

盐池不同保护及恢复措施对植物多样性的影响

刘 建, 张克斌, 孟力猛, 陈 明, 程中秋

(北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083)

摘 要: 该文以位于我国西北半干旱区的宁夏盐池县为研究对象, 研究不同植被保护及恢复措施下植物群落结构及物种多样性。选取 4 类样地类型: 分别为老封育区草地、新封育区草地、退耕地、天然草地。老封育区草地各项植物多样性指数均为 4 类样地类型中最低, 可见, 并不是封育年限越长, 植被恢复生长效果就越好。退耕地的综合多样性指数及均匀性指数在 4 类样地类型中均较高, 退耕还草是一种非常可取的植被恢复措施。

关键词: 重要值; 多样性指数; 分层聚类; 半干旱区; 盐池县

中图分类号: X176

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)06-0181-05

Effect of Different Measures for Protection and Restoration on the Plant Diversity in Yanchi County

LIU Jian, ZHANG Ke-bin, MENG Li-meng, CHEN Ming, Cheng Zhong-qiu

(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Yanchi county, located in semiarid region in northwestern China, is taken for representative research example to study the plant community structure and species diversity influenced by different measures of vegetation protection and restoration. Four types of sample-plots were selected, which were old enclosure field, new enclosure field, rehabilitated field, nature grassland. Each index of the old enclosure field is respectively lowest. That is not to say, the longer the field is protected, and the better the vegetation restores and grows. Both integrated diversity indices and evenness indices of rehabilitated field are relatively higher than others. So it means that returning farmland to grassland is really a kind of reasonable measure for vegetation restoration.

Key words: importance value; diversity index; hierarchical cluster; semiarid region; Yanchi county

生物多样性保护是当今世界生物环境研究中的重要课题,是需要人类重视并加以很好解决的重大问题。生物多样性是指地球上所有生物以及它们拥有的遗传基因和它们构成的生态系统之间的丰富度、多样性、变异性和复杂性的总称^[1-2]。研究认为,生物多样性包括遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性。物种多样性是指物种种类与数量的丰富程度^[3],是一个区域或一个生态系统可测定的生物学特征^[4]。尤其对半干旱区来说,生态系统比较脆弱,生物多样性受到包括人为活动在内的各种因素的严重威胁。因此研究西北半干旱区生物尤其是植物多样性,对于该区的生态建设及退化草地的恢复都具有重要的现实意义^[5]。本研究以地处西北半干旱区的宁夏盐池县为对象,根据不同植被保护及恢复措施选择样地类

型,进行不同样地类型植物群落特征、植物多样性的研究,为区域植物多样性保护提供基础研究资料;力求寻找半干旱区沙化草地植被恢复的较好措施。

1 研究区概况

盐池县位于宁夏回族自治区东部,北纬 37°04′ - 38°10′,东经 106°30′ - 107°41′。北与毛乌素沙漠相连,南靠黄土高原,地势南高北低,海拔高度在 1 295 ~ 1 951 m。该县属于典型中温带大陆性气候,年均气温为 8.1℃,极端最高均温为 34.9℃,极端最低温为 24.2℃,年均无霜期为 165 d;年降水仅 250~350 mm,且从东南向西北递减。土壤类型以灰钙土为主,其次是黑垆土和风沙土,此外有黄土,少量的盐土、白浆土等。植被类型有灌丛、草原、草甸、沙地植

收稿日期: 2010-05-24

资助项目: 国家自然科学基金项目(30771764); 国家林业局宁夏盐池荒漠化定位监测项目

作者简介: 刘建(1985-),男,安徽萧县人,在读硕士,研究方向: 荒漠化防治。E-mail: liujianliujian1985@126.com

通信作者: 张克斌(1957-),男,陕西兴平人,博士,教授,主要从事荒漠化防治及干旱区环境管理研究。E-mail: ctecd@bjfu.edu.cn

被和荒漠植被。其中灌丛、草原、沙地植被数量较大,分布也广。草原分干草原和荒漠草原,常见植物种类以旱生和中旱生类型为主^[6]。

2 研究方法

2.1 典型样地设置

本研究结合“全国荒漠化定位监测”项目,根据不同植被保护及恢复措施在盐池县布设典型样地,样地类型分为:老封育区草地、新封育区草地(2002年开始封育)、退耕地、天然草地。老封育区为20世纪90年代初封育,距今已有20 a时间,记作样地L;新封育区在地理位置上紧邻老封育区,自2002年开始封育,2002年之前受人为放牧活动干扰较大,记作样地

$$\text{重要值} = \frac{\text{相对生物量} + \text{相对盖度} + \text{相对多度} + \text{相对频度} + \text{相对高度}}{5} \times 100 \quad (1)$$

