

湖南桃江农业可持续发展的土地利用结构优化

孙 葭, 王凯荣, 谢小立

(中国科学院亚热带农业生态研究所, 湖南 长沙 410125)

摘 要: 分析了湖南省桃江县土地资源的自然配置状况和不同坡度的土地利用结构, 发现耕地不断减少、园地萎缩、水面利用不充分、宜耕缓坡地中林地面积过大, 是当前土地利用中存在的主要问题。不同土地利用方式经济效益对比表明, 土地利用结构不合理影响着土地利用经济效益的发挥。采用线性规划的方法, 以最大纯收入为目标函数, 以生态效益、社会效益及土地坡度构成为约束条件, 对 2010 年农业土地利用进行了优化配置。优化结果为, 粮食作物、其他农作物、园地、渔用水面分别比 2001 年增加了 9.6 %、21.7 %、44.9 %、60.2 %, 林地减少了 7.6 %。农业用地总面积仅比 2001 年增加 0.2 %, 而农业用地纯收入增长了 22.2 %。从农林复合经营角度的探讨了实现农业可持续发展的模式。

关键词: 土地利用; 线性规划; 结构优化; 农林复合经营

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

可持续利用是土地优化配置的基本准则, 而土地利用优化配置是实现区域可持续发展的重要途径和手段。农林复合经营这一传统的土地利用方式, 自上世纪 70 年代以来, 作为一种可持续的土地利用和农业发展模式, 被国际上重新认识^[1]。近年来, 该领域的研究在国内也引起了相当的重视, 研究重点主要集中在复合经营模式与农林间作系统层面上^[2~5]。本文以湖南省桃江县为例, 以优化土地利用结构为目标, 探讨了县域层次上农林复合经营方面与农业的可持续发展问题。

1 研究区域概述

桃江县地处湖南中部、雪峰山余脉向洞庭湖过渡的丘岗地带。位于 111° 36' ~ 112° 19' E, 28° 31' ~ 28° 41' N, 县域面积 2 063 km²。地势南高北低, 西高东低, 周围山丘环绕, 中部盆地毗连, 是一个山、丘、岗、平兼有, 以山丘为主的典型农业县。土地利用呈现“六山一水二分田, 一分道路加庄园”的格局。

该区具有中亚热带大陆性季风湿润气候, 冬冷期短, 夏热期长, 春温多变, 年平均降水量为 1 553 mm, 平均气温 16.6 °C, ≥10 °C 的有效积温为 5 006 ~ 5 461 °C, 无霜期为 263 d; 年均日照时数为 1 579.6 h, 太阳辐射总量为 431.3 kJ/cm²。

2 县域土地资源配置

2.1 土地资源自然配置

从地貌来看, 桃江县土地资源组合为丘陵 29.5 %, 山地 27.3 %, 平原 26.4 %, 岗地 14.7 %, 水面(水库、河流) 2.2 %。从坡地的平缓程度来看, < 5° 的平地占总面积的 32.3 %, 5° ~ 15° 缓坡地占 27.2 %, > 15° 的中、陡坡地占 35.3 %。该县的山地集中在西南部, 林、草地广阔; 丘陵缓坡地主要分布于西北和东部, 宜耕又宜林; 平岗地集中于资江及其支流两岸, 耕地集中连片。

2.2 土地资源利用结构

2.2.1 土地利用类型数量变化

收稿日期(Received date): 2004- 05- 20; 改回日期(Accepted): 2004- 09- 05。

基金项目(Foundation item): 中国科学院知识创新工程项目(KZCX2- 407) 和科技部社会公益重大项目专题资助。[Founded by the Knowledge Innovation Projection of CAS (NO. KZCX2- 407), The Social Commonweal Project from Ministry of Science and Technology.]

