

四合木(*Tetraena mongolica*) 分布区 景观结构时空变化分析

张云飞¹ 杨 持² 陈家宽^{3*}

(1. 武汉大学生命科学学院, 武汉 430072; 2. 内蒙古大学生态与环境科学系, 呼和浩特 010021;
3. 复旦大学生命科学学院生物多样性科学研究所, 上海 200433)

摘 要: 利用 3S 技术、1972 年航空黑白像片、1988 年 TM CCT 磁带数据以及 1995 年 1:40 万 TM 影像等信息源, 以斑块为最小景观结构单元, 对西鄂尔多斯特有种四合木(*Tetraena mongolica*) 的分布及其分布区的景观结构进行了研究。结果表明: (1) 四合木的分布区面积约为 2 754 km²; (2) 分布区面积及斑块平均面积都在减少。1988 年实际占有 1 456 km², 1995 年为 1 268 km², 平均每年减少 27 km², 单个斑块平均面积 1988 年为 18.79 km², 1995 年为 15.38 km², 减少了 18.1%; (3) 四合木分布面积的减少在不同时空尺度上并不相同, 1988~1995 年间的年变化率比 1972~1988 年间的年变化率高 5 倍, 空间尺度上城市工业区的年变化率比放牧分布区高。

关键词: 四合木; 时空尺度; 景观结构; 分布区

中图分类号: Q16; X176 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-470X(2001)01-0025-06

Spatial-temporal Change of Landscape Structure in the Distribution Region of *Tetraena mongolica*

ZHANG Yun-Fei¹, YANG Chi², CHEN Jia-Kuan^{3*}

(1. College of Life Sciences, Wuhan University, Wuhan 430072, China;
2. Department of Ecology and Environment Science, Inner Mongolia University, Huhhot 010021, China;
3. Institute of Biodiversity Science, College of Life Sciences, Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract: The distribution and the change of *Tetraena mongolica*, endemic to the western Ordos, are studied in the form of patch units based on the aerial image (1972), CCT of TM (1988) and the image of TM (1995) (Scale: 1:100 000). The results are as follows: (1) the distribution of *Tetraena mongolica* is determined and distribution area is 2 754 km²; (2) the distribution area and the average patch area of *Tetraena mongolica* are decreasing, from

收稿日期: 2000-04-03, 修回日期: 2000-08-14。
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(39660017)。
作者简介: 张云飞(1969-), 男, 博士生, 主要从事植物生态学和保育生物学工作。
* 通讯作者。Author for correspondence.

1 456 km² to 1 268 km² in 1995. The average patch area of *Tetraena mongolica* is 18.79 km², and decreases to 15.38 km² in 1995, decreasing 18.1%; and (3) the decreasing of distribution area of *Tetraena mongolica* is varied in different spatial-temporal scale, the annual rate of decreasing is 5 times higher in periods of 1988~1995 than in periods of 1972~1988, and the decreasing rate in the urban and industry area is higher than that in the grazing area.

Key words: *Tetraena mongolica*; Spatial-temporal scale; Landscape structure; Distribution area

地球表面上大部分生态系统受到人类的影响,引起的土地利用方式等变化改变了生境的形状和质量,导致了种群的重新划分并且产生了复合种群的结构,影响了种群的稳定性和持久力^[1-3]。生境的丧失、退化和片断化对物种分布和种群存活的影响是当前保育生物学的热点^[4]。但是,不同时空尺度下物种分布区内景观结构变化及其影响因子关系的研究还不多见^[5,6]。

四合木(*Tetraena mongolica*)是蒺藜科(Zygophyllaceae)古老的子遗植物,是典型的西鄂尔多斯特有种^[7-9]。它的分布区是亚洲中部一批古老子遗植物的“避难所”,是中国生物多样性中心或热点之一^[10,11]。近年来,由于城市规模的扩张及工业的发展,四合木分布区遭受了不同形式的干扰影响。我们运用遥感(RS)、地理信息系统(GIS)和全球定位系统(GPS)技术,对四合木的分布、分布区内景观结构在时间和空间上的演变进行了研究,并分析了景观变化与影响因子的关系,以期深入了解四合木分布区的现状并预测发展趋势。

1 研究方法

1.1 四合木分布区概况

研究区位于鄂尔多斯高原西北部的桌子山山麓地带及贺兰山的山前丘陵,为一相对独立的地理单元^[9]。四合木主要分布在地形部位较高的砾质或沙砾质高平原上,地表多砾石有时也见有薄层覆沙,个别群落可上升至石质低山残丘,一部分群落进入山间盆地的壤质土壤上,对碱性土壤有一定程度的适应。四合木分布区——西鄂尔多斯地区属于草原化荒漠区^[9,12],年降水量低于200 mm,年平均气温7.1~9.2℃,湿润系数小于0.13。草原化荒漠属超旱生植被类型,种类贫乏,以超旱生灌木、半灌木占绝对优势。

