

黄土丘陵区典型县域农业生态安全综合评价

——以延安市宝塔区和安塞县为例

肖薇薇^{1,3}, 谢永生^{2,3}, 王继军^{2,3}

(1. 安康学院 化学与生命科学系, 陕西 安康 725000;

2. 西安理工大学, 陕西 西安 710048; 3. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 黄土丘陵区是一个特定的生态环境脆弱区, 对这个地区的生态安全评价显的尤为重要。采用层次分析法研究建立了黄土丘陵区农业生态安全综合评价指标体系, 并以延安市宝塔区和安塞县为典型区, 利用数学模型计算出这 2 个区域的农业生态安全指数, 以此表征黄土丘陵区的农业生态安全现状, 并针对此区域的生态安全问题提出相关建议。

关键词: 黄土丘陵区; 农业生态安全; 综合评价

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)04-0075-05

中图分类号: S181, X826

Comprehensive Assessment on Agricultural Ecological Security of Typical County in the Loess Hilly Region

—A Case Study of Baota District and Ansai County

XIAO Weiwei^{1,3}, XIE Yongsheng^{2,3}, WANG Jijun^{2,3}

(1. Ankang College, Ankang, Shaanxi 725000, China; 2. Xi'an University of Technology,

Xi'an, Shaanxi 710048, China; 3. Institute of Soil and Water Conservation,

Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The loess hilly region is a specific and fragile zone of ecological environment. An evaluation of ecological security is particularly important to the agricultural development in the region. By using hierarchical analysis process, an indicator system is set up to assess the agricultural ecological security of typical county in the region. By taking Baota District in Yan'an City and Ansai County for an example, a mathematical model is used to calculate the index of agricultural ecological security in the two places and then the index is used to characterize agricultural ecological security status in the loess hilly region. Finally, in view of the ecological safety problems of this region, some recommendations are given.

Keywords: loess hilly region; agricultural ecological security; comprehensive assessment

黄土丘陵区是中国乃至全球水土流失最为严重的地区之一, 是黄土高原面积最大最具典型性的地貌类型区, 主要包括陕北、晋西北、宁南、陇中等地, 面积辽阔, 区内千沟万壑, 地形复杂, 干旱少雨, 植被稀疏, 自然灾害频繁, 生态与环境退化严重, 人民生活困苦, 属典型的生态脆弱区。在西部大开发的政策背景下, 加快黄土丘陵沟壑区生态建设, 合理开发和利用区域内土地资源, 尽快提高人民生活水平, “再造一个山川秀美的西部地区” 已经成为迫切需要解决的重大课题。在大力发展黄土丘陵区生产力的同时, 生态安全问题也凸显出来。虽然前人对生态安全已经做了很

多研究, 可是对于黄土丘陵区这个特定的、脆弱地区的生态安全评价的研究还不多, 也还有很多问题没有解决。比如没有系统的评价体系, 也没有一个成熟的评价方法。本文针对黄土丘陵地区提出了一个系统的农业生态安全评价体系以及一套系统的计算方法。

1 评价指标体系建立及权重确定

农业生态安全指某一地域农业赖以生存和发展的生态与环境处于少受或不受生态条件及其变化的破坏、胁迫、损坏的状态, 在这种状态下农业生态系统

收稿日期: 2008-01-02

修回日期: 2008-06-02

资助项目: 中国科学院水利部水土保持研究所领域前沿科研专项(SW05102); 中国科学院方向性项目(CASN115-06-04)

作者简介: 肖薇薇(1983—), 女(汉族), 陕西省安康市人, 硕士, 安康学院教师, 主要从事土地资源评价与土地生态的研究。E-mail: xiaoweis-mil@126.com。

作者简介: 谢永生(1960—), 男(汉族), 河南省开封市人, 博士, 研究员, 主要从事土地资源评价与土地生态研究。E-mail: vsxie@ms.iswc.ac.cn。

