

雅安4·20震后宝兴河流域农村居住区适宜性评价

米琳迪, 周英, 王青

(西南科技大学 环境与资源学院, 四川 绵阳 621010)

摘要:在汶川—芦山两次强震作用下,先天脆弱与高风险并存的武都—泸定一线山区成为受灾最为严重的地理单元。灾区生境重建是4·20灾后重建的重点、难点,也是维护灾区社会稳定的关键之一。以宝兴河流域农村居住地为研究对象,选取了地形、气象、植被、地质灾害、大熊猫栖息地世界遗产等影响适宜性的关键因子,开展农村居住地环境适宜性评价。结果表明:(1)山区农村居住地适宜性分布呈现出明显的海拔、坡度、坡向指向,且集中分布在世界遗产保护区及其外围。海拔2 900 m以下、坡度小于30°且阳坡、半阳坡地带是适宜性及次适宜性的主要分布区,具有沿河流及两侧集聚分布的特征,说明地形条件是影响适宜性分布的主要因子;(2)海拔2 900 m以上、坡度大于30°且半阴坡、阴坡地带是较不适宜及不适宜的分布区域,这与山高坡陡、热量不足等局地植被生境限制条件有关;(3)农村居住地适宜性由东南部向西北部逐渐降低,适宜区占总面积的16.79%,次适宜区占26.93%,较不适宜区占32.47%,不适宜区占23.81%。研究结果可为地震灾区安全选址与生境修复提供科技支撑。

关键词:雅安4·20地震;农村居住地;GIS;适宜性评价

中图分类号:F301;X826

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)03-0199-05

Suitability Evaluation of Rural Residence in Baoxing River Basin After Ya'an 4·20 Earthquake

MI Lindi, ZHOU Ying, WANG Qing

(School of Environment and Resources, Southwest University of Science and Technology, Mianyang, Sichuan 621010, China)

Abstract: The mountainous area of Wudu-Luding line with fragile environment has become the most serious geographical unit after strong earthquake of Wenchuan and Lushan. It is intractable to reconstruct the damaged habitat after earthquake and inevitable to maintain the social stability of disaster areas. In order to evaluate residence environmental suitability, we selected topography, weather, vegetation, geological disaster, and world natural heritage of giant panda habitat as key factors in the rural residence of Baoxing River Basin. The results are as follows. (1) The distribution of rural residence suitability is characterized by altitude, slope, and aspect, and especially concentrated in the world heritage area and its periphery. This distribution characterization indicates that the terrain is the main influence factor of habitat suitability. The suitability and sub-suitability habitats mainly distribute in the sunny slope and half sunny slope positions where the altitudes are less than 2 900 m and slope gradients are less than 30°; (2) The half shady slope and shady slope places with altitude of greater than 2 900 m and slope greater than 30° are the main distribution areas of sub-unsuitability and unsuitable habitat. This distribution characterization is related to limited factors of vegetation growth, such as high altitude, steep slope and shortage of heat; (3) The suitability of rural residence reduced gradually from the southeast to the northwest. The suitable region accounts for 16.79% of the study area, and sub-suitable region, sub-unsuitable region and unsuitable region account for 26.93%, 32.47% and 23.81%, respectively. According to the above main evaluation results of residence environmental suitability, this research could provide scientific support for the selection of safe site and habitat restoration of earthquake areas.

