

陈静,周静平,李存军,等. 全国农业生态系统脆弱性评价[J]. 江苏农业科学,2018,46(2):217-223.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.02.055

全国农业生态系统脆弱性评价

陈静^{1,2}, 周静平², 李存军², 王迎春³, 淮贺举², 胡海棠², 史磊刚²

(1. 中国农业科学院农业经济与发展研究所,北京 100086; 2. 北京农业信息技术研究中心,北京 100097;
3. 中国农业科学院农业资源与区划研究所,北京 100086)

摘要:在分析全国农业生态系统脆弱性影响因素的基础上,以农业生态敏感性、农业生态恢复力和农业生态干扰性为准则,构建9个一级指标和16个二级指标的农业生态系统脆弱性评价指标体系,综合相关统计年鉴、气象、遥感等数据,利用主成分分析法赋权评价农业生态系统脆弱区的空间分布和各农业可持续发展区的生态脆弱性程度。结果表明,主要分布在我国东部和中部农业生态系统微度和轻度脆弱区面积占51.97%,主要分布在西部地区的中度、重度和极度脆弱区面积占48.03%。全国农业可持续发展区的优化发展区中农业生态系统微度和轻度脆弱区占93.92%,适度发展区中轻度和中度脆弱区占79.93%,保护发展区中重度和极度脆弱区占85.27%,总体来说农业生态系统的脆弱程度排序为保护发展区>适度发展区>优化发展区,二级分区排序为青藏区>西北及长城沿线区>黄淮海区>西南区>长江中下游区>华南区>东北区。研究结果对于根据农业生态系统的脆弱程度选择不同的发展策略,保护农业生态环境,促进全国农业可持续发展具有重要的实践意义。

关键词:农业生态系统;可持续发展;脆弱性;指标体系;评价

中图分类号: F323.22 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)02-0217-06

生态脆弱性是生态系统在特定时空尺度中相对于外界扰动影响具有的敏感性和恢复能力,它是系统自身固有的属性,在外界影响因素的扰动下表现出来^[1]。自从提出生态过渡带的概念之后,评价生态脆弱性始终是脆弱生态环境研究的主要内容之一^[2],是诊断区域环境问题^[3]、识别关键脆弱环境因子的重要手段^[4]。很多学者对高原高寒生态系统^[5]、森林生态系统^[6]、湿地生态系统^[7]、流域生态系统^[8]、岩溶生态系统^[9]、山地河谷生态系统^[10]等自然生态系统以及城市生态系统等人工生态系统^[11-12]的脆弱性进行评价。综合指数法是脆弱性评价最主要的方法之一^[13],针对不同类型生态系统的特征建立生态脆弱性评估指标体系,运用主成分分析^[10,14-15]、层次分析(analytic hierarchy process,简称AHP)^[5,7-8]等方法确定指标权重或者综合主成分分析和层次分析等多种方法确定指标权重^[16],最后结合建立的模型计算脆弱性综合指数。

农业生态系统是一类自然-人工复合生态系统,是介于自然生态系统和人工生态系统之间的一种特殊生态形式^[17],具有食物生产功能,与农业生态系统紧密相关的食物安全直接关系到国家安全^[18]。农业生态系统不仅能维持人类生存,同时对区域生态环境的维护发挥着重要的作用。农业生态系统的脆弱性是指某一地区农业生产过程对气候、环境变化等敏感因素反应的强弱以及当地社会经济、生产、生态等环境要素对气候变化影响可能适应性的综合不稳定反应^[19],是农业生态系统对外部压力的敏感性及自身适应能力的函数^[20]。

脆弱的农业生态系统会导致农作物减产和农产品质量下降,产生食物安全问题等^[21]。相对来说,国内对农业生态系统脆弱性的评价研究较少,赵艳霞等以典型的农业生态脆弱区北方农牧交错带为研究对象,探讨了农业生态系统气候脆弱性的综合定量评价方法,构建了气候敏感类、环境敏感类、农业生产类、社会经济类4类共17项指标的农业生态系统气候脆弱性评价指标体系,但由于这是针对小区域的评价指标体系,没有考虑海拔、自然灾害等因素对农业生态系统脆弱性的影响^[22]。何磊等采用相似指标体系对内蒙古通辽市各旗(县)农业生态系统进行了脆弱性评价^[23]。周松秀等对湘中丘陵盆地、三峡库区(重庆段)进行了农业生态环境脆弱性评价^[14,16]。也有一些学者侧重于农产品品质、食物安全和生物安全,进行了农业生态系统的健康评价方法和实证研究^[17,24-25]。

县域或省域农业生态系统脆弱性评价指标和方法无法直接应用到全国范围。本研究探讨全国尺度下的农业生态系统脆弱性指标体系、评价方法,分析不同农业生态系统脆弱区的空间分布,以期为了保护农业生态环境,促进全国农业可持续发展提供决策参考。2015年5月,农业部、国家发展和改革委员会、科技部、财政部、国土资源部、环境保护部、水利部和国家林业局等八部委联合发布了《全国农业可持续发展规划(2015—2030年)》,将全国划分为3个一级农业发展区和8个二级亚区(表1、图1),本评价结果拟为全国农业可持续发展分区提供重要参考依据。

