

基于能值分析的甘肃农业生态经济系统 发展态势及可持续发展对策

张希彪^{1,2}

(1. 陇东学院生命科学系, 甘肃 庆阳 745000;

2. 中国科学院水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 运用能值分析方法, 对甘肃农业生态经济系统的能值产投结构、能值指标进行了计算, 并从纵向和横向的比较中对甘肃农业生态经济系统发展水平进行了诊断。分析表明: (1) 甘肃省自然资源相对丰富, 经济发展的资源基础相对雄厚, 但由于对本地资源的过分依赖, 加之购买能值投入的严重不足, 导致甘肃本地资源得不到有效的利用, 农业经济发展程度不高, 是一种高资源消耗型经济发展模式; (2) 农业生态经济系统的封闭性较强, 不符合农业可持续发展的需求。土地生产力水平较低, 人均能值用量较低; (3) 经济总量还不够大, 经济发展中应用的资源能值有很大部分来自本区环境和资源系统而无需付费。农业生态经济系统仍属于资源消耗型, 但由于人口众多, 人均占有纯能值量较低, 且生产和管理过程的科技含量较低, 存在着资源的浪费和破坏, 系统对于环境的压力较大。因此必须通过增加系统投入, 保护环境资源, 优化投入结构, 调整农业产业结构, 依靠科学技术等, 以实现甘肃农业可持续发展。

关键词: 能值分析; 农业生态经济系统; 可持续发展; 甘肃省

中图分类号: F323.22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)05-0165-07

甘肃省地处中国内陆的地理中心、三大自然区交汇处和东亚中部及亚欧大陆内外分水岭两端。干旱多风和水资源分布不均使其成为全国土壤侵蚀最严重的省份之一, 土壤侵蚀面积占全省土地面积的 86%。中低产耕地占 90.1%, 盐渍化耕地占灌溉耕地的 4.7%, 退化草地占可利用草地的 87%。同时, 农业经济发展滞后, 农业技术的可投入性限于地域、交通、人文地理、经济基础、地缘等原因而显得相对困难。除河西、沿黄、引大等水浇耕地区和陇东旱作农业区相对可作为技术最大开发区外, 其它区域均为地缘、自然差异较大的不连片区域, 农业人口占 78.97%。因此, 如何实现甘肃农业的可持续发展, 是亟待解决的问题。本文采用能值分析方法, 对甘肃农业生态经济系统的能值结构及发展水平进行了分析, 提出了甘肃农业可持续发展对策, 为甘肃农业可持续发展提供理论依据, 同时丰富能值理论。

1 研究区域及研究方法

1.1 研究区自然概况及经济特征

甘肃省地处我国东部季风区、西北干旱区和青藏高原区三大自然地理区的交汇处(32°11'~42°57' N, 92°13'~108°46' E)。总人口 2 603.34 万人, 其

中农业人口 2 055.86 万人, 占总人口的 78.97%。土地总面积 $4.544 \times 10^9 \text{ hm}^2$, 人均 1.75 hm^2 , 其中耕地 $3.483 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 人均 0.14 hm^2 , 分别为全国平均值的 2.2 倍和 1.5 倍。林地面积 $6.68 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 人均 0.27 hm^2 ; 可利用草地 $1.607 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 人均 0.65 hm^2 。地貌类型复杂多样, 山地和高原约占总面积的 70% 以上, 戈壁和沙漠约占总面积的 14.99%; 从南到北有北亚热带、暖温带、中温带三个气候类型; 从东南向西北依次形成湿润、半湿润、半干旱和干旱四个类型区。太阳辐射量为 $4.438 \times 10^6 \sim 6.615 \times 10^6 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 年平均气温 44°C , 大部分农区 $\geq 10^\circ\text{C}$ 的活动积温在 $2\ 500^\circ\text{C} \sim 3\ 400^\circ\text{C}$, 可保证农作物一年一熟或两年三熟。平均降雨量为 280.7 mm。2004 年农业总产值 4.774×10^{10} 元, 粮食总产量 $8.058 \times 10^6 \text{ t}$, 农业产值占社会总产值的 18.12%, 占工农业总产值的 22.4%^[1]。

1.2 研究方法

在收集甘肃省自然地理、社会经济等方面的基础资料的基础上^[1~3], 选取 2004 年农业生态经济系统的生态流和经济流指标, 构建了能值分析框架赋值表(表 1)^[4~6]。其中太阳能值转换率引自 Odum H T 等人的研究成果^[7,8]。