Keywords: Ya'an 4·20 earthquake; rural residence; GIS; suitability evaluation

农村居住地环境的形成和发展,是长期以来人类利用自然资源、适应自然环境的产物。山区地形、气候及突发的地质灾害活动严重影响到居民的生存环境,易造成居住地适宜性发生变化。雅安“4·20”地震后,宝兴河流域居民住房倒损约 215 万 m²,农村房屋倒损约 14.4 万间,各类基础设施和公共服务系统受到严重损毁^[1],地震引发的环境破坏已被列为是导致农村居住区环境变化的主要原因,受损生境的修复已成为当前地理学和生态研究的热点课题^[2-4]。伴随着 3S 技术、计算机技术的出现和发展,特别是 GIS 技术的应用,在大尺度范围上开展适宜性研究已成为新的研究热点^[5-11]。然而传统的适宜性评价往往依靠专家的野外观察选取几种生境因子,通过简单的地图叠加功能产生适宜性分布图,数据来源及质量难以保证、专业模型缺乏通用性、系统集成性差^[12-14]。

雅安地震灾区的农村居住地环境适宜性评价是保证居民安居乐业和实现灾后山区安全选址的基本前提。对灾区居住地环境进行适宜性评价,不仅在于反映其地质条件及自然环境状况对生物的生存、繁衍等生命活动的影响及适宜状况,更重要的是按适宜性级别制定出相应的灾后生态恢复措施,因地制宜地进行生态重建和恢复。当前,灾后重建研究多集中于地震引发的次生灾害的评估与预测,对灾区地质条件及自然本底状况的分析研究涉及较少。因此,依据国内外适宜性评价的最新研究成果,综合采用层次分析法、熵值法并结合 GIS 空间分析技术,选取宝兴河流域农村居住地为研究对象,针对农村居住地环境特征开展定量评价,明确适宜性等级,研究结果可为地震灾区重建规划与场地选址提供科学依据。

1 研究区概况

宝兴河流域位于雅安市北部的青衣江上游,宝兴河系其主源,发源于夹金山东段巴朗山南麓蚂蟥沟,上游分为东、西两河,东河为主流,两河在宝兴县城上游 2 km 处的河口相汇。本文的研究区域为雅安市宝兴县,全县位于 30°09′—30°56′N,102°29′—103°01′E,土地面积 3 114 km²。以高山峡谷为主要地貌特征,地势西北高东南低,海拔为 700~5 300 m,受山地海拔影响,具有从亚热带到永冻带的立体气候,年均降水量 939.15 mm,年均气温 14.6℃^[2]。同时该区植被类型多样,垂直分布明显:(1) 海拔 1 800 m 以下的基带为偏湿性亚热带常绿阔叶林;(2) 海拔 1 800~2 200 m 为常绿和落叶阔叶混交林;(3) 海拔 2 200~2 900 m 为针阔混交林;(4) 海拔 2 900~3 200 m 为亚高山针叶林;(5) 海拔 3 200 m 以上为高山灌丛、草甸带;(6) 海拔 4 500 m 以上为高山稀疏植被^[15]。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源及预处理

2.1.1 数据来源 研究采用的数据主要源于:(1) 遥感数据来源于中科院对地观测与数字地球科学中心的 SPOT-5 影像和 Google 公司的 Google Earth 在线数据;(2) 聚落高程、坡度、坡向数据来源于 30 m 精度的 ASTER GDEM 数据和 90 m 精度的 ARTM 数据;(3) 统计资料包括县统计年鉴、县志等;(4) 基础地理信息数据包括宝兴县行政区划图、大熊猫栖息地世界遗产分布图(1:1 000 000)、宝兴县土地利用现状图、宝兴县居住地分布图和中国植被类型图(1:1 000 000);(5) 气象数据来源于四川省气象信息中心观测站 1999—2013 年的统计资料;(6) 地质灾害数据来自于雅安市地质灾害分布图(1:100 000)。

2.1.2 数据预处理 (1) 基于 ArcGIS 9.3 软件平台,利用 Arc Toolbox 对 DEM 数据进行几何校正及数据中杂点的消除,选择 WGS_1984_UTM_Zone_48N 坐标系,以实地采取的控制点为地理参考,获取海拔、坡度、坡向等数据;(2) 利用植被类型图、大熊猫栖息地世界遗产分布图、地质灾害分布图、居住地分布图等,在 ArcGIS 软件中利用 Editor 工具进行地图数字化,完成植被、地质、农村居住地及大熊猫栖息地世界遗产等专题图的制作;(3) 搜集、整理宝兴河流域降水、温度、日照等气象资料,考虑自然环境如海拔、坡度等对气温、降水、日照等气候因素的影响,利用空间插值法生成。