的资源充足,功能健全和结构完善,整个系统能达到协调、健康及均衡地可持续发展^[1]。农业生态安全指标涉及多个领域,因此建立该系统指标体系时要充分考虑评价的全面性和数据获得的难易程度。

本研究遵循指标选取的可行性、整体性和地域性原则,采用层次分析法^[2],综合考虑黄土丘陵区地理特征与农业发展状况以及影响其农业生态安全的自然、经济和社会条件诸因素,从系统状态、系统压力、系统响应三方面选取指标,建立了黄土丘陵区农业生态

安全评价指标体系(见图 1)。在征求农业、环境保护及经济等领域有关专家、学者意见的基础上^[1],根据层次分析法原理和方法计算出黄土丘陵区农业生态安全评价指标权重(W_{ai} ,见表 1)。生态安全评价的目的是了解一个地区的生态安全状况,从而为生态安全治理提供必要依据,因此可立足安全,使用生态安全等级指数说明其安全性程度。计算结果表明,该总排序符合一致性要求,其各因素所得权重也符合评价要求。

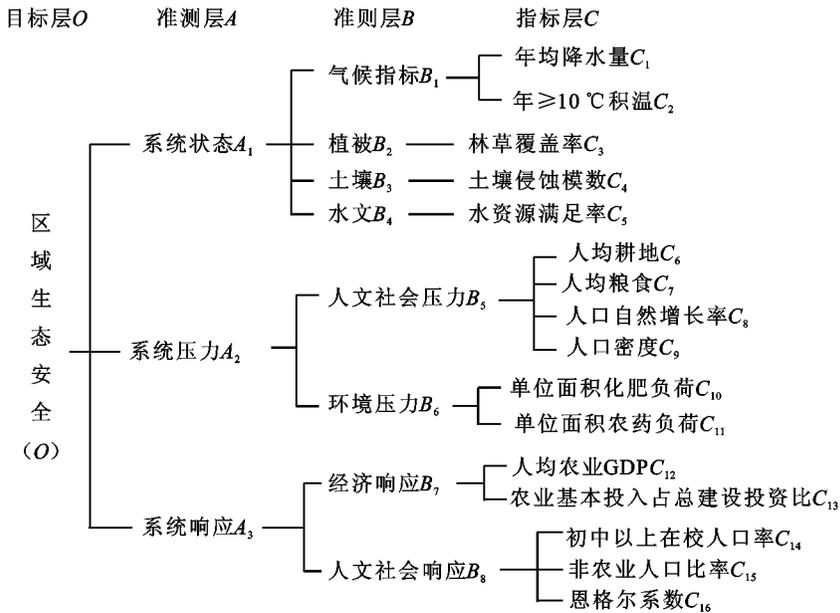


图 1 黄土丘陵区农业生态安全评价指标体系及层次结构

表 1 黄土丘陵区农业生态安全指标权重

| 层次 | A ₁ | A ₂ | A ₃ | C 层次总排序权重 |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------|
| C ₁ | 0.482 | | 0.193 | 0.187 498 |
| C ₂ | 0.167 | | | 0.080 494 |
| C ₃ | 0.200 | | | 0.096 400 |
| C ₄ | 0.114 | | | 0.054 948 |
| C ₅ | 0.130 | | | 0.062 660 |
| C ₆ | | 0.235 | | 0.076 375 |
| C ₇ | | 0.254 | | 0.082 550 |
| C ₈ | | 0.134 | | 0.043 550 |
| C ₉ | | 0.155 | | 0.050 375 |
| C ₁₀ | | 0.116 | | 0.037 700 |
| C ₁₁ | | 0.106 | | 0.034 450 |
| C ₁₂ | | | 0.357 | 0.068 901 |
| C ₁₃ | | | 0.234 | 0.045 162 |
| C ₁₄ | | | 0.190 | 0.036 670 |
| C ₁₅ | | | 0.124 | 0.023 932 |
| C ₁₆ | | | 0.095 | 0.018 335 |