1.2 信息源

采用1972年6月的1:5万黑白航空像片、1988年7月的TM CCT磁带、由中国科学院遥感卫星地面接收站提供的1995年6月的1:10万TM影像[合成方案为4(R)3(G)2(B)假彩色合成],及其研究区1:10万地形图、1:20万乌海资源系列图、1:50万内蒙古地貌图等相关基础图件。

1.3 图像的预处理

1988年的TM影像与1995年TM影像采用同样的4(R)3(G)2(B)假彩色合成,同时利用1988年TM CCT磁带多通道的特点,采用不同通道的数据合成影像,增强类型判别的准确性。同时将拼接好的1972年1:5万航空黑白像片,以1988年的影像为基准,通过对应控制点的方法,转换成与TM影像具有一致的投影和分辨率的形式。

1.4 图像的解译与分析

以遥感影像和地形图为基础, 对分布区内不同类型区域进行考察, 考察路线分南北和东西两个方向, 对特殊地貌类型重点抽查(例如低山和丘陵), 整个分布区共考察了 38 个点, 每个点用 GPS 定位, 确定经度、纬度和高度, 记录群落类型和土地利用现状, 对不同生境类型的典型地段采用 50 m 样线法, 调查四合木高度和丛幅等指标。在此基础上采用目视解译的方法, 辨别地物类型, 确定解译标志。Coreldraw 8.0 屏幕数字化后, 在地理信息系统软件 ARC/INFO 支持下, 以 1:10 万地形图为标准, 精纠正, 使三个不同时期的四合木分布图具有统一的大地坐标, 草图完成后, 到野外验证修改, 完成四合木分布区的时间系列图(包括 1972、1988 和 1995 年三个时间)。在此基础上, 在景观水平对四合木的分布及种群的面积变化和破碎化程度进行了分析。

2 结果与分析

2.1 四合木分布区及分布区内生境类型

2.1.1 四合木的分布区 四合木局限分布于西鄂尔多斯地区^[8,9], 应用 1988 年和 1995 年 TM 影像, 结合地形图和地面综合考察, 确定了四合木的分布范围, 分布区范围与朱宗元等人^[8]的结论基本相似, 只是贺兰山前低山丘陵到乌达低山残丘间零星分布的四合木种群朱宗元等人没有将其包括在内。分布区的面积为 2 754 km²。分布区的北端与库布其沙漠相接, 东端与桌子山相邻, 西端与乌兰布和沙漠接壤, 南端止于岗德尔山前的丘陵区, 由于地理阻隔, 四合木分布区的外围变化不大。

2.1.2 四合木分布区内的生境类型多样性 四合木分布区内, 地表状况差异明显, 从石质、砾质到沙质均有分布^[8]。依据该地区遥感影像、地形图、地貌类型图及土地利用图^[13], 以地貌类型区内

主要斑块类型为
基础, 划分了7个
生境类型(表1)。
从表1可以看出,
在 1995 年, 低山
放牧区内, 四合
木斑块所占面积
比例最大, 为
91.2%; 倾斜平
原城市工业区,
四合木斑块所占
面积比例最小,
为 31.5%。放牧

表 1 四合木分布区内生境类型			
Table 1 The habitat types in the distribution region of <i>Tetraena mongolica</i>			
生境类型 Habitat types	占分布区比例(%) Proportion in distribution region	四合木斑块所占比例(%) Proportion of patches of <i>Tetraena mongolica</i>	
倾斜平原放牧区 Grazing area of slant plain	14.1	77.9	
倾斜平原城市工业区 Urban and industry area of slant plain	26.6	31.5	
丘陵放牧区 Grazing area of down	12.1	73.9	
丘陵城市工业区 Urban and industry area of down	6.5	62.2	
低山放牧区 Grazing area of upland	7.3	91.2	
低山城市工业区 Urban and industry area of upland	5.4	71.7	
台地 Mesa	7.3	68.8	

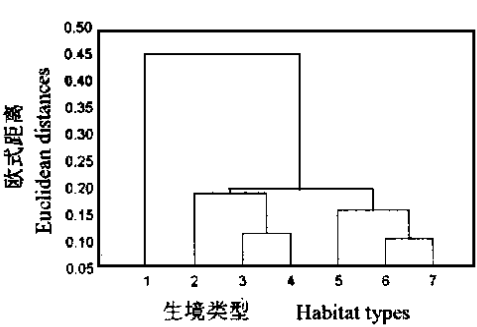
干扰区内, 放牧是主要的干扰方式, 四合木分布面积的减少主要由于冲沟面积的变化; 城市工业区内, 城市的扩张和工矿的发展是四合木面积减少的原因; 四合木分布区处于草原化荒漠地带, 生态系统非常脆弱, 倾斜平原和丘陵等砾质或壤质土壤上不合理的土地利用

