

唐丽琼,杨思林,宋维峰,等. 元阳县土地生态安全动态评价与预测[J]. 江苏农业科学,2015,43(5):357-361.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.05.114

# 元阳县土地生态安全动态评价与预测

唐丽琼,杨思林,宋维峰,包蓉

(西南林业大学,云南昆明 650224)

**摘要:**云南省元阳县作为哈尼梯田核心区,其土地生态安全不仅关乎该地区土地的可持续利用和发展,还影响着梯田文化的传承。以元阳县土地为研究区,从影响土地生态安全的自然、经济、社会3个方面出发,选取与元阳县土地利用特点密切相关的18项指标,构建区域土地生态安全评价指标体系,并运用熵权法和综合指数法对元阳县2003—2013年土地生态安全进行了评价。结果表明:2003—2013年元阳县土地生态安全综合值偏低,评价等级在较不安全、临界安全、较安全间波动,总体波动呈上升趋势。人均耕地面积逐年减少,化肥施用不合理,人口数量增长过快,均是导致元阳县土地生态处于较不安全状态的主要原因。运用灰色系统GM(1,1)模型预测了未来5年的土地生态安全趋势,土地生态安全达到较安全级以上。通过对元阳县土地生态安全进行动态评价和预测,为元阳县土地的可持续利用和发展提供理论基础。

**关键词:**生态安全;评价指标体系;元阳县

**中图分类号:** F323.211 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)05-0357-05

土地生态安全是指地球陆地表层岩土部分内,由各种有机物和无机物构成的生态系统的结构不受破坏,同时,该生态系统为人类提供服务的质量和数量能够持续满足人类生存和发展的需要<sup>[1]</sup>。随着城镇化的迅速发展,人口数量的持续增长,人类对土地资源的不合理开发和利用,导致土地生态系统功能退化、结构破坏,阻碍了人类社会经济与农业的可持续发展。国家政治、经济和社会稳定需要良好的土地生态系统来维系,土地生态安全作为生态安全问题研究的重要组成部分,已成为当前土地可持续利用和长远发展研究中必不可少的研究课题<sup>[2]</sup>,其中土地生态安全的动态评价和预测是其研究的重要内容。

国外学者 Costanza 开展的生态系统健康基本理论和评估研究,是土地生态安全评价研究的代表,20世纪80年代后,国内学者开始研究土地生态安全评价。目前,国内有关土地生态安全评价方法的研究还处于探索阶段,主要以生态安全评价方法为基础,结合区域生态环境和土地利用结构特点进行评价。常用评价方法主要有:综合指数法、模糊综合评价法、层次分析法、灰色关联度法、主成分投影法<sup>[3-10]</sup>、生态足迹法<sup>[11]</sup>、景观生态安全格局法、景观空间邻接度法<sup>[12]</sup>。本研究以云南省元阳县为例,从土地生态安全的自然、经济和社会因素3个方面出发,选取人均耕地面积、森林覆盖率、人均GDP、人口密度等18项指标构建土地生态安全评价指标体系,对所选指标进行无量纲化处理,运用熵权法确定指标权重,采用综合指数法计算元阳县2003—2013年的土地生态安全指数,运用灰色系统GM(1,1)模型预测未来5年的土地生

态安全趋势,通过计算和预测对土地生态安全进行动态评价。由于部分数据的获取以及标准值的确定难度较大,因此评价指标体系的构建和标准值的选取有待进一步完善。

## 1 研究区域概况

元阳县位于云南省南部、红河南岸的哀牢山脉南(102°27'~103°13'E,22°49'~23°19'N),东西横跨74 km,南北纵距55 km,面积2 189.88 km<sup>2</sup>。全县辖14个乡镇,总人口44.03万人,世居哈尼、彝、汉、傣、苗、瑶、壮7个民族,少数民族占总人口的88.4%,属于典型的边疆少数民族县。2013年,元阳县地区生产总值为32.60亿元,其中地方公共财政预算收入1.85亿元;地方公共财政预算支出17.30亿元;社会消费品零售总额8.63亿元。元阳县土地被红河水系和藤条江水系切断,故无一平川,山峦叠嶂,沟壑纵横,为山高谷深的切割中山地貌<sup>[13]</sup>。坡度一般在20°以上,25°以上的土地占土地总面积的59.1%。元阳县属亚热带季风气候,年平均气温24.4℃;年均降雨量1 397.6 mm;年蒸发量1 184.1 mm;森林覆盖率44%以上。研究区属于欠发达山区少数民族聚居地,具有一定的代表性。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 数据来源

