

民勤绿洲—荒漠过渡带植物物种多样性 及其优势种群空间分布格局研究

郭树江^{1,2}, 杨自辉^{1,2}, 王多泽^{1,2}, 李得禄², 李爱德^{1,2}, 詹科杰^{1,2}, 王强强^{1,2}

(1. 甘肃民勤荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站, 甘肃 民勤 733300; 2. 甘肃省治沙研究所, 兰州 730070)

摘要:以民勤绿洲—荒漠过渡带为研究对象, 采用样方调查法, 通过计算各类型区域内物种的重要值、丰富度指数(R)、Shannon-Winer 指数(H')、Simpson 优势度指数(D)、物种均匀度指数(J_{se})、扩散系数(C)、负二项参数(K)、平均拥挤度(m^*)、丛生指标(I)、聚块性指标(Pt)、Green 指数(Gt)、Cassie 指标(Ca)、扩散性指数($I\delta$), 研究了绿洲—荒漠水平距离 8 km 区域内的物种多样性及其优势种群的空间分布格局。结果表明: 绿洲—荒漠过渡带优势种群为沙拐枣、唐古特白刺、梭梭, 伴生物种有刺沙蓬、雾冰藜、芦苇、沙蓬等。受生境和沙丘类型的影响, 各种群均呈聚集分布格局, 但聚集程度有一定差异性; 物种多样性、丰富度随绿洲—荒漠梯度而呈规律性变化, 总体表现为减小趋势。该区域生境和沙丘类型是民勤绿洲—荒漠过渡带物种多样性及种群分布格局的决定性因素。

关键词: 绿洲过渡带; 物种多样性; 优势种群分布格局

中图分类号: Q145; X176

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)03-0092-05

Studies on Species Diversity and Spatial Distribution Pattern of Dominant Populations in the Transition Zone between Minqin Oasis and Desert

GUO Shu-jiang^{1,2}, YANG Zi-hui^{1,2}, WANG Duo-ze^{1,2},

LI De-lu², LI Ai-de^{1,2}, ZHAN Ke-jie^{1,2}, WANG Qiang-qiang^{1,2}

(1. Gansu Minqin National Studies Station for Desert Steppe Ecosystem, Minqin, Gansu 733300, China;

2. Gansu Desert Control Research Institution, Lanzhou 730070, China)

Abstract: With the transition zone between Minqin oasis and desert as subjects, using the quadrat survey procedure, species diversity and spatial distribution pattern of dominant populations in the transition zone between Minqin oasis and desert have been studied through testing species important value, abundance index (R), Shannon-Winer species diversity index (H'), Simpson dominance index (D), evenness indices (J_{se}), diffusion coefficient (C), negative binomial parameter (K), mean crowding (m^*), clumping index (I), patchiness index (Pt), Green index (Gt), Cassie index (Ca), dispersal index ($I\delta$) in various types region. The results showed that the dominant species populations are *Calligonum mongolicum*, *Nitraria tangutorum*, *Haloxylon ammodendron*, and the companion species are *Salsola ikonnikovii*, *Bassia dasyphylla*, *Phragmites communis*, *griophyllum squarrosum*. Suffering the influence of the sand dune type and the habitat, every population indicated the accumulation distribution pattern, but the accumulation degree had certain difference; The species diversity and the abundance changed regularly with gradient of Minqin oasis and desert, but overall performance showed tendency to ascend. The habitat and the type of sand dune in this region are a determining factor for species diversity and spatial distribution pattern of populations.

