

中国耕地资源安全预警系统探讨

宋伟¹, 陈百明¹, 张英^{1,2}

(1. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要:该文尝试设计和建立中国耕地资源安全预警系统,为耕地资源安全预警技术规范的编制和耕地资源的合理保护利用提供参考。耕地资源安全预警系统包括监测、评价和预警 3 个组成部分;耕地资源安全的监测、评价和预警指标体系由距离耕地保有量差值、耕地减少率、基本农田减少率、自然质量等别、耕地结构质量、耕地退化面积比重、化肥农药农膜负荷、耕地重金属污染面积比重和耕地水土流失面积比重 9 个指标构成,各指标的监测周期在 1~10 a 间;短板效应模型可以作为耕地资源安全预警的综合评价模型。耕地资源预警系统的建立需要借助于多个行政部门的合作。

关键词:土地管理;耕地资源安全;监测;评价;预警

中图分类号:F301.21

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2013)06-0192-04

Discussion on Warning System of Cultivated Land Resources Security in China

SONG Wei¹, CHEN Bai-ming¹, ZHANG Ying^{1,2}

(1. *Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China*; 2. *University of Chinese of Academy of Sciences, Beijing 100049, China*)

Abstract: This paper aims to design and establish the Warning System of Cultivated Land Resources Security (WSCLRS) in China. This research will be benefit for drawing up the specifications of WSCLRS and rationally conserving and using cultivated land. WSCLRS includes three components: monitoring system, evaluating system and warning system. Nine indexes were selected to monitor, evaluate and early warn the cultivated land resources security, i. e. the difference between actual area and inventory area of cultivated land, lost rate of cultivated land, lost rate of prime cultivated land, natural quality grade of cultivated land, structural quality of cultivated land, degraded proportion of cultivated land, application quantity of chemical fertilizer, agricultural chemical pesticide and mulching film, contaminated proportion by heavy metal of cultivated land and runoff and sediment ratio of cultivated land. The monitor period of the 9 indexes ranges from 1 to 10 years. Model of short board effect was recommended to early warn the synthetically cultivated land resources security. It is noted that cooperation of different administrative departments is necessary when establishing WSCLRS.

Key words: land administration; cultivated land resources security; monitoring; evaluating; warning

资源安全预警可以通过对资源安全系统演化趋势的评价,预先发现系统运行可能出现的问题及成因,为实施防范化解措施提供依据^[1],因而在能源、水资源、环境、粮食、生物等领域得到了广泛应用^[2-5]。近年来,经济发展和城镇化等因素造成的耕地数量减少、不合理利用造成的耕地质量下降以及耕地开发利用带来的生态环境问题日益严重,引起了学术界对耕地资源安全问题的普遍关注。国外学者 Goncharova

等^[6]和 Jeffrey^[7]分别分析了农业污染和农业生态环境变化对耕地资源安全的影响。中国的耕地资源安全问题在 20 世纪 90 年代被提出^[8],其后许多研究者开展了诸多耕地资源安全预警的案例研究,提出了区域耕地资源安全的评价和预警方法^[9-10],有效推动了耕地资源安全预警研究。

然而,已有的耕地资源安全预警研究大多从区域出发,耕地资源安全评价指标和预警方法更侧重于区

域适宜性。同时,现有研究多集中在耕地资源安全评价方面,对于监测部分的研究涉及较少。鉴于此,本文尝试建立一套更具普适性和操作性的耕地资源安全预警程序和技术方法,以期为编制耕地资源安全预警技术规范 and 合理保护利用耕地提供参考。

1 耕地资源安全预警系统框架

耕地资源安全预警系统框架主要包括耕地资源安全的监测、评价和预警 3 个组成部分。其中,耕地资源安全监测主要是持续定期地调查影响耕地资源安全的主要指标或属性;耕地资源安全评价主要是筛选影响耕地资源安全的重要指标,评价耕地资源安全的状态;耕地资源安全预警主要是根据耕地资源安全的评价结果,判断、描述和预测耕地资源安全的变化趋势,利用设定的方式和信号,实行预告和示警,提出防范措施。根据上述分析,耕地资源安全预警系统和预警技术流程设计如图 1 所示。