收稿日期: 2006-12-22

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(2002CB111502); 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室开放基金(10501-147); 甘肃省教委资助项目(049B-08)

作者简介: 张希彪(1963-), 男, 甘肃武威人, 副教授, 主要从事生态学教学研究。E-mail: zhxbiao@163.com。

2 结果与分析

2.1 甘肃农业生态经济系统的能值投入结构

甘肃农业生态经济系统投入的能值由 4 部分组成,投入总能值 7.64×10^{22} sej(表 1)。其中可更新环境资源、不可更新环境资源、不可更新的工业辅助

能、可更新有机能的能值分别占总能值流量的 14.14%、18.72%、27.62%和 39.59%。无偿环境投入能值为 2.51×10^{22} sej/a, 占总投入能值的 32.86%。不可更新的环境资源能值投入为 1.43×10^{22} sej/a, 占环境资源能值投入的 61.19%, 占系统总能值流量的 21.09%。

表 1 甘肃省农业生态经济系统能值分析框架及赋值(2004 年)

Table 1 Model and value of emery evaluation for Gansu ecology-economic systems(2004)

| 项目 Item | 原始数据 Original data (J 或 g) | 能值转换率 Emery transform (sej/J 或 sej/g) | 太阳能值 Solar emery (sej/a) | 宏观经济价值 Emdollars value (Em/\$) |
|---|----------------------------------|---|--------------------------------|--------------------------------------|
| 可更新环境资源 Renew able environmental resource | | | | |
| 太阳能 Solar energy | 2.56×10^{21} J | 1.00 | 2.56×10^{21} | 2.94×10^8 |
| 雨水势能 Rainfall potential energy | 1.22×10^{18} J | 8888 | 1.08×10^{22} | 1.25×10^9 |
| 雨水化学能 Rainfall chemical energy | 3.73×10^{17} J | 1.54×10^4 | 5.74×10^{21} | 6.64×10^8 |
| 风能 Wind energy | 3.45×10^{18} J | 6.23×10^2 | 2.15×10^{21} | 2.49×10^8 |
| 地球循环 Earth cycle | 2.97×10^{17} J | 2.90×10^4 | 8.61×10^{21} | 9.97×10^8 |
| 合计 Total | | | 1.08×10^{22} | 1.25×10^9 |
| 不可更新资源 Unrenew able source | | | | |
| 表土层损失 Top soil loss | 2.28×10^{17} J | 6.25×10^4 | 1.43×10^{22} | 1.66×10^9 |
| 合计 Total | | | 1.43×10^{22} | 1.66×10^9 |
| 不可更新工业辅助能 Unrenew able source production | | | | |
| 电力 Electric power | 1.48×10^{16} J | 1.59×10^5 | 2.35×10^{21} | 2.72×10^8 |
| 燃油 Oil | 1.75×10^{16} J | 66000 | 1.16×10^{21} | 1.34×10^8 |
| 氮肥 Nitrogen fertilizer | 1.42×10^{12} g | 4.62×10^9 | 6.57×10^{21} | 7.60×10^8 |
| 磷肥 Phosphate fertilizer | 4.12×10^{11} g | 1.79×10^{10} | 7.37×10^{21} | 8.53×10^8 |
| 复合肥 Compound fertilizer | 7.54×10^{11} g | 2.80×10^9 | 2.11×10^{21} | 2.44×10^8 |
| 农药 Pesticide | 3.14×10^{10} g | 1.62×10^9 | 5.09×10^{19} | 5.89×10^6 |
| 机械动力 Machine power | 1.55×10^{13} J | 7.50×10^7 | 1.16×10^{21} | 1.34×10^8 |
| 农膜 Plastic | 8.56×10^{11} g | 3.80×10^8 | 3.25×10^{20} | 3.76×10^7 |
| 合计 Total | | | 2.11×10^{22} | 2.44×10^9 |
| 可更新有机能 Renew able organic energy | | | | |
| 劳动力 Physical | 3.89×10^{16} J | 3.80×10^5 | 1.48×10^{22} | 1.71×10^9 |
| 畜力 Livestock physical | 5.12×10^{16} J | 1.46×10^5 | 7.47×10^{21} | 8.65×10^8 |
| 有机肥 Organic fertilizer | 2.92×10^{17} g | 2.7×10^4 | 7.89×10^{21} | 9.13×10^8 |
| 种子 Seeds | 1.27×10^{15} J | 6.60×10^4 | 8.37×10^{19} | 9.69×10^6 |
| 合计 Total | | | 3.03×10^{22} | 3.51×10^9 |
| 总投入能值 Total input emery | | | 7.64×10^{22} | 8.84×10^9 |