2.3.2 植物群落聚类分析 本文尝试利用统计分析软件SPSS的分层聚类(Hierarchical Cluster)方法,以各样地植物的重要值为要素进行聚类分析,从而确定各个群落的主要植物组成。

2.3.3 植物多样性指数计算

$$\text{丰富度指数}(R) \quad R_1 = S \quad (2)$$

$$R_2 = (S - 1) / \ln N \quad (3)$$

综合多样性指数(Y)

$$\text{Simpson 多样性指数} \quad D = 1 / \sum P_i^2 \quad (4)$$

$$\text{Shannon-Wiener 指数} \quad H = - \sum P_i \ln P_i \quad (5)$$

其中: $P_i = N_i / N$

$$\text{均匀度指数}(E) \quad E_1 = H / \ln(S) \quad (6)$$

$$E_2 = (e^H - 1) / (S - 1) \quad (7)$$

式中: S ——样地的植物物种数; N ——样地中各种植物个数的总和; N_i ——样地中第 i 种植物的个数; P_i ——样地中第 i 种植物的个数占样地中各种植物个数总和的百分比; R_1, R_2 ——植物丰富度指数; D ——Simpson 多样性指数; H ——Shannon-Wiener 指数; E_1, E_2 ——植物均匀度指数。

另外,有关植物多样性计量指标的选择,可参考相关文献^[7-8]。

3 结果分析

3.1 不同样地类型植物群落结构分析

结合植物重要值,对不同样地的植物群落利用SPSS软件的分层聚类(Hierarchical Cluster)方法进行分析。结果表明:老封育区共出现16种植物,其中以豆科和菊科为主。其中菊科占37.5%,豆科占31.25%。此外,大戟科、禾本科、藜科、萝藦科、紫葳科各占6.25%。主要群落类型分别是:(1)阿尔泰狗娃

X;退耕地选择盐池两块相邻典型退耕地,退耕时间为2001年,记作样地T;天然草地选择盐池县城南7 km无量殿附近的草地,由于地势较高,受人为干扰较少,有轻度放牧等人为活动,记作样地N。

2.2 外业调查

选择植物生长季节(7—8月)进行外业调查,调查内容包括:植物种数、株数、高度、盖度、生物量(鲜重量)等。在不同样地类型依据具体情况设置数量不等的样方。由于研究区以多年生草本植物为主,样方取1 m × 1 m规格。共计调查样方157个。

2.3 数据处理

2.3.1 重要值计算

花(*Heteropappus altaicus*) + 叉枝鸦葱(*Scorzonera divaricata*) + 黑沙蒿(*Artemisia ordosica*)群落;(2)丝叶山苦荬(*Ixeris chinensis*) + 杨柴(*Hedysarum mongolicum*)群落;(3)角蒿(*Incarvillea sinensis*) + 苦豆子(*Sophora alopecuroides*)群落。

新封育区共出现20种植物,和老封育区情况类似,同样以豆科和菊科为主。其中,豆科占35%,菊科占30%。此外,禾本科占15%,藜科、萝藦科、远志科、紫葳科各占5%。主要群落类型分别是:(1)猪毛蒿(*Artemisia Scoparia*) + 赖草(*Leymus secalinus*)群落;(2)阿尔泰狗娃花 + 黑沙蒿群落;(3)角蒿 + 苦豆子群落。

退耕地共出现植物16种,其中豆科、菊科、禾本科植物各占18.75%,藜科占12.5%,大戟科、蒺藜科、萝藦科、旋花科、远志科各占6.25%;主要群落类型分别是:(1)沙鞭(*Psammodloa villosa*) + 叉枝鸦葱(*Scorzonera divaricata*)群落;(2)赖草 + 老瓜头(*Cynanchum komarovii*)群落;(3)乳浆大戟(*Euphorbia esula* Linn.) + 丝叶山苦荬 + 多裂骆驼蓬(*Peganum multisectum*) + 达乌里胡枝子(*Lespedeza davurica*)群落。