本研究数据主要来源于元阳县统计年鉴(2003—2013年)、红河州统计年鉴(2003—2013年)、相关统计公报及元阳县国土部门、林业部门、统计部门和规划部门的相关资料,部分指标数据来源于指标相关文献以及土地生态安全评价领域的文献资料等。

### 2.2 研究方法

**2.2.1 土地资源生态安全评价指标体系的构建** 基于科学性、全面性、可操作性、动态性、引导性、区域性等评价指标原则,本研究以国家土地安全评价应用性评估指标体系为基础,

收稿日期:2014-08-29

基金项目:国家自然科学基金(编号:41371066)。

作者简介:唐丽琼(1981—),女,云南宣威人,硕士,讲师,主要从事流域管理研究。E-mail:175392601@qq.com。

通信作者:宋维峰,博士,教授,主要从事生态环境工程和森林水文研究。E-mail:songw85@126.com。

参考国内外相关研究成果<sup>[14-16]</sup>,结合元阳县生态系统特征,一个评价指标,构建包括目标层、准则层和指标层3个层的元阳分别从土地自然因素、经济因素和社会因素3个方面选取18个县土地资源生态安全评价指标体系(表1)。

表1 元阳县土地生态安全评价指标体系

目标层 A	准则层 B	指标层 C	单位	安全趋向	基准值来源	基准值
土地生态安全 A	自然因素 B <sub>1</sub>	人均耕地面积 C <sub>1</sub>	km <sup>2</sup> /人	正	国际公认值	0.053
		森林覆盖率 C <sub>2</sub>	%	正	全国平均值	40.000
		水田面积占耕地面积的比重 C <sub>3</sub>	%	负	世界平均值	40.000
		年降雨量 C <sub>4</sub>	mm	正	全国平均值	900.000
		人均水资源 C <sub>5</sub>	m <sup>3</sup>	正	全国平均值	2 400.000
		GDP 增长率 C <sub>6</sub>	%	正	全国平均值	10.000
	经济因素 B <sub>2</sub>	第三产业比重 C <sub>7</sub>	%	正	全国平均值	38.400
		农业财政支出比重 C <sub>8</sub>	%	正	2008 年全国平均值	8.000
		农民人均纯收入 C <sub>9</sub>	元/人	正	全国期望值	6 000.000
		单位耕地面积农业机械动力 C <sub>10</sub>	kW/hm <sup>2</sup>	正	全国平均值	6.750
		单位耕地面积化肥施用量 C <sub>11</sub>	kg/hm <sup>2</sup>	负	国际公认值	255.000
		农民人均生产粮食 C <sub>12</sub>	kg/人	正	2010 年云南省平均值	359.000
	社会因素 B <sub>3</sub>	人口自然增长率 C <sub>13</sub>	%	负	“十一五”目标值	3.000
		人口密度 C <sub>14</sub>	%	负	国际公认值	128.780
		城镇化率 C <sub>15</sub>	%	正	国际公认值	60.000
		水土流失治理率 C <sub>16</sub>	%	正	全国平均值	10.600
		工业废水排放达标率 C <sub>17</sub>	%	正	2008 年全国平均值	89.700
		工业固体废物综合利用率 C <sub>18</sub>	%	正	2008 年全国平均值	85.300

2.2.2 指标标准化处理 对原始数据采用极差标准化方法进行无量纲化处理,得到标准化的指标值。由元阳县  $m$  年包括  $n$  项评价指标构成原始数据矩阵  $X = (x_{ij})_{m \times n} (i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n)$ , 其中  $x_{ij}$  为第  $i$  年在第  $j$  个指标上的值。

定各指标权重。

令  $e_j$  为第  $j$  项指标的熵值,公式为:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m f_{ij} \ln f_{ij}; \quad (3)$$

( $f_{ij}$  为第  $j$  项指标下第  $i$  个被评价对象的指标值比重,  $f_{ij} = x_{ij} / \sum_{i=1}^m x_{ij}$ ;  $k = 1 / \ln m$ ; 当  $f_{ij} = 0$  时, 令  $f_{ij} \ln f_{ij} = 0$ )