2.2 研究方法

居住地环境适宜性反映了地质条件及自然环境状况对人类生存活动的适宜程度。对农村居住地环境的适宜性评价采用多目标线性加权函数评价模型,充分考虑多种因素对农村居住地环境适宜性评价的影响,计算公式如下:

$$S = \sum_{i=1}^n W_i S_i \quad (1)$$

式中: S ——适宜性综合评价指数; W_i ——第 i 个评价因子的相对权重; S_i ——第 i 个评价因子的分值; n ——评价因子数。

3 适宜性评价

3.1 评价指标及权重

适宜性评价指标体系的选择与量化是进行居住地环境评价的基础,其合理与否直接关系到评价结果的科学性和完整性。因此,在指标选取过程中,以地形、植被、地质灾害及大熊猫栖息地世界遗产分布状

况为主要评定条件,同时考虑气象因素的影响。遵循主导性、稳定性及可操作性的原则,选择了海拔、坡度、坡向 3 个地形因子;年均降水量、干湿季日照时数、干湿季均温、干湿季相对湿度、干湿季蒸发量等 9 个气象因子;植被类型、地层岩性、地震烈度、大熊猫

栖息地世界遗产等共 16 个评定指标,考虑区域不同生态因子对适宜性影响程度不同,研究中采用问卷调查和专家打分法^[16-19],并运用熵值法修正的层次分析法确定不同生态因子对适宜性影响的权重及分级(表 1),其中,分值越高,表示适宜性程度越大。

表 1 宝兴河流域农村居住地环境适宜性评价因子权重及分级

| 因子 | 分级标准 | | | | | | 权重 |
|-----------------|---------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| A ₁ | >4500 | 3200~4500 | 2900~3200 | 2200~2900 | 1800~2200 | ≤1800 | 0.237 |
| A ₂ | >45 | 30~45 | 20~30 | ≤20 | — | — | 0.184 |
| A ₃ | 阴坡 N/NE | 半阴坡 E/NW | 半阳坡 W/SE | 阳坡 S/SW | — | — | 0.172 |
| A ₄ | 高山稀疏植被 | 草甸灌丛 | 亚高山针叶林 | 针阔混交林 | 常绿和落叶阔叶混交林 | 亚热带常绿阔叶林 | 0.079 |
| A ₅ | 砂岩 | 碳酸盐 | 花岗岩 | 砂砾岩 | 片岩 | 页岩 | 0.107 |
| A ₆ | 世界遗产核心区 | 世界遗产保护区 | 世界遗产外围保护区 | 非遗产区 | — | — | 0.081 |
| A ₇ | Ⅷ度 | Ⅶ度 | Ⅵ度 | V度 | — | — | 0.095 |
| A ₈ | ≤900 | 900~1100 | 1100~1300 | >1300 | — | — | 0.006 |
| A ₉ | ≤100 | 100~120 | 120~160 | >160 | — | — | 0.005 |
| A ₁₀ | ≤140 | 140~180 | 180~220 | >220 | — | — | 0.004 |
| A ₁₁ | ≤2 | 2~4 | 4~6 | >6 | — | — | 0.009 |
| A ₁₂ | ≤20 | 20~22 | 22~24 | >24 | — | — | 0.008 |
| A ₁₃ | ≤2 | 2~3 | 3~4 | >4 | — | — | 0.006 |
| A ₁₄ | ≤2 | 2~3 | 3~4 | >4 | — | — | 0.004 |
| A ₁₅ | >100 | 90~100 | 80~90 | 70~80 | ≤70 | — | 0.002 |
| A ₁₆ | >140 | 130~140 | 120~130 | 110~120 | ≤110 | — | 0.001 |