Key words: transition zone; species diversity; distribution pattern of dominant population

群落物种多样性作为生物多样性的组成部分, 不仅反映生态系统内物种组成、结构多样性和复

杂化程度的客观指标, 同时还是生态系统内生物群落对生物和非生物环境综合作用的外在反映^[1]。植物

种群的分布格局是种群个体在水平空间上彼此间斑块的相互关系和垂直尺度上的分布^[2-3], 它是植物种群对环境条件长期适应的结果, 不但因物种而异, 而且同一物种在不同发育阶段、不同的生境条件下也有明显差别^[4]。研究群落物种多样性和优势种群的分布格局, 既可阐明种群及群落的动态演替特征, 还可以说明种群与环境相互作用的过程, 对揭示种群的恢复机理具有重要意义^[5]。

分布在绿洲外围把流动沙漠与绿洲分开的荒漠植被带即绿洲- 荒漠过渡带^[6]。通过研究绿洲- 荒漠过渡带植物群落物种多样性及其种群空间分布格局, 为评价该区域生态环境状况、绿洲防护体系建设、保护植物群落生物资源提供科学依据。

1 研究区概况

研究区位于民勤绿洲西北的巴旦吉林沙漠东南缘, 东经 $102^{\circ}55' - 102^{\circ}59'$, 北纬 $38^{\circ}33' - 38^{\circ}38'$, 海拔约 1 280~ 1 450 m。本区气候干旱少雨, 蒸发强烈, 属于典型的大陆干旱荒漠气候。年均温度 7.4°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为 3 248. 8°C 。多年均降水量 113 mm, 全年降水不均匀, 变率大, 多集中在 7- 9 月三个月, 平均降水量 92. 8 mm, 占年均降雨量的 73%。年均蒸发量 2 644 mm, 是降水量的 24 倍。地下水位持续下降, 从 1960 年的 1~ 3 m 下降至现在的 15~ 23 m, 随之植被逐渐衰败死亡。该区分布由沙生植物为主所组成的沙生植物群落, 植被以人工植被和自然植被, 分布比较分散, 植物物种贫乏, 以旱生灌木、半灌木和一年生草本为主, 零星伴有草甸植物, 种类稀少, 结构简单, 覆盖度小。

2 研究方法

2.1 样地设置与调查

沿绿洲到沙漠方向, 在约 8 km 的样线上, 每隔 100 m 设置 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 的植被调查样方一个, 共设置样方 70 个。调查防风固沙林的植物种类、数量、株高、冠幅、新梢生长量、并计算密度(D)、各种植物盖度(C)、频度(F)等。按绿洲到沙漠的顺序以及调查植被和地貌类型的差异把调查的样方每十个归并在一起为一植物群落, 分别为 $A_1 - A_7$ 进行群落数量特征分析。

2.2 数据处理与分析

利用 Excel 软件分析和统计野外采集的各样方的数据, 通过计算盖度、密度、频度的基础上, 分别计算出灌木层、草本层每种植物的重要值、多样性指数以及种群空间分布格局的指数。

2.2.1 种群综合优势比的计算 综合优势比(SDR)是评价植物种群在群落中相对作用大小的一种综合性数量指标, 通过密度比与覆盖度比二者的平均值计算研究区各物种综合优势比, 即:

$$\text{SDR} = (\text{覆盖度比} + \text{密度比}) / 2 \times 100\% \quad (1)$$

2.2.2 群落物种重要值 分别计算灌木层和草本层各植物种重要值, 计算方法为:

$$\text{灌木层重要值} = (\text{相对密度} + \text{相对频度} + \text{相对优势度}) / 3 \quad (2)$$

$$\text{草本层重要值} = (\text{相对频度} + \text{相对优势度}) / 2 \quad (3)$$

2.2.3 物种多样性测度 物种多样性指数是物种丰富度和均匀度的综合指标。群落内物种多样性的度量选用以重要值为计算依据的丰富度指数、多样性指数、优势度指数和均匀度指数 4 类。用物种丰富度指数来直观地表征群落植物种类的多少; 用 Shannon-Wiener 多样性指数来全面反映群落或生境的物种结构信息及组成的复杂程度的高低; 用 Simpson 优势指数来表征群落或生境遭破坏后修复能力和对抗干扰能力的强弱; 用 Pielou 均匀度指数(J_{sw})来反映物种分布情况。其计算公式分别为:

(1) 丰富度指数计算公式为

$$\text{Margalef 指数: } dMa = (S - 1) / \ln N \quad (4)$$

$$\text{Menhinick 指数: } D_M = S / \text{SQRT}(N) \quad D_M = S / N^{1/2} \quad (5)$$

(2) 物种多样性指数计算公式为

$$\text{Simpson 指数: } D = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2 \quad (i = 1, 2, \dots, S) \quad (6)$$

$$\text{Shannon-Wiener 指数: } H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad (7)$$

(3) 均匀度指数(J_{sw})计算公式为:

$$\text{Pielou 指数: } J_{sw} = H' / \ln S \quad (8)$$

式中: S ——样地各层次物种的数目; N ——各层次所有种的重要值总和; n_i ——第 i 种的重要值; p_i ——整个群落总体中第 i 种的相对重要值, $p_i = n_i / N$ ^[8]。

2.2.4 种群空间分布格局的测定 运用较为常用的 8 种分析方法^[8]综合分析研究区优势种群的分布格局:

(1) 扩散系数:

$$C = S^2 / X \quad (9)$$

若 $C = 1$ 时, 为随机分布; 若 $C > 1$ 时, 为聚集分布; $C < 1$ 时为均匀分布。为检验实测样本是否接受预期假设, 需要以 $\sqrt{2 / (N - 1)}$ 为标准差进行 t 检验。然后通过查 $N - 1$ 自由度和 95% 置信度 t 分布表, 进行显著性检验。 T 值的计算公式如下:

$$T = \frac{(S^2 / X) - 1}{\sqrt{2 / (N - 1)}} \quad (10)$$

(2) 负二项参数:

$$K = X^2 / (S^2 - X) \quad (11)$$

式中 K 值用于度量聚集程度, 其中 K 值愈小, 聚集程度越高。当 K 值趋于无穷大时, 则逼近 Poisson 分布; $K < 0$ 时为聚集分布; $K = 0$ 时为均匀分布。

(3) 平均拥挤度:

$$m^* = X + (S^2/X - 1) \tag{12}$$

式中: m^* ——生物个体在一个样方中的平均邻居数, 它反映了样方内生物个体的拥挤程度, 数值越大聚集强度越大, 表示一个个体受其他个体的拥挤效应越大。当 $m^* = 1$ 时, 为随机分布; $m^* > 1$ 时, 为聚集分布, $m^* < 1$ 时为均匀分布。

(4) 丛生指标:

$$I = (S^2/X) - 1 \tag{13}$$

当 $I = 0$ 时, 为随机分布; $I > 0$ 时, 为聚集分布; $I < 0$ 时为均匀分布。

(5) 聚块性指标:

$$P_I = (m^*/X) \tag{14}$$

当 $P_I = 1$ 时为随机分布; $P_I > 1$ 时为聚集分布, $P_I < 1$ 时为均匀分布。

(6) Cassie 指标:

$$C_A = (S^2 - X)/X^2 \tag{15}$$

当 $C_A = 0$ 时, 种群为随机分布; 当 $C_A < 0$ 时, 种群为均匀分布; 当 $C_A > 0$ 时, 种群为聚集分布。

(7) Green 指数:

$$G_I = [(S^2 - X) - 1]/n - 1 \tag{16}$$

当 $G_I < 0$ 时为均匀分布; $G_I = 0$ 时为随机分布; $G_I > 0$ 时为聚集分布。

(8) 扩散性指数:

$$I_\delta = (S^2 - X)/X^2 + 1 \tag{17}$$

当 $I_\delta = 1$ 时种群为随机分布; 当 $I_\delta > 1$ 时种群为聚集分布; 当 $I_\delta < 1$ 时种群为均匀分布。(由公式 $S^2 = (I_\delta - 1)X^2 + X$ 推算)。

