

# 农用地时空变化对大熊猫生境的影响： 以岷山中部地区的白草河流域为例

王学志 徐卫华 欧阳志云\*

(中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085)

**摘要:** 岷山中部地区是我国野生大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)种群分布密度较高的地区之一, 但近年来砍伐森林、种植药材等农业活动较为突出, 可能对大熊猫及其生境利用造成不利影响。为了明确该地区农用地的时空变化特征, 及其对保护区内外大熊猫生境的影响, 我们采用遥感影像解析、GIS空间分析和野外调查相结合的方法在白草河流域进行了本研究。结果表明, 该流域的农用地主要分布在海拔1,700 m以下的地区。从1994–2008年, 农用地面积呈现先减少后增加的趋势: 1994–2001年间, 农用地面积减少, 减少区域主要在海拔1,700 m以下的地区; 2001–2008年间, 农用地面积增加明显, 增加区域主要在海拔1,700 m以上的高海拔地区和自然保护区周边。农用地扩张直接导致1994–2008年间该地区5,281 hm<sup>2</sup> (6.46%) 的大熊猫生境丧失。就保护区内外而言, 保护区外部大熊猫生境的丧失比例达21.53%, 而保护区内部的生境变化不大。为了有效保护该地区的大熊猫生境, 除了禁止在自然保护区内部进行开发外, 建议对保护区外部的大熊猫生境进行保护, 禁止在海拔1,700 m以上的高海拔地区进行土地开发。

**关键词:** 岷山, *Ailuropoda melanoleuca*, 农用地, 生境, 自然保护区

## Impacts of spatio-temporal changes in agricultural land on giant panda habitat: A case study in the Baicaohe watershed of the mid-Minshan Mountains

Xuezhi Wang, Weihua Xu, Zhiyun Ouyang\*

State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085

**Abstract:** The mid-Minshan Mountains is one of the regions encompassing the most densely populations of giant pandas in China. Increasing agricultural activities in the area, involving deforestation and herbal medicine cultivation may negatively influence the giant panda and its habitat. To understand spatio-temporal changes in agricultural land and its impact on giant panda habitat, we conducted this study, using a combination of remote sensing, GIS spatial analysis and field surveys, in the Baicaohe watershed of the mid-Minshan Mountains, Sichuan. Agricultural land was mainly distributed below 1,700 m elevation, and its total area first decreased and then increased between 1994 and 2008. Area of agricultural land decreased below 1,700 m between 1994 and 2001, but it increased in higher-elevation areas surrounding the nature reserves between 2001 and 2008. Expansion of agricultural land directly caused a loss of 5,281 hm<sup>2</sup> (6.46%) of giant panda habitat between 1994 and 2008. As negligible amounts of habitat affected inside the reserves, 21.53% of habitat outside the nature reserves were destroyed. To protect giant panda habitat in this region, not only agricultural cultivation should be prohibited in high-elevation zones adjacent to the nature reserves, but also, habitat outside the nature reserves should be protected as well as inside.

**Key words:** the Minshan Mountains, giant panda, agricultural land, habitat, nature reserves

建立自然保护区是保护珍稀濒危动植物的一条重要途径。自然保护区及其周围的森林不仅是野生动物的重要栖息地,也是野生动物迁徙的重要通道,对减轻种群隔离,防止近亲繁殖具有重要意义(Serneels & Lambin, 2001; Viña *et al.*, 2007)。但近年来,由于经济快速发展,土地利用不断扩张,在很大程度上改变了自然保护区外围的生境分布。卧龙自然保护区内外就经历了大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)生境退化的过程(Liu *et al.*, 2001; Viña *et al.*, 2007)。土地利用扩张是自然保护区维持生物多样性保护功能的一个重要挑战(Hansen *et al.*, 2002; DeFries *et al.*, 2005, 2007; Hansen & DeFries, 2007)。因此,评价自然保护区周边土地利用的变化特征及其对珍稀物种生境和生物多样性保护的影响将是今后生物多样性保护领域的一个研究方向。