1 评价方法

1.1 农业生态系统脆弱性的影响因素和评价指标体系

农业生态系统脆弱性不同于自然生态系统或人工生态系统,它是一个开放性的自然-人工复合生态系统,许多能量与

收稿日期:2016-07-22

基金项目:农业部农业可持续发展规划专题研究项目。

作者简介:陈静(1982—),女,江西上饶人,博士,助理研究员,从事农业区域发展与规划研究。E-mail:chenjing@caas.cn。

物质的输入与输出不但受自然规律的控制,也受经济规律的制约^[24]。农业生态系统脆弱性是生态系统对人的利用性而言的,不可利用的和承受人类活动的生态系统就没有脆

弱性可言^[26],自然因素和人为因素是脆弱生态系统形成的2个基本条件,没有自然环境“先天的”不稳定和人类活动“后天的”超负荷干扰,农业生态环境的脆弱性就无从谈起。

表1 全国农业可持续发展分区基本情况

一级农业发展区名称	二级分区名称	特征
优化发展区	东北区、黄淮海区、长江中下游区和华南区	我国大宗农产品主产区,农业生产条件好、潜力大,但水土资源过度消耗,环境污染,农业投入品过量使用,资源循环利用程度不高
适度发展区	西北及长城沿线区和西南区	农业生产特色鲜明、生态脆弱、水土配置错位、资源性和工程性缺水严重、资源环境承载力有限、农业基础设施相对薄弱
保护发展区	青藏区和海洋渔业区(其中海洋渔业区不在本研究范围内)	青藏区是我国大江大河的发源地和重要的生态安全屏障,高原特色农业资源丰富,但生态十分脆弱

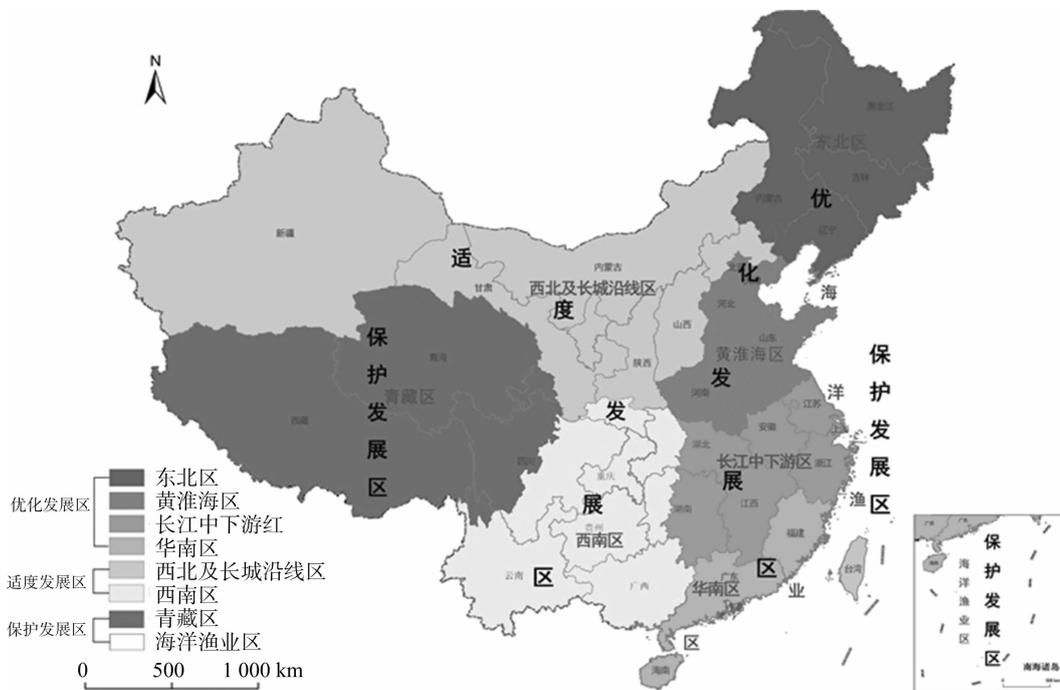


图1 全国农业可持续发展分区(不含港澳台地区)

影响农业生态系统脆弱性的因素首先是自然因素,地形、地貌、气候、自然灾害等自然因素都会对农业生态系统的脆弱性产生影响;其次,农业生态系统脆弱性在很大程度上受人类活动的调控与影响,如使用农药化肥过量与使用不当引起的环境污染,土地过垦引起的土壤退化、水土流失以及人口增长下其他用地类型占用引起的耕地流失等。因此,对于这种复杂系统仅选择单个指标无法准确评价其脆弱性,只有综合自然指标和社会经济指标建立一套指标体系,才能全面反映农业生态系统的脆弱性状态。在全面考察农业生态系统脆弱性影响因子的基础上,根据农业生态环境脆弱性的定义以及评价目标,遵循主导因素原则、系统性原则和可操作性原则,依据生态问题—影响因子—评价指标的途径,以农业生态敏感性、农业生态恢复力和农业生态干扰性为准则,本研究筛选设计9个一级评价指标和16个二级评价指标进行评价(表2)。