辅助能投入总量为 5.14×10^{22} sej/a, 占总投入能值的 67.14%。不可更新的工业辅助能值投入总量为 2.11×10^{22} sej/a, 占辅助能投入的 41.05%。其中化肥能值投入占工业辅助能值投入总量的 70.70%, 居于首位; 农业机械辅助能值投入占工业辅助能投入的 6.78%, 工业能值中化肥、农电、燃油和农机投入分别相当于全国平均水平的 62%、36.12%、20.3%和 36.3%^[5,6]。由于生境的破碎化及坡耕地比例较大, 使农业机械的使用受到了限制。

有机辅助能投入总量为 3.03×10^{22} sej/a, 占辅助能投入的 59.95%。其中人力能值投入占有能投入的 45.22%, 表明人力仍然是甘肃农业生态系统的重要动力, 尚未摆脱以劳动密集型为主的传统封闭式农业生产的格局^[9]。

2.2 甘肃农业生态经济系统的能值产出结构

甘肃农业生态经济系统产出总能值 6.48×10^{22} sej(表 2), 其中农、林、畜产品及渔产品产出能值分别为 3.82×10^{22} sej, 9.97×10^{21} sej, 1.66×10^{22} sej

及 1.33×10^{20} , 分别占总产出能值的 58.95%, 15.39%, 25.62% 和 0.21%, 人均产出能值为 2.46×10^{15} sej/人, 略高于全国 2.0×10^{15} sej/人(1995) 水平^[6]。

在农产品产出能值中, 小麦占 19.82%, 其次为油料作物, 占 15.00%, 豆类、玉米、谷物、水果、蔬菜

及副产品分别占 12.62%、11.28%、10.42%、7.43%、2.16% 及 23.5%。农作物中能值产出比例与其种植面积不成比例。小麦的种植面积占到耕地面积的 56.85%, 玉米占 35.74%。畜产品的产出能值中肉类能值占 59.40%, 其次为蛋类。

表2 甘肃农业生态经济系统产出能值(2004年)

Table 2 Output energy of agricultural ecological-economic systems in Gansu(2004)

| 项目 Item | 原始数据 Original data (J 或 g) | 能值转换率 Emergy transform (sej/J 或 sej/g) | 太阳能值 Solar emergy (sej/a) | 宏观经济价值 Emdollars value (Em/\$) |
|-----------------------------|----------------------------------|--|---------------------------------|--------------------------------------|
| 小麦 Wheat | 1.11×10^{17} | 6.80×10^4 | 7.57×10^{21} | 8.76×10^8 |
| 玉米 Corn | 7.42×10^{16} | 5.81×10^4 | 4.31×10^{21} | 4.99×10^8 |
| 豆类 Beans | 6.98×10^{15} | 6.90×10^5 | 4.82×10^{21} | 5.58×10^8 |
| 薯类 Tubers | 4.15×10^{16} | 2.70×10^3 | 1.12×10^{20} | 1.30×10^7 |
| 谷物 Cereal | 1.11×10^{16} | 3.59×10^4 | 3.98×10^{21} | 4.61×10^8 |
| 油料 Oil-bearing crops | 8.31×10^{15} | 6.90×10^5 | 5.73×10^{21} | 6.63×10^8 |
| 蔬菜 Vegetable | 3.23×10^{16} | 2.70×10^4 | 0.872×10^{21} | 1.01×10^8 |
| 水果 Fruits | 5.36×10^{15} | 5.30×10^5 | 2.84×10^{21} | 3.29×10^8 |
| 甜菜 Beetroots | 1.26×10^{15} | 8.49×10^4 | 1.07×10^{20} | 1.24×10^7 |
| 棉花 Cotton | 6.21×10^{14} | 1.90×10^6 | 1.18×10^{21} | 1.37×10^8 |
| 副产品 Byproducts | 5.76×10^9 | 1.20×10^{12} | 6.72×10^{21} | 7.78×10^8 |
| 种植业 The plantation industry | | | 3.82×10^{22} | 4.42×10^9 |
| 林产品 Wood productions | 2.86×10^{17} | 3.49×10^4 | 9.97×10^{21} | 1.15×10^9 |
| 林业 Forestry | | | 9.97×10^{21} | 1.15×10^9 |
| 畜产品 Livestock productions | | | | |
| 肉类 Meats | 3.11×10^{15} J | 3.17×10^6 | 9.86×10^{21} | 1.14×10^9 |
| 蛋类 Eggs | 1.43×10^{15} J | 2.00×10^6 | 2.85×10^{21} | 3.30×10^8 |
| 毛类 Wool | 3.48×10^{14} J | 4.40×10^6 | 1.53×10^{21} | 1.77×10^8 |
| 奶类 Milks | 1.39×10^{15} J | 1.70×10^6 | 2.36×10^{21} | 2.73×10^8 |
| 牧业 Livestock | | | 1.66×10^{22} | 1.92×10^9 |
| 水产品 Fishing productions | 6.69×10^{13} J | 2.00×10^6 | 1.33×10^{20} | 1.54×10^7 |
| 总产出能值 Total output emergy | | | 6.48×10^{22} | 7.50×10^9 |