作者简介(Biography): 孙葭(1974-), 女, 湖南辰溪人, 硕士研究生, 专业为生态学。[Sun Jia(1974-), female, from Chenxi county of Hunan Province, Master of Institute of Subtropical Agriculture, the Chinese Academy of Sciences and majoring in ecology. E-mail: tom-sunjia@yahoo.com.cn]

桃江县土地资源利用以林、农为主,比例为林地>耕地>水面>园地。除了在 1950~1960 年间由于土地改革大规模开荒使耕地面积增加外,此后便一直持续下降。而同期由于大规模毁林导致了林地面积减少,由 1950 年的 95 353 hm² 下降到了 1970 年的 78 013 hm²,之后林地面积一直处于回升状态,到 2001 年林地面积已达到 117 046 hm²。园地面积在 20 世纪 60~80 年代曾快速增长,但 80 年代以后一直处于下降趋势,到 2001 年园地面积仅存 4 110 hm²,且园地的主体是茶园,果园仅占 1/4。养殖水面在该县处于基本稳定的状态(图 1)。

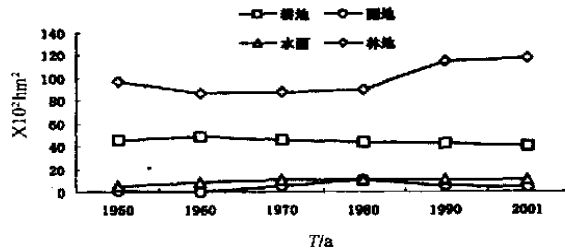


图 1 桃江县 1950~2001 年间土地利用结构变化动态
Fig. 1 The Dynamic Changes of land use in Taojiang County from 1950 to 2001

2.2.2 不同坡度土地利用结构

桃江县不同坡度土地利用结构见图 2。可以看出,该县的平地利用以耕地为主,缓坡和中、陡坡地利用均以林(竹)地为主。在平原耕地中,水田占 91.4%,旱地较少。缓坡地经济果木面积过少是其土地利用结构中最为突出的问题。

2.2.3 农户与县域农业用地利用结构比较

对桃江县 60 个农户 2001 年土地利用情况进行实地调查,累计面积为 21.86hm²,结果发现,农户

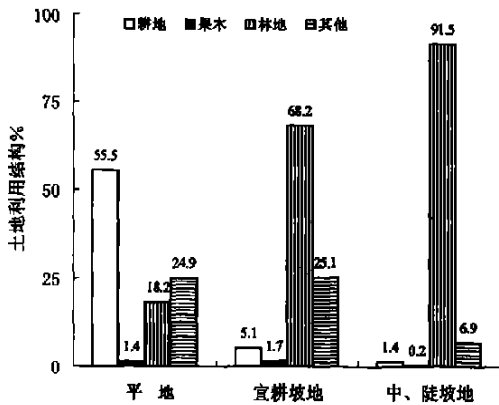


图 2 桃江县不同坡度土地利用结构
Fig. 2 Land use structure in different gradient of lands in Taojiang County

的用地配置为,农耕地占 78.4% (其中水田 86.0%,旱地 14.0%),林地 19.0% (其中由农田改制的育林地占 30.8%);果园 0.9%,养殖水面 1.7%。可见,农户是以耕地为主的土地利用结构,这是由于桃江的林业用地主要为公有林地,农户林地很少,使农户的土地利用结构与县域土地利用结构存在较大的差异性。值得注意的是,在农户层次上,利用农田育林的面积占林地总面积的比例已接近 1/3。

3 土地利用的经济效益分析

3.1 农业经济结构变化

桃江的种植业在其农业产值构成中一直占据首位。1950~2000 年期间,除了渔业产值在经济构成中的位次有较大波动之外,其他各业的位次变化不大(图 3)。1980 年以来,各业产值高低顺序为种植业>牧业>林业>渔业,期间牧业产值上升和种植业产值下降的趋势比较明显。

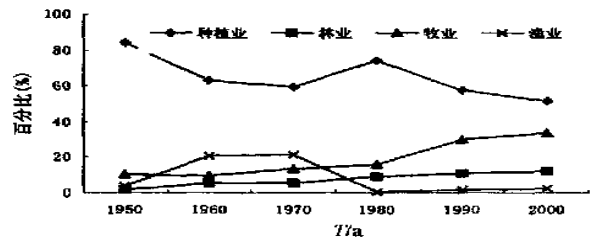


图 3 桃江县农林牧渔产值结构变化动态
Fig. 3 Changes of output value of different agricultural industries in Taojiang County