注: $C_R = (0.482 * 0.026121867 + 0.325 * 0.070424804 + 0.193$

$* 0.05359278) / (0.482 * 1.12 + 0.325 * 1.24 + 0.193 * 1.12) =$

$0.039536 < 0.1$ 。

2 实例研究

本研究将宝塔区和安塞县确定为研究区域。延安市宝塔区,地处陕西省北部,黄土高原中部,位于东经 $109^{\circ}14'10''$ — $110^{\circ}05'43''$ 之间。北依延川、子长,南接甘泉、富县、宜川,东临延长,西临安塞县。属典型的黄土丘陵沟壑区,加之长期以来人为高强度开发与破坏,区域水土流失严重,生态与环境十分脆弱。宝塔区一直是黄土丘陵生态建设的重点地区^[3]。

安塞县地处西北内陆黄土高原腹地,鄂尔多斯盆地边缘,位于陕西省北部,延安市正北,西毗志丹县,北靠榆林市靖边县,东接子长县,南与甘泉县、宝塔区相连,东经 $108^{\circ}5'44''$ — $109^{\circ}26'18''$,北纬 $36^{\circ}30'45''$ — $37^{\circ}19'3''$,属典型的黄土高原丘陵沟壑区^[4]。

2.1 研究区指标数据的获取

评价指标体系中各类代表性指标的原始数据来源于《安塞统计年鉴》(1985—2004年),《延安统计年鉴》(1985—2004年)和《安塞十五规划》等资料。在

对指标数据进行统一量纲处理上, 我们确定了一系列标度值, 通过对指标数据的每个范围打分将其归一化。评价标准的制定要能反映生态与环境污染与人类社会生存的政治、经济、技术等方面的综合关系, 评价指标等级的划分及其标准与尺度根据具体情况有所不同。上限值的确定依据国内先进水平值和区域2010年社会经济发展规划指标制定, 下限值则参考国内的平均水平值后确定, 对生态与环境等级标准的确定, 根据国家、行业与国际的标准及区域生态与环境的背景与本底值, 类比标准以及生态效应程度等。社会经济方面的等级标准参照全国平均水平、全省平均水平、发达地区水平、国际通行标准等。

在设计指标体系判断标准过程中, 采用了专家评判和资料统计分析的方法, 有些指标标准则在听取地方相关部门的建议后经修订确立, 其主要目的在于对区域的可持续发展状态进行纵向与横向比较和衡量。需要强调的是, 由于评价标准的相对性与模糊性, 在此基础上所得出的指数值大小并不能充分说明区域发展的绝对水平。指标原始数据及处理过程详见表2—3。

2.2 农业生态安全评价结果及分析

生态安全的评价是一项艰巨而复杂的工作, 所以在咨询专家综合分析后, 采用“农业生态安全等级指数 U ”来对黄土高原丘陵区农业生态安全度进行评价。“农业生态安全等级指数” U 的定义为: 某一评价单元上的各种评价因素对农业生态安全等级的影响总和。综合评价模型为

$$U = \sum_{i=1}^{16} W_i \times P(C_i)$$

式中: U ——农业生态安全等级指数; W_i ——指标权重; $P(C_i)$ ——赋值。指数越大, 表明区域的农业生态安全等级越优良。

(1) 从时间序列上来看, 在1985年, 1990年和1995年, 安塞县和宝塔区都处于中下级安全水平, 而且安全指数相差不多, 这些年发展缓慢与当年的资金不足以及科技水平偏低有一定关系。随着经济和科学技术的发展, 以及国家退耕还林政策的推行, 从2000年开始向良好级别发展, 到2004年为止, 这2个地区已经进入良好的级别。由此可见, 从2000年以后对于这2个区域的生态安全治理和发展还是很有成效的(表4—5)。