对于指数值越大越安全的正向安全性指标采用公式:

$$y_{ij} = (x_{ij} - x_{j\min}) / (x_{j\max} - x_{j\min}); \quad (1)$$

对于指数值越小越安全的负向安全性指标采用公式:

$$y_{ij} = (x_{j\max} - x_{ij}) / (x_{j\max} - x_{j\min})。 \quad (2)$$

式中:  $y_{ij}$  为指标原始值的标准化值;  $x_{ij}$  为第  $i$  年第  $j$  个指标的原始值;  $x_{j\min}$  为指标值最小值;  $x_{j\max}$  为指标值最大值。

令  $w_j$  为第  $j$  项指标的熵权,公式为:

$$w_j = (1 - e_j) / \sum_{j=1}^m (1 - e_j) (0 \leq w_j \leq 1, \sum_{j=1}^m w_j = 1)。 \quad (4)$$

通过无量纲化处理,得到2003—2013年元阳县土地生态安全各指标标准化值(表2)。

式中:  $m$  为研究期,本次研究期为11;  $j$  为指标个数,为18。

通过计算可得各项指标的权重(表2)。

2.2.3 确定指标权重 本研究采取客观赋权法中熵权法确

表2 2003—2013年元阳县土地生态安全各指标标准化值与指标权重

指标	权重 $w_j$	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
C <sub>1</sub>	0.038 7	0.888 9	0.888 9	0.777 8	0.888 9	0.777 8	0.666 7	0.222 2	0.222 2	0.111 1	0.000 0	1.000 0
C <sub>2</sub>	0.022 8	0.000 0	0.202 5	0.877 3	0.877 3	0.908 0	0.926 4	0.938 7	0.938 7	0.987 7	1.000 0	1.000 0
C <sub>3</sub>	0.026 6	0.684 2	0.105 3	0.000 0	0.894 7	0.894 7	0.894 7	0.894 7	0.947 4	1.000 0	1.000 0	1.000 0
C <sub>4</sub>	0.082 2	0.358 7	0.299 8	0.262 8	0.161 1	1.000 0	0.812 2	0.046 0	0.011 1	0.199 7	0.104 2	0.000 0
C <sub>5</sub>	0.063 1	0.000 0	0.232 9	0.331 1	0.464 8	0.502 1	1.000 0	0.352 6	0.132 2	0.251 8	0.019 9	0.072 9
C <sub>6</sub>	0.027 2	0.000 0	0.500 9	0.294 3	0.294 3	0.588 6	0.965 6	0.525 0	0.432 0	1.000 0	0.593 8	0.651 5
C <sub>7</sub>	0.042 7	0.000 0	0.285 7	0.571 4	1.000 0	0.714 3	0.428 6	0.285 7	0.714 3	0.285 7	0.142 9	0.142 9
C <sub>8</sub>	0.018 0	0.000 0	0.820 2	0.820 2	0.651 7	0.530 3	0.910 1	0.662 9	0.921 3	1.000 0	0.820 2	1.000 0
C <sub>9</sub>	0.076 1	0.000 0	0.019 2	0.041 1	0.073 6	0.113 1	0.305 7	0.425 5	0.514 3	0.641 7	0.809 6	1.000 0
C <sub>10</sub>	0.079 1	0.192 0	0.000 0	0.053 6	0.053 6	0.098 2	0.133 9	0.183 0	0.267 8	0.517 9	0.732 1	1.000 0
C <sub>11</sub>	0.028 3	1.000 0	0.870 9	0.748 4	0.709 7	0.625 8	0.612 9	0.587 1	0.548 4	0.367 7	0.135 5	0.000 0
C <sub>12</sub>	0.114 1	0.012 0	0.036 1	0.000 0	0.072 3	0.072 3	0.108 4	0.216 9	0.156 6	0.228 9	0.927 7	1.000 0
C <sub>13</sub>	0.021 9	0.622 7	1.000 0	0.000 0	0.395 8	0.839 1	0.712 4	0.474 9	0.746 7	0.641 2	0.448 5	0.461 7
C <sub>14</sub>	0.048 0	1.000 0	0.969 0	0.891 1	0.825 1	0.726 1	0.594 1	0.396 0	0.165 0	0.165 0	0.066 0	0.000 0
C <sub>15</sub>	0.133 4	0.143 9	0.143 9	0.125 9	0.054 0	0.082 7	0.071 9	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.431 7	1.000 0
C <sub>16</sub>	0.048 0	0.000 0	0.063 2	0.152 0	0.231 5	0.323 2	0.399 1	0.529 8	0.661 9	0.794 7	0.913 4	1.000 0
C <sub>17</sub>	0.026 6	0.000 0	0.161 7	0.451 2	0.761 6	0.907 7	0.911 6	1.000 0	0.640 8	0.712 1	0.821 6	0.975 0
C <sub>18</sub>	0.037 9	0.000 0	0.109 0	0.262 1	0.350 1	0.490 1	0.493 9	0.993 7	0.883 6	0.841 3	0.949 7	1.000 0

