

湖北省土地资源生态承载力评价

范媛媛¹, 林苗¹, 王高强², 刘海^{1,3,4*}

(1. 湖北大学 资源环境学院, 湖北武汉 430062; 2. 湖州市测绘院, 浙江湖州 313000; 3. 武汉大学遥感信息工程学院, 湖北武汉 430079; 4. 江西省基础地理信息中心, 江西南昌 330209)

摘要 以湖北省为研究对象, 运用综合指标法, 考虑研究区域与土地资源密切相关的因素, 基于 PSR 模型从压力、状态、响应 3 个方面构建研究区域评价指标体系, 并采用主成分分析法确定指标权重; 通过 GIS 技术获得研究区域的土地资源生态环境承载力评价结果, 运用统计分析法计算研究范围市域尺度的土地资源生态环境承载力平均值, 据此将该区域土地资源生态承载力划分为 3 种类型区——低承载力区、一般承载力区、高承载力区; 最后, 分析了湖北省土地资源生态承载力空间格局现状。结果表明: 湖北省土地资源生态环境承载力空间分布呈现中西部低、东部高的特点, 高承载力区位于山区; 一般承载力区位于西北、西南、东北部; 低承载力区位于中部平原区。

关键词 PSR 模型; GIS; 生态环境承载力; 湖北省

中图分类号 F301 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)04-0047-06

Evaluation of Ecological Carrying Capacity of Land Resources in Hubei Province

FAN Yuan-yuan¹, LIN Miao¹, WANG Gao-qi² et al (1. Faculty of Resources and Environmental Science, Hubei University, Wuhan, Hubei 430062; 2. Huzhou Institute of Surveying and Mapping, Huzhou, Zhejiang 313000)

Abstract Taking Hubei Province as the research object, using the comprehensive index method to comprehensively consider the factors that were closely related to the study of regional land resources. Based on the PSR model, the regional evaluation index system was constructed from three aspects of pressure, state and response, and principal component analysis to determine the index weight. The evaluation results of the ecological environment carrying capacity of land resources in the study area were obtained by GIS technology. Based on the statistical analysis method, the average carrying capacity of land resources ecological environment was calculated, and the ecological carrying capacity of land resources in the area was divided into three types—low bearing capacity area, general bearing capacity area and high bearing capacity. Finally, the spatial pattern of the ecological carrying capacity of land resources in Hubei Province was analyzed. The results showed that: The spatial distribution of the carrying capacity of land resources in Hubei Province is low in the middle and west and high in the east. High carrying capacity area is located in the mountainous area; the general carrying capacity area is located in the northwest, southwest and northeast; low carrying capacity area is located in the central plains region.

Key words PSR model; GIS; Ecological environment carrying capacity; Hubei Province

土地资源是指已经被人类利用和可预见的未来能够被人类利用的土地, 是人类最重要的物资生活资料^[1]。随着人口增长, 经济发展和城市化进程的加快, 人们对自然资源的过度利用和消耗, 引发了一系列的生态环境问题, 如耕地减少、森林破坏、水土流失、土地荒漠化等^[2]。我国土地资源辽阔, 但人口数量较多, 造成人均土地面积较少, 约为世界人均土地面积的 1/3, 人地矛盾日趋尖锐^[3]。因此, 在中共十八大提出优化国土空间开发格局的战略要求下, 开展土地资源生态承载力评价, 协调好经济发展和资源环境的关系, 显得尤为重要。

目前, 区域土地资源生态环境安全评价方法总体上是借鉴生态环境安全研究领域的方法^[4]。主要有综合指标法、供需平衡法、自然植被净第一生产力测算法、生态足迹法等^[5-6]。综合指标法相对其他方法可以全面考虑影响研究区域的土地资源生态环境因素, 且计算结果明了, 针对性强^[7]。当前国内外构建指标体系模型, 主要有“数量-质量-保障”模型, “自然-经济-社会”模型, PSR(“压力-状态-响应”)模型等^[8-10]。PSR 模型基于资源、环境及社会经济都应具有压力、状态和响应的特征, 清晰地揭示出土地资

