

县域农业可持续发展的生态安全评价

——以吉林省通榆县为例

汤 洁, 李海毅, 斯 菡

(吉林大学环境与资源学院, 吉林 长春 130026)

摘 要: 以吉林省通榆县为例, 构建了县域农业可持续发展的生态安全评价指标体系, 采用均方差法确定了评价指标的权重, 对研究区 1985、1990、1995、1998、2001、2004 年 6 个时段的农业生态安全进行了评价。从评价结果可以看出, 近 20 年, 通榆县农业生态安全呈现下降态势, 安全等级处于Ⅲ~Ⅴ级, 安全状态从敏感态下降到风险态。1998 年是研究区农业生态安全变化的转折点, 从 1998 年起, 农业生态安全有所回升。在分析变化原因的基础上, 提出农业可持续发展的生态安全建设对策。

关键词: 生态安全; 农业可持续发展; 协方差法; 通榆县

中图分类号: X826 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)02-0175-05

农业可持续发展是国际社会关注的热点研究领域之一。生态安全研究是当前农业可持续发展研究的前沿课题^[1]。农业可持续发展的生态安全是指农业赖以发展的自然资源、生态环境处于一种不受威胁、没有危险的健康、平衡的状态, 在这种状态下, 农业生态系统有稳定、均衡、充裕的自然资源可供利用, 农业生态环境处于无污染、未破坏的少受威胁的健康状态。只有在这种生态安全的状态下, 农业才能实现生产可持续性、经济可持续性和社会可持续性^[2]。可以说, 生态安全是农业持续发展的基础和核心。吉林省通榆县地处典型的农牧交错带, 生态系统结构相对不稳定, 对干扰因素反应比较敏感, 生态环境十分脆弱。本文以吉林省通榆县为例, 开展农业可持续发展的生态安全研究, 在定量地评价农业生态环境的安全程度、分析其生态安全变化的成因的基础上, 提出通榆县农业可持续发展的生态安全对策, 对指导该区农业生态环境建设、实现农业可持续发展, 具有重要的理论意义和实践意义。

1 研究区概况

通榆县位于吉林西部, 科尔沁草原东部, 地理坐标为东经 123°30′57″~122°02′13″, 北纬 44°13′57″~45°16′27″, 南北长 116 km, 东西宽 112 km。总土地面积为 8 496 km², 是吉林省第三大县, 地貌以微波起伏的冲积、湖积平原、沙丘和沙垄地形为主^[3]。属于中温带半干旱大陆性季风气候, 春季干旱多大风, 夏季炎热, 秋季凉爽多晴, 冬季干冷少雪。太阳辐射强度高, 日照丰富, 雨热同期, 有效降雨较多, 年

平均气温为 5.1℃, ≥10℃的积温为 2 938.9℃, 多年平均降水 402.7 mm, 对发展农业生产有利, 是吉林省重要的农牧业生产基地。

近几十年来, 随着人口的不断增加, 滥垦、过牧、过樵和水资源不合理利用等因素, 通榆县生态环境遭到严重破坏, 草原退化、土地“三化”现象比较严重, 农业现代化建设及可持续发展进程中的生态环境问题突出, 生态安全面临着严峻的挑战^[1]。

2 农业可持续发展的生态安全评价方法

2.1 评价指标体系的构建

通榆县农业可持续发展的生态安全评价指标体系是以生态安全为核心, 以农业生态系统为研究对象, 以农业可持续发展为目的。因此, 评价指标的选取应遵循以下原则: ①指标的完备性; ②体现评价指标随时间变化的动态敏感性, 即指标具有可比性; ③指标具有代表性和相对独立性; ④指标数据的可行性和可操作性; ⑤指标具有预测性和科学性。

根据上述指标选择的原则, 借鉴联合国经济开发署(OECD)建立的压力—状态—响应(Pressure—State—Response, PSR)框架模型^[4, 5], 参考生态系统安全评价的相关文献^[6~8], 结合通榆县农业资源现状及社会经济发展特点, 从影响农业与农村发展的主要因素分析入手, 从生态环境压力、生态环境状态、生态环境响应 3 个方面选取了 25 个评价指标, 构建了通榆县农业可持续发展的生态安全评价指标体系, 见图 1。