2.2.4 测算土地生态安全综合值 评价指标体系中的每项指标均从不同角度反映出区域土地生态安全的状态,而区域土地生态安全是各因素作用综合叠加的结果。本研究采用综合指数法计算生态安全综合值,即:总指标等于各评价指数之和。计算公式如下:

$$E_i(W) = \sum_{j=1}^m y_{ij} \times W_j$$

式中: $E_i$ 为第*i*个评价因素的综合指数; $y_{ij}$ 为指标原始值的标

准化值; $W_j$ 为第*j*项评价指标的权重值。

通过计算,可得2003—2013年元阳县土地各项指标的生态安全综合值(表3)。

2.2.5 确定土地生态安全等级 土地生态安全评价标准和等级的确定是土地生态安全评价的关键,本研究根据计算所得的土地生态安全综合值,参考相关文献和国内外综合指数的评价标准,拟定出5个等级来评价土地生态安全指数所表达的生态安全状况(表4)。

表3 2003—2013年元阳县土地生态安全综合值

指标	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
C <sub>1</sub>	0.034 4	0.034 4	0.030 1	0.034 4	0.030 1	0.025 8	0.008 6	0.008 6	0.004 3	0.000 0	0.038 7
C <sub>2</sub>	0.000 0	0.004 6	0.020 0	0.020 0	0.020 7	0.021 1	0.021 4	0.021 4	0.022 5	0.022 8	0.022 8
C <sub>3</sub>	0.018 2	0.002 8	0.000 0	0.023 8	0.023 8	0.023 8	0.023 8	0.025 2	0.026 6	0.026 6	0.026 6
C <sub>4</sub>	0.029 5	0.024 6	0.021 6	0.013 2	0.082 2	0.066 7	0.003 8	0.000 9	0.016 4	0.008 6	0.000 0
C <sub>5</sub>	0.000 0	0.014 7	0.020 9	0.029 4	0.031 7	0.063 1	0.022 3	0.008 3	0.015 9	0.001 3	0.004 6
C <sub>6</sub>	0.000 0	0.013 6	0.008 0	0.008 0	0.016 0	0.026 3	0.014 3	0.011 8	0.027 2	0.016 2	0.017 7
C <sub>7</sub>	0.000 0	0.012 2	0.024 4	0.042 7	0.030 5	0.018 3	0.012 2	0.030 5	0.012 2	0.006 1	0.006 1
C <sub>8</sub>	0.000 0	0.014 8	0.014 8	0.011 7	0.009 6	0.016 4	0.011 9	0.016 6	0.018 0	0.014 8	0.018 0
C <sub>9</sub>	0.000 0	0.001 5	0.003 1	0.005 6	0.008 6	0.023 3	0.032 4	0.039 2	0.048 9	0.061 6	0.076 1
C <sub>10</sub>	0.015 2	0.000 0	0.004 2	0.004 2	0.007 8	0.010 6	0.014 5	0.021 2	0.041 0	0.057 9	0.079 1
C <sub>11</sub>	0.028 3	0.024 6	0.021 2	0.020 1	0.017 7	0.017 3	0.016 6	0.015 5	0.010 4	0.003 8	0.000 0
C <sub>12</sub>	0.001 4	0.004 1	0.000 0	0.008 3	0.008 3	0.012 4	0.024 8	0.017 9	0.026 1	0.105 9	0.114 1
C <sub>13</sub>	0.013 6	0.021 9	0.000 0	0.008 7	0.018 4	0.015 6	0.010 4	0.016 4	0.014 0	0.009 8	0.010 1
C <sub>14</sub>	0.048 0	0.046 5	0.042 8	0.039 6	0.034 8	0.028 5	0.019 0	0.007 9	0.007 9	0.003 2	0.000 0
C <sub>15</sub>	0.019 2	0.019 2	0.016 8	0.007 2	0.011 0	0.009 6	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.057 6	0.133 4
C <sub>16</sub>	0.000 0	0.003 0	0.007 3	0.011 1	0.015 5	0.019 2	0.025 4	0.031 8	0.038 2	0.043 8	0.048 0
C <sub>17</sub>	0.000 0	0.004 3	0.012 0	0.020 3	0.024 1	0.024 3	0.026 6	0.017 0	0.018 9	0.021 9	0.025 9
C <sub>18</sub>	0.000 0	0.004 1	0.009 9	0.013 3	0.018 6	0.018 7	0.037 7	0.033 5	0.031 9	0.036 0	0.037 9
合计	0.207 7	0.251 0	0.257 1	0.321 4	0.409 3	0.440 9	0.325 5	0.323 6	0.380 4	0.497 7	0.659 2

