源、生态经济型林草植被恢复和替代产业培育及产业化经营等 3 种农业资源复合经营的耦合式发展模式。通过各结构要素在功能特性、产业布局、空间格局和时序过程在系统内相互的耦合作用, 分析了农业资源在复合经营条件下而产生的生态、经济和社会效应。

关键词: 半干旱地区; 农业资源; 复合经营模式; 生态经济; 耦合效应

中图分类号: F303.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-3037(2004)05-0624-08

黄土高原及阴山山脉两侧的农牧交错区属于半干旱地区, 严酷的自然环境和水资源的匮乏造成区域内自然生态经济条件十分脆弱, 属不宜大田农耕的“边际”区域^[1], 大部分地区是灌溉农业或雨养农业, 土地沙化、盐渍化、水土流失以及土地生产能力下降, 已成为半干旱地区经济可持续发展的主要障碍^[2]。西部大开发, 半干旱地区是退耕还林还草的主要地区, 通过粮食补偿措施, 鼓励农民退耕还林还草, 若没有建立起半干旱地区经济可持续发展的特色支柱产业, 仅靠少量的粮食和经济补偿并不能从根本上解决农民的脱贫致富问题, 毁林毁草开荒耕翻种植还会反复^[3]。因此, 无论从资源特征, 还是从生态安全的要求出发来确定和调整其产业结构, 高效生态农业都是半干旱地区农业和农村经济可持续发展的主导战略^[4], 复合经营模式是其惟一的选择, 对于处理生态建设和农村经济的发展起着关键的作用。

农业资源复合经营模式的具体形态应是共同利用土地和共同利用产品性质的农田系统与林业和草地畜牧业系统相结合的经营方式^[5]。通过建立植物、牲畜在空间和时间上的合理配置, 从产业复合和地域复合方面避免了某些生产要素的极端消耗和浪费, 能充分利用资源, 避免和分散自然与经济的风险性^[6]。农业资源复合经营模式是一个开放系统, 各子系统之间的互补效应衍发为系统的耦合生产^[7], 改善系统物种结构, 使能量的流动从一个子系统输出变为另一个子系统的输入, 随着子系统之间的时序性、空间格局和生态过程相互作用的增强, 形成复合经营系统内物质的多级循环和能量的扩大流动^[8,9], 可以大幅度提高整个农业的生产水平, 取得良好的生态、经济和社会效益。因此, 建立适宜的农业资源复合经营发展模式, 使农业资源的开发利用达到最佳运行状态, 是资源持续利用和良性协调发展的基础^[10]。本文以甘肃秦王川地区为

收稿日期: 2004-02-27; 修订日期: 2004-05-17。

基金项目: 国家科技攻关计划项目 (2001BA901A18) 资助。

第一作者简介: 刘兴元 (1965~), 男, 甘肃民乐人, 工程师, 研究方向是草业生态经济与草地资源管理, 已发表论文 20 余篇。E-mail: liuxingyuan200@hotmail.com

典型研究区域,分析半干旱地区的农业资源复合经营模式和生态经济耦合效益,这种研究结果对于干旱和半干旱地区经济发展和生态工程建设具有重要的参考价值。

1 研究区自然经济概况

秦王川地处兰州西北部(图 1),属乌鞘岭南坡断陷低地,海拔 1 800~2 400m,相对高差 600m。地形分为盆地丘陵和沟壑两部分。全区总土地面积 2 070km²,占兰州市土地面积的 10.6%,总耕地面积 6.04×10⁴hm²,有 6 个乡镇,总人口 15.63×10⁴。属北温带半干旱大陆性季风气候,位于半干旱荒漠向干旱荒漠的过渡地带,年日照时数 2 660~2 768h,夏季平均日照 8~9h,年阳光总辐射量 543.4~557.3kJ/cm²,受季风气候的影响,年度内气温变化较大,昼夜温差大,冷暖分明,年平均气温 5.9℃,无霜期 125~175d,≥0℃积温 2 893℃,≥10℃有效积温 2 226.9℃,冬季严寒期较长,春季气温上升较快,秋季气温下降较快,气温日较差在 12.7~15℃之间,具独特的光热资源;

年平均降水量仅 263mm,且分布极不均匀,多集中在 7~9 月份,而年蒸发量达 1 950mm,是降水量的 6.8 倍,每年 800×10⁴m³ 地表水多以暴雨和洪水为主,由于植被覆盖率低,94%消耗于蒸发。地下淡水资源也十分缺乏,水体厚度仅 10m 左右,埋藏深度在 60m 以下,且含盐量高。土壤类型中灰钙土分布最广,还有少量的栗钙土和黄绵土,属碱性土壤,从总体来看,普遍存在碱、瘦、薄的特征,土壤肥力很差^[11,12],引入秦工程的建成通水,给干涸而贫困的土地带来了无限的生机和希望,使农业生产条件得到了一定程度的改善,但传统单一的农业种植结构,农民通过大量化肥、农药的使用,在贫瘠的土地上掠夺式的开垦和经营着单产不足 1 950kg/hm² 的粮食生产,其结果是越种土壤越瘠薄,产量越低,而且造成大量的水土流失,处于土地退化、生产能力下降的恶性循环之中,使生态系统呈现由结构性破坏到功能性紊乱演变的发展态势,严重时可引发环境恶化、土地废弃的生态灾难^[13]。