2.3 甘肃农业生态经济系统发展水平

甘肃农业生态经济系统 2004 年总能值用量低于西藏、新疆、江苏、浙江等省, 与泰国相当。净能值产出率为 1.26, 高于日本(1.08) 和意大利(1.12)^[4], 与海南(1.27)相当^[10]。表明系统向外输出的能值量较大, 是资源输出型生态经济系统。在总能值用量中, 不可更新资源能值占 81.11%, 可更新资源能值占 21.16%, 说明对于不可更新资源开发强度过大, 可更新资源的利用能力较小。该地区的能值自给率为 28.63%, 接近海南(30%), 但远高于发达国家或地区, 这也说明了该区农业经济水平不高, 农业生态经济系统的封闭性较强。

能值密度为 1.68×10^{11} sej/m², 低于全国平均

水平(1.32×10^{11} sej/m²)。与江苏、浙江等沿海发达地区持平, 但能值密度却远低于这些地区^[6]。辅助能值使用量比为 67.28%。中国农业生态经济系统为 87.37%, 海南为 70%, 广东为 83.64%。能值自给率为 32.86%, 高于国内各省及其他国家和地区。一方面说明甘肃省自然资源相对丰富, 经济发展的资源基础相对雄厚, 同时由于对本地资源的过分依赖, 加之购买能值投入的严重不足, 导致自然资源得不到有效利用, 经济发展程度不高, 是一种高资源消耗型经济发展模式。人均能值用量为 2.94×10^{15} sej/人, 低于世界平均水平 3.90×10^{15} sej/人, 和中国 1996 年水平(4.38×10^{15} sej/人), 远远低于其他发达国家和地区^[6]。虽然能值总量的绝对值不小,

但由于人口众多,人均能值用量较低,为人均能值贫乏地区。能值投入率为 2.05, 低于意大利 8.52 (1989 年)和广东 6.05(1997 年)^[4]等发达国家和地区。

能值/GDP 比率为 11.88×10^{12} sej/\$, 远高于沿海发达地区省份如江苏(3.02×10^{12} sej/\$)和浙江(2.82×10^{12} sej/\$)。而同期的美国、德国、日本、

意大利、荷兰等国比率均在 2.50×10^{12} sej 以下。环境承载力为 6.08, 相对低于高外部能值投入的日本(14.49)和意大利(10.43)^[4], 以及浙江(11.25)和江苏(23.16)^[6], 但高于世界平均水平(1.15)^[4]和中国平均水平(2.08)^[6]。说明甘肃省的科技发展水平与沿海发达省份还存在一定差距。

表 3 甘肃省农业生态经济系统能值指标汇总(2004 年)
Table 3 Emergy indices of Gansu ecological-economic systems(2004 年)