1.2 数据来源

农业生态敏感性指标数据主要来源于北京师范大学全球陆表特征参量产品生成与应用研究网、中国气象科学数据共享服务网、第二次全国土地调查(2009年)和《中国农村统计年鉴2005—2014年》。通过下载、查阅及计算上述数据,利用

专业分析软件 ArcGIS 10.1 对多源数据进行分析与处理,获得全国数字高程模型(digital elevation model,简称 DEM)、坡度、叶面积指数(leaf area index,简称 LAI)等16个评价指标。所有的指标数据均通过 ArcGIS 10.1 软件转换成 1 km × 1 km 的栅格数据。

地形因子:选取海拔和坡度作为代表性指标。海拔取自我国空间分辨率为 1 km 的 DEM 数据,坡度是以该 DEM 为数据源,利用 ArcGIS 10.1 软件的空间分析工具(spatial analyst tools)计算而得。

地表因子:选取植被丰度作为代表性指标。选用我国 2011 年空间分辨率为 1 km 的平均叶面积指数来反映植被丰度。数据源自北京师范大学全球陆表特征参量产品生成与应用研究网,选取 2013 年时间间隔为 8 d 的共计 37 期 LAI 数据,利用 ArcGIS 10.1 软件,使用其空间分析模块中地图代表(map algebra)里的栅格计算(raster calculator)工具通过求取平均值而得。

气象因子:选取平均太阳年总辐射。以平均降水量和 ≥ 0 °C 连续积温为代表性指标。数据源自中国气象科学数据共享服务网的站点逐日观测数据,经统计运算,并利用

ArcGIS10.1 软件进行空间插值处理而得。

农业资源因子:选取人均耕地面积和土壤肥力水平作为代表性指标。其中人均耕地面积根据第二次全国土地调查结果获得各省耕地面积(2009年),根据《中国农村统计年鉴:2014》获得2013年各省的人口,由各省耕地面积除以人口求得人均耕地面积。土壤肥力数据源自1980年全国1:400万土壤肥力综合质量分布图。根据不同土壤肥力水平对生态系统稳定性的贡献,按照好、较好、一般、较差、差分别赋值0.2、0.4、0.6、0.8、1.0,数值越大说明生态系统抗干扰能力越弱,脆弱性越高。

农业灾害因子:选取受灾率和成灾率作为代表性指标。根据《中国农村统计年鉴2005—2014年》获得2004至2013年全国各省的旱灾、洪涝灾、风雹灾、冷冻灾和台风灾的受灾面积、成灾面积、耕地面积,由各类自然灾害的受灾面积除以耕地面积获得每年的受灾率,计算10年受灾率的平均值作为指标值;每年各类自然灾害的成灾面积除以受灾面积为每年的成灾率,计算10年成灾率的平均值作为指标值。

农业污染因子:选取化肥施用强度和农药施用强度作为代表指标。根据《中国农村统计年鉴:2014》获得2013年各省化肥、农药使用量和农作物播种面积,由化肥、农药使用量除以农作物播种面积求得化肥和农药使用强度指标值。

农业生态恢复力指标:选取植被净初级生产力为代表性指标。数据源自 Modis 数据净初级生产力(net primary productivity,简称 NPP)产品,空间分辨率为1 km,将2009年不同地区多景 NPP 产品拼接合成全国植被净初级生产力数据。

农业生态干扰性指标。①社会活动干扰。选取人口密度为代表性指标。根据第二次全国土地调查结果获得各省土地面积,根据《中国统计年鉴:2014》获得各省人口,人口除以土地面积获得人口密度。②经济活动干扰:选取 GDP 密度和农业总产值占地区总产值比重为代表性指标。根据《中国统计年鉴:2014》获得各省 GDP 和农业总产值,GDP 除以土地面积求得 GDP 密度,农业总产值除以 GDP 求得农业总产值占地区总产值比重。

表2 农业生态系统脆弱性评价指标体系

准则	一级指标	二级指标	与脆弱性的相关关系
农业生态敏感性	地形因子	海拔	正
		坡度	正
	地表因子	植被丰度	负
		气象因子	平均太阳年总辐射
		平均降水量	负
		≥0℃连续积温	负
	农业资源因子	人均耕地面积	负
		土壤肥力水平	负
	农业灾害因子	受灾率	正
		成灾率	正
农业污染因子	化肥使用强度	正	
	农药使用强度	正	
农业生态恢复力	植被净初级生产力	植被净初级生产力	负
农业生态干扰性	社会活动干扰	人口密度	正
		GDP 密度	正
	经济活动干扰	农业总产值占地区总产值比重	负