2 秦王川半干旱地区农业资源复合经营模式的设计

2.1 农业资源复合经营结构

秦王川是兰州市最具开发潜力的农业资源区,承担着生态屏障和经济发展的双重任务,目前,土地资源的利用现状大体是:粮食作物 88%,经济作物 6%,林草 5%。生态环境条件恶劣,植被覆盖率低,水资源匮乏,人畜饮水困难^[14];产业结构单一,替代产业和规模化经营发育不成熟。脆弱的生态条件在理论和实践上都不允许进行反复的耕翻种植。因此,发展高效生态农业,以保护和改善生态为前提,根据宜农则农、宜草则草、宜林则林的开发原则,调整传统的占主导地位的农业种植结构,注意其生态—经济—社会复合系统的特征,设计有利于提高“生态系统生产力”水平的农业资源复合经营结构,退耕还林还草,建立农林牧复合经营模式,形成植物和家畜合理的时空配置结构和产业复合体系结构(图 2),发挥系统耦合的生态经济补偿机制,合理有序地开发和利用土地资源,提高资源的利用效率,促进生态、经济和社会的协调发展^[15,16]。依据秦王川地理地形特征、水热条件、水利工程和生态建设需要,配置

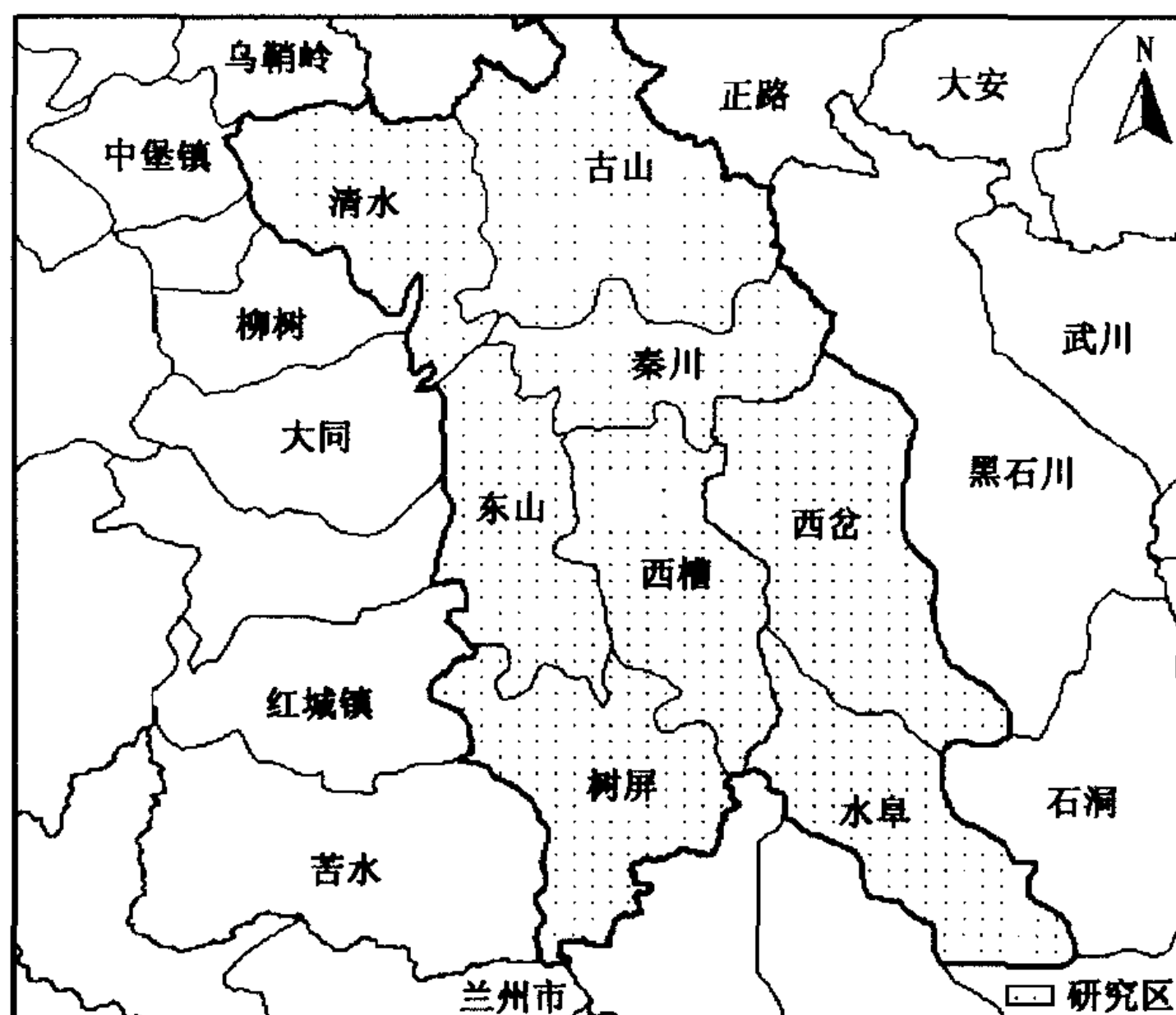


图 1 研究区地理位置与范围

Fig.1 The location of the study area

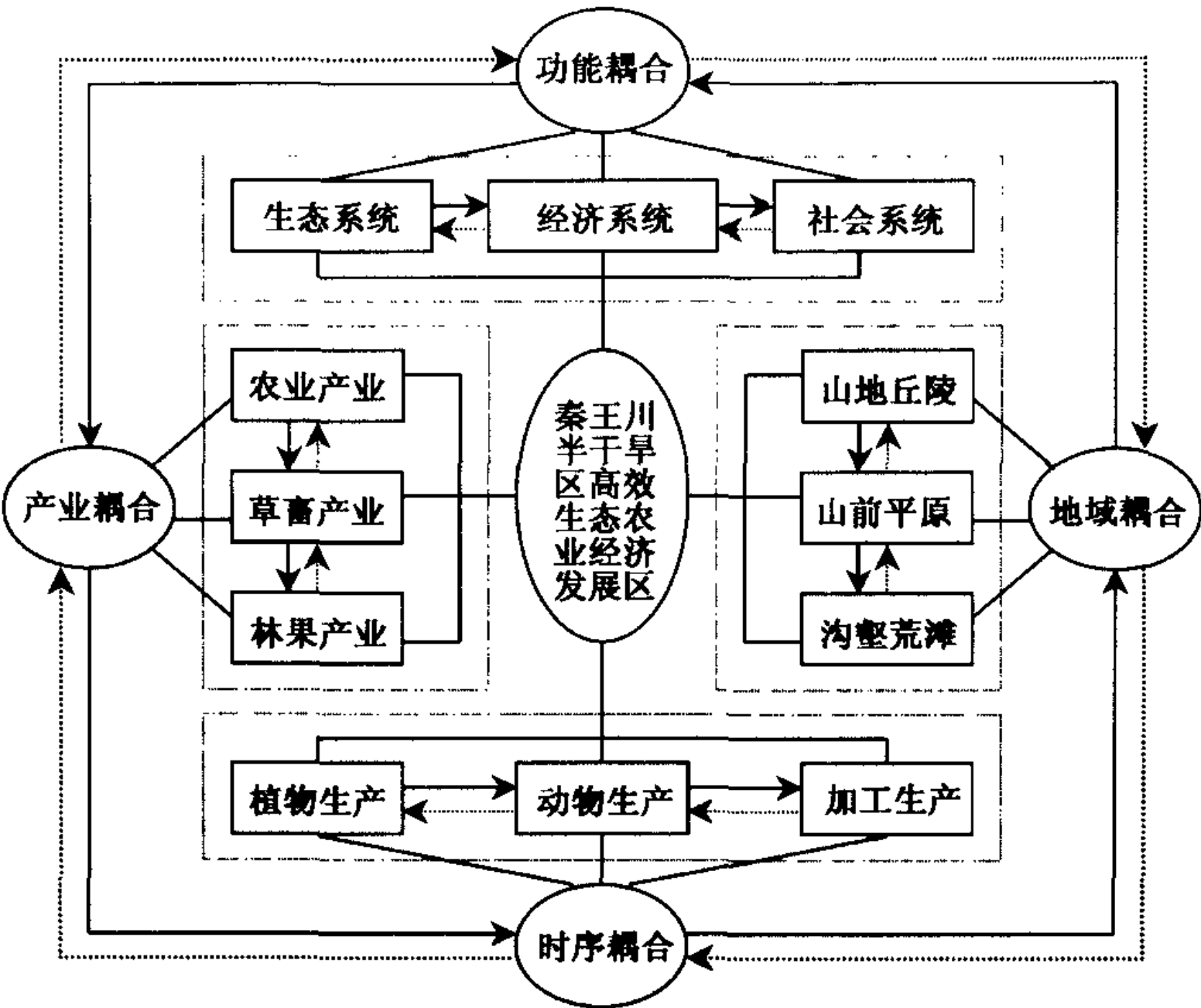


图 2 半干旱地区农业资源复合经营结构及耦合发展模式

Fig.2 The compound management structure and coupling development model of agriculture resources in the semi-arid area