上述各式中: X ——各种群多度的均值; S^2 ——各种群多度的方差; n ——基本样方数。

3 结果与分析

3.1 群落物种组成及数量特征

对民勤绿洲荒漠过渡带植物群落的调查统计分析, 结果表明, 研究区群落稀疏, 建群种单一, 植被覆盖度低。在调查的 70 个样方中, 灌木层植物 9 种, 隶属 7 科 9 属; 草本层植物 13 种, 隶属 7 科 13 属。主要为唐古特白刺 (*Nitraria tangutorum*)、梭梭 (*Halxylon ammodendron*)、沙拐枣 (*Calligonum mongolicum*)、细枝岩黄芪 (*Hedysarum scoparium*)、沙蒿 (*Artemisia arenaria*)、多枝怪柳 (*Tamarix ramosissima*)、沙枣 (*Elaeagnus angustifolia*)、红砂 (*Reaumuria songarica*)、沙木蓼 (*Atraphaxis bracteata*); 草本植物包括: 沙蓬 (*Agripophyllum squarrosum*)、独行菜 (*Lepidium apetalum*)、雾冰藜 (*Bassia dasyphylla*)、刺沙蓬 (*Salsola ruthenica*)、黄花补血草 (*Limonium aureum*)、镰荚棘豆 (*Oxytropis falcata*)、碱蓬 (*Suaeda glauca*)、苦豆子 (*Sophora alopecuroides*)、芦苇 (*Phragmites australis*)、沙芥 (*Pugionium cornutum*)、砂蓝刺头 (*Echinops gmelini*)、甘草 (*Glycyrrhiza uralensis*)、白茎盐生草 (*Halogeton arachnoideus*)。建群种主要为灌木, 代表种有唐古特白刺、梭梭、沙拐枣等, 沙蓬、雾冰藜、刺沙蓬等草本是本区的优势种, 碱蓬、苦豆子等伴生在丘间低地。

从绿洲到荒漠过渡带, 群落的结构, A_1 为梭梭-沙拐枣、 A_2 为沙拐枣-梭梭群落, 多为固定和半固定沙丘, 群落组成物种较丰富, A_1 到 A_2 优势种群由梭梭逐渐变为沙拐枣; A_3 到 A_4 为沙拐枣-唐古特白刺群落, 介于绿洲与沙漠间, 半流动沙丘向流动沙丘过渡, 优势种群为沙拐枣、唐古特白刺; A_5 为沙拐枣、 A_6 、 A_7 为唐古特白刺群落, 地貌类型逐步趋于到沙漠, 为流动沙丘, 优势种群为唐古特白刺。

表 1 绿洲-荒漠过渡带种群的数量特征变化

序 号	植物名称	综合优势比	重要值	序 号	植物名称	综合优势比	重要值
1	沙拐枣	81.54	28.07	12	苦豆子	2.39	1.56
2	唐古特白刺	63.67	31.21	13	红砂	1.66	0.41
3	梭梭	33.45	10.28	14	沙枣	1.43	0.32
4	芦苇	29.82	11.81	15	多枝怪柳	0.92	0.23
5	刺沙蓬	20.86	5.07	16	沙蓝刺头	0.75	0.40
6	雾冰藜	16.33	2.23	17	沙蒿	0.72	0.55
7	沙蓬	10.93	2.28	18	沙芥	0.63	0.85
8	黄花补血草	6.77	1.66	19	甘草	0.54	0.12
9	白茎盐生草	5.46	1.02	20	独心菜	0.22	0.09
10	碱蓬	5.02	0.79	21	镰荚棘豆	0.07	0.12
11	细枝岩黄芪	4.02	0.83	22	沙木蓼	0.07	0.10

在绿洲到荒漠过渡带的植物种群数量特征中, 综合优势比最大的有沙拐枣、唐古特白刺、梭梭、芦苇, 他们在该群落中具有较大的作用; 重要值最大的有唐古特白刺、沙拐枣、梭梭; 较高的植物有梭梭、细枝岩黄芪、多枝柽柳; 密度较大的有沙拐枣、芦苇、刺沙蓬; 样方中出现频度较多的有沙拐枣、唐古特白刺、梭梭、刺沙蓬; 盖度最大的是唐古特白刺、沙拐枣、梭梭; 因此, 民勤绿洲边缘的植被有原来的唐古特白刺为优势群落逐步演变为沙拐枣群落^[11], 现阶段, 沙拐枣主要承担着民勤绿洲的防风固沙作用, 详见表 1。