源利用中人地相互作用的密切关系^[11-12], 被广泛应用于资源环境保护和可持续发展评价^[13]。

湖北省位于我国中部, 是我国经济发展承南启北的中部枢纽。自然条件优越, 农业资源丰富, 是我国农业生产基地和粮食生产主要产区。但近年来, 随着城市化进程的加快, 不合理的土地利用方式加剧了该区域土地资源生态环境的脆弱性, 该区域土地资源生态环境问题应引起重视^[4]。笔者以湖北省为研究对象, 运用综合指标法, 基于 PSR 模型构建湖北省土地生态环境承载力评价体系, 采用 GIS 技术对湖北省市域尺度的土地资源生态承载力空间格局现状进行比较分析, 以期对湖北省土地资源可持续发展规划及生态文明建设提供科学依据。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究区概况 湖北省地处我国中部、长江中游、洞庭湖以北, 地理坐标为 108°21'~116°07'E、29°05'~33°20'N。北接河南省, 东连安徽省, 东南和南与江西、湖南两省相邻, 西靠重庆市, 西北与陕西省为邻。东西长约 740 km, 南北宽约 470 km, 面积 1.89 × 10⁵ km², 占全国总面积的 1.95%, 居全国第 13 位^[14]。

1.2 数据来源 研究数据主要来源于地理空间数据云下载的湖北省高程数据、2016 年《湖北省环境质量状况公报》《湖北统计年鉴》及各地市统计年鉴等, 其中部分指标是经过计算得到。

1.3 研究方法 通过单因子研究和多因子综合 2 个方面, 对与研究区域相关的因子进行研究分析。首先利用 GIS 技

基金项目 江西省重大生态安全问题监控协同创新中心专项 (JXS-EW-08); 国家自然科学基金项目 (41601298), 湖北大学教学建设项目 (201548)。

作者简介 范媛媛 (1995—), 女, 山东日照人, 本科生, 专业: 地理信息科学。* 通讯作者, 副教授, 博士, 从事 GIS 在生态环境中的应用研究。

收稿日期 2017-11-08

术,分别对各单项参评因子进行加权叠加分析,获得压力、状态、响应因子的评价结果,然后对这3个因子加权叠加,得到湖北省土地资源生态环境承载力空间分布格局,最后通过统计分析将承载力进行分级量化,评估湖北省土地资源生态环境承载状况。

1.3.1 PSR模型。PSR模型是由经济合作与发展组织(OECD)提出并应用于世界环境状况研究的评价模型,其基本理念是将人类活动给自然环境造成的压力、环境质量、资源数量状态以及社会经济和环境等方面的相应政策和管理措施响应作为一个整体系统进行考虑,探讨影响人地系统协调稳定的因素^[15-16]。

PSR模型中压力指标是指来自自然环境及人类活动对土地资源产生的压力,具体由经济、社会和自然多方面的压力构成;状态指标是土地资源生态环境在压力下所处的状况,用来反映特定时间阶段的土地资源的环境质量、资源数量及经济等状态;响应指标是能够反映处理土地资源的能力,包括经济响应、政策响应和社会响应等方面因素。

1.3.2 指标权重确定。选取的每个指标对土地资源生态环境承载力的影响不同,因此在综合计算土地资源生态环境承载力之前需要确定每个指标在整个指标体系结构中所占的权重。目前,确定权重的方法主要分为主观赋权法和客观赋权法。常见的主观赋权法有层次分析法(AHP)^[17]、特尔斐法(Delphi,又名专家打分法)^[18]等。常见的客观赋权法有均方差法^[19]、主成分分析法^[20]、熵值法^[18]和离差最大化法^[21]等。为排除主观因素对指标选取的影响,该研究采用主成分分析法确定每个指标的权重。

以湖北省的17个地级市为样本,以各项指标的标准化数据为变量构建矩阵,采用统计分析软件进行数据处理,得出矩阵的特征根和相应的方差贡献率,选择主成分并得到因子提取结果和因子回归系数。主成分是原始变量的线性组合,因此包含了绝大部分原始变量的信息,所以可以根据因

子回归系数计算出每个样本城市的各个因子权重。

$$W_j = \left| \sum_{q=1}^m g_q a_{qj} \right| \quad (1)$$

式(1)中, W_j 为第 j 个指标未进行归一化处理时的权重; g_q 为第 q 个主成分对总体方差的贡献率; a_{qj} 为第 j 个指标在第 q 个主成分中的系数; m 为主成分的个数,一般按特征值大于1,累计贡献率达到85%的原则选取主成分的个数。归一化处理后即可得各评价因子的权重 W_j 。