表 1 秦王川土地资源和产业结构配置表

Table 1 Collocation of land resources and industry structure in Qinwangchuan

区域	面积 (hm ²)	产业带	坡度 (°)	海拔高度 (m)	面积比例 (%)	生产内容
南部温凉区	26 700	农业	<10	<1 800	35	玉米、小麦制种、蔬菜、粮食
		牧业	10~25	1 800~2 000	25	奶牛、猪
		林业	>25	>2 000	40	防风林带
中部温凉区	72 000	农业	<20	<1 700	55	蔬菜瓜果制种、中药材
		牧业	20~25	1 700~2 170	35	特种养殖、猪、鸡
		林业	>25	2 170~2 200	10	玫瑰、绿化苗木、果木
北部温寒区	44 700	农业			15	胡麻、油葵、油菜籽
		牧业	<35	2 200~2 300	60	羊、肉牛
		林业	>35	>2 300	25	环保林、经济林

农业资源和进行产业结构调整(表 1)。通过高效合理利用水土资源、林草植被恢复和替代产业培植及产业化经营,形成能流、物流、信息流、资源流和价值流耦合而成的区域高效生态经济带,最终实现受损生态系统的改善和生产系统的持续稳定发展^[17]。

2.2 农业资源复合经营模式

依据其水热条件和地理地形特征,兼顾其它相关因素,秦王川地区农业资源复合经营应遵循以下三大耦合发展模式,其建设的基本思路和内容如图 3 所示。

(1)高效合理利用水土资源生态农业模式:坡度在 25°以下、海拔在 1 500~1 800m 的山前平原和河谷地区,土地总面积 55 650hm²,占秦王川地区可利用土地面积的 38.8%,土层厚度在 100~150cm,土壤有机质厚度 15~25cm,昼夜温差大,光照充足。这一地区是引大水利工程的主要灌溉区,配水网络完善,交通通讯便利,人口密集,是发展高效生态农业和设施农业最适宜的地区。采用先进的生产技术,高效合理地利用有限的水土资源,实施生物节水、农艺节水、工程节水和管理节水等措施来提高农田单产和水资源的利用效率,利用畜牧业产生的大量有机肥料提高农田土壤肥力,减少化肥使用量,形成高效合理利用水土资源的复合型生态经济发展模式^[18,19]。