1.3 生态系统脆弱性评价模型

1.3.1 数据归一化处理 参评因子量纲及其物理意义不尽相同,必须采用统一的方法对数据进行归一化处理。生态系统脆弱性评价指标体系中的数据有2种类型:(1)连续数据,如平均降水量等;(2)不连续数据,如土壤肥力等。本研究评价指标体系中除土壤肥力外,其他均为连续数据,对于连续数据采用极值法对其进行归一化处理,将不同量纲、不同取值范围的所有指标统一到(0,1)之间;对于不连续数据土壤肥力,采用等差法直接赋值至(0,1)之间。对于符合脆弱性总体评价目标的正向指标,直接采用归一化之后的数值;对于反向指标,则利用1减去归一化之后的数值,获得符合总体评价目标的因子得分(各指标的正反向相关性如表2所示)。所有的指标数据均通过 ArcGIS 10.1 专业软件转换成1 km×1 km的栅格数据。

1.3.2 生态系统脆弱性评价模型 考虑到16个评价指标之间可能存在着相关性,采用主成分分析方法剔除冗余数据,提取主成分,获得指标权重,然后进行脆弱性评价^[15],计算公式

如下:

$$V_i = \sum W_j \times Y_{ij}$$

式中: V_i 表示评价单元*i*的脆弱性指标,指标值越大,说明农业生态环境越脆弱; Y_{ij} 表示*i*评价单元的主成分*j*的值; W_j 表示主成分*j*的权重,这里取主成分*j*的特征根的开方值。上述主成分分析以及脆弱性的计算均在 ArcGIS 10.1 中实现。

评价指标值经过主成分分析后各主成分的特征值、贡献率与累积贡献率如表3所示。利用主成分累计方差贡献率≥85%的方法确定主成分数为6个^[27],选取前6个主成分及其特征根进行加权运算,计算农业生态系统脆弱度。

2 结果与分析

2.1 全国农业生态系统脆弱性空间分布

基于全国生态因子数据和生态系统脆弱性评价模型,利用 ArcGIS 10.1 软件计算并生成我国农业生态系统脆弱度栅格图,通过自然断点(natural breaks)分级法,将全国所有的栅格按照农业生态系统脆弱度的大小分成微度、轻度、中度、重

表3 生态系统脆弱性评价指标主成分分析结果

因子	特征值	特征值贡献率 (%)	特征值累计贡献率 (%)
1	0.084 56	31.636 8	31.636 8
2	0.056 92	21.295 6	52.932 4
3	0.037 90	14.181 1	67.113 5
4	0.019 60	7.332 9	74.446 4
5	0.016 12	6.030 7	80.477 1
6	0.014 32	5.356 0	85.833 1
7	0.010 54	3.943 6	89.776 7
8	0.006 59	2.465 6	92.242 3
9	0.005 78	2.162 2	94.404 5
10	0.003 83	1.432 8	95.837 3
11	0.003 26	1.218 1	97.055 4
12	0.002 69	1.007 4	98.062 8
13	0.002 06	0.769 8	98.832 6
14	0.001 53	0.572 3	99.404 9
15	0.001 01	0.376 0	99.780 9
16	0.000 59	0.219 1	100.000 0

度和极度脆弱 5 个不同等级的脆弱区(图 2),不同等级脆弱区面积统计结果如表 4 所示。微度和轻度脆弱区主要分布在我国的东部和中部,是我国农业生态系统中最为稳定的区域,是我国重要的粮食生产区,与前人研究获得的我国食物供应能力最高的地区^[19,28]相吻合,这部分地区要重视保护耕地资源,充分利用自然资源,合理增大技术要素投入的力度,提高农业生产现代化水平。中度、重度和极度脆弱区主要分布在我国西部地区,是我国自然生态环境最脆弱的地区,是我国乃至亚洲的重要生态屏障^[29]。极度和重度脆弱区主要以保护生态环境为前提发展农业,在农业发展过程中应重视对植被覆盖的保护,减少水土流失,促进区域农业可持续发展。

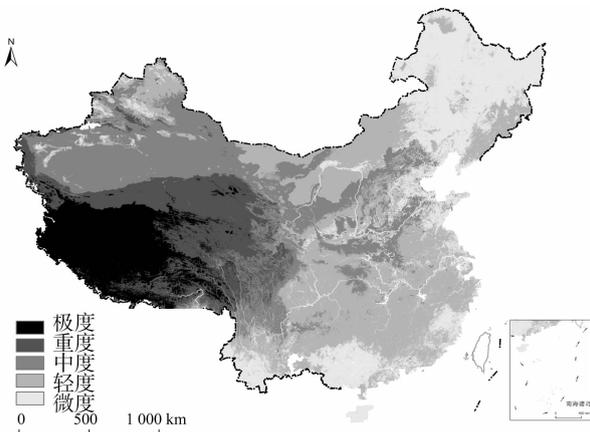


图2 全国农业生态系统脆弱度分区(不含港澳台地区)

表4 农业生态系统脆弱等级面积统计结果

农业生态系统脆弱度	面积 (万 km ²)	比例 (%)
微度	189.46	20.50
轻度	290.93	31.47
中度	220.52	23.86
重度	122.70	13.27
极度	100.76	10.90