注:A₁ 海拔(m),A₂ 坡度(°),A₃ 坡向,A₄ 植被,A₅ 地层岩性,A₆ 大熊猫栖息地世界遗产,A₇ 地震烈度,A₈ 年均降水量(mm),A₉ 干季日照时数(h),A₁₀ 湿季日照时数(h),A₁₁ 干季平均温度(℃),A₁₂ 湿季平均温度(℃),A₁₃ 干季相对湿度(%),A₁₄ 湿季相对湿度(%),A₁₅ 干季蒸发量(mm),A₁₆ 湿季蒸发量(mm)。

3.2 评价因子分级

在 ArcGIS 软件中,以 Spatial Analyst 为分析工具,结合宝兴河流域的地形和通过空间插值法生成的气温、降水、日照等气象资料,完成地形和气象因子分级图的制作;以 Editor 为分析工具,完成植被、地层岩性、地震烈度、大熊猫栖息地世界遗产等评价因子分级图的制作(附图 14)。

3.3 结果与分析

根据地形、气象、植被、地层岩性、地震烈度及大熊猫栖息地世界遗产等因子的分级标准(表 1),借助 ArcGIS 9.3 软件平台,应用多目标线性加权函数评价模型,在统一的空间框架中,对宝兴河流域各评价因子的栅格数据进行空间叠加,计算出宝兴河流域农村居住地环境适宜性指数(0.740~3.804),完成对研究区适宜性的综合评价(图 1)。为了更加直观地表示评价结果,根据适宜性指数值的大小,采用自然断点法、按照数值由大到小的顺序将综合评价指数划分为 4 级,其代表的适宜性等级分别为适宜、次适宜、较不适宜、不适宜(表 2)。

农村居住地环境适宜性空间分布特征反映了地质条件和自然因子对人类生产、生活产生的影响。通过对宝兴河流域农村居住地环境适宜数据的量化处理,得出该区适宜性面积及适宜性空间分布特征。将

宝兴河流域农村居住地环境适宜性指数图与人口分布图叠加,两者轮廓基本吻合,为研究结果的科学性提供了证明(图 1—2)。

3.3.1 适宜性面积 通过对宝兴河流域 16 个评价因子的定量研究,结果表明:宝兴河流域农村居住地适宜性面积 522.85 km²,比例最小,仅为 16.79%;次适宜面积 838.50 km²,所占比例较大,达 26.93%;较不适宜面积最大,达 1 011.13 km²,占总面积的 32.47%;不适宜面积 741.52 km²,占总面积的 23.81%(图 3)。

3.3.2 适宜性空间分布特征 (1) 农村居住地环境适宜性空间分布与地质条件密切相关。农村居住地环境适宜性分布呈现出明显的海拔、坡度、坡向指向,其中具有较大影响作用的因素依次为海拔、坡度、坡向、地层岩性及地震烈度,气象因子间差异并不显著。适宜性区域主要集中在南部、东南部,且集聚特征明显。海拔 2 900 m 以下、坡度小于 30°、阳坡及半阳坡是适宜性和次适宜性的主要分布区。该区域海拔较低、坡度较小、朝南或尽可能朝南的坡向日照充足,耕地和林地资源丰富,更适宜居住。

(2) 农村居住地环境适宜性空间分布具有沿河流及两侧集聚分布的特征。宝兴河流域适宜性及次适宜性区域大部分沿河流及两侧分布,该区主要位于世界遗产保护区及外围,生态服务功能明显;海拔适宜,土

壤稳定性较高;气温、降水、日照等气候条件适宜,有利于植物生长,植被类型多为乔木,生境质量较好。

(3) 不适宜区域主要分布在高山区。在宝兴河流域的中山区和高山区,适宜性指数偏低,适宜性等级表现为较不适宜和不适宜,生境修复难度较大,主

要与该区的地形、地质灾害及气候条件有关。该区海拔较高,地质构造复杂,灾害频发,人类活动较少。地震、滑坡、泥石流等地质灾害及气象因子成为该区环境质量的主要限制因子。植被类型以高山灌丛、草甸为主,生境质量差,生态风险较高。