1.3.3 数据标准化处理。确定评价指标以后,由于各参评因子具有不同的量纲,真实数据差异较大,不具有可比性。因此在进行单因子叠加分析前,必须首先对各个因子进行标准化处理。该研究采用极差标准化进行数据变换,将所有数据结果统一到0~1。评价因子具有正、负2种相关性,对于正相关评价因子来讲,值越高,表明评价结果越好,反之亦然^[22]。归一化方法如下:

$$y_i = (x_i - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (2)$$

式(2)中, y_i 表示第 i 个指标归一化后的值; x_i 表示第 i 个指标的原始值; x_{\max} 、 x_{\min} 分别表示第 i 个指标的最大值与最小值。评价指标包含有正向指标(即评价指标值越大,评价得分越高)与负向指标(评价指标值越小,评价得分越低),对于正向指标采用上述公式,将直接进行归一化后的值作为标准值,对于负向指标,用 $(1 - y_i)$ 作为标准值。

2 结果与分析

2.1 指标体系的建立 在参考借鉴相关土地资源生态环境承载力评价研究的基础上,结合湖北省的实际情况,从资源、环境和社会经济等方面着手选取指标,并遵循指标选取的科学性、实用性、全面性和数据可获性等原则,基于PSR模型,通过压力-状态-响应指标框架构建了目标层、准则层和指标层,包括压力指标体系、状态指标体系和响应指标体系3个子系统共17个指标的土地资源生态环境承载力评价指标体系(表1)。

表1 湖北省土地资源环境承载力指标体系

Table1 Indicator system of land resources environment carrying capacity in Hubei Province

目标层 Target layer	准则层 Guidelines layer	指标层 Indicator layer	指标描述 Indicator description	指标方向 Indicator direction	权重 Weight
土地资源生态环境承载力 Ecological resources carrying capacity of land resources	状态(0.539 0)	坡度	环境状态	+	0.224
		高程	环境状态	+	0.207
		单位土地面积GDP	经济状态(反映土地的使用效率)	+	0.043
		森林覆盖率	资源状态	+	0.067
		水网密度指数	资源状态	+	0.223
		生物丰度	景观状态	+	0.236
		人口密度	人口压力	+	0.253
	压力(0.297 3)	污染负荷指数	环境压力	+	0.137
		单位耕地面积化肥使用量	环境压力	+	0.019
		人均耕地面积	资源压力	-	0.097
		土地胁迫指数	土地利用风险性	-	0.245
		土地垦殖率	耕地面积/总面积	+	0.249
		有效灌溉面积	资源响应	+	0.117
	响应(0.163 7)	人均GDP	社会经济响应	+	0.297
		农村常住人口可支配收入	社会经济响应	+	0.023
		第三产业比重	政策响应	+	0.256
		环境质量综合指数	政策响应	+	0.307

2.2 单因子评价

2.2.1 压力。压力指标反映人类的各种生产与经营等活动对土地资源生态环境施予的“压力”,使土地资源生态环境的“状态”、数量、质量发生变化^[23]。如图1,湖北省土地资源生态环境承载力压力指标呈现东高西低的特点,东部地区地势低平,人口密度大,资源环境压力大,土地利用压力大,人地矛盾突出。西部地区地貌以山地为主,且是国家重点生态功能区与重要生物多样性保护区,人口密度小,资源环境压力

小,土地利用压力小。

从行政单元看,武汉市、鄂州市、黄石市土地资源生态环境承载力压力值偏高,对土地资源生态环境造成了较大的空间压力,表现为人口密度较大,人均耕地面积较小,单位耕地面积化肥使用量较大,土地质量遭受胁迫的程度高;十堰市、神农架林区、恩施州压力值偏低,表现为土地垦殖率低,土地胁迫指数低,土地生态压力小。