| 指标名称 Index | 表达式 Expression | 数值 Quantity |
|---|------------------|--|
| 可更新资源能值 Renewable emergy flow | R | 1.08×10^{22} sej/a |
| 不可更新资源能值 Nonrenewable emergy flow | N | 1.43×10^{22} sej/a |
| 环境资源总投入 Total environmental input | $I = R + N$ | 2.51×10^{22} sej/a |
| 不可更新工业辅助能 Nonrenewable purchased supplemental emergy flow input | F | 2.11×10^{22} sej/a |
| 可更新有机能 Renewable emergy flow | R_1 | 3.03×10^{22} |
| 总辅助能投入 Total supplemental emergy flow input | $U = F + R_1$ | 5.14×10^{22} |
| 总能值投入量 Total emergy input | $T = I + U$ | 7.64×10^{22} sej/a |
| 总能值产出 Emergy output | Y | 6.48×10^{22} |
| 能值自给率 Emergy self-sufficiency | $ESR = I / T$ | 32.08 % |
| 能值投入率 Emergy investment ratio | U / I | 2.05 |
| 工业辅助能值比率 Purchased emergy contribution ratio | F / T | 0.28 sej/a |
| 有机辅助能值比率 Organic emergy contribution ratio | R_1 / T | 0.40 |
| 购买能值比率 Buy emergy ratio | U / T | 0.67 |
| 净能值产出率 Emergy output ratio | Y / U | 1.26 |
| 不可更新资源能值/总能值用量 Fraction of use nonrenewable | N / U | 0.28 |
| 能值密度 Emergy density | $T / \text{面积}$ | 1.68×10^{11} sej/m ² |
| 人均能值用量 Emergy per person | $T / \text{人口}$ | 2.94×10^{15} sej/人 |
| 能值货币比率 Emergy-money ratio | T / GDP | 1.19×10^{13} |
| 环境负荷率 Emergy loading ratio, ELR | $(U + N) / R$ | 6.08 |

表 4 甘肃省能值分析指标与部分国家和地区比较
Table 4 Comparisons indices based on emergy analysis in Gansu and other countries and regions

| 指标 Index | 甘肃 Gansu | 新疆 Xinjiang | 浙江 Zhejiang | 江苏 Jiangsu | 海南 Hainan | 中国 China | 日本 Japan | 泰国 Thailand |
|--|----------|-------------|-------------|------------|-----------|----------|----------|-------------|
| 总能值用量(10^{20} sej) Total emergy | 764 | 2691 | 2104 | 3183 | 102.73 | 71900 | 15300 | 15900 |
| 能值自给率(%) Emergy self-sufficiency ratio | 32.86 | 94.00 | 84.5 | 76.10 | 80.0 | 98.00 | 6.50 | 70.00 |
| 人均能值(10^{15} sej/人) Emergy per person | 2.94 | 11.7 | 4.5 | 4.28 | 5.3 | 4.38 | 12.64 | 3.18 |
| 能值密度(10^{11} sej/m ²) Emergy density | 1.68 | 1.25 | 20.2 | 30.6 | 11.41 | 1.32 | 41.09 | 2.15 |
| 能值投入率 Emergy input ratio | 2.08 | 2.14 | 4.56 | 6.05 | 2.33 | | 8.52 | 2.56 |
| 能值产出率 Emergy output ratio | 1.26 | 1.32 | 1.04 | 0.98 | 1.27 | 0.75 | 1.08 | 1.34 |
| 能值货币比率(10^{12} sej/\$) Emergy money ratio | 11.88 | 14.7 | 2.82 | 3.02 | 2.33 | 6.45 | 2.14 | 3.52 |
| 环境负荷率 Emergy loading ratio | 6.08 | 5.23 | 11.25 | 23.16 | 2.44 | 2.80 | 14.49 | 3.47 |

畜产品的宏观经济价值大于农产品和林产品的宏观经济价值,即并不是需要大量劳力能值投入的种植业与果林系统其宏观经济价值就大。畜牧业亚系统在产出的宏观经济价值中占了相当的比重。但实际上该区2004年的农、林、牧业产值分别为 1.18×10^8 元、 3.43×10^7 万元和 3.99×10^7 万元。

以上分析可知,甘肃目前的农业生态经济系统仍属于资源消耗型,且资源基础立足于区内,这说明该区经济对于外部的依赖性低,农业经济发展的资源基础较为雄厚。但由于人口众多,人均占有纯能值量较低,且生产和管理过程的科技含量较低,系统对环境的压力较大,严重制约农业的可持续发展。

3 甘肃农业生态经济系统可持续发展对策

3.1 增加系统投入,提高农业生产系统能值产出

农业生态经济系统的能值投入率为2.05,低于1998年中国农业系统的能值投入率(4.93)^[6],而环境资源能值与总投入能值比率为0.32(1998年中国农业系统为0.13^[7]),能值产出率为1.26。低能值投入率与低能值产出率的同时出现,反映了甘肃农业生产中一方面辅助能值有效投入不足,另一方面该有限投入产出效益偏低^[11]。较少的辅助能值投入,在一定程度上降低了农业生产成本,其产品本应凭较低的市场价格而具竞争力,但系统要素相互关联与作用的结果却使得该系统周围免费自然资源因为有效投入较少而不能被充分利用,达不到最佳利用效率,导致产出率偏低,反而影响了经济效益发挥,低产出抵消了低投入带来的生产成本降低。应采取相应措施保证必要的生产投入,提高能值投入率,以提高系统净能值产出水平。