2001 年桃江的农林牧渔总产值结构为,种植业 44.4%,园地 4.3%,林业 14.1%,牧业 34.7%,渔业 2.6%,占土地面积 56.7%的林地产值仅贡献了 14.1%的产值。因此,从县域的农林复合经营系统来看,其效益没有得到很好地发挥。

3.2 农田不同利用方式经济效益比较

调查农户种植业以水稻种植为主,产值占了种植业产值的 73.3%。由于种稻的比较效益低,很多农民自发地改变农田利用方式,以获得更大的经济收入。从表 1 可以看出,种植稻谷的单位纯收入远远低于种植蔬菜、水果和林业育苗,说明土地利用方式的改变使农民获得了显著的经济效益。

表 1 农田不同作物经济效益比较(元/ hm²)

Table 1 The economical benefits compare of different crops in farmland(元/ hm²)

经济效益	水 稻	蔬 菜	林业育苗	葡 萄
成 本	5 790	10 365	12 690	28 830
产 值	7 980	44 625	64 215	189 135
纯收入	2 190	34 260	51 525	160 305
比较效益	1	15. 6	23. 5	73. 2

4 土地利用结构优化

4.1 结构优化的原则与方法

遵循农业用地资源利用结构优化的综合平衡及生态、经济、社会效益相结合原则, 结合桃江县土地资源特点及农业生产实际, 采用线性规划方法, 建立农业土地利用效益目标函数和约束条件方程, 对桃江农业土地利用结构进行优化。有关数据主要来源于桃江县统计年鉴及土地管理部门提供的补充资料。

线性规划的数学模型为^[6]:
土地利用效益目标函数: $\max Z(x) = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots + C_nX_n = \sum C_jX_j$;
土地利用系统约束条件: $\sum A_{ij}X_j \leq B_i$ 或 $\sum A_{ij}X_j \geq B_i$ ($i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n$); $X_j \geq 0$ 。其中 A_{ij} 为资源消耗系数, X_j 为决策变量, B_i 为资源限制量, C_j 为 X_j 的价值系数, $Z(x)$ 为农业纯收入总值。

具体步骤为: (1) 确定目标函数。采用纯收入最大作为目标函数, 以体现农业用地利用的经济效益, 而农用地利用的生态和社会效益则在模型的约束条件中体现。(2) 选择主要参数。资源消耗系数以农产品单产表示; 决策变量(即各类农用地面积)根据桃江县资源及农产品的发展方向确定为粮食作物(X_1)、其他农作物(X_2)、果园(X_3)、渔业养殖(X_4)和林业(X_5)。价值系数以农产品单位纯收入表示。(3) 建立约束条件。根据桃江县土地资源状况、需求及其限制条件等, 建立农业用地资源总量、各类用地数量以及非负项的约束方程。(4) 线性规划求解。借助线性规划软件, 通过计算机对上述约束方程进行求解, 求得桃江县优化后各类用地面积及最大纯收入。

4.2 农业用地利用结构优化优化模式的建立

4.2.1 价值系数

利用桃江县 2002 年统计年鉴有关数据, 计算出

单位产值(1990 年不变价), 通过调查农户农作物产投比(投入中不计人工) 换算得到单位纯收入。

4.2.2 约束条件

1. 林地 (X_5)

在参考前人研究的基础上^[7, 8], 本文林地面积的确定主要从生态环境保护和森林需求角度两方面来考虑。桃江县属于长江中上游防护林体系组成部分, 规划生态林面积为 57 333 hm²。对森林需求主要是用材林、竹林、经济林这三类林种, 具体面积计算如下。

人口预测: 根据 1950 ~ 2000 年数据, 利用 logistic 模型进行预测。模型为: $y(t) = \frac{k}{1 + ae^{-\beta t}}$, 其中 K, α, β 值分别为 94. 40, 8. 21E + 38, 0. 05。该模型达到 $\alpha = 0. 01$ 显著水平。预测出 2010 年桃江县人口为 86. 7 万人。