表2 生态安全评价指标原始值

| | 1985 | | 1990 | | 1995 | | 2000 | | 2004 | |
|--|---------|---------|---------|--------|---------|---------|-----------|---------|----------|--------|
| | 安塞 | 宝塔 | 安塞 | 宝塔 | 安塞 | 宝塔 | 安塞 | 宝塔 | 安塞 | 宝塔 |
| 年均降水量/mm | 499.33 | 507.08 | 522.25 | 464.75 | 323.17 | 300.58 | 275.75 | 351.1 | 425.5 | 478 |
| 年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温/ $^{\circ}\text{C}$ | 2 972.8 | 2 753.7 | 2 810.6 | 3 075 | 3 481.3 | 3 631.5 | 3 915.194 | 3 361.2 | 3 294.3 | 3 021 |
| 林草覆盖率/% | 27.97 | 30 | 32.1 | 36.7 | 31.67 | 46.7 | 42.82 | 54 | 53.2 | 56.8 |
| 土壤侵蚀模数/ ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) | 12 500 | 7 245 | 6 355 | 5 436 | 2 503 | 4 500 | 2 201 | 1 058 | 1 700 | 964 |
| 水资源满足率/% | 0.85 | 8.70 | 3.68 | 13.31 | 5.64 | 10.49 | 5.90 | 8.43 | 2.30 | 38.24 |
| 人均耕地($\text{hm}^2/\text{人}$) | 0.23 | 0.14 | 0.2 | 0.11 | 0.197 | 0.1 | 0.185 | 0.094 | 0.46 | 0.17 |
| 人均粮食($\text{kg}/\text{人}$) | 380 | 230 | 384 | 270 | 270 | 310 | 390 | 250 | 410 | 240 |
| 人口自然增长率/ $\%$ | 13.93 | 12.26 | 29.03 | 13.75 | 6.17 | 9.63 | 1.77 | 4.98 | 4.54 | 4.21 |
| 人口密度/($\text{人} \cdot \text{hm}^{-2}$) | 43 | 73.38 | 50 | 85.6 | 50 | 92.17 | 51 | 96 | 54 | 112 |
| 单位面积化肥负荷/ ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$) | 0.04 | 0.06 | 0.06 | 0.08 | 0.09 | 0.14 | 0.11 | 0.22 | 0.05 | 0.18 |
| 单位面积农药负荷/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) | 0 | 0 | 0.64 | 2.05 | 0.693 | 2.96 | 0.49 | 1.31 | 0.35 | 0.55 |
| 人均农业GDP(元/人) | 198.5 | 122.15 | 255.38 | 312.42 | 631 | 492.88 | 604.52 | 393.16 | 1 068.73 | 455.41 |
| 农业基本建设占 总投资比/% | 11.21 | 7.31 | 6.50 | 3.27 | 8.60 | 1.15 | 6.00 | 51.47 | 13.93 | 47.00 |
| 初中以上在校 人口率/% | 2.76 | 5.88 | 2.29 | 5.68 | 3.04 | 7.94 | 6.55 | 12.10 | 8.40 | 16.33 |
| 非农业人口比率/% | 7.09 | 33.38 | 6.76 | 37.36 | 8.53 | 39.75 | 9.50 | 40.95 | 11.39 | 47.42 |
| 恩格尔系数 | 0.78 | 0.55 | 0.54 | 0.48 | 0.54 | 0.52 | 0.56 | 0.3 | 0.45 | 0.30 |