表 2 宝兴河流域农村居住地环境适宜性等级划分标准

| 等级 | 分值 | 环境指示 |
|------|-------------|---|
| 适宜 | 2.876~3.804 | 海拔≤2200 m,土壤稳定性高,降雨、日照、均温等气象条件适宜;植被生长良好,主要植被类型为常绿阔叶林和落叶阔叶混交林;该区大部分位于世界遗产外围保护区,主要限制因素为地震、滑坡、泥石流等地质灾害 |
| 次适宜 | 2.295~2.876 | 海拔 2200~2900 m,土壤稳定性较高,降雨、日照、均温等气象条件较适宜;植被生长较好,主要植被类型为针叶阔叶混交林;该区集中分布在世界遗产保护区内,地震及次生地质灾害为主要限制因子 |
| 较不适宜 | 1.682~2.295 | 海拔 2900~3200 m,土壤稳定性较差,降雨较少,气象条件不足;主要植被类型为亚高山针叶林;该区部分位于世界遗产核心区,主要限制因子为地形、地质灾害等 |
| 不适宜 | 0.740~1.682 | 海拔 3200~4500 m,土壤稳定性差,气象条件差,主要植被类型为高山灌丛或草甸;海拔 >4500 m 主要为高山稀疏植被;该区大部分位于世界遗产核心区,地形、地质灾害及气象条件为主要限制因子 |