用材林需求: 用材林主要为杉、松。计算公式: 用材林 = 全县人口 \times 人均年耗木材/ 林木年均木材产量。根据张玉荣等^[9]在湖南省桃源县的试验, 生长 13~ 15 a 的杉木林平均林木蓄积量可达 216 m³/hm², 按人均年耗材量 0. 4 m³ 计(《中国林业区划》)^[7], 则需要用材林面积为: $86. 7 \times 10\ 000 \times 0. 4 / 216 / 14 = 22\ 478$ hm²。

竹林需求: 根据 1994~ 2001 年人均砍伐竹木数据($y = 0. 1376 t - 267. 73, R^2 = 0. 930\ 9, n = 8, t$ 为年。), 预测 2010 年人均砍伐竹木 8. 8 根。根据桃江县林业局的数据, 平均公顷立竹 2 250 根, 采伐期为 3~ 5 a, 每年采伐 450~ 750 根/ hm², 平均为 600 根/ hm²。则 2010 年竹林需求面积为: $86. 7 \times 10\ 000 \times 8. 8 / 600 = 12\ 716$ hm²。

经济林需求: 桃江县规划经济林要求, 2010 年为 15 673 hm²。

桃江县林地需求在 2010 年总面积为: $15\ 673 + 12\ 716 + 22\ 478 + 57\ 333 = 108\ 200$ hm²。

2. 其他用地

桃江县最低森林面积(X_5) 为 $10. 82 \times 10^4$ hm², 除了坡度 > 15° 以上的土地 ($7. 28 \times 10^4$ hm²) 全部还林之外, 还需占用坡度 < 15° 土地 $3. 54 \times 10^4$ hm²。根据桃江县土地利用总体规划, 至 2010 年, 农业总用地资源保持在 $17. 05 \times 10^4$ hm², 除去水体 $1. 07 \times 10^4$ hm²、林地 $10. 82 \times 10^4$ hm² 外, 剩余用地约为 $5. 17 \times 10^4$ hm²。因此, 粮食作物(X_1) + 其他农作物(X_2) + 园地(X_3) = $5. 17 \times 10^4$ hm²。

3. 粮食作物用地 (X_1)

根据生产潜力研究, 桃江粮食单产至少可在目前基础上($5\,325\text{ kg/hm}^2$) 提高 15 %; 结合粮食单产预测结果 ($y = 5.326t - 10\,287, R^2 = 0.8023, n = 50, t$ 为年。), 两者取平均值则 2010 年粮食单产可达 $6\,190\text{ kg/hm}^2$ 。按人均粮食占有量 450 kg/a 、耕地复种指数为 200 % 计, 需耕地面积: $86.7 \times 10\,000 \times 450 / 6\,190 / 2 = 31\,514\text{ hm}^2$ 。而全县旱涝保收面积为 $31\,330\text{ hm}^2$, 缺口面积为 184 hm^2 , 面积按 1999~ 2001 年粮食复种指数计算, 则需耕地: $184 \times 2 / 1.53 = 240\text{ hm}^2$, 所需耕地总面积最少为: $31\,330 + 240 = 31\,570\text{ hm}^2$ 。

4. 园地 (X_2)

按照国家食物与营养咨询委员会提出的食物消费阶段性目标: 2010 年人均年消费水果达到 40 kg 。按此标准及近三年来水果单产水平 ($5\,824\text{ kg/hm}^2$), 果园面积至少保证: $86.70 \times 10\,000 \times 40 / 5\,824 = 5\,955\text{ hm}^2$ 。园地只能占用坡度 $< 15^\circ$ 的土地, 因此园地面积上限为: 平地 ($66\,634$) + 宜耕坡地 ($56\,189$) - 粮食占地 ($31\,570$) - 15° 以下林地 ($35\,390$), 即 $55\,863\text{ hm}^2$ 。

5. 其他农作物 (X_3)

国家食物与营养咨询委员会提出, 2010 年人均年消费蔬菜 149 kg 、植物油 10 kg 。根据调查农户蔬菜单产水平计算需要面积为: $86.7 \times 10\,000 \times 149 / 45\,930 = 2\,813\text{ hm}^2$; 按植物油需求的一半为菜油,