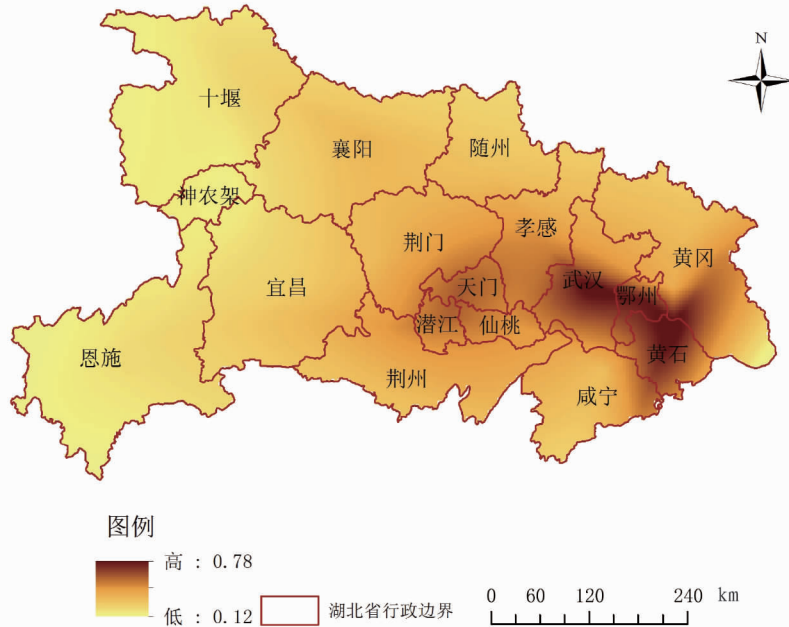


图1 湖北省土地资源生态承载力压力指标空间分布

Fig.1 Spatial distribution of ecological carrying capacity pressure index of land resources in Hubei Province

2.2.2 状态。状态指标反映研究区域土地资源及其生态环境当前的状态^[13]。如图2,湖北省土地资源生态环境承载力状态指标呈现中心低四周高的特点,中部地区由于城镇化和工业化的迅速发展,人类活动对土地资源的过度攫取,造成了土地资源压力过大,土地供需矛盾突出,威胁到了当地的生态环境,因此土地资源环境状态较低。承载力高的区域受人类活动干扰较少,生物丰度和植被覆盖度较高,生物多样性较丰富,因而状态峰值相对较高。

从行政单元看,状态值较高的区域为十堰市、神农架林区、恩施州、襄阳市、宜昌市、黄冈市、黄石市、咸宁市。其中十堰市、神农架林区、宜昌市、襄阳市的资源状态和景观状态较好,表现为森林覆盖指数、水网密度指数和生物丰度较高;黄冈市、黄石市、咸宁市景观状态较好,表现为生物丰度较高。

2.2.3 响应。响应指标反映决策者针对当前由于被人类活动改变了的自然资源、环境和社会经济状态而采取一定的政策和经济措施来做出的响应^[24-25]。如图3,响应指标呈现东高西低的特点。西部地区受人类干扰活动影响较小,但是该区域属于生态脆弱地区,生态稳定性差,对外界干扰敏感性高,科技、人力资源不足,资金投入严重滞后,遭遇破坏后其生态环境恢复力差;中、东部虽然人口密度大、人类活动较为

频繁,但是该区域土地生态保护意识较好,人类通过政策调整、环境保护等方面改善土地生态环境状态,保持良好的结构和功能,进而实现土地生态环境可持续性。

从行政单元来看,神农架林区、十堰市、恩施州的响应值较低;这些区域单元响应值的指标均偏低。宜昌市、襄阳市、武汉市、鄂州市的响应指标较高,说明政府重视对该区域土地资源及其生态环境的恶劣“状态”做出“响应”并予以干预、修复。

2.3 综合评价 通过上述单因子进行加权叠加获得湖北省土地资源生态环境承载力,为了便于比较各市土地资源生态环境承载力大小,利用自然分段法建立土地资源承载力等级分级值(表2),将土地综合资源承载力分级量化。

表2 湖北省土地资源生态环境承载力等级划分标准

Table 2 Land resources ecological environment carrying capacity classification standard in Hubei Province

序号 No.	等级 Grade	承载力值 Carrying capacity
1	低	$0.24 \leq a < 0.33$
2	一般	$0.33 \leq a < 0.40$
3	高	$0.40 \leq a < 0.56$