注:研究区域不包括港澳台地区。

土地资源、气候资源、水资源等各种自然要素是农业产业发展的基础^[30],自然生态系统的脆弱程度直接影响农业生态系统的脆弱性。总体来说,本研究评价结果表明的全国农业生态系统脆弱区分布特征与2011年国务院发布的《全国主体功能区规划》中全国生态脆弱区分布的南部、中部较稳定、西部脆弱的总体趋势基本一致,但由于土壤肥力、化肥农药使用强度、受灾率、农业产业比例等农业特色因子的影响,内蒙古东部、陕西、贵州和广西等局部地区的脆弱程度低于全国主体功能区规划的生态脆弱性评价结果。

2.1.1 微度、轻度脆弱区 微度脆弱区的面积为189.46万 km²,占研究区总面积的20.50%,是全国农业生态系统中最为稳定的区域。主要分布在我国的东部地区,从地理上看主要包括东北平原、华北平原、浙闽和两广丘陵3个部分。不同地理区域农业生态系统脆弱度低的原因有所不同,东北平原主要由于其土壤肥沃、人口密度低、人均耕地面积多、土地平坦、化肥和农药使用强度较低;华北平原主要由于地势平坦、受灾和成灾率较低、植被净初级生产力和 ≥ 0 ℃的积温均较高;浙闽和两广丘陵则主要是由于植被净初级生产力和植被丰度高、 ≥ 0 ℃积温均较高、年均降水量高。

轻度脆弱区的面积为290.93万 km²,占研究区总面积的31.47%,为5个脆弱等级中比例最大的1个等级,主要分布于我国的中部地区。地理区域主要包括内蒙古高原、长江中下游平原、江南丘陵、云贵高原、四川盆地和准噶尔盆地6个部分。这6个地理区域中,内蒙古高原主要由于人口密度低、太阳辐射较强、人均耕地面积较多、农药使用强度低,所以表现为轻度脆弱性;准噶尔盆地则主要是因其地势平坦,人口密度低, ≥ 0 ℃积温、农业比例和土壤肥力均较高,农药使用强度较低。而其他4个区域表现较好的因子比较相似,主要包括植被净初级生产力和植被丰度、 ≥ 0 ℃积温、土壤肥力、降水量均较高,且农业所占比例较高,均为比较重要的农业地区。除了这些相似因子,各地区的稳定因素也存在一些差异,长江中下游地区地势相对平坦,江南丘陵地区太阳辐射较强,云贵高原人口密度较低,而四川盆地的化肥和农药使用强度较低,这些因素共同影响着各地区农业生态系统的脆弱程度。

2.1.2 中度、重度、极度脆弱区 中度脆弱区的面积为220.52万 km²,占研究区总面积的23.86%,主要分布在我国西北部。地理区域主要包括塔里木盆地和黄土高原2个部分。这2个区域各项指标值基本处于中等水平,其中塔里木盆地各指标值与准噶尔盆地相似,但由于土壤肥力低,降水量低,植被净初级生产力和植被丰度较低,加大了其生态系统脆弱性。黄土高原地区海拔相对较高、降水量少、植被净初级生产力和植被丰度较低、人均耕地较少、化肥施用强度较高,总体表现为中度脆弱。

重度脆弱区的面积为122.70万 km²,占研究区总面积的13.27%,地理区域主要包括柴达木盆地、青海高原和昆仑山脉3个部分。这3个地区农业生态系统的关键脆弱因子相似,以自然因素为主,包括海拔高、 ≥ 0 ℃积温低、降水量较少。

极度脆弱区的面积最小,为100.76万 km²,占研究区总面积的10.90%,是全国农业生态系统最脆弱的地区。地理区域主要包括青藏高原、藏南谷地2个部分。这2个部分农

业生态系统极度脆弱的因子与重度脆弱区相似,主要是海拔高、 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温低、降水量少,并且这些问题比重度脆弱区更为严峻,其中青藏高原土壤比较贫瘠,加重了其生态脆弱度。

2.2 不同农业可持续发展区生态系统脆弱性

将农业生态系统脆弱度评价结果与农业可持续发展规划

一级和二级分区空间数据叠加进行统计分析,按照5个脆弱度等级由低到高分别赋值1、2、3、4、5,折合5分制计算每个一级分区和二级分区的脆弱度,对应的统计结果如表5所示。总体来看,农业生态系统的脆弱度排序为保护发展区>适度发展区>优化发展区,二级分区的农业生态系统脆弱度排序为青藏区>西北及长城沿线区>黄淮海区>西南区>长江中