3.2 保护不可更新环境资源,提高可更新环境资源利用率

甘肃省土壤侵蚀面积 3.89×10^5 km²,年输入江河泥沙 6.44×10^8 t,坡耕地每年流失耕作表土60~1208 t/(km²·a),流失速度超过成土速度的5~10倍。在总能值中,表土流失能值 1.43×10^{22} sej,占总能值用量的18.72%,流失的表土能值约等于当年施用的化肥能值(15.03×10^{18} sej)。正是由于表土有机质和营养元素的大量流失,成为制约系统可持续发展的关键因素。应配合国家“退耕还林还草”政策的实施,在搞好基本农田建设基础上,逐步实现现有坡耕地的退耕还林草工程。大力推广国内外业已成熟的复合生态农业技术,因地制宜采取合适的生物措施、工程措施与具体的耕作措施,做到既有效

控制水土流失、保证一定的农业生产,同时又提高生态和经济效益^[12,13]。

3.3 优化辅助能值投入结构,提高农业生态经济效益

从农业生产中工业辅助能值及有机辅助能值在总投入能值中所占比重分别为24.71%和41.47%,以及它们在总辅助能值中46%和54%的比重可以看出,辅助能值投入中有机能值高于工业辅助能值,这与该系统目前的生产水平相符。化肥、农药的使用量和农业机械化水平较低,农业机械总动力为2.25 kw/hm²,相当于全国的35.42%,纯化肥使用量163.4 kg/hm²,为全国的23.63%。因而应在一定限度内扩大工业辅助能值投入。尽管化肥投入已占工业辅助能主导,但基于其农业增产效应远未达到报酬递减点^[10,11],在不超出当地环境容纳能力前提下,增施化肥在一段时间内仍是甘肃提高农业产出行之有效的方法。同时,大力引进先进生产技术,推广地膜覆盖,提高机械化水平,实现农业现代化。通过推广良种、减少种子用量、以及推广秸秆还田,提高人畜粪尿利用率、化肥与有机肥配合使用等改变有机能值的投入结构^[12~14]。

3.4 调整土地利用结构,实现土地资源的优化配置

该区水土流失问题的核心是土地资源的非理性配置,农耕地随处发展,荒山的垦殖率达40%~50%。农林牧三元结构中林牧业极端薄弱,比例严重失调。因此,调整产业结构,发展优质产品,实施产业化经营,是该区加长产业链、改善生态环境、增加农民收入的惟一选择,也是实现经济效益和生态效益双赢的关键。根据其自然社会经济状况,调整优化农业结构在总体思路上应突出农、牧、草(林)全面发展;在行业建设上应突出农、经、饲三元结构;在具体做法上应突出草灌先行;在技术选择上应突出高新技术^[13,15]。

3.5 调整产业与产品结构,提高系统效率

农、林、畜、渔产品产出能值分别占总产出能值的58.95%,15.39%,25.62%和0.21%。农、林、牧、渔产值比重为67.38%、23.53%、6.54%和0.50%。农业产品除了满足农民自身的生活需要外,大部分农产品以初级产品的形式流向市场,二次升值少,未能真正形成产业,且多种经营内部结构也不尽合理,农产品的加工流通力度相对滞后,市场占有率不高,致使农业生产缺乏后劲。甘肃林业的发展应在追求生态效益的同时,尽可能发展特色林业,提高经济效益,南部以花椒为主,果、药林为辅;中东部以抗旱性强的仁用杏为主;河西以果用、酒用葡萄和小红枣为主^[14,15]。畜牧业内部结构以役畜饲养

为主,畜牧业发展结构不合理。由于信息闭塞,缺乏市场预测系统,畜牧业仍承受着自然灾害和市场波动的双重风险,常常处于盲目发展的被动局面,难以适应市场经济发展的客观需求。同时,畜牧业扩大再生产能力不高,其产品难以支撑轻工业的发展,是农村经济支柱产业中的弱质产业。应降低役畜比重,进一步发展草食肉畜,提高商品率。