根据近三年油菜平均单产 ($1\,102\text{ kg/hm}^2$) 估算其种植面积, 则需种植油菜 $3\,934\text{ hm}^2$ 。因而其他作物面积至少为 $6\,747\text{ hm}^2$, 其他农作物的上限为: 平地 ($6.66 \times 10^4\text{ hm}^2$) + 宜耕坡地 ($5.62 \times 10^4\text{ hm}^2$) - 粮食用地 ($3.16 \times 10^4\text{ hm}^2$) - 15° 以下林地 ($3.54 \times 10^4\text{ hm}^2$) - 园地 ($0.6 \times 10^4\text{ hm}^2$), 即 $4.99 \times 10^4\text{ hm}^2$ 。

6. 渔业水面 (X_4)

根据县农业区划资料, 水域面积中可养殖面积为 $0.30 \times 10^4\text{ hm}^2$, 可捕捞面积在 $0.20 \times 10^4\text{ hm}^2$ 以上。从该县的生态条件来看, 桃江县的大部分水体都适合鱼类繁衍生息, 具备捕捞和高产养殖条件。因此, 渔业水面面积最高可达总水面的 $1/2$, 即渔业水面 (X_4) $\leq 0.53 \times 10^4\text{ hm}^2$ 。

4.3 优化模型

$$\begin{aligned} Z = & 4\,703\,X_1 + 6\,102\,X_2 + 8\,891\,X_3 + \\ & 3\,868\,X_4 + 494\,X_5 \\ X_1 \geq & 31\,570 \\ 6\,747 \leq & X_2 \leq 49\,908 \\ 5\,955 \leq & X_3 \leq 55\,863 \\ 0 \leq & X_4 \leq 5\,334 \\ X_1 + & X_2 + X_3 = 51\,661 \\ X_5 = & 108\,200 \end{aligned}$$

4.4 优化结果分析

利用线性规划软件上机运算, 结果见表 2。

表 2 桃江县 2010 年农业用地结构优化结果 (hm^2)

Table 2 The Optimization Results of Agriculture Land Use in 2010 in Taojiang County(hm^2)

农业用地结构	2001 年	2010 年		比 2001 年 增加 (%)
耕地	粮食作物(X_1)	28 794	31 570	9. 6
	其他农作物(X_3)	11 616	14 136	21. 7
园地(X_2)		4 110	5 955	44. 9
渔业水面(X_4)		3 330	5 334	60. 2
林地(X_5)		117 047	108 200	- 7. 6
用地总面积	164 897	165 195	0. 2	
目标函数	纯收入(万元)	31 488	38 463	22. 2

从表 2 的优化结果可以看出, 到 2010 年, 桃江的农业用地面积较 2001 年只增加了 0.2 %, 而农业纯收入总值可增长 22.2 %, 经济效益显著。

优化方案中粮食占地增加, 确保人均粮食占有量由 2001 年的 370 kg/a 增长至 450 kg/a 。在粮食供给有保证的情况下, 农业用地结构中扩大了经济作物和蔬菜等的种植面积, 园林地和渔业用地也有了大幅度地增长, 可保证农产品的供给。

林地面积有所减少, 森林覆盖率达 52.4 %。此森林覆盖率高于根据《中国林业区划》提出的平原区 10 % 以上、丘陵区 57 %、山区 75 % 而计算出的合理森林覆盖率 (48.3 %)。如加上园地面积, 森林覆盖率可达 55.3 %。除了满足人们对用材林的需求外, 林地中生态防护林面积大大增加, 并将坡度在 15° 以上的土地全部退耕还林, 可使生态环境得到进一步改善。

5 土地资源优化配置与农业持续发展

对于发展中国家来说, 持续农业要解决以下 3 方面的问题: 粮食安全, 收入增加, 自然资源与环境得到保护。而农林复合经营被认为是解决这些问题的一种有效的农业生产系统^[1], 是促进农业可持续发展的重要途径。