2.2 部分指标说明

生态环境压力指标包括人口增长率、城镇化率、人口耕地、人均水资源量、水灾成灾率、旱灾成灾率、水土流失率、地膜、化肥、农药使用量。其中城镇化率以非农业人口占总人口的百分比表示,其值越低,人口的聚集度就越低,对农业生态环境的压力就越大;旱灾和水灾成灾率是成灾面积与总面积的比值,说明农业受灾状况;化肥、农药等使用强度以每公顷耕地所使用的化肥、农药量表示,表明农业生产自身对生态环境的压力,在一定范围内,数值越大,对生态环境的压力越大。

生态环境状态指标包括有效灌溉面积、水域面积、土地沙化、碱化程度、机耕程度、森林覆盖率、景观多样性指数、生态弹性度、草地覆盖率。引入景观多样性指数、生态弹性度等景观格局分析指标来表征生态安全程度。景观多样性指数在一定程度上表

征生物多样性,是区域内不同景观类型面积占景观总面积的比重,其值越高,生态系统结构组成就越复杂,生态系统就越稳定;生态弹性度是地物覆盖面积与其弹性分值的函数。生态弹性度越大,系统的弹性范围就越大,系统构成类型的健康与安全状况就越好。

生态环境响应指标包括污染治理投入、农业劳动者素质、农业科技人员数、人均 GDP、农民人均收入。其中污染治理投入是投入农业污染治理的费用,反映了人类对环境保护能力和调控能力;人均 GDP 和农民人均收入等指标反映了人类开发利用资源所取得的成就。

指标体系的各指标数值中,部分来自 TM/ETM 遥感解译数据(如景观多样性指数、生态弹性度、森林、草地覆盖率、土地沙化、碱化等),其他部分取自通榆县志、通榆县国民经济统计年鉴、白城统计年鉴及吉林年鉴等统计资料。

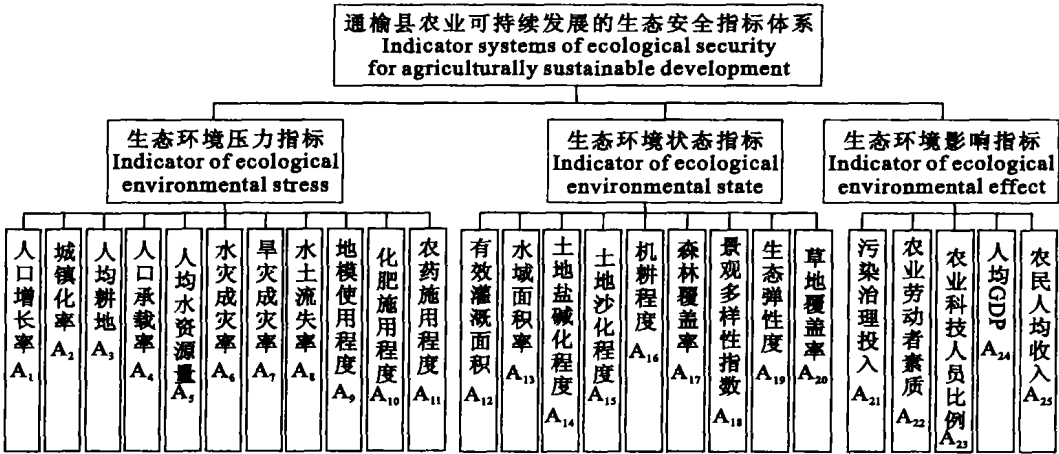


图 1 通榆县农业可持续发展的生态安全评价指标体系结构图

Fig.1 Indicator system construction of ecological security on the agriculturally sustainable development in Tongyu county

2.3 计算方法

2.3.1 评价指标数据标准化处理 由于不同的评价指标数据性质不同,具有不同的量纲,为了消除量纲不同带来的不可评价性,在评价前对原始数据采用归一法进行标准化处理。计算公式如下:

$$P_{ij} = \begin{cases} \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} & (1) \\ \frac{x_{\max} - x_i}{x_{\max} - x_{\min}} & (2) \end{cases}$$