3.6 优化种植业结构,提高种植业系统的能值产出

首先要优化调整现有农作物品种结构,发展淀粉原料、油料、豆类、糖料、酒用原料、优质瓜菜、中药材等具有高太阳能值和区域特色经济作物;其次要因地制宜调整种植制度,扩大粮饲两用玉米的播种面积,将其纳入轮作复种之列,大力发展舍养畜牧业,将玉米转化为能量品质更高的肉奶等产品;再者,扩大豆类等高蛋白饲料作物面积,同时发展深加工技术,延长产业链,充分利用各种饼粕资源解决蛋白饲料来源,尤其是优质蛋白饲料紧缺的矛盾,并将加工过程中的经济利益更多反馈给当地农民;适当压缩口粮型粮播面积,增大食品加工专用粮、特色杂粮(豆)、加工型薯类的种植比例^[14, 15]。

3.7 水资源开发与节水技术应用相结合,实现有限水资源的优化配置

雨水资源化,发展集流农业、实施高效集雨节灌(补灌)工程是解决甘肃生态环境建设和农业可持续发展的水资源瓶颈问题的根本途径。在河西全力推行常规节水技术,降低用水定额。在河东继续推行雨水集流工程,通过调节集蓄天然降水解决水资源的时空错位问题,实现水资源的就地入渗和拦蓄利用^[15]。通过增加有机肥料等改良土壤结构、在坡地上修建水平梯田、利用耕作、栽培措施,提高土壤蓄水。通过改革耕作制度,对土壤少耕、免耕,进行残茬和秸秆覆盖,防止蒸发等无效损失量,以蓄积水分。通过强化作物对土壤水分的吸收、选择水分转化率高,利用率强,适应降水规律的作物和品种、使用抗旱剂等以提高作物对水分的利用率。健全灌溉工程系统,改进地面灌溉,推广节水微灌技术、有限灌溉技术等以提高灌水效率^[15~17]。

3.8 建立优化、配套的农业技术体系

在发达地区,农业产值的增长有 60%~80%来自新科技的应用,而甘肃农业科技进步的贡献率仅为 30%。因此,甘肃农业能值的投入重点应集中于加大科技成分的投入,促进科技在农业生产中的推广和应用^[18]。注重农业的整体性和生态合理性,促进物质和能量的良性循环,把传统农业技术的精华与现代高新技术结合起来,建立优化、配套的农业技

术科教体系,促进农业增长方式由粗放型向集约型和效益型转变。

3.9 减轻人口压力,提高劳动者的科技素质

甘肃经济落后,还有相当数量的贫困人口,贫困又刺激了人口的低质量增长,从而对资源环境造成沉重压力,导致贫困与生态退化在人口压力下的恶性循环。因此,必须实施反贫困战略,加大扶贫力度,改进扶贫方法,发展农村经济。要实现人口与资源承载、环境容量、经济发展相协调的目标,控制人口数量显得尤为迫切。同时,提高人口素质,积极推进农村工业化和小城镇建设,使劳动生产率提高和人力资本增值空间不断扩大,以便把目前超载的人口较好的消化掉,在一定程度上扭转人口与资源、环境之间不协调的矛盾。

参考文献:

- [1] 伍光和,江存远.甘肃省综合自然区划[M].兰州:甘肃科学技术出版社,1998.37-64.
- [2] 甘肃省统计局.甘肃省 1986~2003 年统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,1987~2003.
- [3] 甘肃省统计局.甘肃省 1987~2003 年农业年鉴[M].北京:中国统计出版社,1987~2003.
- [4] 蓝盛芳,钦佩.生态系统的能值分析[J].应用生态学报,2001,12(1):129-131.
- [5] 严茂超,李海涛,程鸿,等.中国农林牧渔业主要产品的能值分析与评估[J].北京林业大学学报,2001,23(6):66-69.
- [6] 李双成,傅小锋,郑度.中国经济持续发展水平的能值分析[J].自然资源学报,2001,16(4):297-304.
- [7] Odum H T. Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making[M]. New York: John Wiley & Sons, 1996.320-370.
- [8] Brown M T, Herendeen R A. Embodied emergy analysis and emergy analysis: a comparative view[J]. Ecol Econ, 1996, 19: 219-325.
- [9] 陈东景,徐中民.干旱区农业生态经济系统的能值分析——以黑河流域中游张掖地区为例[J].冰川冻土,2002,24(4):374-379.
- [10] 张耀辉,蓝盛芳.海南省资源环境与可持续发展的能值分析[J].生态科学,1998,17(2):121-122.
- [11] 赵晟,李自珍.甘肃省生态经济系统的能值分析[J].西北植物学报,2004,24(3):464-470.
- [12] 张志强,陈国栋.论西北地区生态环境建设问题与战略[J].干旱区地理,2001,24(3):243-230.
- [13] 赵雪雁,巴建军.甘肃黄土高原区生态建设与可持续农业发展对策[J].干旱区地理,2002,25(4):346-349.
- [14] 邓振镛,张强,韩永翔,等.甘肃省农业种植结构影响因素及调整原则[J].干旱地区农业研究,2006,24(3):196-201.
- [15] 张希彪,姜双林,上官周平,等.泾河流域生态建设与可持续农业发展对策[J].干旱地区农业研究,2006,24(3):138-142.