方式会引起土壤的沙化;而土壤覆沙过厚,四合木将被白刺和油蒿取代;除去石质低山,整个分布区内土壤的沙化是四合木面积减少的另一重要原因。对分布区内的7个生境类型,以斑块面积和斑块的种类为标准,可以分为3类,如图1所示:台地、丘陵工业区及低山工业区为第1类;低山放牧区、丘陵放牧区及倾斜平原放牧区为第2类;倾斜平原工业区为第3类。

2.2 四合木斑块在不同生境类型区的变化

2.2.1 四合木斑块总面积在不同生境类型区的变化 1988年四合木斑块总面积为1456 km²,1995年面积变为1268 km²,减少了188 km²,平均每年减少26.83 km²(见表2)。其中在倾斜平原城市工业区,每年减少

11.58 km²,第1类生境类型区减少了11.14 km²,第2类生境类型区减少了4.05 km²,四合木分布面积年减少率,第1类生境类型与第2类差异极显著($P < 0.012$)。不同时间四合木斑块总面积的变化速率也不相同。在四合木斑块面积变化较快的第1类生境类型区,



1. 倾斜平原城市工业区; 2. 台地; 3. 丘陵城市工业区; 4. 低山城市工业区; 5. 低山放牧区; 6. 丘陵放牧区; 7. 倾斜平原放牧区
1. Urban and industry area of slant plain; 2. Mesa; 3. Urban and industry area of down; 4. Urban and industry area of upland; 5. Grazing area of upland; 6. Grazing area of down; 7. Grazing area of slant plain

图1 生境类型聚类图

Fig. 1 Pedrogram of habitat types of *T. mongolica*

表2 四合木斑块变化

Table 2 Change of patches of *T. mongolica*

生境类型 Habitat types	时间(年) Year	四合木 斑块数 Number of patches	四合木斑块 总面积(km ²) Total area of patches	四合木斑块 平均面积(km ²) Average area of patches
倾斜平原城市工业区 Urban and industry area of slant plain	1972	11	394.95	35.90
	1988	28	272.72	9.74
	1995	30	191.66	6.39
丘陵城市工业区 Urban and industry area of down	1972	2	169.45	84.73
	1988	4	145.55	36.39
	1995	5	111.37	22.27
低山城市工业区 Urban and industry area of upland	1972	2	143.62	71.81
	1988	3	119.20	39.73
	1995	3	104.48	34.82
台地 Mesa	1972	2	173.32	86.66
	1988	2	166.31	83.16
	1995	4	137.24	34.31
倾斜平原放牧区 Grazing area of slant plain	1972	-	-	-
	1988	34	312.69	9.20
	1995	36	292.94	8.14
丘陵放牧区 Grazing area of down	1972	-	-	-
	1988	8	256.35	32.04
	1995	10	246.10	24.61
低山放牧区 Grazing area of upland	1972	-	-	-
	1988	13	184.06	14.16
	1995	13	182.81	14.06

注:“-”表示数据缺失。
Note:“-”represents missing data.

1972~1988年的16年间,平均每年减少3.45 km²,减少速率最快的倾斜平原城市工业区,在1972~1988年间也只减少了7.64 km²,分别比1988~1995的7年间的减少速率11.14和11.58 km²少许多,1972~1988年间与1988~1995年间的年变化率差异极显著($P < 0.008$),说明后7年比前16年的破坏速度大得多。如以目前的速度发展下去,倾斜平原城市工业区内的四合木将在16.6年后消失。

2.2.2 四合木斑块数在不同生境类型区的变化 四合木在分布区内连续分

布, 四合木斑块的破碎化属于侵入型破碎化^[6, 8, 9], 即在斑块内部改变生境, 一般经历 3 个过程, 最初干扰斑块只在四合木斑块内部发展, 四合木保持一个完整的斑块; 当干扰斑块发展到一定程度连接在一起时, 四合木的斑块分割, 四合木斑块数量增加; 当干扰进一步发展, 干扰斑块发生融合时, 干扰斑块间的四合木斑块消失, 四合木的斑块数量又在减少, 在这个过程中, 四合木的分布区逐渐破碎化。四合木斑块的数量 1972 ~ 1995 年间增加很少, 但四合木斑块的总面积减少很多(见表 2)。