表 3 农业生态安全综合评价指标赋值

| $P(C_i)$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--|--------------|----------------|----------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|------------|
| 年均降水量/mm | ≤ 200 | (200, 350) | (350, 500) | (500, 600) | (600, 700) | (700, 800) | (800, 900) | (900, 1000) | > 1000 |
| 年 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温/ $^\circ\text{C}$ | ≤ 2000 | (2000, 2500) | (2500, 3000) | (3000, 3500) | (3500, 4000) | (4000, 4250) | (4250, 4500) | (4500, 5000) | > 5000 |
| 林草覆盖率/% | ≤ 5 | (5, 10) | (10, 20) | (20, 30) | (30, 40) | (40, 45) | (45, 50) | (50, 60) | > 60 |
| 土壤侵蚀模数/ ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) | ≥ 20000 | (20000, 16000) | (16000, 12000) | (12000, 8000) | (8000, 6000) | (6000, 4000) | (4000, 2500) | (2500, 1000) | < 1000 |
| 水资源满足率/% | ≤ 5 | (5, 10) | (10, 20) | (20, 30) | (30, 40) | (40, 45) | (45, 50) | (50, 55) | > 55 |
| 人均耕地($\text{hm}^2/\text{人}$) | ≤ 0.025 | (0.025, 0.05) | (0.05, 0.075) | (0.075, 0.1) | (0.1, 0.125) | (0.125, 0.15) | (0.15, 0.175) | (0.175, 0.2) | > 0.2 |
| 人均粮食($\text{kg}/\text{人}$) | ≤ 200 | (200, 250) | (250, 300) | (300, 350) | (350, 400) | (400, 500) | (500, 550) | (550, 600) | > 600 |
| 人口自然增长率/% | ≥ 15 | (15, 10) | (10, 8) | (8, 6) | (6, 5) | (5, 4) | (4, 3) | (3, 2) | < 2 |
| 人口密度/($\text{人} \cdot \text{hm}^{-2}$) | ≥ 150 | (150, 120) | (120, 100) | (100, 80) | (80, 70) | (70, 60) | (60, 50) | (50, 40) | < 40 |
| 单位面积化肥 负荷/($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$) | > 0.4 | (0.4, 0.3) | (0.3, 0.25) | (0.25, 0.2) | (0.2, 0.15) | (0.15, 0.1) | (0.1, 0.05) | (0.05, 0) | 0 |
| 单位面积农药 负荷/($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) | > 5 | (5, 4) | (4, 3.5) | (3.5, 3) | (3, 2.5) | (2.5, 2) | (2, 1.5) | (1.5, 1) | ≤ 1 |
| 人均农业 GDP(元/人) | ≤ 200 | (200, 450) | (450, 700) | (700, 950) | (950, 1200) | (1200, 1450) | (1450, 1750) | (1750, 2000) | > 2000 |
| 农业基本建设占 总投资比/% | ≤ 5 | (5, 10) | (10, 15) | (15, 20) | (20, 25) | (25, 30) | (30, 35) | (35, 45) | > 45 |
| 初中以上在校人口率/% | ≤ 5 | (5, 10) | (10, 20) | (20, 30) | (30, 40) | (40, 45) | (45, 50) | (50, 55) | > 55 |
| 非农业人口比率/% | ≤ 10 | (10, 15) | (15, 20) | (20, 25) | (25, 30) | (30, 35) | (35, 40) | (40, 50) | > 50 |
| 恩格尔系数 | ≥ 0.8 | (0.8, 0.7) | (0.7, 0.6) | (0.6, 0.5) | (0.5, 0.4) | (0.4, 0.3) | (0.3, 0.2) | (0.2, 0.1) | ≤ 0.1 |

表 4 安塞县及宝塔区农业生态安全评价结果

| 项目 | 1985 | | 1990 | | 1995 | | 2000 | | 2004 | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 安塞 | 宝塔 |
| 评价结果 | 3.902 | 3.763 | 4.132 | 3.788 | 4.079 | 3.902 | 4.711 | 4.536 | 5.322 | 5.137 |

表 5 黄土丘陵区农业生态安全评价等级标准

| 等级 | 优 | 良 | 中 | 差 |
|----------|-----|-----|-----|-----|
| 数量评价(分值) | 9~7 | 7~5 | 5~3 | 3~0 |