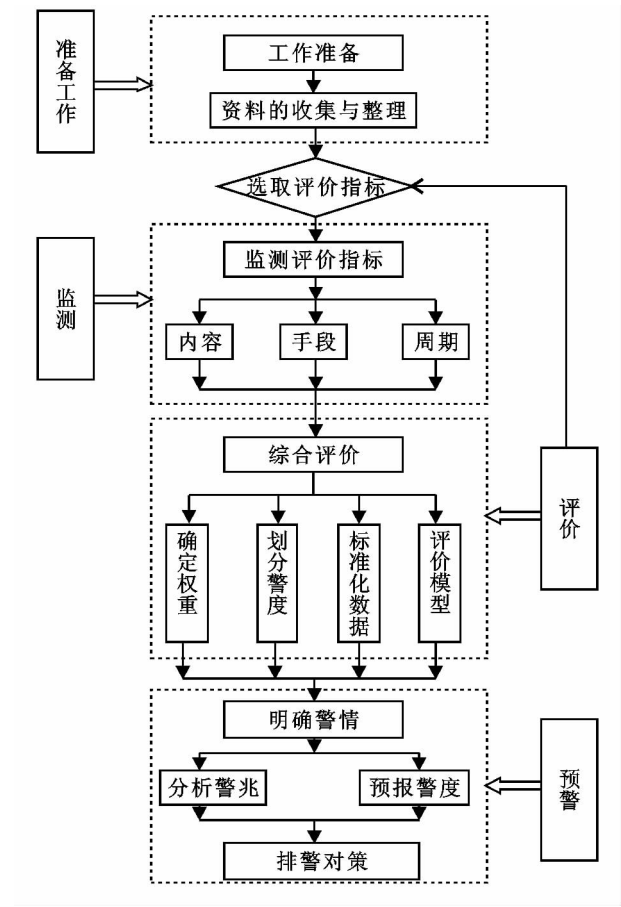


图 1 耕地资源安全预警技术流程

2 耕地资源安全评价指标

2.1 耕地资源安全的内涵

耕地资源安全指一个国家或地区的耕地资源得到有效保护,能够保障人类社会的生存和发展,促进

生态系统和谐、平衡的耕地资源状态和能力。耕地资源安全包括数量安全、质量安全和生态安全 3 个方面的含义。数量安全指为满足人类社会基本生存和发展需求而必须保护的耕地数量状态;质量安全指耕地生产能力得到有效保护、质量有改善的状态;生态安全指耕地开发利用的生态环境负面影响小、利用可持续的状态^[9]。

2.2 耕地资源安全评价指标体系

根据耕地资源安全的定义,依据耕地资源安全评价、监测和预警指标数据能够准确及时获取,指标对耕地资源安全运行状态变化反应灵敏,以及易于统计、量化、表述、简洁和可操作的原则,分别从耕地的数量、质量和生态安全 3 个方面选取 9 个指标构建耕地资源安全评价指标体系。

2.2.1 数量安全指标

(1) 距离耕地保有量差值,即耕地面积现状与规划期末耕地保有量的差值。该指标安全趋向为正,其计算公式为:距离耕地保有量差值=耕地面积现状—规划期末耕地保有量。

(2) 耕地减少率,即本年度耕地数量在上一年度的基础上减少的百分比。该指标安全趋向为负,其计算公式为:耕地减少率=(上年度耕地数量—本年度耕地数量)/上年度耕地数量×100%。

(3) 基本农田减少率,即本年度基本农田数量在上一年度的基础上减少的百分比。该指标安全趋向为负,其计算公式为:基本农田减少率=(上年度基本农田数量—本年度基本农田数量)/上年度基本农田数量×100%。

2.2.2 质量安全指标

(1) 自然质量等别,即在全国范围内,按照标准耕作制度,根据规定的方法和程序进行农用地自然质量评定而划分出的等别。该指标安全趋向为正,自然质量等别的计算方法参见《农用地分等规程》(TD/T1004-2003)。

(2) 耕地结构质量,即耕地内部各土地利用类型的组成状况,可以在一定程度上衡量耕地质量。耕地结构质量可以用耕地结构指数来衡量(CSI),该指标安全趋向为正。根据《土地利用分类》(GB/T21010-2007),耕地内部的二级土地利用类型包括水田、水浇地和旱地 3 个类型,CSI 的计算公式如下:

$$CSI = \sum_{i=1}^3 T_i \times W_i \tag{1}$$

式中: T_i ——耕地内部 i 土地利用类型的赋值(水田赋值 0.40,水浇地赋值 0.35,旱地赋值 0.25); W_i ——对应土地利用类型面积占耕地面积的比率。