(2)生态经济型林草植被恢复模式:坡度在 25°以上、海拔在 1 800m 以上的山地和丘陵

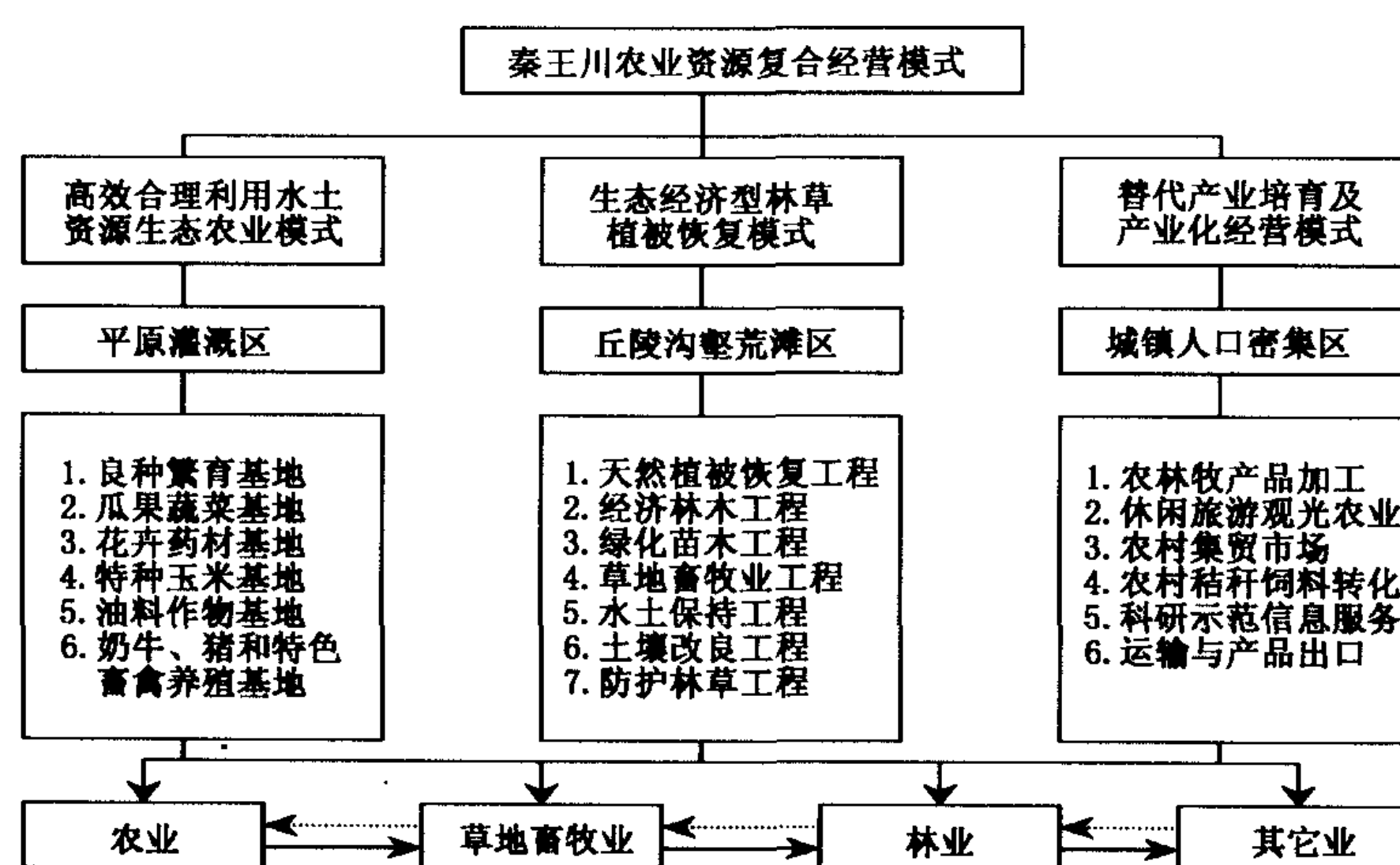


图3 秦王川地区农业资源复合经营耦合发展模式

Fig.3 The compound management coupling development model of agriculture resources in the Qinwangchuan

地区,总面积 87 750hm²,占秦王川地区可利用土地面积的 61.28%,属碱性土壤,有机质和全氮含量很低,分别为 0.69%~0.5%、0.064%~0.03%,土壤肥力很差,且坡大陡峭,植被稀少,水土流失严重,生态环境条件十分脆弱,极不利于农业生产。恢复植被是这类地区生态建设的关键环节,除立地条件极差的个别地区外,大部分荒山荒坡和沟壑荒滩种植林草,重点发展生态经济林和草地畜牧业。坡度在 35°以上的地区,地表水极度匮乏,这类地区通过开挖水平沟,集聚雨水,进行人工造林,同时封山育林,利用植被的天然恢复能力,形成林草结合的植被群落,达到生态改善的目标,既大幅度提高区域的植被覆盖率,改善和恢复生态系统的良性循环,又能增加半干旱地区农民的经济收入,最终形成土—草—畜、粮—经—饲一体化的农林牧复合经营生态经济模式^[20]。

(3)替代产业培育及产业化经营模式:培育替代产业能充分挖掘农业资源潜力,通过对农业资源优化配置和生产结构的调整,实现规模化经营并形成种子生产加工、乳制品生产加工、绿色蔬菜生产加工、草畜产品生产加工、粮食转化加工的农业产业链,促进产品转化增值,提高产业延伸效益,减小农业生产的经营风险。同时,转移部分农村劳力,减轻人口对土地的直接压力。通过龙头企业带动农民从种到养,再到加工增值,提高产品附加值,创立名牌产品,建立起农户和公司利益均沾、风险共担的经济联合体,形成种—养—加、产—供—销、科—工—贸为一体的完整产业链^[21,22],使农业资源复合经营模式成为相互关联的生态经济系统,推动区域生态、经济和社会的快速持续协调发展。

3 秦王川农业资源复合经营的耦合效应

1998 年兰州大学草地农业科技学院(甘肃草原生态研究所)在秦王川高新技术农业开发试验示范区建立定位观测试验点,对 3 种典型农业资源复合经营模式进行了连续 5 年的系统试验研究,取得了良好的生态、经济和社会效应。

3.1 三种典型复合经营模式的经济效益分析

秦王川农区实施退耕还林还草后,在不同地域推广适宜的复合经营发展模式,产业结构得到了优化,资源利用率明显提高,草地面积增加了 37.9%,林地面积增加了 18%,节省水资源 10%,创造了生态、经济和社会效益协调稳定发展的条件,有利于实现农业资源的可持续利用(表 2)。由于自然条件的差异和管理水平的不同,同一模式在不同地区的应用产生的效果并不一样。因此,不同地区要依据自身的特点进行调整,选择最有效的复合经营发展模式。

表 2 秦王川 3 种典型复合经营模式的经济效益

Table 2 Economic benefits of the three types of compound management models in Qinwangchan

模式	复合经营项目	产值 (元/hm ²)	成本 (元/hm ²)	利润 (元/hm ²)
高效合理利用水土 资源生态农业模式	农—林果—草	15 000~20 000	5 000~7 000	10 000~13 000
生态经济型林草 植被恢复模式	林—草	5 000~8 000	1 000~3 000	4 000~5 000
替代产业培育及 产业化经营模式	农—林草—旅游	24 000~30 000	10 000~15 000	14 000~15 000

3.2 三种典型复合经营模式的生态效益分析

表 3 秦王川 3 种典型复合经营模式的生态效益

Table 3 Ecologic benefits of the three types of compound management models in Qinwangchan

项目	高效合理利用水土 资源生态农业模式	生态经济型林草 植被恢复模式	替代产业培育及 产业化经营模式
植被覆盖率 (%)	27.3	46.8	35.8
水分利用率 (%)	70	56	43
侵蚀模数 (t/hm ²)	15.4	1.4	11.2
有机质 (kg/hm ²)	14.1	36.5	50.4
光能利用率 (%)	0.087	0.062	0.074
饲料转化率 (%)	2.83	2.51	3.12