3.2 植物群落物种多样性特征

物种多样性是表征生物群落和生态系统结构复杂性的重要指标, 是指物种数目及其个体分配均匀度的综合^[6], 本文采用丰富度指数、多样性指数、均匀度指数来描述不同植物群落的物种多样性特征。

表 2 绿洲-荒漠过渡带植被群落多样性指数

样地号	丰富度指数		多样性指数		均匀度指数 J_{sw}
	dMa	D_M	D	H'	
A ₁	3.91	1.90	0.90	2.52	0.86
A ₂	2.17	1.10	0.84	1.98	0.83
A ₃	3.04	1.50	0.83	2.10	0.78
A ₄	1.09	0.60	0.64	1.24	0.69
A ₅	0.65	0.40	0.33	0.67	0.48
A ₆	0.65	0.40	0.58	0.99	0.71
A ₇	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00

民勤绿洲到荒漠过渡带植物群落组成简单, 各群落物种多样性均低。物种丰富度指数依次为 $A_1 > A_3 > A_2 > A_4 > A_5 > A_6 > A_7$; Shannon-Wiener 多样性指数(H') 最高是 A_1 群落, 为 2.522, 其次为 A_3 、 A_2 、 A_4

表 3 绿洲-荒漠过渡带优势种群的空间分布格局

植物种	扩散系数 C (方差均值比)	t 检验	负二项 参数 K	平均拥挤度 m^*	丛生 指标 I	聚块性 指标 P_I	Green 指数 G_I	Cassie 指标 C_A	扩散性 指数
梭梭	6.73 ^{**}	11.64	0.35	7.72	5.73	3.89	0.15	2.89	3.89
沙拐枣	21.66 ^{**}	41.95	0.53	31.63	20.66	2.88	3.32	1.88	2.88
唐古特白刺	7.58 ^{**}	13.35	0.41	9.29	6.58	3.43	0.25	2.43	3.43
刺沙蓬	110.70 ^{**}	222.76	0.04	114.15	109.70	25.66	7.16	24.66	25.66
雾冰藜	57.73 ^{**}	115.20	0.06	60.21	56.73	17.31	2.89	16.31	17.31
芦苇	72.35 ^{**}	144.87	0.08	77.22	71.35	13.16	6.14	12.16	13.16
沙蓬	16.47 ^{**}	31.42	0.15	17.86	15.47	7.47	0.53	6.47	7.47

4 结论

(1) 民勤绿洲- 荒漠过渡带植物群落组成简单, 植物种类数量少。沿主风向经 70 个样方调查, 共有 22 种植物, 其中灌木 9 种, 草本 13 种。经过对各种群落盖度、密度、综合优势比分析结果, 研究区主要优势种有 7 种, 分别为沙拐枣、唐古特白刺、梭梭、芦苇、刺沙

群落, A_5 、 A_6 群落较低, A_7 群落最低, Simpson 优势度指数(D) 也存在差异, A_1 、 A_2 、 A_3 群落的优势度较高, 其次为 A_4 、 A_5 、 A_6 群落, 最低的依然为 A_7 群落; 从 Pielou 均匀度指数(J_{sw}) 看, A_1 群落最高, 其次依次为 $A_2 > A_3 > A_4 > A_6 > A_5$ 群落, Pielou 均匀度指数最低的仍然是 A_7 群落(表 2)。

植物群落丰富度指数、多样性指数、均匀度指数与生态环境关系密切, 可作为环境评价指标。该区域各项指标都较低, 说明该区植被的脆弱性, 需要进行保护和合理利用, 以达到保护生态环境的目标^[7]。