(3) 耕地退化面积比重,即评价区域内耕地盐渍化、沙化、石漠化面积占耕地面积的比重。该指标安全趋向为负,其计算公式为:耕地退化面积比重=(耕地盐渍化面积+耕地沙化面积+耕地石漠化面积)/耕地面积×100%。

2.2.3 生态安全指标

(1) 化肥农药农膜负荷,即单位耕地面积承载的化肥、农药、农膜负荷量。该指标安全趋向为负,其计算公式为:化肥农药农膜负荷=0.4×化肥负荷标准化数值+0.3×农药负荷标准化数值+0.3×农膜负荷标准化数值。化肥负荷=化肥折纯施用量/农作物播种面积;农药负荷=农药施用量/农作物播种面积;农膜负荷=农膜施用量/农作物播种面积。

需要特别指出的是,化肥负荷指标数据的标准化方法与一般数据标准化方法略有差别。许多研究都认为粮食作物化肥施用量在 225 kg/hm² 以内不会引起严重的生态环境问题^[11-15]。因此,化肥施用量数据的标准化采用 225 kg/hm² 与各区域化肥实际投入量相比的办法,比值超过 1 的标准化数值按 1 计算。

(2) 耕地重金属污染面积比重,即评价区域内耕地重金属污染面积占耕地面积的比重。该指标安全趋向为负,其计算公式为:耕地重金属污染面积比重=耕地重金属污染面积/耕地面积×100%。

(3) 耕地水土流失面积比重,即耕地水土流失面

积占耕地面积的比重。该指标安全趋向为负,其计算公式为:耕地水土流失面积比重=耕地水土流失面积/耕地面积×100%。

3 耕地资源安全监测

美国在 20 世纪中期就开始运用网格法布设监测点,监测国家自然资源变化,监测样地覆盖全美 50 个州的所有地域^[16-17]。中国虽然也相继启动了一些农用地或耕地资源的监测和预警项目,但目前大多在实施过程中,尚缺乏可以立即投入使用的监测系统。本文依据耕地资源安全监测的全覆盖和易实施原则,设计了耕地资源安全的监测系统。

监测系统的构成包括监测对象、监测周期、监测实施单位、监测点的布设等。耕地资源安全的监测对象为所选耕地资源安全评价指标的直接数据或计算该指标所需的间接数据。耕地资源安全的监测周期指连续两次监测间隔的时间,各评价指标监测周期为 1~10 a 不等(表 1)。耕地资源安全监测组织单位为国务院和省、市、县级土地行政主管部门,具体监测实施单位包括土地、农业、水利、林业、统计、环保等行政主管部门。监测网点的布设以行政区为单位,在国家、省级、县级行政区内各设置若干监测点,覆盖监测行政区域内的耕地资源安全状况。监测数据的采集时间为每监测周期末的最后一个月份。

表 1 耕地资源安全监测单位和周期

监测指标	监测单位	监测周期
距离耕地保有量差值	土地行政主管部门	1 a
耕地减少率	土地行政主管部门	1 a
基本农田减少率	土地行政主管部门	1 a
自然质量等别	土地行政主管部门	每 2~3 a 修订耕地自然质量等别
		每 6 a 全面更新耕地自然质量等别
耕地结构质量	土地行政主管部门	耕地质量发生较大变化的局部地区,应及时更新
		1 a
耕地退化面积比重	水利行政主管部门和农业行政主管部门(监测耕地盐渍化相关数据);林业行政主管部门(监测耕地石漠化和沙化基础数据)	耕地盐渍化的监测周期为 10 a
		耕地沙化的监测周期为 5 a
化肥农药农膜负荷	土地行政主管部门和统计行政主管部门	耕地石漠化的监测周期为 5 a
耕地重金属污染面积比重	土地行政主管部门和环保行政主管部门	1 a
耕地水土流失面积比重	土地行政主管部门、水利行政主管部门、农业行政主管部门和林业行政主管部门	5 a

4 耕地资源安全预警

4.1 警度级别和预警信号的划分

耕地资源安全警度级别是警情大小的定量刻划,警情由低至高划分为无警、轻警、中警和重警 4 个层次,对应的预警信号依次为白色、蓝色、黄色和红色。

其中,无警表示耕地资源数量得到有效保护,质量不降低或有改善,耕地开发利用的生态环境负面影响小,耕地资源安全程度很高的状态;轻警表示耕地资源的数量、质量或生态安全指标有轻微超过安全限度的情况,需要进行适度局部调整。中警表示耕地资源安全中某些指标出现了比较严重的偏差,应启动安全