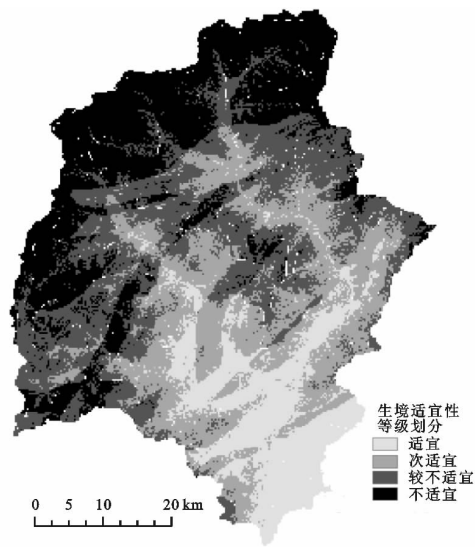


图 1 宝兴河流域农村居住地环境适宜性等级

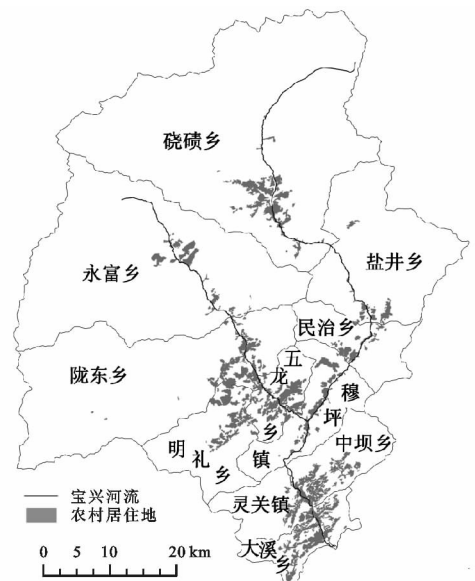


图 2 宝兴河流域农村居住地分布

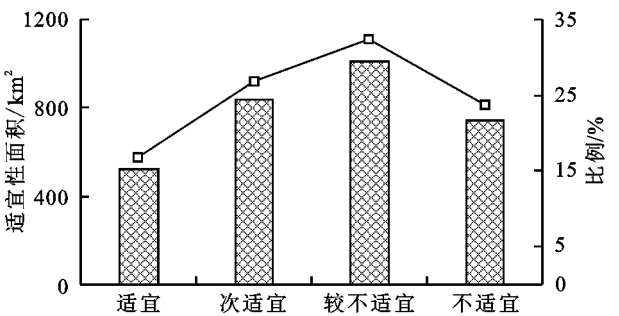


图 3 宝兴河流域农村居住地环境适宜性面积

4 结论与建议

地震灾区生境修复是实现灾区社会稳定、居民安居乐业,加快山区新型城镇化建设的重要内容。针对宝兴河流域农村居住区的适宜性特征选取了 16 个评价因子,应用多目标线性加权函数评价模型,得出宝兴河流域农村居住地的环境适宜性空间分布特征,结论如下:宝兴河流域农村居住地环境适宜性程度在空间上呈现出东南部适宜程度较高,西北部山区适宜程度偏低的分布特征。适宜性及次适宜性区域集中分布于海拔 2 900 m 以下、坡度小于 30°、阳坡及半阳坡地带且大部分沿河流及两侧分布,具有沿河流集聚分布的特征;而中山区和高山区,适宜性指数偏低,适宜性等级表现为较不适宜和不适宜,生境修复难度较大,反映了地形和地质灾害等是决定宝兴河流域农村居住地环境适宜程度差异的主导因素。较不适宜、不适宜面积总和占总面积的 56.28%,说明该区环境保护的紧迫性。因此,在地震灾区重建规划过程中,宝兴河流域灾区生境修复可分区进行。

(1) 适宜性区域。该区域主要分布在宝兴河一级支流两侧,地势平坦,自然生态环境适宜,人口密

集,是区域水电开发、生态旅游的集中地,同时也是世界遗产外围保护区。该区可在原基础上进行修复,充分利用现有资源,合理规划用地类型。

(2) 次适宜性区域。该区域多分布在宝兴河二级支流流域,大部分位于世界遗产保护区内,地理位置和经济发展较好,具有改造和发展的潜力。应根据发展现状改造交通条件,恢复植被,从而引导和促进该区域向适宜性区域的转变。

(3) 较不适宜性区域。该区域主要分布在海拔较高的中山区,生态环境的敏感性强,经济发展水平较低,地形起伏大,难以满足用地要求,且生境修复难度较大。该区域应加强生态环境保护,整治水土流失,提高土地的生产效益,进一步优化空间格局。

(4) 不适宜性区域。该区域主要集中在高山区的地震断裂活动带和泄洪通道,易引发崩塌、滑坡、泥石流等次生地质灾害,不宜建设居民住房和永久性设施。该类区域的居民应迁至交通条件好、有发展空间的区位。

参考文献:

- [1] 王海莹,郭亚琳,王青. 雅安地震灾区宝兴县聚落空间特征分析[J]. 宁夏大学学报:自然科学版, 2015, 36(2): 191-196.
- [2] 张建强,苏凤环,范建容. “4·20”芦山地震崩塌滑坡与公路危险性评价:以宝兴县省道 S210 沿线为例[J]. 山地学报, 2013(5): 616-623.
- [3] 方炫,刘德林,李璧成,等. 黄土高原乡级尺度土地利用适宜性评价:以宁南山区河川乡为例[J]. 水土保持研究, 2014, 21(5): 174-178.
- [4] 王强,袁兴中,刘红,等. 山地河流生境快速评价模型与应用[J]. 水利学报, 2011, 42(8): 928-933.
- [5] Store R, Jokimäki J. A GIS-based multi-scale approach to habitat suitability modeling[J]. Ecological Model-

ling, 2003, 169(1): 1-15.