3.3 种群分布格局

利用绿洲- 荒漠过渡带植物优势种群分析种群分布格局。根据计算结果, 表 1 为种群在过渡带的数量特征, 从综合优势比来看, 优势种群主要有 7 种, 分别为沙拐枣、唐古特白刺、梭梭、芦苇、刺沙蓬、蓬冰藜、沙蓬, 其余物种的综合优势比均低于 10%。利用统计分析数据, 采用种群多度的方差/均值 C (扩散系数) 测定格局类型, 并用 t 检验判断分布格局的显著性, 采用负二项参数(K)、平均拥挤度(m^*)、丛生指标(I)、聚块性指数(P_I)、Green 指数(G_I)、Cassie 指标(C_A)、扩散性指数(I_8) 综合分析了民勤绿洲- 荒漠过渡带 7 种优势种群的空间分布格局(不同种群分布格局的测定结果见表 3)。通过计算分析, 7 种优势种群植物均为聚集分布, 聚集度指标判定基本一致。灌木层聚集强度从大到小依次为沙拐枣、唐古特白刺、梭梭; 草本层聚集强度最高的为刺沙蓬, 其次为芦苇、雾冰藜、沙蓬。利用 t 检验对方差均值比进行显著性检验, 各种群的分布格局均与预期假设呈极显著差异($t > t_{0.01} = 2.62$)。

蓬、雾冰藜、沙蓬。

(2) 随着地下水位迅速下降, 主要承担绿洲防护作用的唐古特白刺群落已逐渐演变为沙拐枣群落。在对过渡带种群的数量特征变化分析中, 结果显示沙拐枣的综合优势比、样方中出现的频度、密度远远大于其它植物, 沙拐枣的重要值、盖度仅次于唐古特白刺, 因此, 民勤绿洲边缘的植被优势群落逐步有唐古

特白刺群落演变为沙拐枣群落的迹象,这与杨自辉等^[11]研究结果中民勤荒漠绿洲边缘优势种群为唐古特白刺又进了一步,是由于在降水量基本保持不变的情况下,迅速变化的环境(地下水位下降)使植物的适应性加快。

(3) 过渡带植物群落多样性从绿洲到荒漠逐渐降低。对物种丰富度、多样性、均匀度指数计算分析,从 A_1 — A_7 群落,各指数变化明显,都呈减小趋势,这主要与绿洲—荒漠区植被生境有密切关系,从绿洲—荒漠逐渐有固定沙丘—半固定沙丘—流动沙丘过渡。 A_1 、 A_2 群落地处绿洲边缘,丰富度、多样性指数较高, A_3 、 A_4 群落地处绿洲防风固沙带,丰富度、多样性中等,而 A_5 、 A_6 、 A_7 群落地处沙漠边缘,丰富度、多样性较低。

(4) 绿洲—荒漠过渡带主要优势种群均呈聚集分布格局。研究区地貌条件变化明显,从绿洲—荒漠绿洲过渡带—荒漠区,从固定沙丘逐渐向流动沙丘过渡,从而使植被盖度逐渐减小,植物多样性减小,植物更新大多都通过根萌,如唐古特白刺、沙拐枣,因此聚集度较大。

参考文献:

- [1] 张玲,袁晓颖,张东来.大、小兴安岭植物区及交错带物种多样性比较研究[J].植物研究,2007,27(3):356-360.
- [2] 郑元润.不同方法在沙地云杉种群分布格局分析中的适

用性研究[J].植物生态学报,1979,12(5):480-484.