天然草地共出现植物29种,植物种类较丰富,其中豆科、菊科植物各占27.59%、禾本科占17.24%,石竹科占6.90%,此外,百合科、萝藦科、十字花科、旋花科、远志科、藜科各占3.45%。主要群落类型分别是:(1)老瓜头 + 达乌里胡枝子 - 阿尔泰狗娃花群落;(2)尖叶细石竹(*Dianthus spiculifolius*) - 赖草 + 猫头刺(*Oxytropis aciphylla*) - 猪毛蒿群落;(3)黑沙蒿 - 苦豆子 + 狭叶草原霞草(*Gypsophila oldhamiana*)群落;IV.沙鞭 - 草木樨状黄芪(*As-*

tragus melilotoides) + 叉枝鸦葱群落。

植物群落是环境因子的综合结果, 不同自然和人为因素造成了不同的植物群落特征^[9]。从植被聚类结果可以看出, 各种植物的生活型及生长型表现出一定程度的差异性。分别结合各个样地植物物种重要值进行分析, 可以得出如下结果: 老封育区形成了以菊科阿尔泰狗娃花为优势种的植物群落, 新封育区形成了以菊科猪毛蒿为优势种的植物群落, 退耕地形成了以禾本科沙鞭为优势种的植物群落, 天然草地则形成了以菊科阿尔泰狗娃花、豆科达乌里胡枝子、萝藦科老瓜头共为优势种的植物群落。

植被的恢复过程就是植物群落演替的过程。大多数情况下, 植物演替都是按照由简单到复杂, 由低级到高级的方向顺行发展的。顺行演替的植物群落主要有以下表现^[10]: 植物群落的高度、质量和层次分化的增加; 种类成分越来越丰富; 长命的植物占优势, 群落的相对稳定性提高。结合本研究内容分析, 阿尔泰狗娃花、猪毛蒿、沙鞭为多年生草本植物, 达乌里胡枝子为草本状半灌木, 老瓜头为直立半灌木。可见, 老封育区、新封育区以及退耕地植被群落的优势种均为多年生草本, 而天然草地的优势种主要为半灌木, 并且形成了以 3 种植物共为优势种的植物群落, 加之天然草地的植物种类更加丰富, 显然天然草地比其他 3 类样地植被群落更加稳定。

3.2 不同样地类型植物多样性分析

2009 年不同样地类型植物多样性指数见表 1。丰富度指数反映了样地植物物种的丰富程度, 即物种种类的多少。而物种丰富度主要取决于各种生态因子以及非生态因子, 如土壤含水量、土壤养分、地形地貌以及人为活动等。可以看出, 不同样地类型植物多样性存在较大差异。天然草地的植物物种丰富度最高, 植物种类达到 29 种, 丰富度指数 R_2 为 3.684; 其次为新封育区, 植物种类为 20 种, 丰富度指数 R_2 为 2.517; 再次为退耕地, 植物种类为 16 种, 丰富度指数 R_2 为 2.504; 老封育区植物种类为 16 种, 其 R_2 为 2.171, 为 4 类样地类型中最小。天然草地虽未采取人工保护措施, 可是由于其所处的地势较高, 人为干扰活动较少, 植被生长良好, 植物种类较多; 新封育区的植物物种丰富度指数高于老封育区, 同时低于天然草地, 这表明封育时间的长短会影响植物物种的丰富程度; 老封育区草地自 20 世纪 90 年代初封育以来, 实行严格的保护, 几乎不受人为活动的干扰, 以往历年的野外调查数据及研究成果表明^[11], 在封育后的最初 4~5 a 内, 植被恢复迅速, 植物物种数迅速增加, 可之后又呈下降态势。长期以来, 干扰的生态学