预警的预案,运用法律、行政和经济多种手段进行调整;重警表示耕地资源利用出现数量紧缺、质量大幅下降或生态环境遭到严重破坏等问题,各级政府应启动应急预案,动员一切力量改善耕地资源安全状态,确保耕地资源的可持续利用。

4.2 耕地资源安全指标警度的划分

警度的划分原则一般有均数原则、多数原则、半数原则、其他原则等。均数原则指选择往年评价指标数据的平均值作为无警下限;多数原则指选择往年评

价指标数据总数 2/3 的数据区间作为无警下限;半数原则指选择往年评价指标数据中位数对应的数值作为无警下限;均数原则、多数原则和半数原则的其他各级别警度阈值在剩下的数据区间中划分。其他原则指结合实际运用以上原则以外的方法或者综合运用以上原则划分警度。

本文中 9 个耕地资源安全评价和监测指标的警度划分方法主要借鉴了均数原则和其他原则,各指标具体警度划分方法见表 2。

表 2 耕地资源安全预警指标警度的划分

监测指标	参考警度阈值				
	无警上限	无警下限(轻警上限)	轻警下限(中警上限)	中警下限(重警上限)	重警下限
距离耕地保有量差值	≥	耕地面积现状距离规划近期耕地保有量的差值	耕地面积现状距离规划近期耕地保有量的差值	0	≤
耕地减少率	≤	0	耕地面积现状与规划近期保有量相比的年均减少率	耕地面积现状与规划近期保有量相比的年均减少率	≥
基本农田减少率	≤	0	基本农田面积现状与规划近期保有量相比的年均减少率	基本农田面积现状与规划近期保有量相比的年均减少率	≥
自然质量等别	≥	已评定农用地分等自然质量等别	在剩下的区间中结合当地实际情况等距离划分		≤
耕地结构质量	≥	往年耕地结构指数平均值	在剩下的区间中结合当地实际情况等距离划分		≤
耕地退化面积比重	≤	往年耕地退化面积平均值	在剩下的区间中结合当地实际情况等距离划分		≥
化肥农药农膜负荷	≤	往年化肥农药农膜负荷平均值	在剩下的区间中结合当地实际情况等距离划分		≥
耕地重金属污染面积比重	≤	往年耕地重金属污染面积比重平均值	在剩下的区间中结合当地实际情况等距离划分		≥
耕地水土流失面积比重	≤	第二次全国土壤普查耕地水土流失面积比重	在剩下的区间中结合当地实际情况等距离划分		≥

4.3 耕地资源安全综合评价预警方法

耕地资源的数量、质量和生态安全是一个有机联系的整体,三者之间并非简单的线性或非线性关系,因此常规的综合评价模型有时很难准确反映不同类别耕地资源安全之间的关系。考虑突出各评价指标对综合评价结果的限制性,采用短板效应模型综合评价耕地资源安全程度,其计算公式如下:

$$P=\min(P_s,P_z,P_t)$$
(2)

$$P_s=\min(S_1,S_2,S_3)$$
(3)

$$P_z=\min(Z_1,Z_2,Z_3)$$
(4)

$$P_t=\min(T_1,T_2,T_3)$$
(5)

式中:P——综合警度;P_s——耕地资源数量安全警度;P_z——耕地资源质量安全警度;P_t——耕地资源生态安全警度;S₁、S₂、S₃——评价指标“距离耕地保有量差值”、“耕地减少率”、“基本农田减少率”的警度;Z₁、Z₂、Z₃——评价指标“自然质量等别”、“耕地结构质量”、“耕地退化面积比重”的警度;T₁、T₂、T₃——评价指标“化肥农药农膜负荷”、“耕地重金属污染面积比重”、“耕地水土流失面积比重”的警度;min——取各耕地资源安全评价指标最低安全警度。

5 结论

预警是当今国际公共管理改革发展的重要方向,

耕地资源安全的预警系统设计工作也亟待开展。耕地资源安全预警系统的设计包括监测、评价和预警 3 个组成部分。其中,耕地资源安全的内涵包括数量安全、质量安全和生态安全 3 个方面。耕地资源安全监测和评价指标主要包括距离耕地保有量差值、自然质量等别和化肥农药农膜负荷等 9 个指标。短板效应模型能够突出反映不同耕地资源安全评价指标的限制性,适宜于耕地资源安全预警综合评价。耕地资源安全预警系统的建设需要包括土地、农业、林业、水利、环保等多个行政主管部门的通力合作。

参考文献:

[1] 郑荣宝,刘毅华,董玉祥.广州市土地资源安全预警及耕地安全警度判定[J].资源科学,2009,31(8):1362-1368.