- [6] Store R, Kangas J. Integrating spatial multi-criteria evaluation and expert knowledge for GIS-based habitat suitability modelling[J]. Landscape and Urban Planning, 2001, 55(2): 79-93.
- [7] 苏雷,朱京海,傅立群,等. GIS支持下的锦州葫芦岛沿海土地生态适宜性评价[J]. 水土保持研究, 2013, 20(4): 207-212.
- [8] 张艳红,何春光. 基于 GIS 扎龙自然保护区丹顶鹤适宜生境动态变化[J]. 东北林业大学学报, 2009, 37(4): 43-45.
- [9] 王筱明. 基于生态适宜性的济南市山地丘陵区荒地资源开发研究[J]. 水土保持研究, 2013, 20(4): 264-267.
- [10] 王金亮,陈姚. 3S 技术在野生动物生境研究中的应用[J]. 地理与地理学, 2004, 20(6): 44-47.
- [11] 任平,兰亭超,周介铭,等. 城乡建设用地增减挂钩区域适宜性评价与空间布局规划研究:以成都龙泉驿区为例[J]. 水土保持研究, 2014, 21(1): 272-282.
- [12] 蔡靖疆,辜寄蓉,王成善,等. 岷江上游土地资源适宜性评价研究[J]. 矿物岩石, 2001, 21(1): 91-97.
- [13] 肖毅,欧阳志云,朱春全,等. 岷山地区大熊猫生境评价与保护对策研究[J]. 生态学报, 2004, 24(7): 1373-1379.
- [14] 高彦净,谢余初,钱大文,等. 甘肃白龙江流域植被覆盖度及景观格局变化[J]. 水土保持研究, 2015, 22(1): 181-187.
- [15] 汪丽娟,王青. 宝兴综合生态系统管理功能分区与生态农业建设[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(1): 296-298.
- [16] 王介勇,刘彦随,张富刚. 海南岛土地生态适宜性评价[J]. 山地学报, 2007, 25(3): 290-294.
- [17] 胡彩婷,李巧云,关欣,等. 永兴县发展冰糖橙产业的土地适宜性评价[J]. 水土保持研究, 2012, 19(6): 228-236.
- [18] 王世波,崔金鉴,王世良. 基于层次分析法的风险投资项目评价[J]. 工业技术经济, 2003, 22(6): 87-89.
- [19] 王青,石敏球,郭亚琳,等. 岷江上游山区聚落生态位垂直分异研究[J]. 地理学报, 2013, 68(11): 1559-1567.

(上接第 198 页)

- [11] 王明田,王翔,黄晚华,等. 基于相对湿润度指数的西南地区季节性干旱时空分布特征[J]. 农业工程学报, 2012, 28(19): 85-92.
- [12] 杜灵通. 基于多源空间信息的干旱监测模型构建及其应用研究[D]. 南京:南京大学, 2013.
- [13] 尹晗,李耀辉. 我国西南干旱研究最新进展综述[J]. 干旱气象, 2013, 31(1): 182-193.
- [14] 白永清,智协飞,祁海霞,等. 基于多尺度 SPI 的中国南方大旱监测[J]. 气象科学, 2010, 30(3): 292-300.
- [15] 袁文平,周广胜. 标准化降水指标与 Z 指数在我国应用的对比分析[J]. 植物生态学报, 2004, 28(4): 523-529.
- [16] 张强,高歌. 我国近 50 年旱涝灾害时空变化及监测预

警服务[J]. 科技导报, 2004, 22(407): 21-24.

- [17] McKee T B, Doesken N J, Kleist J. The relationship of drought frequency and duration to time scales[C]// American Meteorological Society. Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology. Anaheim, California, USA, 1993.
- [18] 黄晚华,杨晓光,李茂松,等. 基于标准化降水指数的中国南方季节性干旱近 58a 演变特征[J]. 农业工程学报, 2010, 26(7): 50-59.
- [19] 黄晚华,杨晓光,曲辉辉,等. 基于作物水分亏缺指数的春玉米季节性干旱时空特征分析[J]. 农业工程学报, 2009, 25(8): 28-34.