意义一直未引起足够的重视。随着研究的深入, 发现干扰在物种多样性形成和保护中起着重要的作用。中度干扰不仅对植物生长无害, 而且可以促进植被的恢复。老封育区草地在封育之前受到重度干扰, 植被遭到严重破坏。由于人工封育措施的实施, 植物不再受重度干扰的影响, 从而能迅速的恢复。但是, 在完全封育及缺少干扰的情况下, 植被同样不能良好的恢复和生长。植被恢复的过程就是群落的建立和演替过程, 核心是物种的更替。物种更替是群落环境演变、物种的环境适应性、竞争作用等种间关系几方面共同作用的结果和集中表现, 这几方面的变化是互动的^[12]。2007–2009 年老封育区草地的植物多样性指数见表 2, 从中可以看出, 3 a 间老封育区各项植物多样性指数包括丰富度指数呈逐年下降趋势。2007 年外业调查出现 31 种植物, 2009 年仅为 16 种, 种类几乎减少一半。短短 3 a 内植物物种数大幅度减少。这和上文中的群落分析结果相吻合, 都说明了老封育区草地植被群落处于不稳定状态, 很容易受外界环境因素的影响。半干旱区内降雨是影响植物物种数量的主要环境因素。因为半干旱区植物生活型主要以草本为主, 其中一年生草本植物数量占有一定比例, 如小画眉草、狗尾草等, 这类植物受降雨量的影响大。本研究野外调查开始时间为每年 7 月中旬, 所以每年上半年的降雨量对调查时植物的生长状况起到重要影响作用。由于老封育区草地从 20 世纪 90 年代初就开始封育, 至今已有 20 a 时间, 这期间几乎没有受到人为干扰, 导致土壤结皮比其他样地要厚很多。并且随着封育时间的延伸, 沙质土壤生物结皮不断加厚, 入渗土壤的有效降雨以及被植物利用的有效降雨减少, 从而使得老封育区的植物相对于其他样地的植物更加受到降雨因素的限制。2007–2009 每年上半年的降雨量分别为: 120.6, 30.0, 40.7 mm。可以明显看出, 由于 2008 年、2009 年上半年的降雨量极为稀少, 导致某些本来就数量稀少的植物进一步减少甚至消失。又由于老封育区草地植物群落的不稳定性, 从而导致外业调查数据所显示的物种数量大幅度减少。

表 1 不同样地类型植物多样性指数

地类	丰富度指数		多样性指数		均匀性指数	
	R_1	R_2	D	H	E_1	E_2
老封育区	16	2.171	3.847	1.839	0.663	0.353
新封育区	20	2.517	7.668	2.289	0.797	0.521
退耕地	16	2.504	7.994	2.336	0.843	0.623
天然草地	29	3.684	12.593	2.810	0.835	0.558

表 2 老封育区 2007– 2009 年植物多样性指数

年份	丰富度指数		多样性指数		均匀性指数	
	R_1	R_2	D	H	E_1	E_2
2007	31	4.343	8.065	2.495	0.726	0.371
2008	19	2.606	7.671	2.361	0.802	0.533
2009	16	2.171	3.847	1.839	0.663	0.353

均匀性指数反应了植物空间分布的均匀程度,植物在空间分布越均匀,其均匀性指数也就越大。如果均匀性指数较小,则说明植物分布较集中。从表 1 中可以看出,退耕地均匀性指数最大: E_1 、 E_2 分别为 0.843, 0.623, 这说明退耕还草对植物恢复起到了重要的作用;其次为天然草地: E_1 、 E_2 分别为 0.835, 0.558, 由于天然草地地势较高,人为干扰较少,加之天然草地植物群落已发展成较为稳定的状态,其均匀性指数同样较大;再次为新封育草地,其均匀性指数 E_1 、 E_2 分别为 0.797, 0.521, 新封育区相对于老封育区而言,封育年限相对较短,生物结皮对水分下渗的影响较之老封育区小,因而降雨相对地能更好的被利用,更有利于植物的生长,所以在一定程度上使得其均匀性指数相对于老封育更大;均匀性最小的是老封育区草地,其 E_1 、 E_2 分别为 0.663, 0.353。因此有理由认为较长时间的封育使得植物缺少人为的适度干扰,而且过厚的土壤结皮使得植物灌丛化生长,最终导致植物在空间上很难达到较均匀的分布。

综合多样性指数受丰富度指数和均匀度指数的双重影响,综合反映了植物的多样性和植物在空间的分布情况。同时,综合多样性指数也在一定程度上反映了植物群落组成的结构水平和群落的稳定性,综合多样性指数越高,群落组成相应地就越复杂,稳定性也越高。本研究结果也印证了这一点。从计量结果来看,天然草地的综合多样性指数最大, D 、 H 分别为 12.593, 2.810;其次为退耕地, D 、 H 分别为 7.994, 2.336;再次为新封育区草地, D 、 H 分别为 7.668, 2.389;最小的是老封育区草地, D 、 H 分别为 3.847, 1.839。天然草地在人为活动比较适度的情况下,植物生长状况较好,表明在轻度干扰的情况下,半干旱区植被具有较好的自我恢复能力;退耕地的综合多样性指数也较高,说明退耕还草在西北半干旱区确实是一种比较好的植被恢复措施,适合全面推广;而老封育区的各项多样性指数在这几种样地类型当中均是最小的,说明长期的完全封育并不能收到较好的植被恢复效果。