表4 土地生态安全指数评价标准

综合指数	等级	安全程度	系统特征
0.0~0.2	I	不安全(恶劣)	土地生态系统功能接近崩溃,生态环境受到严重破坏,生态系统结构残缺不全,抗外界干扰能力极差,恢复与重建很困难,生态过程很难逆转,生态灾害严重。
>0.2~0.4	II	较不安全(风险)	土地生态系统功能严重退化,生态环境受到较大破坏,生态系统结构恶化较严重,抗外界干扰能力很差,恢复与重建困难,生态环境问题很大,生态灾害较多。
>0.4~0.6	III	临界安全(一般)	土地生态系统功能已有退化,生态环境受到一定破坏,生态系统结构发生变化,可抵抗部分外界干扰,生态环境问题明显,生态灾害时有发生。
>0.6~0.8	IV	较安全(良好)	土地生态系统功能基本完善,生态环境基本未受干扰破坏,生态系统结构完整,干扰后可恢复,生态环境问题不明显,水土协调性好。
>0.8~1.0	V	安全(理想)	土地生态系统功能完善,生态环境未受干扰破坏,生态系统结构完整,土壤肥沃,无农业污染,无沙化、碱化现象。

2.2.6 土地生态安全动态预测 根据2003—2013年元阳县土地生态安全综合值,运用DPS9.50软件,采用灰色系统预测方法GM(1,1)预测未来5年土地生态安全发展趋势,得到生态安全值的时间动态模型:

$$x(t+1) = 2.618\ 876 \exp(0.090\ 147t) - 2.411\ 196$$

式中: $x$ 为预测的土地生态安全水平; $t$ 为时间。

模型检验结果: $C=0.576\ 0$ , $P=0.800\ 0$ 。 $C$ 表示原始数列的还原值与实际观测值之间残差值的方差; $P$ 表示最小误差概率。灰色预测精度等级中, $C<0.65$ 、 $P>0.70$ 为合格,故此生态安全预测模型成立。未来5年的生态安全值分别为:

0.608 54、0.665 95、0.728 77、0.797 52、0.872 76。

### 3 评价结果与分析

#### 3.1 土地生态安全评价

运用综合指数法,对各单项指标的生态安全指数加权求和,计算出2003—2013年元阳县土地生态安全综合值(表3)分别为:0.207 7、0.251 0、0.257 1、0.321 4、0.409 3、0.440 9、0.325 5、0.323 6、0.380 4、0.497 7、0.659 2。结合土地生态安全综合评价标准,得出2003—2013年元阳县土地生态安全差异表(表5),其变化趋势见图1。

表5 土地生态安全差异表

指标	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
自然生态安全值	0.082 0	0.081 1	0.092 5	0.120 7	0.188 4	0.200 5	0.079 8	0.064 4	0.085 6	0.059 1	0.092 6
经济生态安全值	0.044 8	0.070 8	0.075 7	0.100 6	0.098 4	0.124 5	0.126 7	0.152 6	0.183 8	0.266 3	0.311 2
社会生态安全值	0.080 8	0.099 1	0.088 8	0.100 1	0.122 5	0.115 8	0.119 1	0.106 6	0.111 0	0.172 3	0.255 5
生态安全综合值	0.207 7	0.251 0	0.257 1	0.321 4	0.409 3	0.440 9	0.325 5	0.323 6	0.380 4	0.497 7	0.659 3
安全等级	较不安全	较不安全	较不安全	较不安全	临界安全	临界安全	较不安全	较不安全	较不安全	临界安全	较安全