式中, P_{ij} 为归一化值; x_i 为实际值; $x_{\max}$ 、 $x_{\min}$ 分别为实际最大值和实际最小值。公式(1)表示的意义是归一化值越大,生态安全程度越高,即越大越安全型。公式(2)表示归一化值越小,生态安全程度越高,即越小越安全型。

2.3.2 评价指标权重确定 均方差赋权法是一种客观赋值法,其权重是由各指标在评价单位中的实际数据形成的,它不依赖于人的主观判断,客观性较强,因此,本文采用均方差赋权法,对通榆县农业可持续发展的生态安全进行了客观的综合评价。

设 $A_i(i = 1, 2 \dots 25)$ 为指标集, $G_j(j = 1, 2, 3, 4, 5, 6)$ (1、2、3、4、5、6 分别代表 1985、1990、1995、1998、2001、2004 年) 为方案集, P_{ij} 为方案集对指标集的属性值,即归一化值。首先根据公式(1)、(2) 计算各评价指标的归一化值 P_{ij} ,其次计算标准化后的各指标 A_i 的均值 $E(A_i)$ 和方案集 G_j 的均方差 $\sigma(A_i)$,见公式(3) 和(4),最后根据 $\sigma(A_i)$ 得出各指标的权重 W_i ,见公式(5),计算结果见表 1。

$$E(A_i)=\sum_{j=1}^6P_{ij}/6\tag{3}$$

$$W_i=\sigma(A_i)/\sum_{i=1}^{25}\sigma(A_i)\tag{5}$$

$$\sigma(A_i)=\sqrt{\sum_{j=1}^6[(P_{ij}-E(A_i))]^{-2}}\tag{4}$$

表 1 1985~2004 年通榆县农业可持续发展的生态安全评价指标权重

Table 1 Indicator weight of ecological security on the agriculturally sustainable development in Tongyu county from 1985 to 2004

A_i	P_{ij}						$E(A_i)$	$\sigma(A_i)$	W_i
	1985	1990	1995	1998	2001	2004			
A_1	0.377	0.000	0.639	0.412	0.754	1.000	0.530	0.775	0.035
A_2	0.000	0.233	0.661	0.634	0.737	1.000	0.544	0.840	0.038
A_3	1.000	0.109	0.126	0.112	0.000	0.067	0.236	0.844	0.038
A_4	1.000	0.642	0.481	0.353	0.140	0.000	0.436	0.804	0.036
A_5	1.000	0.892	0.712	0.626	0.523	0.000	0.625	0.788	0.036
A_6	1.000	0.982	0.769	0.000	0.543	0.673	0.661	0.826	0.037
A_7	0.473	1.000	0.681	0.056	0.000	0.000	0.368	1.058	0.048
A_8	1.000	1.000	1.000	0.000	0.005	0.000	0.501	1.288	0.058
A_9	1.000	0.900	0.850	0.516	0.000	0.594	0.643	1.085	0.049
A_{10}	1.000	0.459	0.073	0.000	0.126	0.221	0.313	0.832	0.038
A_{11}	1.000	0.832	0.599	0.588	0.000	0.112	0.522	1.057	0.048
A_{12}	0.004	0.000	0.739	0.818	0.862	1.000	0.571	1.003	0.045
A_{13}	1.000	0.652	0.482	0.557	0.343	0.000	0.506	0.742	0.034
A_{14}	1.000	0.740	0.566	0.342	0.046	0.000	0.449	0.882	0.040
A_{15}	1.000	0.857	0.714	0.571	0.357	0.000	0.583	0.885	0.040
A_{16}	0.000	0.617	0.635	0.778	1.000	0.829	0.643	0.771	0.035
A_{17}	0.000	0.255	0.901	0.936	0.681	1.000	0.629	0.932	0.042
A_{18}	1.000	0.558	0.285	0.069	0.000	0.034	0.324	0.876	0.040
A_{19}	1.000	0.465	0.074	0.010	0.000	0.010	0.260	0.920	0.042
A_{20}	1.000	0.855	0.633	0.000	0.090	0.090	0.444	0.993	0.045
A_{21}	0.000	0.256	0.513	0.564	1.000	1.000	0.556	0.892	0.040
A_{22}	0.532	0.411	0.262	0.270	0.645	1.000	0.520	0.714	0.032
A_{23}	0.000	0.681	0.849	0.546	0.685	1.000	0.627	0.786	0.036
A_{24}	0.000	0.086	0.258	0.459	0.672	1.000	0.413	0.846	0.038
A_{25}	0.000	0.053	0.122	0.263	0.686	1.000	0.354	0.901	0.041