2.2.3 四合木斑块平均面积在不同生境类型区的变化 从表 2 可看出, 倾斜平原工业区四合木斑块平均面积最小, 1995 年为 6.39 km^2 , 破碎化程度最高, 台地四合木斑块平均面积最大。由于四合木总面积的减少和斑块数量增加, 四合木平均斑块面积在缩小。平均斑块面积减少最快的为台地, 1995 比 1988 年减少了 58.7%。与总面积变化相一致, 第 1 类生境类型区四合木平均斑块面积的年递减(3.23 km^2) 大于第 2 类生境类型区的递减(0.41 km^2)。四合木在不同生境类型区的破碎化程度不同, 且破碎化的速度也不一样。

3 讨论

四合木局限分布于西鄂尔多斯地区^[8, 9], 该地属于草原化荒漠气候, 由于上新世以来, 程度不同的荒漠条件一直延续至今, 因而第三纪子遗植物四合木等能够保存下来^[13]。现代四合木分布区由于周围沙漠等地理阻隔, 分布区的外围扩张可能性极小。四合木分布区内部由于城市化和工业的发展, 以及不合理的土地利用方式, 四合木实际占有面积在缩小。

四合木分布区的破碎化过程属于侵入型破碎化^[6], 城市和工矿在四合木斑块内部发展, 四合木的斑块面积减少。当干扰斑块面积小于四合木斑块时, 四合木斑块数量的变化滞后于干扰斑块数量的变化, 斑块数量反映不出四合木破碎化的程度, 四合木斑块的平均面积可以粗略地反映出四合木每个斑块的变化。由于第 2 类型区只有当放牧干扰引起沙化时, 生境的变化才导致四合木消失, 因而第 1 类型区四合木面积的减少和四合木斑块平均面积的变化大于第 2 类型区。台地的四合木斑块平均面积最高, 但四合木斑块减少速率也很大, 1988 ~ 1995 年的斑块平均面积每年减少 6.98 km^2 , 如不逆转当前的发展趋势, 与四合木破碎化最严重的倾斜平原城市工业区一样, 也会破碎成面积很小的四合木斑块。

由于四合木的分布区面积很小, 人为干扰造成分布区面积很快减少, 在草原化荒漠区四合木的更新很困难, 照目前的状态发展, 四合木将面临着生存的危险。

参考文献:

- [1] Vitousek P M, Mooney H A, Lubchenco J, *et al.* Human domination of earth's ecosystems. *Science*, 1997, **277**: 494 - 499.
- [2] Ehrlich P R. The loss of diversity: causes and consequences. In: Wilson E O, Peter F M eds. *Biodiversity*. Washington D C: National Academic Press, 1988. 21 - 27.
- [3] Menges E S. Population viability analysis for an endangered plant. *Conserv Biol*, 1990, **4**: 54 - 62.
- [4] Pickett S T A, White P S. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. San Diego: Academic Press, 1985.
- [5] Kareiva P, Wennergren U. Connecting landscape patterns to ecosystem and population processes. *Nature*, 1995, **373**: 299 - 302.

- [6] Harris L D, Silva-Lopez G. Forest fragmentation and the conservation of biological diversity. In: Fiedler P L, Jain S K eds. *Conservation Biology — the Theory and Practice of Nature: Conservation Preservation and Management*. New York and London: Chapman and Hall, 1992.
- [7] 刘书润. 鄂尔多斯高原植物区系与植物资源. 见: 李博主编. 内蒙古鄂尔多斯高原自然资源与环境研究. 北京: 科学出版社, 1990. 72 — 78.
- [8] 朱宗元, 雍世鹏, 刘钟龄. 荒漠植被. 见: 中国科学院内蒙古宁夏综合考察队主编. 内蒙古植被. 北京: 科学出版社, 1985. 645 — 722.
- [9] 李博, 牛建明. 鄂尔多斯植被. 见: 李博主编. 内蒙古鄂尔多斯高原自然资源与环境研究. 北京: 科学出版社, 1990. 78 — 125.
- [10] 王荷生. 植物区系地理. 北京: 科学出版社, 1992.
- [11] 倪健, 陈仲新, 董鸣, 等. 中国生物多样性的生态地理区划. 植物学报, 1998, **40**(4): 370 — 382.
- [12] 内蒙古草场资源应用考察队. 内蒙古自治区乌海市自然环境与土地资源地图. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社, 1988.
- [13] 史培军. 内蒙古鄂尔多斯高原新生代古地理环境. 见: 李博主编. 内蒙古鄂尔多斯高原自然资源与环境研究. 北京: 科学出版社, 1990. 176 — 190.