- [16] 董安祥,陈昌毓,郝惠玲.甘肃黄土高原农业水分条件研究[J].干旱区地理,1999,22(4):8-15.
- [17] 武福学.甘肃省集雨节水生产模式研究[J].干旱地区农业研

究,2005,23(5):167-171.

- [18] 张希彪.泾河流域农业生态经济系统的能值研究[J].干旱地区农业研究,2005,23(5):126-130.

Energy based analysis of developmental situation and countermeasures for sustainable development of agricultural eco-economic systems of Gansu

ZHANG Xi-biao^{1,2}

(1. Longdong University, Qingyang, Gansu 745000, China; 2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on the theory of energy analysis, this article investigates quantitatively the energy flow of agricultural eco-economic systems in Gansu Province. Through the research, following results and suggestions are presented: (1) The energy self-sufficiency ratio of Gansu is 99.27%. It means that Gansu agricultural eco-economic systems rely mainly on the local resources. The Gansu agricultural eco-economic systems are not open and sustainable. On the other hand, there is a great potentiality to develop the resources of Gansu. So, attraction of more foreign energy is a very important tactic to the sustainable development of Gansu. (2) The energy density is much lower, which shows that Gansu is an agricultural area. Unrenewable resources amount for 81.11% of its total energy use, which shows that agricultural eco-economic systems development is mostly depended on the contribution of raw materials. So Gansu should speed up to develop knowledge concentrated industry for future sustainable development. (3) Net loss of top soil energy is 1.43×10^{22} sej. It is 18.72% of total energy use of Gansu, which shows that soil loss is a very important problem in Gansu Province. It is a key factor for the further development of agriculture, forestry and animal husbandry in Gansu Province. So the projects of returning farmland to forest (grassland), protecting natural forest, and controlling desertification are effective ways.

Keywords: energy; agricultural eco-economic system; sustainable development; Gansu Province

(上接第 154 页)

Effect of Cd²⁺ on physiological characteristics of alfalfa

HAN Duo-hong¹, MENG Hong-mei¹, WANG Jin², MA Guo-tai¹, LI Cai-xia¹, ZHANG Fen-qin^{1*}

(1. Biology Department, Hexi University, Zhangye, Gansu 734000, China;

2. Plant Science Department, Hexi University, Zhangye, Gansu 734000, China)

Abstract: With an experiment, the effect of Cd²⁺ for 0~5 mg/L on physiological characteristics of alfalfa varieties Algonquin and Xinjiangdaye was studied. The results show that the Cd²⁺ treatment at lower concentration and at higher concentration can decrease the germination rates and the germination vigor, the middle Cd²⁺ treatment can increase the germination rates and the germination vigor. It is shown that "decreasing-increasing-decreasing". With the Cd²⁺ treatment increasing, the germination index and vitality index were decreasing, hypocotyl length, root length, shoot length, fresh weight on and under ground were decreasing. With the Cd²⁺ treatment increasing, proline contents, permeability of plasmalemma and MDA contents were increasing. With the same Cd²⁺ treatment, proline contents: Xinjiangdaye is higher than Algonquin; permeability of plasmalemma: Xinjiangdaye is lower than Algonquin; MDA contents: Xinjiangdaye is lower than Algonquin. The experiment may suggest that Algonquin is stronger to resist against Cd²⁺ stress than Xinjiangdaye.

Keywords: Cd²⁺ treatment; alfalfa; Algonquin; Xinjiangdaye; seed germination