4 结论与讨论

4.1 结论

不同生境类型植物种类、群落结构、优势种都表

现出了不同特点。老封育区草地以菊科阿尔泰狗娃花群落为主;新封育区以菊科猪毛蒿群落为主;退耕地以禾本科沙鞭群落为主;天然草地以豆科达乌里胡枝子群落为主。

不同植被保护及恢复措施下植物物种多样性存在较大的差异。天然草地无论是丰富度指数还是综合多样性指数均为这 4 类样地类型中最高。以综合多样性指数 D 、 H 为例,天然草地为 12.593, 2.810;而老封育区草地的各项多样性指数均最低, D 、 H 分别仅为 3.847, 1.839, 可以明显看出二者之间存在着较大的差距。不过,这也说明只要采取合适的保护和封育措施,西北半干旱区被人为破坏的草地同样可以恢复到和本研究中天然草地同样生长良好的植被状况。

4.2 讨论

在不同样地类型中,天然草地由于受人类干扰活动适度,从而使得植被生长态势良好。其相对于老封育区及新封育区较高的综合多样性指数说明:在人类和动物适度的干扰情况下,植物才能较好的恢复和生长。在盐池县,这种植被覆盖度较高、长势良好、植被群落相对稳定的草地已不多见,其对当地的生态平衡起着比较重要的作用。因此,天然草地需要得到更好的保护,并可以进行适当的开发利用,以提高天然植被的利用效率。

退耕地的综合多样性指数仅次于天然草地,而且均匀性指数是几类样地类型中最高的。自国家实行退耕还林还草措施以来,退耕还林还草对植被恢复起到了重要作用。说明退耕还林还草确是行之有效的植被恢复措施,是西部大开发战略中农业结构调整、生态建设和植被恢复中的一项重大的正确举措。在不同植被恢复措施中,退耕还草较为有效。因此,我国的退耕还林还草政策,尤其对于西北半干旱地区而言,应该继续深入推行。

结合以往的研究和实际情况可知,人工封育在初期是一种效果非常明显的植被恢复措施。但是,并不是封育年限越长,植被恢复的效果就越好。这主要是地表生物结皮造成的。随着封育年限的增加,土壤表面由于枯落物和微生物的共同作用逐渐形成结皮,结皮中产生大量的水稳性团聚体,有机质增加,土壤的吸湿性、可塑性明显提高,这在很大程度上改善了土壤结构,提高了土壤的持水性,并且减少了水分的蒸发。这在初期有利于植被的生长。可是随着植被覆盖度的增加,越是植物下方结皮厚度就越大。结皮厚度过大,反而不利于水分的下渗,植被得不到充分的水分,从而影响了植被的持续恢复。

本研究中 2007–2009 年间老封育区的综合多样性指数呈不断下降的趋势,说明了封育效果并不是和封育时间呈线性增长关系。这和实际情况以及以往的研究结论是一致的。当然,这其中降雨因素的影响是不可忽略的,西北半干旱区降雨量历来较少,如再遇到干旱年份,自然会在很大的程度上影响植被的生长。但是在相同降雨条件下,新封育区多样性指数却维持基本稳定。说明封育年限的长短对植物影响很大。国内外对干旱区草场长期动态监测的结果同样表明,长期封育并不能提高草场的植被覆盖度及生物量^[13-15]。因此,人工封育区应间隔一定周期(3~5 a)进行轮牧或刈割,这样一方面可以使地面结皮松散,有利于降水下渗,从而为植被充分利用;另一方面可以抑制优势种的进一步扩张,使得伴生种等其他生存能力相对较弱的植物获得生存空间和资源,从而增加物种多样性,提高植被生产力。

参考文献:

- [1] 王荷生, 张镜铨. 中国种子植物特有属的生物多样性和特征[J]. 云南植物研究, 1994, 16(3): 209-220.
- [2] 陈炳浩. 世界生物多样性面临危机及其保护的重要性[J]. 世界林业研究, 1993, 6(4): 1-6.
- [3] 王伯荪, 彭少麟. 植被生态学: 群落与生态系统[M]. 北京: 中国环境科学技术出版社, 1997: 5-12.
- [4] 邱波, 任青吉, 罗燕江, 等. 高寒草甸不同生境类型植物群落的 α 及 β 多样性研究[J]. 西北植物学报, 2004, 24(4): 655-661.
- [5] 牛丽丽, 张学培, 曹奇光. 西北干旱区生物多样性研究[J]. 水土保持研究, 2007, 14(1): 223-225.
- [6] 张克斌, 李瑞, 侯瑞萍, 等. 宁夏盐池县不同荒漠化治理措施植物多样性研究[J]. 中国水土保持科学, 2004, 2(4): 66-72.
- [7] 王琳, 张金屯, 上官铁梁, 等. 历山山地草甸的物种多样性及其与土壤理化性质的关系[J]. 应用与环境生物学报, 2004, 10(1): 18-22.
- [8] 常学礼, 郭建国. 科尔沁沙地沙漠化过程中的物种多样性[J]. 应用生态报, 1997, 8(2): 151-156.
- [9] 林鹏. 植物生态学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986: 113-114.
- [10] 赵儒林, 洪必恭, 高兆杉, 等. 植物生态学概要[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1983: 245-248.
- [11] 李瑞, 张克斌, 王百田, 等. 北方农牧交错带不同植被保护及恢复措施物种多样性研究[J]. 生态环境, 2006, 15(5): 1035-1041.
- [12] Hiernaux P. Effects of grazing on plant species composition and spatial distribution in rangelands of the Sahel[J]. Plant Ecology, 1998, 138: 191-202.
- [13] Greig-smith P. Quantitative Plant Ecology[M]. Oxford: Blackwell Science Publications, 1983: 105-112.
- [14] Omar S. Dynamics of range plants following 10 years of protection in arid rangelands of Kuwait[J]. Journal of Arid Environments, 1991, 21: 99-111.
- [15] 杨晓晖, 张克斌, 侯瑞萍, 等. 封育措施对半干旱沙地草场植被群落特征及地上生物量的影响[J]. 生态环境, 2005, 14(5): 730-734.

(上接第 180 页)

(3) 在麻阳县农村居民点用地布局现状定量与定性研究的基础上, 利用 GIS 的空间分析功能, 确定麻阳县农村居民点优化布局方案: 控制性乡镇 2 个, 发展性乡镇 9 个, 拆并性乡镇 12 个, 形成宏观的“两核四轴”放射布局体系。

参考文献:

- [1] 姜广辉, 张凤荣, 陈军伟, 等. 基于 Logistic 回归模型的北京山区农村居民点变化的驱动力分析[J]. 农业工程学报, 2007, 23(5): 81-87.
- [2] 陈振杰, 李满春, 刘永学. 基于 GIS 的桐庐县农村居民点空间格局研究[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(2): 180-184.
- [3] 张金萍, 汤庆新, 张保华. 基于 GIS 和 RS 的山东冠县居民点景观格局特征变化研究[J]. 山东农业科学, 2008(6): 24-26.
- [4] 麻阳县统计年鉴[M]. 长沙: 湖南地图出版社, 2005.
- [5] 王婷, 周国华, 杨延. 衡阳南岳区农村居民点用地合理布局分析[J]. 地理科学进展, 2008, 27(6): 25-31.
- [6] 蔡为民, 唐华俊, 陈佑启. 近 20 年黄河三角洲典型地区农村居民点景观格局[J]. 资源科学, 2004, 26(5): 89-97.
- [7] 田光进, 刘纪远, 张增祥. 基于遥感与 GIS 的中国农村居民点规模分布特征[J]. 遥感学报, 2002, 6(4): 307-312.
- [8] 刘仙桃. 农村居民点空间布局优化与集约用地模式研究: 以北京市昌平区为例[D]. 北京: 中国地质大学, 2009.
- [9] 张坤. 湖南省村庄景观布局特征与模式的研究: 以汉寿县为例[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2008.
- [10] 宋均梅, 陈利根. 农村居民点用地整理与土地集约利用[J]. 农村经济, 2006(3): 23-25.
- [11] 杨立国, 向清成. 怀化市城乡建设用地空间合理布局研究[J]. 衡阳师范学院学报, 2009, 6(3): 112-115.
- [12] 武东海, 杨凤海, 苏琦. 新农村建设下的农村居民点建设用地整理研究[J]. 现代农业科学, 2009, 10(10): 94-93.