2.3.3 生态安全评价模型 根据公式(6),计算得出通榆县农业可持续发展的生态安全度。综合评价结果见表 2。

$$S=\sum_{i=1}^{25}W_i\times P_{ij}\tag{6}$$

式中, S 为生态安全度; W_i 为各指标权重; P_{ij} 同前。

表 2 1985~2004 年通榆县农业可持续发展的生态安全综合评价结果

Table 2 Result of ecological security on the agriculturally sustainable development in Tongyu county from 1985 to 2004

指标 Index	1985	1990	1995	1998	2001	2004
生态安全度(S) Degree of ecological security	0.664	0.578	0.550	0.365	0.366	0.422

2.4 生态安全阈值限定

通过计算所得的生态安全度,人们很难对农业生态安全状况进行直观判断。因此,按照人们对等级优先档次的认知习惯,采用相对指标法^[10],参考

其它分级标准^[1,11],并结合通榆县目前的生态环境状况,将安全度取值范围(0~1)划分为 5 个区间,对应 5 个等级,并对系统特征实行描述,见表 3。

根据生态安全度分级基准,通榆县 1985、1990、

1995、1998、2001、2004 年的生态安全等级分别处于Ⅲ、Ⅳ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅴ、Ⅳ。20 年来,研究区农业安全程

度的总体变化态势为从敏感态下降到风险态。

表 3 通榆县农业可持续发展的生态安全度分级基准

Table 3 Grading reference of degree of ecological security on the agriculturally sustainable development in Tongyu county			
等级 Grade	安全状态 Security state	标准化值 Standardized value	指标特征 Feature of index
I	安全态 Security	≥0.9	农业生态环境基本未受干扰破坏,系统结构完整,功能强,土壤肥沃,无农业污染,植被覆盖率高,无沙化、碱化现象,生态问题不显著。
II	较安全态 Less security	≥0.8~<0.9	农业生态环境较少受到破坏,系统结构基本完整,功能较强,土壤肥力高,农业污染程度低,农业与畜牧业产量高,土地利用程度高,生态问题不显著。
III	敏感态 Sensitiveness	≥0.6~<0.8	农业生态生态环境受到干扰,受干扰后系统结构易恶化,但尚能维持基本功能,盐碱化程度高,土壤肥力降低,生态问题显现。
IV	风险态 Risk	≥0.4~<0.6	农业生态环境受到较大的破坏,系统结构破坏较大,受外界干扰后恢复困难,盐碱化程度高,治理困难,生态问题较大,生态灾害较多。
V	恶化态 Deterioration	<0.4	农业生态环境受到很大破坏,生态环境系统结构不全,功能低下,发生退货性变化,恢复与重建很困难,土地表现为无法耕作的光板地,生态灾害严重,农民背井离乡。

3 评价结果及原因分析

根据生态安全评价模型(6),对通榆县 1985、1990、1995、1998、2001、2004 年 6 个时段的数据进行农业可持续发展的生态安全评价,评价结果见图 2。从图 2 中可看出,通榆县的农业生态安全变化经历了下降一回升两个阶段。