结合图4、5可知,湖北省土地资源生态环境承载力呈现

咸宁市土地资源生态承载力一般表现为压力值、状态值、响应值较为均衡;鄂州市、黄石市土地资源生态承载力较高,表

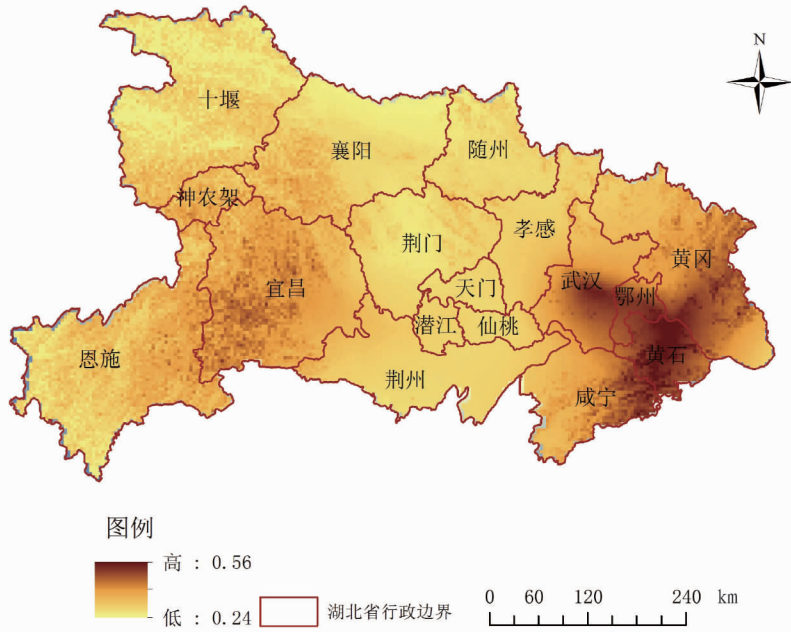


图 4 湖北省土地资源生态承载力空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of ecological carrying capacity grade classification of land resources in Hubei Province

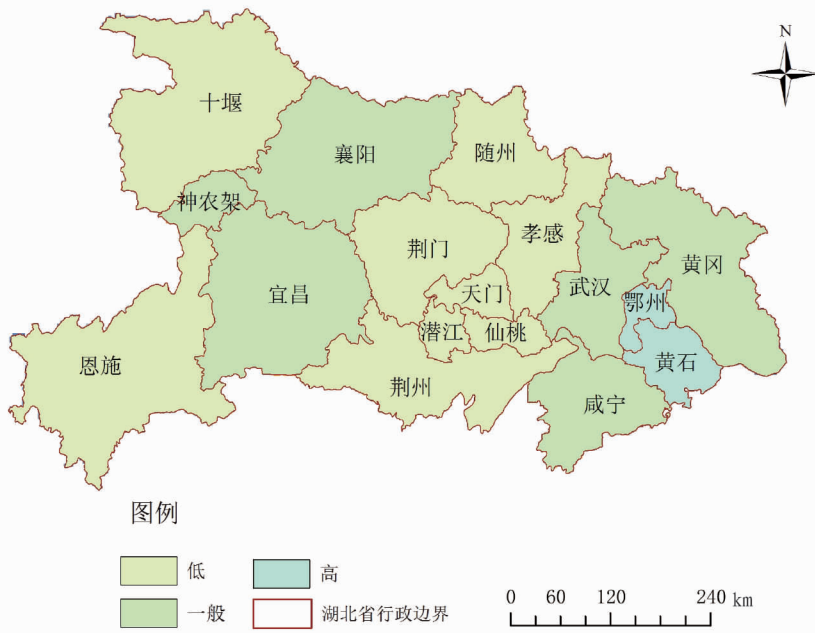


图 5 湖北省土地资源生态承载力等级划分空间分布

Fig. 5 Spatial distribution of ecological carrying capacity of land resources in Hubei Province

3 结论与建议

该研究运用综合指标法,基于 PSR 模型构建湖北省土地资源生态环境承载力评价体系,采用 GIS 技术对湖北省市域尺度的土地资源生态承载力空间格局现状进行比较分析,结果表明:土地承载力高的区域位于湖北省东部、西部山区,这些区域状态值较高,压力和响应值较低。土地资源生态承载力一般的区域,位于湖北省的西北、西南、东北部,压力指标、响应指标、状态指标较为均衡;土地承载力值低的区域主要位于