5.1 土地资源配置状况制约着农业可持续发展

从县域层次来看, 桃江的土地资源利用结构一直是林地> 农耕地> 水面养殖> 果(茶)园地, 水面养殖潜力没有得到充分发挥, 园地比重偏低, 林地效益差, 基本农田面积没有得到应有的保障。不合理的土地资源配置影响了整个系统社会功能和生态功能, 制约着农业可持续发展。通过土地利用结构优化, 保证粮食供给, 增加经济作物、养殖水面和园地面积可显著改善县域农林复合生态系统的功能, 提高了系统的经济多样性和经济产出效应, 有利于农业可持续发展。

5.2 不同坡度土地资源配置与农业可持续发展

桃江县农业经营活动主要集中在坡度< 5°的平地, 但耕地复种指数偏低, 仅为 139%, 没有充分利用光热资源。在种植业结构中, 经济作物仅占农作物总播面的 3.9%, 是农田系统整体经济效益偏低的主要原因。农户养殖业以耗粮型生猪为主, 草地和农作物秸秆资源没有得到充分利用。应进一步提高耕地复种指数, 适当增加经济作物播种面积, 大力发展“粮-经-饲”、“农-牧-渔”和“林-果-草”等高效复合经营模式, 提高土地利用效率与经济效益, 同时要改善农田生态环境, 做到资源利用与保护相结合。

在 5°~ 15°的宜耕缓坡地中, 用材林(竹)占地面积(68.2%)偏大, 而旱地经济作物与饲草作物面积(5.1%)偏低, 果园面积(1.7%)严重不足。国家食物与营养咨询委员会提出, 2010 年我国人均消费水果应达到 40 kg/a, 而近三年桃江县人均水果消费量仅为 15 kg、人均占有量 7.5 kg, 需求缺口很大。因此, 下阶段土地利用结构调整的重点可放在宜耕坡地上, 将以林为主的经营模式调整为林、果、经作并重, 农作与草业相结合的复合生态经营模式, 将坡地资源优势转化为生态经济优势。

在 15°以上的中、陡坡地中, 应进行退耕还草,

适当发展木本粮油植物, 这样既可改善生态环境、又能提高经营效应。此外, 扩大林木和竹业的深度加工, 对提升桃江县的经济水平将具有十分重要的作用。

致谢: 本研究工作在农村调查和资料收集过程中得到了桃江县人民政府 邓宗祥、桃江县农业局任国安和罗寿山及土肥站全体同志的大力协助, 特此致谢。

参考文献(References):

- [1] Li Wenhua, Lai Shideng. Agroforestry In China[M]. Beijing: Science Press. 1994. 1, 23. [李文华, 赖世登. 中国农林复合经营[M]. 北京: 科学出版社, 1994. 1, 23.]
- [2] Zhou Weijun, Wang Kairong, Li Hesong. Characteristics of phosphorus uptake by plants in soybean (*Glycine Max* L. merr) and citrus (*Citrus poonensis* Hort ex Tanaka) intercropping system[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(12): 2565~ 2572. [周卫军, 王凯荣, 李合松. 大豆柑橘间作系统中植物对磷的吸收特性[J]. 生态学报, 2003, 23(12): 2565~ 2572.]
- [3] Wang Xingxiang, Zhao Taolin, He Yuanqiu, et al. N recovery in choerospondias axillaris and peanut (*Arachis Hypogaea*) alley cropping systems on udic ferrosol[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2003, 40(4): 588~ 592. [王兴祥, 张桃林, 何圆球, 等. 花生-南酸枣间作系统氮素利用研究[J]. 土壤学报, 2003, 40(4): 588~ 592.]
- [4] Xu Feng, Cai Qiangguo, Wu Shu'an. Progress in research on nutrient process of sloping agroforestry systems[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2000, 14(11): 82~ 87. [许峰, 蔡强国, 吴淑安. 坡地农林复合系统土壤养分过程研究进展[J]. 水土保持学报, 2000, 14(11): 82~ 87.]
- [5] Meng Qingyan, Wang Zhaoqian, Jiang Shuqian. Analysis of energy flow of rubber-tea-chicken agroforestry system in Tropical Area of China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, 10(2): 172~ 174. [孟庆岩, 王兆骞, 姜曙千. 我国热带地区胶-茶-鸡农林复合系统能流分析[J]. 应用生态学报, 1999, 10(2): 172~ 174.]
- [6] Yu Guirui. Farming System Analysis and Optimal Control Methodology[M]. Beijing: Agriculture Press. 1991: 170~ 173. [于贵瑞. 种植业系统分析与优化控制方法[M]. 北京: 农业出版社, 1991. 170~ 173.]
- [7] Guo Zhongsheng. A preliminary research on optimal cover rate of forest[J]. *Journal of Northwest Forestry College*, 1998, 13(3): 23~ 27. [郭忠升. 最佳森林覆盖率的初步研究. 西北林学院学报[J], 1998, 13(3): 23~ 27.]
- [8] Zhang Jian, Gong Yuanbo, Chen Linwu. A quantitative discussion on forest coverage of the optimum forest protective effect[J]. *Scientia Silvæ Sinicæ*, 1995, 32(4): 317~ 324. [张健, 宫渊波, 陈林武. 最佳防护效益森林覆盖率定量探讨[J]. 林业科学, 1995, 32(4): 317~ 324.]
- [9] Zhang Yurong, Chen Shuangwu, Zhang Chuanfeng. A preliminary analysis of investment and benefit on planting China for forest in