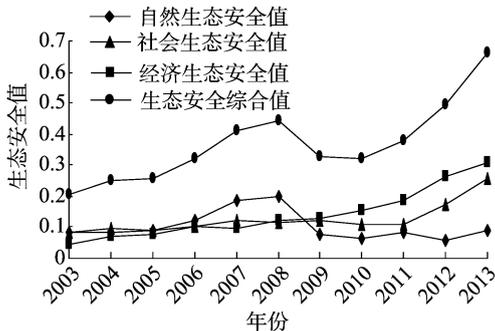


图1 2003—2013年元阳县土地生态安全变化趋势

元阳县2003—2013年土地生态安全综合值普遍偏低,评价等级在较不安全、临界安全、较安全间波动,总体呈上升趋势。说明元阳县土地生态系统服务功能已退化,生态环境受到一定破坏,生态系统结构不完整,但尚可维持其基本功能,抗外界干扰能力较差,生态环境问题明显,生态灾害较多。2009年生态安全综合值出现大幅度下降,2013年则大幅度增加,说明2003—2013年元阳县土地生态安全的变化属于先破坏后治理。生态安全变化的主要因素为人均耕地面积逐年减少;化肥施用不合理;人口数量增长过快。本研究利用灰色系统GM(1,1)模型预测未来5年的土地生态安全趋势,2014—2018年的生态安全综合值分别为:0.608 54、0.665 95、0.728 77、0.797 52、0.872 76,评价等级达到较安全级以上,有利于元阳县土地的可持续利用。

### 3.2 土地生态安全影响因素分析

#### 3.2.1 自然因素分析

2003—2013年,元阳县土地自然生态安全值呈波动上升趋势,自然生态安全值在0.082 0~0.092 6间波动。元阳县人均耕地面积呈波动变化,变化范围在0.057~0.066 hm<sup>2</sup>,森林覆盖率由26.7%提高至43.0%,提高了61.0%,达到全国森林覆盖率的建設要求。随着元阳县退耕还林等措施的深入开展,人均耕地面积不断减少,森林覆盖率逐年增加,减缓了土地退化。元阳县于2007年年底建设纸厂水库,2008年元阳县出现历史罕见的持续低温阴雨天气,降雨量大,并在上海市奉贤区水务局资助下建立饮水工程,促使2008年人均水资源量达到近10年最高值538 7 m<sup>3</sup>,同年自然生态安全值为0.200 5,达到11年间最高值。2009年,人均耕地面积和人均水资源量急剧下降,使同年自然生态安全值由2008年的0.200 5下降至0.079 8,同年土地生态安全综合值也由2008年的0.440 9急速下降至0.325 5。人均耕地面积和人均水资源量的下降是导致土地生态安全综合值下降的主要因素。

#### 3.2.2 经济因素分析

2003—2013年元阳县土地经济生态安全值呈逐年上升趋势。随着经济持续快速的发展,人民生

活水平不断提高,元阳县政府和居民的生态安全意识增强,保护生态安全的责任随之加强。近11年来,元阳县农民人均纯收入由2002年的708元增长到2012年的3419元,增加了2711元;同时元阳县对农业投资力度加大,成效明显,农业财政支出比重由2002年的2.36%增加到2011年的13.20%。第三产业比重由36%上升到44%,第三产业比重的提高增加了就业机会,缓解了社会就业压力。由于元阳县退耕还林等措施的深入开展,森林覆盖率逐年提高,减缓了土地退化。2008年后,土地经济生态安全值处于直线上升趋势,2008年GDP增长了4.38%,农民人均纯收入有较大提高,增加了633元。经济安全值的增长,归于2007年10月国家林业局正式批准红河哈尼梯田为国家湿地公园,且2008年元阳县通过招商引资,引进云南通和商贸有限公司投资1.2亿元,对元阳县红泰糖业有限责任公司制糖生产线及资产进行收购重组,成立龙泰粮业有限公司,并与昆明世博园股份有限公司组建世博元阳哈尼梯田旅游开发公司,对哈尼梯田经营收费,进而促进了经济的快速增长。然而,元阳县化肥的施用量不断增加,超出国际公认值的幅度较大,导致土壤污染,不利于土地的可持续发展,是致使土地生态安全值降低的因素之一。应控制化肥的施用量,使土地的生态安全得到较好保障。