湖北省中、西部平原区,这些区域状态值较低、压力值和响应值较高。

对于土地生态承载力值高区,今后应重点治理水土流失问题,减少化肥、农药使用量,降低土地生态压力,进一步改善土地生态安全状况。对于土地生态承载力一般区,今后应加强对土地的合理开发,转变经济发展方式,增强该区域土地生态承载力。而对于土地生态承载力值低区,应加大环境保护投资治理资金投入,减少化肥使用量,减少土地污染;提

高森林覆盖率,减轻土地生态环境压力。由于湖北省土地资源生态环境系统处于动态变化中,土地资源生态环境安全的保护工作应当持之以恒。

参考文献

- [1] 杨倩,李山勇,孙铖,等.湖北省粮食生产及其影响下的土地资源承载力格局[J].水土保持通报,2015,35(5):345-350,357.
- [2] 赵翠芹.区域土地利用空间生态规划[D].保定:河北农业大学,2009.
- [3] 王杰.土地复垦法研究[D].青岛:中国海洋大学,2008.
- [4] 张宇,游和远.基于P-S-R的土地资源生态环境安全评价:以湖北省为例[J].生态经济,2015,31(8):125-128.
- [5] 阮小春,朱红梅,张健,等.土地资源生态承载力研究进展[J].农村经济与科技,2016,27(17):17-19.
- [6] 吴次芳.土地生态学[M].北京:中国大地出版社,2003.
- [7] 李岩.土地整理的区域生态环境影响及其综合效益评价研究:以山东宁阳县土地整理为例[D].泰安:山东农业大学,2007.
- [8] 王洪翠,吴承祯,洪伟,等.P-S-R指标体系模型在武夷山风景区生态安全评价中的应用[J].安全与环境学报,2006,6(3):123-126.
- [9] 张翠芳,王文静,罗宏,等.城市土地资源中生态环境承载力指标体系的构建及应用:以北京市为例[J].环境工程技术学报,2017,7(2):209-215.
- [10] 洪惠坤,廖和平,魏朝富,等.基于改进TOPSIS方法的三峡库区生态敏感区土地利用系统健康评价[J].生态学报,2015,35(24):8016-8027.
- [11] 何新,姜广辉,张瑞娟,等.基于PSR模型的土地生态系统健康时空变化分析:以北京市平谷区为例[J].自然资源学报,2015,30(12):2057-2068.
- [12] 李成,王让会,申双和.基于PSR模型的乌鲁木齐人工增雨环境效应评价[J].环境科学与技术,2014,37(10):171-176.

(上接第44页)

进行消毒;发病前或发病初期采用5%井冈霉素或23%噻呋酰胺悬浮剂800~1000倍液,灌根处理,每株(穴)淋灌0.4~0.5L。7~10d后再灌一次^[5]。

(2) 蛴螬。为害比较严重的地块,用40%毒死蜱或90%敌百虫1000倍液浇灌防治。

病虫害防治用药要严格按照绿色食品生产标准进行;严禁使用剧毒、高残留农药。

4.6 收获加工 黄精栽植后2年就可收获,但以栽植后4~5年收获产量最高,多生长1年产量可增加30%~50%。以秋季10~11月、叶片黄枯时采挖为好。使用双齿锄采挖。按垄栽方向,依次将黄精根状茎带土挖出,去掉地上残存部分,使用竹刀或木条将泥土刮掉,注意不要弄伤根茎,须根不用去掉,如有伤根,另行处理。在加工以前,不要用水清洗。初加工时可用清水洗净,放在蒸笼内蒸3~4h,蒸至透心后,取出边晒边柔至全干。

黄精商品规格:以味甜不苦、无白心、无须根、无霉变、无虫蛀、无农药残留超标为合格,以块大、肥润、色黄、断面呈半透明、黄精多糖含量在10%以上为佳品。

5 讨论

九华黄精目前人工栽培技术比较成熟,但种苗繁殖仍是大规模种植的一个瓶颈。黄精的繁殖方式有种子繁殖、无性繁殖(根状茎、组培繁殖),但生产上主要以带芽头的根状茎作为繁殖材料。种子育苗虽然繁殖系数较大,但从播种到成苗需要4~5年,时间长、成本高;人工组培虽然有成功报道,