表5 农业可持续发展区脆弱度等级面积统计

一级分区名称	二级分区名称	生态脆弱区等级	生态脆弱区面积 (km^2)	生态脆弱区比例 (%)	脆弱度
优化发展区	东北区	微度	993 259.0	81.31	1.19
		轻度	226 914.0	18.58	
		中度	1 356.9	0.11	
		重度	0.0	0.00	
		极度	0.0	0.00	
	黄淮海区	微度	160 465.0	31.62	1.98
		轻度	194 639.0	38.36	
		中度	152 337.0	30.02	
		重度	0.0	0.0	
		极度	0.0	0.0	
	长江中下游区	微度	74 688.1	11.21	1.90
		轻度	581 608.0	87.32	
		中度	9 776.2	1.47	
		重度	0.0	0.00	
		极度	0.0	0.00	
	华南区	微度	155 085.0	51.77	1.48
		轻度	144 236.0	48.14	
		中度	270.5	0.09	
		重度	0.3	0.00	
		极度	0.0	0.00	
小计	微度	1 383 497.1	51.34	1.55	
	轻度	1 147 397.0	42.58		
	中度	163 740.6	6.08		
	重度	0.3	0.00		
	极度	0.0	0.00		
适度发展区	西北及长城沿线区	微度	173 667.0	5.58	2.69
		轻度	1 000 330.0	32.15	
		中度	1 574 430.0	50.59	
		重度	337 509.0	10.85	
		极度	25 937.6	0.83	
	西南区	微度	335 604.0	26.97	1.96
		轻度	627 184.00	50.39	
		中度	280 120.00	22.51	
		重度	1 642.6	0.13	
		极度	0.8	0.00	
	小计	微度	509 271.0	11.69	2.48
		轻度	1 627 514.0	37.36	
		中度	1 854 550.0	42.57	
		重度	339 151.6	7.79	
		极度	25 938.4	0.60	
保护发展区	青藏区*(小计)	微度	1 758.7	0.08	4.28
		轻度	34 313.4	1.57	
		中度	286 870.0	13.08	
		重度	887 789.0	40.49	
		极度	981 678.0	44.78	

注:本研究区域不包括港澳台地区。“*”表示保护发展区除海洋渔业区外仅余青藏区一个二级区,因此青藏区与保护发展区小计结果相同。脆弱度采用5分制。

下游区>华南区>东北区,其中适度发展区中的西南区总体脆弱度得分较优化发展区中的长江中下游区略高,但是西南区中存在重度和极度脆弱区域,在开发强度上西南区应重视重度和极度脆弱区域的生态保护,进行适度发展。

2.2.1 优化发展区 优化发展区是我国大宗农产品主产区,其中93.92%为农业生态系统微度和轻度脆弱区,整体来说农业生态系统较为稳定,处于微度与轻度脆弱之间。其中,东北区农业生态系统最为稳定,微度脆弱区占81.31%,没有重度和极度脆弱地区;黄淮海微度、轻度和中度脆弱区比例相当,均为30%左右,同样没有重度和极度脆弱地区;长江中下游区以轻度脆弱区为主,占87.32%,无重度和极度脆弱地区;华南区主要是微度和轻度脆弱区,共占99.91%,几乎没有中度、重度和极度脆弱区。4个二级分区农业生态系统脆弱度均较低,其中黄淮海区和长江中下游区的农业生态系统相对来说脆弱度稍高,其主要原因可能是北京、天津、上海等大城市繁荣的社会、经济活动对农业生态系统的干扰^[15]。

2.2.2 适度发展区 适度发展区农业生产特色鲜明,但生态环境较脆弱,以轻度和中度脆弱区为主,共占79.93%,另外分别有10%左右的微度和重度脆弱区,总体介于轻度和中度脆弱之间。其中西北及长城沿线区以中度脆弱区为主,占50.59%,其次为轻度脆弱区,占32.15%,重度脆弱区占10.85%。西南区农业生态系统相对于西北及长城沿线区更为稳定,微度和轻度脆弱区占全区的77.36%,其中轻度脆弱区面积更大,重度和极度脆弱面积较少。西北及长城沿线区由于自然灾害、农牧交错、水资源短缺^[31]等导致农业生态系统较西南区更为脆弱。

2.2.3 保护发展区 保护发展区在生态保护与建设方面具有特殊重要的战略地位,除海洋发展区外仅余青藏区,青藏区农业生态系统非常脆弱,重度和极度脆弱区占85.27%,中度脆弱区占13.08%,而微度和轻度脆弱区面积极少,总体处于极度和重度脆弱之间。与于伯华等研究结果^[5]相似,海拔高、高寒、降水稀少、植被稀疏等是该区域农业生态系统脆弱度极高的主要原因。

3 结论与讨论

全国农业生态系统脆弱性呈现东部和中部地区以微度和轻度脆弱区为主,西部地区以中度、重度和极度脆弱区为主的特点,全国农业可持续发展规划中优化发展区、适度发展区和保护发展区分区与农业生态系统的脆弱等级相匹配。本研究在分析农业生态系统脆弱性影响因素的基础上,以农业生态敏感性、农业生态恢复力和农业生态干扰性为准则,综合自然和人文因子,筛选设计9个一级评价指标和16个二级评价指标,评价全国农业生态系统脆弱度及其空间分布特征,评价分析结果与实际情况基本相符,说明该指标体系可用于评价全国范围内农业生态系统的脆弱状态。农业生态系统脆弱性评价指标的确定是一个非常复杂的问题,在实践中可能还有其他指标,特别是不同层次或不同类型的农业生态系统,在选取指标、度量方法与度量标准上存在一定的差异,可根据具体情况适当调整。

参考文献:

[1] Mörtberg U M, Balfors B, Knol W C. Landscape ecological

assessment: a tool for integrating biodiversity issues in strategic environmental assessment and planning [J]. Journal of Environmental Management, 2007, 82(4): 457-470.