增加 23%,水分利用率提高 40%,光能利用率提高 30%,饲料转化率提高 46%,土壤的侵蚀量下降 180%(表 3)。

3.3 农业资源复合经营耦合效应

半干旱地区农业资源是一个由社会、经济、自然等多种因素组成的复合生态经济系统,除了提供经济产品外,还以巨大的生物多样性提供多类型的生态环境服务,对农业资源复合经营的生态经济价值要通过调整农业资源利用的生态结构、经济结构、技术结构和系统内生产要素的优化配置,变单一物种、单一层次的种植为多物种、多层次复合经营^[6],从产业耦合到功能、地域和时序的耦合,构建系统内部农林牧各成分之间的相互作用过程及独特的系统耦合作用,充分利用生物质能,增加增值环节,延长食物链。任继周等的研究指出,农林牧复合经营体系中子系统参与整个系统的耦合时,单位面积的复合经营系统比单一经营系统的价值量增大,其耦合增值可达 6~60 倍,增值幅度因管理水平而异^[20]。在持续种植农作物而发生土壤严重退化时,调整种植牧草能恢复土壤地力和改善理化结构,对小麦地土壤的氮含量比连作地增加 37kg/hm²,产量提高 110~136kg/hm²,对氮素的吸收增加 27~40 kg/hm²^[7]。农业资源复合经营的耦合效应反映在以下方面:①产业耦合效应,使农业、林果业和草地畜牧业之间优势互补,资源充分利用,减少市场风险;②时序耦合效应,利用农业资源的时序性,使生产过程从植物生产、动物生产和产品深加工形成产业链,有利于资源在年度内的供需平衡和农村剩余劳动力的转移;③空间耦合效应,形成山地丘陵、山前平原和沟壑荒滩的综合开发利用。农林牧的协调发展,使生态环境改善和经济效益提高形成良性循环,实现产业、时序和空间的耦合,促使系统内能流、物流和价值流的有效运转和多层次循环利用,使自然扩大再生产与经济扩大再生产同步增长^[21],实现系统内生态、经济和社会的整体效益大于部分效益之和的综合效应(表 4)。

4 结论与讨论

(1)我国半干旱地区面积广阔,在长期的历史过程中,生产者以破坏农业生态环境为

表 4 秦王川农业资源复合经营的耦合效应

Table 4 The coupling effects of the compound management of agriculture resources in Qinwangchan

项目	生态效应			经济效应			社会效应		
	植被覆盖 率(%)	有机质 (%)	水土流失 (%)	产值 (%)	纯利润 (%)	产投比	资源利 用率(%)	就业率 (%)	人均收入 (%)
产业耦合	40~60	48~65	60~80	80~150	100~120	1:1.83	60~95	70	85
地域耦合	56~85	30~45	40~60	60~90	40~80	1:1.27	80~100	35	30
时序耦合	40~60	60~70	20~80	180~350	150~250	1:2.56	80~100	85	60

代价对土地进行掠夺式经营,导致区域生境恶化,使生态系统呈现由结构性破坏到功能性紊乱演变的发展态势,产业布局的不合理,市场要素的配置不完善,使半干旱地区的生产和经营处于无序紊乱状态^[24]。西部大开发战略的实施,对农业资源进行重新配置由粗放低效向集约高效转变,实行复合经营模式,发挥耦合效应是半干旱地区可持续发展的必然之路。

(2)在半干旱地区推广生态经济复合经营模式,要把生态治理和产业化相结合,退耕还林还草要注重中长期项目与短期项目的有机结合,同时要有一定的层次性和时序性,通过农、林和牧之间品种的合理搭配,依据市场需求,培育和发展具有区域优势的土、特、名、优、稀产品。引进先进的农业生产技术和产品加工技术,对传统产业进行技术改造,建立龙头企业,搞好产业配套,形成种养生产,加工增值,销售增效的一条龙体系。

(3)农业资源的复合经营,依据生态学原理,建立自养生物与异养生物之间在时间和空间上形成生物群体结构的多样性,使群体之间具有良好的能量交换和物质循环,提高生态系统的生产力^[25],发挥复合经营在时空和生态经济的耦合效应。

(4)在半干旱地区建立复合经营机制,政府在政策、技术、信息和资金上给予倾斜和支持,通过经济、法律和行政的调节手段,营造良好的投资环境,采取土地的租赁、拍卖、联合经营、合同管理等形式开发荒山荒坡、丘陵沟壑区,形成多渠道多层次多元化的投资机制,建立生产者、科研机构和政府推广部门联合的创新主体,进行试验研究和示范推广。

(5)构筑起农业产业信息咨询和市场监管预报的预警系统,通过市场价格和供求变化信息的反馈,帮助农民在种植结构、种养内容、新产品引进等方面进行决策,推动半干旱地区农业生态、经济和社会的可持续发展。

参考文献(References):

[1] 程序.我国西北大开发中生态建设及农业支柱产业的选建[J].生态农业研究,2000,8(3):89~91.[CHENG Xu.The ecological construction and the selection of major agro-industry in the development of Northwest China.Eco-agriculture Research,2000,8(3):89~91.]