hilly area in Hunan Province[J]. *Bulletin of Forestry Science and Technology*. 1992, (8): 7~9. [张玉荣, 陈双武, 张传峰. 湖南丘

陵区营造杉木林投资效益初步分析[J]. 林业科技通讯. 1992, (8): 7~9.]

Land-use Structure Optimization on Agricultural Sustainable Development in Taojiang County, Hunan Province

SUN Jia, WANG Kairong, XIE Xiaoli

(*Institute of Subtropical Agriculture, the Chinese Academy of Sciences, Changsha 411025, China*)

Abstract: Sustainable utilization of natural resources is a primary rule for the optimizing land collocation. The optimal collocation of land use is an important way to realize sustainable development of regional agriculture. Agroforestry is a traditional way of land use and is recognized by people since 1970s as a sustainable way of land use and an acceptable model for modern agricultural development. Based on field investigation and governmental statistical data, the authors analyzed the natural collocation status of land resource and land use structure of different gradient in Taojiang county, Hunan province. Results showed that the area of cultivated land reduced consistently during the recent 40 years, and the area of fruit garden was also reduced during the recent 20 years. Insufficient utilization of freshwater for fishery and extra rate of forest land in $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ slopes are the main issues in current land utilization and agriculture development of Taojiang county. Unreasonable land use affected the benefit exertion. According to the natural status of different gradient land collocation and the requirement of grain supply safety and forest land demand, the authors have made a program for the optimizing of agricultural land resources by 2010 in Taojiang county by ways of linear programming methods, bound for objective function, such as the area of fruit garden, cash crops and freshwater fishery. The objective function maximized the net profit of agriculture land. The simulated results showed that the total area of agriculture land would only increase by 0.2 % on the base of 2001 while the total net profit of agriculture industry can be increase by 22.2 %. By 2010, the rates of land use for cereals, cash crops, fruit and tea gardens, forest land, and freshwater fishery will increase by 9.6 %, 21.7 %, 44.9 %, - 7.6 %, and 60.2 % respectively. The optimized land use structure would not only improve the economic benefits of land, but also ensure the output of sufficient farming production and allow the returns of farming land to forestry and/or grassland in the slopes with the gradient larger than 15° . Hence, people would receive a higher economical, social, ecological profit and encourage sustainable agricultural development by the optimization of the land use structure. In this paper, the authors also had some comments on the realization of sustainable agricultural development by building up agroforestry ecosystems based on the features of land resources with different gradient. That is to increase multiple-cropping index; to develop high efficient farming systems, such as “grain-cash crop-forage crop” system, “field crop-animal husbandry-fishery” system, “forest-orchard-grass” system in the lands with gradient less than 5° . On lands with gradient of $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$, it suggested to develop a “forest-orchard-cash crop” and “crop-grass” complex farming systems. On lands with the gradient larger than 15° , the suggestion is to return land from farming to forestry or grassland.

Key words: land use; linear programming methods; structure optimization; agroforestry