#### 3.2.3 社会因素分析

2003—2013年,元阳县城镇化率缓慢增长,社会生态安全值总体呈增长趋势。2005年生态安全值有所下降,主要原因是人口自然增长率较高,达到9.8%,其余年份人口自然增长率有所下降,符合国家、地方的相关政策和规划要求。2003—2013年,元阳县加强了水土流失治理,水土流失治理率由2003年的12.24%上升到2013年的26.32%。社会生态安全值的增長,促使元阳县土地生态安全综合值不断上升,表明元阳县土地生态安全状况的改善主要依赖于对现有水土流失等环境问题的治理。工业废水排放达标率由58.30%增加到95.68%,工业固体废物综合利用率由20.1%上升到67.8%,但工业固体废物综合利用率未达到全国平均值,是导致土地生态安全综合值下降的因素之一。

总之,2003—2013年元阳县土地生态安全综合值较低,但呈波动上升趋势,由2003年的0.207 7上升到2013年的0.659 3,其中2007年、2008年、2012年为临界安全等级,2013年为较安全等级,其余年份为较不安全等级。其原因主要是:随着经济的快速发展,人们对土地的掠夺式开发和不合理利用,以及滥垦、滥伐等经济活动不断增加,使人均耕地面积逐年减少;农田施用大量的化肥,残留的有毒物质超过土壤净化容量,致使土壤污染;人口自然增长率一直处于上升状态,2013年人口自然增长率达到8.05%,远远超过“十一五”目标3.00%,人口的快速增长使人地矛盾不断激化;工业固体废物综合利用率虽逐年提高,但仍远远低于全国平均值,增大

了土地污染强度,不利于土地的可持续利用。

#### 4 结论与对策

元阳县作为哈尼梯田核心区,其土地生态安全不仅关乎该地区土地的可持续发展,还影响着梯田文化的传承。元阳县2003—2013年土地生态安全综合值较低,呈波动上升趋势,评价等级在较不安全、临界安全、较安全间波动,2009年生态安全综合值出现大幅度下降,2013年则大幅度上升。元阳县的土地生态系统结构已在人类活动的影响下发生了一定变化,生态系统主要服务功能尚能发挥,2014年后对土地的保护及维护力度得到加强,效果较为显著,生态压力尚处于土地生态系统的承载能力之内。

尽管元阳县土地生态安全水平目前处于较安全级,但随着人口自然增长率、人口密度、单位面积耕地化肥施用量等指标数据的逐年增大,以及人均耕地面积的逐年减少,元阳县土地生态安全仍面临较大压力。为使元阳县土地可持续利用,维持并提高元阳县土地生态安全水平显得尤为重要,主要对策和建议包括4个方面:(1)进一步加强梯田保护,推进废弃地的复垦和生态修复,提高农田耕地质量;(2)进一步引导农户合理使用化肥,减少化肥过渡使用造成的土地污染;(3)进一步宣传计划生育政策,控制人口过快增长;(4)进一步加大政府对农业、环保的投入,加强水土流失治理,提高工业固体废物综合利用率。

#### 参考文献:

[1]徐崇明,王继富,吴威.黑龙江省土地生态安全问题及对策[J].国土与自然资源研究,2009(3):36-37.  
[2]许月卿,崔丽.小城镇土地生态安全评价研究——以贵州省猫跳河流域为例[J].水土保持研究,2007,14(5):312-315,318.  
[3]许国平.中国土地资源安全评价研究进展及展望[J].水土保持研究,2012,19(2):276-279,284.