- [2] Li L, Shi Z H, Zhu D, et al. Regional assessment of eco-environmental vulnerability based on GIS: a case study of Hubei Province, China [C]//International Conference on Environmental Science and Information Application Technology. Wuhan, 2009.
- [3] Nelson R, Kocik P, Crimp S, et al. The vulnerability of Australian rural communities to climate variability and change: part II: integrating impacts with adaptive capacity [J]. Environmental Science and Policy, 2010, 13(1): 18-27.
- [4] Metzger M J, Rounsevell M D A, Acosta-Michlik L, et al. The vulnerability of ecosystem services to land use change [J]. Agriculture Ecosystems and Environment, 2006, 114(1): 69-85.
- [5] 于伯华, 吕昌河. 青藏高原高寒区生态脆弱性评价[J]. 地理研究, 2011, 30(12): 2289-2295.
- [6] 李双成, 吴绍洪, 戴尔阜. 生态系统响应气候变化脆弱性的人工神经网络模型评价[J]. 生态学报, 2005, 25(3): 621-626.
- [7] 刘振乾, 刘红玉, 吕宪国. 三江平原湿地生态脆弱性研究[J]. 应用生态学报, 2001, 12(2): 241-244.
- [8] 王丽婧, 郭怀成, 刘永. 邛海流域生态脆弱性及其评价研究[J]. 生态学杂志, 2005, 24(10): 1192-1196.
- [9] 李阳兵, 邵景安, 王世杰, 等. 岩溶生态系统脆弱性研究[J]. 地理科学进展, 2006, 25(5): 1-9.
- [10] 钟晓娟, 孙保平, 赵岩, 等. 基于主成分分析的云南省生态脆弱性评价[J]. 生态环境学报, 2011, 20(1): 109-113.
- [11] 顾康康, 刘景双, 王洋, 等. 辽中地区矿业城市生态系统脆弱性研究[J]. 地理科学, 2008, 28(6): 759-764.
- [12] 温晓金, 杨新军, 王子侨. 多适应目标下的山地城市社会-生态系统脆弱性评价[J]. 地理研究, 2016, 35(2): 299-312.
- [13] 徐君, 李贵芳, 王育红. 生态脆弱性国内外研究综述与展望[J]. 华东经济管理, 2016, 30(4): 149-162.
- [14] 周松秀. 湘中丘陵盆地农业生态环境脆弱性空间分异性与特征——以衡阳盆地为例[J]. 国土与自然资源研究, 2012(6): 47-49.
- [15] 卢亚灵, 颜磊, 许学工. 环渤海地区生态脆弱性评价及其空间自相关分析[J]. 资源科学, 2010, 32(2): 303-308.
- [16] 夏兴生, 朱秀芳, 李月臣, 等. 基于AHP-PCA熵组权重模型的三峡库区(重庆段)农业生态环境脆弱性评价[J]. 南方农业学报, 2016, 47(4): 548-556.
- [17] 章家恩, 骆世明. 农业生态系统健康的基本内涵及其评价指标[J]. 应用生态学报, 2004, 15(8): 1473-1476.
- [18] 王莉雁, 肖斌, 饶恩明, 等. 全国生态系统食物生产功能空间特征及其影响因素[J]. 自然资源学报, 2015, 30(2): 188-196.
- [19] 侯亚红, 刘文泉. 我国黄土高原地区农业生产的气候脆弱性变化预测[J]. 灾害学, 2003, 18(3): 34-38.
- [20] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability [M]. New York: Cambridge University Press, 2001.
- [21] 周松秀, 田亚平, 刘兰芳. 南方丘陵区农业生态环境脆弱性的驱动力分析——以衡阳盆地为例[J]. 地理科学进展, 2011, 30(7): 938-944.
- [22] 赵艳霞, 何磊, 刘寿东, 等. 农业生态系统脆弱性评价方法[J]. 生态学杂志, 2007, 26(5): 754-758.
- [23] 何磊, 刘寿东. 通辽市农业生态系统脆弱性评价[J]. 内蒙古

葛云,程知言,胡建,等. 不同秸秆利用方式下江苏滨海盐碱地盐碱障碍调控[J]. 江苏农业科学,2018,46(2):223-227.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.02.056

不同秸秆利用方式下江苏滨海盐碱地盐碱障碍调控

葛云,程知言,胡建,孙丰瑞,杨晋炜

(江苏省有色金属华东地质勘查局地球化学勘查与海洋地质调查研究院,江苏南京 210007)

摘要:江苏省拥有丰富的沿海滩涂资源,是不可或缺的后备土地资源。由于自然和历史原因,沿海滩涂因盐渍化问题一直无法直接进行农业开发利用。针对滨海盐碱地土壤盐渍化障碍,对比不同秸秆利用方式,以及秸秆与其他常用改良剂、覆盖材料在降碱排盐、增加有机质和应对自然条件变化的响应,力求寻找一种便于推广的盐碱地改良模式。研究表明,秸秆还田、秸秆还田+秸秆覆盖、秸秆覆盖等秸秆的3种处理利用方式对滨海盐碱地改良均能起到一定的效果,综合对比改良效果,3种处理利用方式排序为秸秆还田>秸秆还田+秸秆覆盖>秸秆覆盖;相比单一的改良肥,秸秆还田方式具有结构改良和肥力改良双重效果;对比不同的覆盖材料,在降碱排盐和应对返盐条件下,秸秆覆盖也表现出更加稳定且生态环保的优势;在自然环境条件变化下,秸秆综合利用方式能够有效减少毛细作用,抑制地表蒸发,提升土壤有机质含量,具有良好的改良效果。