- [3] 徐文锋,郑元润.沙地云杉种群结构与动态的研究[J].应用生态学报,1993,4(2):126-130.
- [4] 彭少麟.鼎湖山植被演替过程中椎栗和荷木种群的动态[J].植物生态学报,1995,19(4):311-318.
- [5] Borchsenius F, Nielsen P K, Lawesson E. Vegetation structure and diversity of all ancient temperate deciduous forest in SW Denmark[J]. Plant Ecology, 2004, 175: 121-135.
- [6] 陈鹏,初雨,顾峰雪,等.绿洲—荒漠过渡带景观的植被与土壤特征要素的空间异质性分析[J].应用生态学报,2003,14(6):904-908.
- [7] 董建文,范小明,吴东来,等.福建长汀石峰寨景区桂花次生林群落物种数量特征[J].植物资源与环境学报,2002,11(4):40-44.
- [8] 刘俊霞.花棒群落物种多样性及其种群空间分布格局的研究[J].西北林学院学报,2008,23(5):55-59.
- [9] 高浦新.10种荒漠植物叶片超氧化物歧化酶活性与植物抗旱性关系的研究[J].江西农业大学学报:自然科学版,2002,24(4):537-540.
- [10] 贾宝全,慈龙骏,蔡体久,等.绿洲—荒漠交错带土壤水分变化特征初步研究[J].植物生态学报,2002,26(2):203-208.
- [11] 杨自辉,高志海.荒漠绿洲边缘降水和地下水对白刺群落消长的影响[J].应用生态学报,2000,11(6):923-926.
- [14] 张勇,刘时银,王建,等.新疆阿克苏地区耕地变化分析及驱动因子研究[J].干旱区地理,2004,27(2):228-233.
- [15] 吴群,郭贵成,万丽平.经济增长与耕地资源数量变化:国际比较及其启示[J].资源科学,2006,24(4):45-51.
- [16] 曲福田,陈江龙,陈雯.农地非农化经济驱动机制的理论分析与实证研究[J].自然资源学报,2005,20(2):231-241.
- [17] 徐建华.现代地理学中的数学方法[M].北京:高等教育出版社,2002:338-359.
- [18] 薛薇.基于SPSS的数据分析[M].北京:中国人民大学出版社,2006:261-320.
- [19] 涂倩倩,高淑彬.成都市耕地利用变化的人文驱动力分析[J].四川经济管理学院学报:社会科学,2010,21(1):20-23.
- [20] 蒋敏元,陈继红.城市化与城市的可持续发展[J].东北林业大学学报,2003,31(2):52-54.
- [21] 方创琳.河西走廊:绿洲支撑着城市化[J].中国沙漠,2003,23(3):334-336.
- [22] 方创琳,李铭.水资源约束下西北干旱区河西走廊城市化发展模式[J].地理研究,2004,23(6):825-831.
- [23] 陈海燕,彭补拙.耕地保护的一般原则与模式研究[J].南京大学学报:自然科学版,2001,37(3):304-308.

(上接第91页)

- [5] 蔡银莺,张安录.耕地资源流失与经济的关系分析[J].中国人口·资源与环境,2005,15(5):52-57.
- [6] 李景刚,何春阳,史培军,等.近20年中国北方13省的耕地变化与驱动力[J].地理学报,2004,59(2):274-282.
- [7] 何书金,李秀彬,朱会义,等.环渤海地区耕地变化及成因分析[J].自然资源学报,2002,179(3):345-352.
- [8] 郭敬生.我国农村“逆城市化”发展研究[J].农业现代化研究,2009,30(1):47-51.
- [9] 方创琳,孙心亮.河西走廊水资源变化与城市化过程的耦合效应分析[J].资源科学,2005,27(2):2-8.
- [10] 蒲瑞琛,钱耀军,周琳.信息化对河西走廊区域发展的影响[J].区域经济,2008,25(4):83-84.
- [11] Leonie S, Clive M, Rod F. Spatial and temporal analysis of vegetation change in agricultural landscapes: a case study of two brigalow (*Acacia harpophylla*) landscape in Queensland, Australia[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2007, 120(2):211-228.
- [12] 王玲.城市化与农地非农化关系研究[D].武汉:华中农业大学,2007.
- [13] 刘帧,李永红,李裕奇.成都城市化进程的趋势分析[J].云南民族大学学报:自然科学版,2005,14(3):231-234.