- [13] 张锐,郑华伟,刘友兆.基于PSR模型的耕地生态安全物元分析评价[J].生态学报,2013,33(16):5090-5100.
- [14] 哈尚辰,阿里木江·卡斯木.基于PSR的天山北坡经济带土地集约利用水平的空间差异研究[J].水土保持通报,2015,35(1):230-235,241.
- [15] ADRIAANSE A, MONING K J. Environmental policy performance indicators: A study on the development of indicators for environmental policy in the Netherlands[M]. Holanda: INFOPLAN, 1993.
- [16] LIU Z X, ZHANG R. A new method that can improve regional eco-environmental evaluation: Combining GIS with AHP[J]. Resour Environ Yangtze Basin, 2003, 12(2): 163-168.
- [17] 周瑞平,吴金,于艳华,等.呼和浩特市土地综合承载力区域差异分析[J].内蒙古师范大学学报(自然科学汉文版),2013,42(5):590-597.
- [18] 王明涛.多指标综合评价中权重确定的离差、均方差决策方法[J].中国软科学,1999(8):100-101,107.
- [19] 秦明周.主成分分析法在土地资源评价中的应用[J].河南大学学报(自然科学版),1991,21(4):69-72.
- [20] 陈珏,雷国平,王元辉.黑龙江省土地综合承载力空间差异研究[J].中国人口·资源与环境,2011,21(S1):267-270.
- [21] 张祥义,许峰,赵文廷.基于PSR模型的河北省土地生态安全评价的分区[J].贵州农业科学,2013,41(8):207-211.
- [22] 焦红,汪洋.基于PSR模型的佳木斯市土地生态安全综合评价[J].中国农业资源与区划,2016,37(11):29-36.
- [23] 彭建,吴健生,潘雅婧,等.基于PSR模型的区域生态持续性评价概念框架[J].地理科学进展,2012,31(7):933-940.
- [24] 马耘秀,董翼驹.基于PSR模型的太原市土地资源生态安全评价[J].山西农业科学,2016,44(6):817-821,873.
- [25] 曹丽萍,罗志军,段美儿,等.基于PSR模型的袁州区土地生态安全评价[J].江西农业学报,2017,29(7):117-121.

但远未达到白芨、石斛等中药材的技术水平。

白绢病是目前黄精人工栽培中危害损失较大的土传病害。由于白绢病病菌寄主广泛,病原普遍存在,同时黄精的大田栽培周期长,一旦发病很难有效控制。生产上需要从无病种苗选用、土壤环境管理等方面着手,配合使用药物控制^[6]。尤其迫切需要一种复合生物制剂,通过拮抗或诱抗、免疫等作用,以有效控制白绢病菌的繁殖为害。

九华黄精作为地理标志农产品和十大皖药品种,得到池州市和青阳县政府的高度重视与政策、资金支持。安徽中医药大学等省内外有关院校的专家学者,对黄精的分类、形态学、生态学、生理、生化及历史文化等方面进行了充分的研究,为黄精的生产、加工奠定了理论基础。为加速九华黄精的产业化发展,希望有更多的高等院校和科研院所对九华黄精的种苗快速繁殖和规范化栽培、产品深加工等技术给予关注。该研究对九华黄精的GAP栽培技术进行了初步论述,希望能对九华黄精的规范化人工栽培起到积极的引导作用。

参考文献

- [1] 金利泰,姜程曦.黄精:生物学特性、应用及产品开发[M].北京:化学工业出版社,2009:110-117.
- [2] 马建烈.药用植物的规范化栽培技术[M].成都:西南交通大学出版社,2009:89.
- [3] 康捷.中药材栽培技术[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,2009:102.
- [4] 杨普云,梁俊敏,李萍,等.农作物病虫害绿色防控技术集成与应用[J].中国植保导刊,2014,34(12):65-68.
- [5] 鲍康阜.黄精白绢病的发生与综合防治[J].现代农业科技,2016(16):114.
- [6] 杨广玲,刘伟,王金信.花生白绢病的发生规律与综合防治[J].花生学报,2003,32(S1):425-426.