(上接第272页)

[2]张愁,王成芝.国内外蔬菜干燥前预处理及其发展[J].农牧与食品机械,1991(3):5-7.  
[3]赵玉生.从流变特性分析烫漂对马铃薯组织结构的影响[J].冷饮与速冻食品工业,2000(2):6-7.  
[4]杜志龙,高振江,温朝晖,等.胡萝卜的气体射流冲击烫漂与干燥试验研究[J].粮食与食品工业,2010,17(1):22-26.  
[5]肖红伟,张世湘,白峻文,等.杏子的气体射流冲击干燥特性[J].农业工程学报,2010,26(7):318-323.  
[6]张茜,肖红伟,杨旭海,等.预处理对线辣椒气体射流冲击干燥特性和色泽的影响[J].农业工程学报,2012,28(1):276-281.  
[7]马琴,谢龙,高振江,等.气体射流冲击烫漂预处理对枸杞干燥的影响[J].食品科技,2013,38(10):83-88.  
[8]Irzyniec Z, Klimezak J, Michalowski S, et al. Freeze-drying of the black currant juice[J]. Drying Technology, 1995, 13:417-424.  
[9]刘霞,江宁,刘春泉,等.预处理对微波联合气流膨化干燥黑毛豆仁品质的影响[J].核农学报,2011,25(6):1216-1220.  
[10]郭婷,何新益,邓放明,等.冻融处理对甘薯热风干燥产品品

[4]梅艳,雍新琴,舒帮荣,等.基于信息熵与未确知测度理论的土地生态安全评价——以江苏省为例[J].江苏农业科学,2013,41(10):297-301.  
[5]孙芬,郑财贵,牛德利.三峡库区土地生态安全评价及土地利用优化研究——以重庆市丰都县沿江地区为例[J].江苏农业科学,2013,41(5):368-370,420.  
[6]刘飞跃,万哨凯.基于主成分分析法的吉安市土地利用的生态安全评价研究[J].安徽农业科学,2010,38(11):5788-5790.  
[7]田克明,王国强.我国农用地生态安全评价及其方法探讨[J].地域研究与开发,2005,24(4):79-82.  
[8]冯文斌,李升峰.江苏省土地生态安全评价研究[J].水土保持通报,2013,33(2):285-290.  
[9]鄢然,雷国平,孙丽娜,等.基于灰色关联法的哈尔滨市土地可持续利用评价研究[J].水土保持研究,2012,19(1):154-158.  
[10]魏兴萍.基于灰色关联分析三峡库区重庆段生态安全[J].水土保持研究,2010,17(4):124-128,133.  
[11]王建洪,任志远,苏雅丽.基于生态足迹的1997-2009年西安市土地生态承载力评价[J].干旱地区农业研究,2012(1):224-229.  
[12]鲜明睿,侍昊,徐雁南,等.基于景观格局的常州市生态承载力动态分析[J].南京林业大学学报:自然科学版,2013,37(1):25-30.  
[13]胡文英,沈琼.元阳哈尼梯田景观稳定性评价[J].云南地理环境研究,2011,23(1):11-17.  
[14]王鹏,况福民,邓育武,等.湘南红壤丘陵区土地生态安全动态评价——以衡阳市为例[J].水土保持研究,2013,20(3):243-248.  
[15]李玉平,朱琛,张义文.河北省邢台市土地生态安全评价及可持续发展对策研究[J].水土保持通报,2013,33(6):116-120,124.  
[16]李玲,侯淑涛,赵悦,等.基于P-S-R模型的河南省土地生态安全评价及预测[J].水土保持研究,2014,21(1):188-192.  
[11]王君,房升,陈杰,等.糖渍甘薯热风干燥特性及数学模型研究[J].食品科学,2012,33(7):105-109.  
[12]赵玉生,王云霞.干燥前预处理对胡萝卜脱水机理和产品质量的影响[J].郑州粮食学院学报,2000,21(1):60-61.  
[13]孙妍,薛长湖,齐祥明,等.干燥前预处理对海参干燥过程及产品品质的影响[J].中国海洋大学学报:自然科学版,2006,36(S2):57-61.  
[14]蔡亚东,赵成军.哈密瓜脆片真空油炸工艺技术[J].食品工业科技,1998,17(6):61-62.  
[15]毕金峰,方芳,丁媛媛,等.预处理对哈密瓜变温差膨化干燥产品品质的影响[J].食品与机械,2010,26(2):15-18.  
[16]刘振宇,郭玉明.高压矩形脉冲电场果蔬预处理微观结构变形机理的研究[J].农产品加工·学刊,2009(10):22-25.  
[17]Bajgai T R, Hashinaga F. Drying of spinach with a high electric field[J]. Drying Technology, 2001, 19(9):2331-2341.  
[18]刘振宇.高压脉冲电场预处理对果蔬脱水特性及品质影响的研究[D].晋中:山西农业大学,2009:116-117.