(2) 从地域序列上来看,相比较一直都是安塞县的安全等级略高,这与安塞县一直以来的系统压力较小有关系。宝塔区一直以来人口压力大,人口密度大,单位化肥农药负荷严重,人均粮食不足,导致系统压力这个隐性因素指数增大。虽然宝塔区的系统响应和系统状态高于安塞县,但是系统压力作为潜在因素,更具有滞后性和不确定性,危险性更高,所以在综合运算后得出的综合评价结果是安塞县比宝塔区稍安全(图 2)。

(3) 虽然本文得出的结论是安塞县比宝塔区稍安全,但这 2 个区域始终处在一个等级。从长期发展来看,宝塔区的农业生态安全性将大于安塞县。随着商品经济的发展,本地粮食产量多少将不再和人均粮

食多少有必然联系。而且随生态农业的推广,化肥农药的使用将减少并被其它绿肥以及缓释肥替代;一定范围内的人口密度将不再对生态造成危机,对于人口密度的要求不再像以往那么严格。在经济方面,宝塔区 2005 年的生产总值为 123.94 亿元,而安塞县 2005 年生产总值仅为 13.66 亿元,在经济投入能力上的宝塔区更占优势。所以可以预测,在良好的系统状态和积极的系统响应条件下,再及时减小系统的压力,宝塔区的农业生态安全度将超过安塞县。

3 黄土丘陵区农业生态安全的主要问题

(1) 目前困扰黄土丘陵区农业生态安全的主要因素是人口素质低。虽然该区人口近年来自然增长率(4.375%)有所控制(近几年一直低于全国平均水平的 5.89%,也远低于西北 5 省平均水平的 8.38%,这在很大程度上减轻了生态与环境的人口压力),但该地区土地承载力水平远低于全国平均水平,而且劳

劳动者文化素质较低,农业生产方式落后,农村具有初中以上文化的劳动者平均仅为12%左右,在农业收入增长中的贡献率很小。

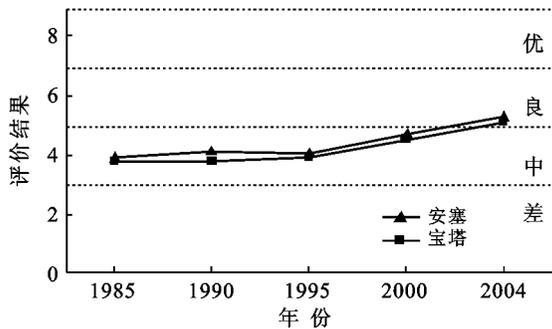


图2 农业生态安全最终评价结果

(2) 不合理的传统农业生产模式不利于土地生产潜力的提高,极大地限制了农业发展的后续能力。人均粮食占有量均低于全国平均水平,这反映了该地区粮食生产潜力不足,可能会由粮食引起危机。

(3) 大量不合理使用农用化学物品,使大量化肥有效养分和农药随土壤流失进入环境,加重水体和土壤污染,使农业生态与环境进一步恶化,加剧土地质量的退化。

(4) 农业基本建设投资和水利基本建设投资较少,水土流失面积大,影响了农业对自然灾害的抗灾能力。水资源满足率偏低,这也抑制了农业的健康发展。另外人均农业产值也很小,低于陕西省平均水平,说明此地区农业处于落后状态。

4 农业生态安全管理与生态建设对策

4.1 加强农业生态安全管理

利用生态学、经济学、社会学和管理学原理,对不同尺度的农业生态系统进行全方位的生态规划与生态管理,优化系统的结构和功能,保持农业生态系统的整体性、稳定性及其抗逆能力^[11],充分发挥农业生态系统的综合服务功能。

另外可以建立农业生态安全预警体系,在农业生态安全评价结果的基础上,揭示各生态扰动因子在不同时空上的综合性生态效应和生态风险的时空分布规律,阐明退化生态系统生态过程的内在动力学机制,确定不同生态功能区的最低安全阈值。建立区域生态安全预警数学模型,运用计算机仿真技术,构建区域生态安全预警系统,将预警应用到地方生态安全监测与评估。同时,利用3S技术、信息技术、专家系统技术,建立国家和地区农业生态安全管理信息系统与决策支持系统以及完善的预测与预警体系,为区域农业生态安全管理和环境政策制定提供科学依据。