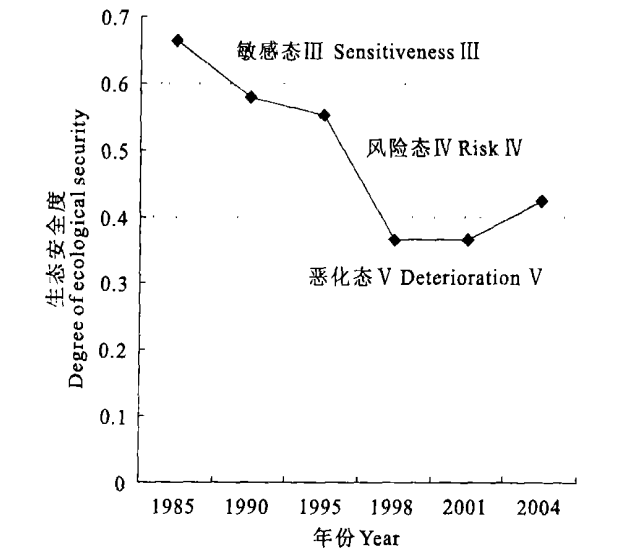


图 2 通榆县 1985~2004 年生态安全变化图

Fig.2 Change of ecological security of in Tongyu County from 1985 to 2004

3.1 下降阶段

1985~1998 年为生态安全的下降期。在这一时期,总的农业生态环境质量趋于恶化发展;1985~1995 年,生态安全度从 0.664 下降到 0.550,下降速率为 1.72%/a。安全等级从Ⅲ级下降到Ⅳ级,安全状态从敏感态下降到风险态;1995~1998 年,生态

安全度由 0.550 降至 0.365,下降速率达 6.3%/a。安全等级从Ⅳ级下降到Ⅴ级,安全状态由风险态降为恶化态。经分析,这一阶段,生态安全整体下降的主要原因有以下两个方面:一方面,在气候日趋暖化的大背景下,通榆县降雨量呈逐年减少的趋势,蒸发量逐渐加大,自然灾害较为频繁,特别 1998 年特大洪水,严重影响当地农业生产。另一方面,由于人类对土地资源不合理地利用开发,滥垦、滥伐、滥樵和过度放牧等经济活动日益剧烈,农、林、牧用地失调,土地“三化”(沙化、盐碱化和草场退化)发展迅速,再加上当地农民广种薄收,重用轻养的生产方式,加速了土地贫瘠化;通榆县是国家级贫困县,经济发展较落后,至 1998 年,人均 GDP 为 2 623 元,远低于同期吉林省平均水平 5 916 元,政府无力大规模地实施生态环境改善工程,从而降低了对自然灾害的防御能力。综上所述,在自然和人为双重因素的胁迫下,通榆县农业生态环境质量下降,生态系统更加脆弱,生态安全性降低。

3.2 回升阶段

1998~2004 年为生态安全的回升期。生态安全度在这 6 年中从 0.365 上升到 0.366 至 0.422,上升幅度为 0.95%/a,安全等级为从Ⅴ级回升至Ⅳ级,安全状态从恶化态回升到风险态。从图 2 及表 3 中可看出,1998 年是通榆县农业生态安全度发生变化的转折点。由于环境意识的提高,人们渐渐地对环境保护与农业的关系有所认识。2000 年起,通榆县被批准为国家级生态示范县,通过实施草地“三化”治理工程、造绿工程、农田水利工程等生态整治措施,通榆县的沙化已得到了一定的控制、沙化速率降低,部分沙丘已经固化为固定沙丘,生态环境开

始有所好转。至 2004 年,通榆县农业生态环境的生态安全等级及程度产生了质的飞跃,但由于通榆县生态环境基础较差,研究区土地生产力较低,土地盐碱化、草地退化、水资源短缺等依然是制约农业经济发展的比较严重的生态环境问题,生态安全状况不容乐观。

4 农业可持续发展生态安全建设对策

生态安全评价的根本目的是为农业可持续发展的资源保护、生态环境建设提供决策参考。根据上述评价结果,结合通榆县的实际情况,提出以下生态安全建设途径和对策:

1) 严格保护农田保护区内的耕地。加强农田基本建设,改善农田生态条件,积极控制和降低农药、化肥使用量,有效治理农业污染。大力推广实用农业高新技术,全面实施“肥土沃野工程”,积极推广农业废弃物资源化技术,进一步改善农村生态环境。