[2] 杨苗,杨萍果.近 25 年临汾市耕地资源与粮食安全动态分析[J].水土保持研究,2012,19(5):271-274.

[3] 任洪玉,畅益锋,赵健.长江上游滑坡泥石流灾害现状与预警系统建设探讨[J].水土保持研究,2009,16(6):139-142.

[4] 莫彬,曹建华,徐祥明,等.岩溶石漠化演替阶段土壤质量退化的预警指标评价[J].水土保持研究,2007,14(3):16-18.

[5] 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):276-284.

- [6] Goncharova N, Balrasheuskaya D, Putyrskaya V. Pollutant Uptake on Agricultural Land: Practical Modeling. Strategies to Enhance Environmental Security in Transition Countries [M]. Netherlands: Springer, 2007: 18-22.
- [7] Jeffrey A L. Agriculture and biodiversity: Finding our place in this world[J]. Agriculture and Human Values, 1999, 16(4): 365-379.
- [8] 赵其国, 周炳中, 杨浩, 等. 中国耕地资源安全问题及其相关对策思考[J]. 土壤, 2002(6): 293-302.
- [9] 宋伟, 陈百明, 史文娇, 等. 2007年中国耕地资源安全评价[J]. 地理科学进展, 2011, 30(11): 1449-1455.
- [10] 孟俊杰, 蔡世忠, 吴荣涛. 中原农区耕地预警实证研究[J]. 中国农业资源与区划, 2012, 33(2): 28-33.
- [11] 侯彦林, 赵慧明, 李红英. 中国农田氮肥面源污染估算方法及其实证: III 估算模型的实证[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(7): 1337-1340.
- [12] 赵其国, 杨劲松, 周华. 保障我国“耕地红线”及“粮食安全”十字战略方针[J]. 土壤, 2011, 43(5): 681-687.
- [13] 饶静, 许翔宇, 纪晓婷. 我国农业面源污染现状、发生机制和对策研究[J]. 农业经济问题, 2011(8): 81-87.
- [14] 朱兆良, 诺斯, 孙波. 中国农业面源污染控制对策[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006: 43-55.
- [15] 程序, 曾晓光, 王尔大. 可持续农业导论[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
- [16] National Resources Inventory. A statistical survey of land use and natural resource conditions and trends on U. S. non-Federal lands[EB/OL]. <http://www.nrcs.usda.gov/technical/NRI>, 2005-12-5.
- [17] 赵烨, 袁顺全, 郎文聚, 等. 农用地资源安全的监测—评价—预警系统[J]. 农业工程学报, 2007, 23(1): 77-81.

欢迎订阅 2014 年《中国水利水电市场》

◆《中国水利水电市场》2001年初在水利系统各主管单位及涉水企业的大力支持与关注下创刊了。经过编辑部全体同仁整整十二年的努力,《中国水利水电市场》目前已发展成为水电系统新闻媒体中一支不可忽视的力量,其标新立异的办刊思想、独树一帜的办刊宗旨受到广大读者和专家的欢迎。

◆《中国水利水电市场》设置了“数字水利视点”、“水利工程”、“现代水务”、“能源与水”、“经验交流”、“水之缘”和“信息快递”等栏目。刊物具有信息量大(包括最新的拟在建项目信息和招标信息)、可读性强、个性化服务的特点。目前编辑部的技术人员已经成功研发出防汛抗旱指挥系统、企事业名录查询系统,深受广大用户的好评,在此向各主管单位及涉水企业深表感谢!

◆《中国水利水电市场》面向水利系统各流域机构、各省市水利水电部门、科研单位,大型水利水电工程建设管理部门、大中型灌区等行业部门专向投递,另通过邮局、全国新华书店和水利、电力、建筑等专业书店向水利水电系统和相关行业公开发售。

◆《中国水利水电市场》为月刊,每月25日出版。国内订价:每期8元,全年定价96元(含邮费),欢迎广大读者踊跃订阅!目前编辑部的研发人员已成功研发出了杂志电子刊的客户端,适用于ipad平板、iphone手机、安卓系统的平板和手机。让您随时随地轻松阅读杂志!

订阅电话:010-63204992

网址:<http://www.cnwwp.com>

邮箱:shuiligaojian@126.com

QQ号:664129315