4.2 大力提高人口素质

农民文化水平普遍较低,农村生产力落后。黄土丘陵区大部分人口是农业人口,所以要保障黄土丘陵区农业生态安全,必须大力提高人口素质,加大农业资源的开发力度。人力资本的积累及专业化知识是经济持续增长的永久源泉和动力,农村劳动力素质是提高农业可持续发展能力的潜在要素,是发展农业和农民增收不可替代的资源^[12]。

农业生态安全的本质是资源永续利用和环境健康发展,而人力资源是其中的重要因素,提高人力资源的安全是整个系统安全的必要条件。因此应更好地推广科技下乡,普及科技知识,提高农民的综合素质和综合技能,着力培养一批带不走,留得住的“农秀才”、“土专家”。

4.3 不断增加农民收入

黄土丘陵区属于生态脆弱地区,农村基础设施差,生产手段落后,经济结构单一,商品经济不发达,广大群众收入水平很低。在实施退耕还林(草)工程期间,国家采取“以粮代赈”的方式起到了很好的持续发展的作用。

但从长远来看,要实现生态、建设的持续发展,就必须把生态建设和增强农民收入结合起来,在建设生态环境的同时使农民群众的经济收入有相应增加,这样农民的积极性才能持久,生态建设才能取得广泛的实实在在的效果^[13]。

4.4 建立和保持稳定的社会经济发展环境

良好和谐的社会、经济、生产与生活秩序,是农业生态安全的重要保障。社会变革、生产关系、经济形势和市场条件乃至国际政治关系的改变,势必会引起土地利用方式、耕作制度、农业生产结构、经营模式、就业结构等的变化和调整,进而对农业资源利用和农业生态与环境产生深刻影响。因此,逐步优化农业产业结构,出台优惠的“三农”服务政策(如土地使用政策、农业生产资料与农产品市场政策、生态补偿政策、农业基础设施建设政策等),保持农业政策的连续性和农村社会经济稳定的稳定性,对保障农业生态安全至关重要^[14]。

[参 考 文 献]

- [1] 沈兴菊,陈治谏,张金山.重庆市农业生态安全综合评价[J].中国生态农业学报,2005,13(2):24-27.
- [2] 赵焕巨,许树柏,和金生.层次分析法——一种简易的新决策方法[M].北京:科学技术出版社,1986:1-43.
- [3] 梁保平.生态示范区可持续发展评价研究:以延安市宝塔区为例[D].西北大学,2001:21-28.

$$z_2 = 0.149x_1 + 0.092x_2 + 0.111x_3 - 0.323x_4 + 0.788x_5 + 0.239x_6$$

由主成分 z_1, z_2 与客观权重 e_1 和 e_2 ($e_1 = \lambda/6, e_2 = \lambda/6$) 之积, 即得各埋设深度下苜蓿生长特性的综合评判结果见表 3。

表 2 相关矩阵的特征向量值

| 特征向量 | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | x_6 |
|-------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|
| u_1 | 0.291 | 0.208 | 0.206 | 0.317 | 0.208 | 0.124 |
| u_2 | -0.149 | 0.092 | 0.111 | -0.323 | -0.788 | 0.239 |

表 3 不同埋设深度对苜蓿生长特性影响的综合评价结果

| 埋设深度 | CK | 10 cm | 20 cm | 30 cm | 40 cm |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 评判结果 | -2.00 | 0.37 | 0.80 | 1.03 | -0.21 |