2) 针对通榆县盐碱化土地盐碱含量高(耕层 0.3%~0.5%),质地粘重,低洼易涝等特点,对低洼易涝盐碱地可发展水田,有效抑制土壤返盐;利用轻度及中度盐碱化土地种植优质牧草,并与发展养殖业结合起来,不但具有显著的生态效益,而且还有较高的经济效益^[12];对于重盐碱地包括连片的大面积碱斑,选择耐盐碱性强的先锋植物,如黄花草木樨^[13,14]、碱茅等,建立人工草地,发挥其生物改良作用,是当前切实可行的方法。

3) 干旱缺水是通榆县农业持续发展的瓶颈,要使通榆县生态环境走向良性循环,经济可持续发展,必须充分利用嫩江丰富的水资源,这是提高研究农业生态安全性的根本途径。调水的原则方案^[15]:从

月亮湖新店引嫩江水,沿“北水南调”输水线路,至龙沼乡的后八方,向西南至通榆一瞻榆一包拉温都。

参 考 文 献:

[1] 吴国庆·区域农业可持续发展的生态安全及其评价研究[J]. 中国农业资源与区划, 2001, 22(4): 26—30.

[2] 杨京平, 卢剑波. 生态安全的系统分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.

[3] 李凤全. 半干旱区农业生态环境质量演化过程研究——以吉林省通榆县为例[J]. 农业环境与发展, 2003, (4): 36—38.

[4] The Workshop Organized by the Land and Water Development Division FAO. Land quality indicators and their use in sustainable agriculture and rural development [J]. Agriculture Development, 1997, 2: 5.

[5] Rainer WALZ. Development of environmental indicator systems, experiences from Germany [J]. Environmental Management, 2000, 25(6): 613—623.

[6] 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, 2003(1): 2—7.

[7] 王根绪, 程国栋, 钱 鞠. 生态安全评价研究中的若干问题[J]. 应用生态学报, 2003, 14(9): 1551—1556.

[8] 邹长新, 沈渭寿. 生态安全研究进展[J]. 农村生态环境, 2003, 19(1): 56—59.

[9] 张建新, 邢旭东, 刘小娥. 湖南土地资源可持续利用的生态安全评价[J]. 湖南地质, 2002, 21(2): 119—121.

[10] 王娟. RS—GIS—EIS 技术支持下的吉林西部生态环境集成研究[D]. 长春: 吉林大学, 2004.

[11] 赵凤琴. 吉林西部土地生态环境安全研究[D]. 长春: 吉林大学, 2005.

[12] 王志春, 裴善文. 吉林省西部盐碱化土地治理对策[J]. 农业与技术, 2002, 22(5): 6—8, 18.

[13] 汤 洁, 李月芬, 林年丰, 等. 应用生物技术改良退化土壤的效果——以黄花草木樨改良盐碱化土壤为例[J]. 生态环境, 2004, 13(1): 51—53, 60.

[14] 李月芬, 汤 洁, 林年丰, 等. 黄花草木樨改良盐碱土的试验研究[J]. 水土保持通报, 2004, 24(1): 8—11.

Evaluation of ecological security of county level agricultural sustainable development
—— A case study of Tongyu County

TANG Jie, LI Hai-yi, SI Ai

(College of Environment and Resource, Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract: As a case study of Tongyu county, Jilin Province, This paper established the indicator system of ecological security on agricultural sustainable development, determined the weight of the indicator by the method of mean square deviation, and evaluated ecological security on agricultural development among 1985, 1990, 1995, 1998, 2001 and 2004 by using the model of ecological security. The result showed that the ecological security of agriculture had being decreased during the past 20 years, the grade of ecological security of Tongyu County of the above motioned 6 years was between III and V, and the security dropped from sensitive state to risk state. 1998 was the turning point, from which the ecological security of agriculture had being recovered. The strategies of construction of ecological safety on agricultural sustainable development are put forward.

Keywords: ecological security; agriculturally sustainable development; mean square deviation; Tongyu county