[2] 黄高宝,张恩和.甘肃黄土高原生态环境建设与可持续发展战略研究[J].水土保持学报,2002,16(1):16~19.[HUANG Gao-bao,ZHANG En-he.Strate-gies for ecological environment construction and agricultural sustainable development in Loess Plateau of Gansu province.Journal of Soil Water Conservation,2002,16(1):16~19.]

[3] 徐学选,张世彪,王栓全.黄土丘陵区生态建设中农林牧土地结构优化模型探讨[J].干旱地区农业研究,2001,19(2):94~99.[XU Xue-xuang,ZHANG Shi-biao,WANG Shuan-quan.Optimizing land use structural linear programming in the loess hilly region for constructing eco-agriculture.Agricultural Research in the Arid Areas,2001,19(2):94~99.]

[4] 邢延铎.农牧结合生态工程的基本理论与实践[J].应用生态学报,1996,7(7):117~120.[XING Yan-xian.Basic theory and practice of agro-animal husbandry eco-engineering.Chinese Journal of Applied Ecology,1996,7(7):117~120.]

[5] 张均营,吴炳奇.农林复合生态系统优化模式研究 [J].生态农业研究,1998,6 (3) :54~55. [ZHANG Jun-ying,WU Bin-qi. A study on the optimized model of agro-forest complex ecosystem.Eco-agriculture Research,1998,6(3):54~55.]

[6] 于冷,马成林.农业产业化的理论依据探讨[J].农业系统科学与综合研究,2001,17(1):9~12.[YU Leng, Ma Cheng-lin. Discussion on the theory of agricultural industrialization.System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture,2001,

- 17(1):9~12.]
- [7] 张英俊.农田草地系统耦合生产分析[J].草业学报,2003,12(6):10~17.[ZHANG Ying-jun.Integration of crop and pasture system.*Acta Prataculturae Sinica*,2003,12(6):10~17.]
- [8] 朱鹤健,何绍福.农业资源开发中的耦合效应[J].自然资源学报,2003,18(5):583~587.[ZHU He-jian,HE Shao-fu. The coupling effects of the exploitation of agricultural resources.*Journal of Natural Resources*,2003,18(5): 583~587.]
- [9] 马世骏,王如松.社会-经济-自然复合系统[J].生态学报,1984,4(1):1~9.[MA Shi-jun,WANG Ru-song.The social-economic-natural complex ecosystem.*Acta Ecologica Sinica*,1984,4(1):1~9.]
- [10] 梁卫理.农业生产效益发展层次论[M].北京:中国农业出版社,1998.4~12.[LIANG Wei-li.On the Gradation Feature of Agricultural Efficiency Development.Beijing:China Agriculture Press,1998.4~12.]
- [11] 王华魁.论引大秦王川灌区农业综合发展布局问题[J].甘肃农业科技,2001,(2):3~8.[WANG Hua-kui.Discussion on the issue of agricultural integrated development and distribution in Qinwangchuan irrigated area of Gansu province. *Gansu Agricultural Science and Technology*,2001,(2):3~8.]
- [12] 王文焰,王金九,张建丰,等.甘肃秦王川地区土壤水分运动参数及相关性[J].水土保持学报,2002,16(3):110~113.[WANG Wen-yan,WANG Jin-jiu,ZHANG Jian-feng,et al.Soil hydraulic properties and correlation in Qinwangchuan area of Gansu province.*Journal of Soil Water Conservation*,2002,16(3):110~113.]
- [13] 刘兴元,梁天刚.秦王川农区草业发展探讨[J].草业科学,2003,20(2):24~26.[LIU Xing-yuan,LIANG Tian-gang.Discussion on strategy of grassland industry development in Qinwangchuan of Gansu province.*Prataculturae Sinica*,2003,20 (2):24~26.]
- [14] 陈兴鹏,康尔泗.甘肃干旱与半干旱地区水资源可持续开发利用对比分析[J].冰川冻土,2001,23(1):74~79.[CHEN Xing-peng,KAN Er-si.A comparative analysis on sustainable utilization of water resources in arid and semi-arid region of Gansu province.*Journal of Glaciology and Geocryology*,2001,23(1):74~79.]
- [15] 冷志杰,孟军,徐中儒.农牧结合生态系统物流模型的建立及持续性分析[J].农业现代化研究,1999,20(2):115~119. [LENG Zhi-jie,MENG Jun,XU Zhong-ru.Matter flow modeling in the ecosystem of farming and animal husbandry and sustainability analysis.*Agricultural Modernization Research*,1999,20(2):115~119.]
- [16] 方创琳.黑河流域生态经济带分异协调规律与耦合发展模式 [J]. 生态学报,2002,22 (5):699~708.[FANG Chuang-lin. Discrepancy laws of the eco-economic zone in Heihe drainage area and its coupling development pattern.*Ecologica Sinica*, 2002,22(5):699~708.]
- [17] 张明.区域土地利用结构及其驱动因子的统计分析[J].自然资源学报,1999,14(4):381~384.[ZHANG Ming. Statistical analysis to regional land use structure and its driving forces.*Journal of Natural Resources*,1999,14(4):381~384.]
- [18] 马红彬,陈志宏,虎威,等.黄土高原典型草原农业系统生产结构优化模式研究[J].宁夏农学院学报,2003,24(2):33~36. [MA Hong-bin,CHEN Zhi-hong,HU Wei,et al.Studies on the steppe agro-grassland system optimal productive structure in the Loess Plateau.*Journal of Ningxia Agricultural College*,2003,24(2):33~36.]
- [19] 黄进勇,王兆寿.以农畜产品深加工增值为特征的农牧复合型生态工程模式[J].农业系统科学与综合研究,2001,17(2): 137~139.[HUANG Jin-yong,WANG Zhao-qian.Ecological engineering model with the characteristics of the increase in value of the agricultural product.*System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture*,2001,17(2):137~139.]
- [20] 任继周,万常贵.系统耦合与荒漠-绿洲草地农业系统[J].草业学报,1994,3(3):1~8.[REN Ji-zhou,WAN Chang-gui. System coupling and desert-oasis agro-ecosystem.*Acta Prataculturae Sinica*,1994,3(3):1~8.]
- [21] 朱信凯,雷海平,张矫健.生态旅游农业发展初探[J].生态农业研究,1999,7(20):372~375.[ZHU Xin-kai,LEI Hai-ping, ZHANG Jiao-jian.A preliminary discussion on ecological touring-agriculture.*Eco-agriculture Research*,1999,7 (20):372~375.]
- [22] 樊江文,梁彪.北方农牧过度带农户农业生产系统模式的生态评价和改良研究[J].生态学杂志,2002,21(6):33~35.[FAN Jiang-wen,LIANG Biao.Ecological assessment and improvement for agricultural production system of households in cropping and pasture transition zone of northern China.*Chinese Journal of Ecology*,2002,21(6):33~35.]
- [23] 冷志杰.农牧物流系统模式的优化[J].农业系统科学与综合研究,2003,19(2):153~155.[LENG Zhi-jie.The optimization