3 结论

滴灌带不同埋设深度对干旱沙区紫花苜蓿的植株高度、茎粗、枝条数、主根长度、根重密度、产量均有不同程度的影响。

(1) 滴灌带不同埋设深度对植株高度、茎粗、枝条数的影响趋势基本一致。在苗期时, 埋设深度为 10 cm 的处理更有利于植株高度、茎粗、枝条数的生长。在分枝期后, 埋设深度为 30 cm 的处理对植株高度、茎粗、枝条数的影响显著高于其它处理。

(2) 以一年生苜蓿整个生育期为研究对象, 经过综合分析。不同埋设深度对苜蓿生长特性影响的综

合评判结果为: 埋深 30 cm > 埋深 20 cm > 埋深 10 cm > 埋深 40 cm。因此, 建议在榆林地区沙地苜蓿地下滴灌的埋设深度为 30 cm。

[参 考 文 献]

- [1] 孙启忠. 试论中国苜蓿产业化[J]. 中国草地, 2001(1): 653.
- [2] 张玉发, 王庆锁, 苏家楷. 试论中国苜蓿产业[J]. 中国草地, 2000(1): 64—69.
- [3] 耿华珠. 中国苜蓿[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 2—8.
- [4] 贾慎修. 草地学(2版)[M]. 北京: 农业出版社, 1995: 81—144.
- [5] Phene C J. Maximizing water use efficiency with subsurface drip irrigation[J]. ASAE Paper 922090, Charlotte, NC, 1992B: 21—24.
- [6] C J Phene 著, 张爱莉译. 最经济的灌水法——地下滴灌[J]. 灌溉排水, 1995(14): 50—52.
- [7] Camp C R. Subsurface drip irrigation: a review[J]. Transaction of the ASAE, 1998, 41(5): 1353—1367.
- [8] 张国祥. 地下滴灌(渗灌)的技术状况与建议[J]. 山西水利科技, 1996, 18(2): 51—54.
- [9] 程先军, 许迪, 张昊. 地下滴灌技术发展及应用现状综述[J]. 节水灌溉, 1999(8): 13—15.
- [10] 胡笑涛, 康绍忠, 马孝义. 地下滴灌灌水均匀度研究现状及展望[J]. 干旱地区农业研究, 2000, 18(2): 113—117.
- [11] 黄兴法, 李光永. 地下滴灌技术的研究现状与发展[J]. 农业工程学报, 2002, 18(2): 176—181.
- [12] 郝明德, 党廷辉, 刘冬梅. 黄土高原沟壑区生态系统适度生产力与生态环境协调发展研究[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(1): 94—97.
- [13] 任海, 邹建国, 彭少麟, 等. 生态系统管理的概念及其要素[J]. 应用生态学报, 2000, 11(3): 455—458.
- [14] 肖焰恒, 叶谦吉. 三峡库区山地可持续农业发展的现状及对策[M]. 中国人口资源与环境 1999, 4(9): 66—70.
- [15] 张炳淳. 论西部大开发中的生态安全的法律防治[J]. 理论导刊, 2001(6): 27—28.
- [16] 章家恩, 骆世明. 农业生态安全及其生态管理对策探讨[J]. 生态学杂志, 2004, 23(6): 59—62.

(上接第 79 页)

- [4] 安塞政务网[OL]. 安塞概况. http://www.zhongguoanrsai.gov.cn/asfm/asgk/t20060605_0809.htm. 200701.
- [5] 宝塔区计委. 延安市宝塔区国民经济和社会发展“九五”计划和 2010 年远景目标纲要[Z]. 2005.
- [6] 苏美岩. 试论我国农业生态安全[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(15): 3827—3829.
- [7] 左伟, 周慧珍, 王桥. 区域生态安全评价指标体系选取的概念框架研究[J]. 土壤, 2004(1): 2—7.
- [8] 周上游. 农业生态安全与评估体系研究[D]. 中南林学院, 2004: 9—11.
- [9] 肖薇薇, 谢永生, 王继军. 黄土丘陵区农业生态安全评价指标体系的建立[J]. 水土保持通报, 2007(2): 146—149.