关键词:滨海盐碱地;盐碱障碍;土壤改良;秸秆综合利用

中图分类号: S156.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)02-0223-05

盐碱土是指一系列受土体中盐碱成分作用的,包括各种盐土、碱土以及不同程度盐化、碱化土壤的总称。当前,土壤盐碱化已成为一个全球性的问题。全世界盐碱地的总面积高达9.54亿 hm^2 ,我国约为9900万 hm^2 ^[1]。其中,滨海盐碱地在我国沿海地区广泛分布,除了海平面自然淤积形成外,大部分是由人类围垦产生的,随着沿海大开发战略的实施,此类型盐碱地的面积还在不断增长中。在国家经济社会快速发展对土地需求和耕地红线趋紧的大趋势下,自然形成和人工滩涂围垦产生的滨海盐碱地是我国重要的后备土地资源,具有极大的经济价值和社会价值。

滨海盐碱地大多由于退海而形成,积盐过程的盐分补给方式主要是海水浸渍和溯河倒灌。滨海盐渍土具有不同于内陆盐土的一系列特性,不仅表层土积盐重,心土含盐量也很高,土壤积盐程度受气候影响较多^[2]。同时,由于土壤内积累了大量的盐分,引起一系列土壤物理性状的恶化,严重妨碍

农业生产,如土壤通气性差、容重高、好气性微生物活性差、饱和和导水率低、毛细作用强等,加剧了表层土壤的盐渍化^[3],严重影响土地生产力和作物生长。目前沿海大部分新围垦区尚无法直接进行农业生产和开发利用,严重制约了沿海地区社会经济迅速发展对土地资源的迫切需求。

我国是秸秆资源最为丰富的国家之一,一年可生产6亿~8亿t秸秆,且随着农作物产量的提高,秸秆量还将增加^[4]。传统上作物秸秆是农村的生活燃料与牲畜粗饲料的主要来源,近年来,为了有效利用秸秆这项资源,农业部大力向全国农村推荐秸秆还田技术^[5-6]。国内外研究学者针对秸秆等生物质材料改良盐渍土已经进行了大量的研究,并取得了一定的研究成果^[7-8]。作物秸秆中含有大量有机质、氮、磷、钾和微量元素,是农业生产重要的有机肥源之一。据分析,100kg鲜秸秆所含营养成分相当于2.4kg氮肥、3.8kg磷肥和3.4kg钾肥。将500kg农作物秸秆还田,相当于给土壤施入标准肥50kg以上,土壤有机质含量可提高0.03%左右,并且使土壤的容重减少,透水性、透气性、团粒结构增加,蓄水保墒能力增强^[5]。秸秆还田利用方式有多种,如秸秆覆盖、整株还田、根茬粉碎还田、秸秆生物质反应堆等^[2]。但在对滨海盐碱地改良应用方面,秸秆还田利用方式与其他改良剂相比研究尚显不足。本研究针对滨海盐碱地土壤盐渍化障碍,拟通过对比不同覆盖材料、秸秆利用方式等,在排碱降盐

收稿日期:2016-08-11

基金项目:国土资源部公益性行业科研专项(编号:201511086)。

作者简介:葛云(1984—),女,陕西榆林人,硕士,工程师,主要从事土壤环境修复研究。E-mail:geyun0324@163.com。

通信作者:程知言,博士,研究员级高级工程师,主要从事水工环地质研究。E-mail:243922462@qq.com。

气象,2008(1):35-37.

[24]谢花林,李波,王传胜,等. 西部地区农业生态系统健康评价[J]. 生态学报,2005,25(11):3029-3036.

[25]武兰芳,欧阳竹,唐登银. 区域农业生态系统健康定量评价[J]. 生态学报,2004,24(12):2740-2748.

[26]冉圣宏,曾思育,薛纪渝. 脆弱生态区适度经济开发的评价与调控[J]. 干旱区资源与环境,2002,16(3):1-6.

[27]林海明,杜子芳. 主成分分析综合评价应该注意的问题[J]. 统计研究,2013,30(8):25-31.

[28]王情,岳天祥,卢毅敏,等. 中国食物供给能力分析[J]. 地理学报,2010,65(10):1229-1240.

[29]刘纪远,邵全琴,樊江文,等. 中国西部地区生态保护建设路径的探讨[J]. 中国人口·资源与环境,2013,23(10):38-43.

[30]刘媛,张艳荣. 西部生态脆弱区农业生态环境与农业经济耦合协调性分析——以甘肃省为例[J]. 资源开发与市场,2015,31(6):722-726.

[31]王向辉. 西北地区环境变迁与农业可持续发展研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2011.