- model in the mixed agro-ecosystems. *System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture*, 2003, 19(2): 153~155.]
- [24] 吴文良. 我国不同类型区生态农业县建设的基本途径与典型模式[J]. 生态农业研究, 2000, 8(2): 5~9. [WU Wen-liang. Basic ways and typical model of eco-agricultural county construction in different types of areas in China. *Eco-agriculture Research*, 2000, 8(2): 5~9.]
- [25] 程序. 中国北方农牧交错带生态系统的独特性及其治理开发的生态学原则[J]. 应用生态学报, 2002, 13(10): 1503~1506. [CHENG Xu. Unique ecosystem characters and ecological principles for development in the ecotones between agriculture and pasture in northern China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(10): 1503~1506.]

The compound management model of agricultural resources and its eco-economic coupling effects in the semi-arid area of Northwest China

LIU Xing-yuan, WANG Suo-min, GUO Zheng-gang

(Key Laboratory of Grassland Agro-Ecosystem, Ministry of Agriculture, College of Pastoral Agricultural
Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730020, China)

Abstract: In the semi-arid areas of Northwest China, the eco-environment is very fragile. In theory and practice, no iterative cultivation of crops is allowed in these areas. In order to gain the maximized benefit through coupling agricultural resources and sustainable development, considering the resources characteristic and the request of ecological safety, the industrial structure should be readjusted, and assorted with the relationship among the benefits of eco-economy and society. The efficient eco-agriculture models of compound management of agriculture, forestry and animal husbandry serve as the predominant strategy for sustainable development of agricultural and rural economy in the semi-arid areas. Hence the present urgency is to change the management pattern of agricultural resources. As a case study in the Qinwangchuan areas in Gansu Province, compound management structure of industrial and space-time collocation structure for the production of plants and animals should be designed according to the local conditions of agricultural resources. In this paper three types of compound management coupling of agricultural resources development model are put forward. The first one is the efficient coupling development model of logical utilization resources of water and land. The second is the efficient coupling development model of vegetation rehabilitation of fruit, forest and pasture of the eco-economic type. The third is the efficient coupling development model of substitute industry implantation and industrialization management. Therefore, for the coupling effects of ecology, economy and society under the compound management of agriculture resources were analyzed through apiece structure elements on the functional characteristics, industrial allocations, spatial patterns and the time processes in the inside system of the coupling interaction. These models of compound management coupling of agricultural resources have had a good application effect. So they can improve the eco-environment, increase the benefit of the integrated agricultural resource, and promote the sustainable development of the economy and eco-environment in the semi-arid areas.

Key words: semi-arid areas; compound management model; agriculture resources; eco-economy; coupling effects