岷山山系是我国野生大熊猫种群分布数量最多的山系,到2005年底,该山系已经建立了19个省级和国家级大熊猫自然保护区(国家林业局, 2006),但由于道路交通、农用地耕作和居民区活动等影响,各自然保护区之间的连接性差,生境破碎化程度较高,存在一些生境保护空白区域(Xu *et al.*, 2006; 王学志等, 2008)。农用地耕作是该地区一种主要的人为干扰源,它直接导致大熊猫生境的丧失和破碎化。特别是近年来,在保护区外部砍伐森林、种植药材等农业活动日渐频繁,可能对大熊猫生境造成不利影响。为了明确该地区农用地的时空变化特征,及其对保护区内外大熊猫生境的影响,我们选择在岷山中部地区的白草河流域开展本项研究,以期为该地区的大熊猫生境保护管理和政策制定提供科学依据。

## 1 研究地区与方法

### 1.1 研究地区

白草河流域位于四川省西北部,岷山主峰的东坡,地处平武县、松潘县和北川县交界处(图1),地理位置为 $103^{\circ}48'04''-104^{\circ}19'22''$  E;  $32^{\circ}00'15''-32^{\circ}26'09''$  N,总面积为 $130,850\text{ hm}^2$ 。地势为西北高,东南低,地势陡峭,西北部最高处海拔为 $4,819\text{ m}$ ,东南河谷最低处海拔为 $874\text{ m}$ 。为亚热带山地季风性气候。植被具有明显的垂直分布特征,从低往高分布有灌丛、常绿阔叶林、落叶阔叶林、针阔混交

林、针叶林、高山灌丛、高山草甸、高山流石滩植被等。

1993年该地区建立了3个大熊猫自然保护区,其中雪宝顶为国家级自然保护区,白羊和片口为省级自然保护区。它们与小寨子沟、宝鼎沟和小河沟等自然保护区构成岷山中部地区大熊猫保护区群。研究区是我国野生大熊猫分布密度较大的区域之一,其野生大熊猫种群数量为115只左右(国家林业局, 2006)。

### 1.2 研究方法

为了分析白草河流域农用地的时空变化特征及其对大熊猫生境的影响,我们采用1994、2001和2008年3个时期的Landsat TM遥感影像进行分类,得到各时期农用地的分布图,分析农用地在垂直和水平方向上的分布特征;然后采用概念模型(Liu *et al.*, 1999; 欧阳志云等, 2001)模拟各时期的大熊猫生境,分析大熊猫生境面积的年间变化,以及在保护区内外的分布变化;最后综合分析农用地变化对大熊猫潜在生境的影响。

#### 1.2.1 野外数据调查

大熊猫活动痕迹点数据来源于2006年5-7月和2007年5-7月的野外调查,以及2003-2006年的部分自然保护区监测数据。野外调查以低海拔的河流、公路和村庄为起始点,往高海拔地区设置样线,每前进 $200\text{ m}$ ,或发现大熊猫活动痕迹点,或发现人类活动干扰时设定 $10\text{ m}\times 10\text{ m}$ 样方,记录植被类型、海拔、经纬度、人类活动干扰等参数。野外共收集到487个大熊猫活动痕迹点,对大熊猫活动痕迹点进行分析,根据分析结果制定大熊猫生境评价标准。

白草河流域的竹类分布图以1999-2002年全国第三次大熊猫调查时竹类的分布数据为基础,配合野外调查和遥感影像进行修正。1994-2001年间,该地区的竹子没有发生较大变化,2003年开始,该地区竹子出现开花死亡现象,我们利用野外调查数据和自然保护区的监测资料,在2001年的竹类分布图基础上去除竹子死亡的区域,得到2008年的竹子分布图。将各时期的竹子分布图应用到大熊猫生境模拟模型中。

#### 1.2.2 遥感影像解析

植被类型和农用地分布图采用Landsat TM遥感

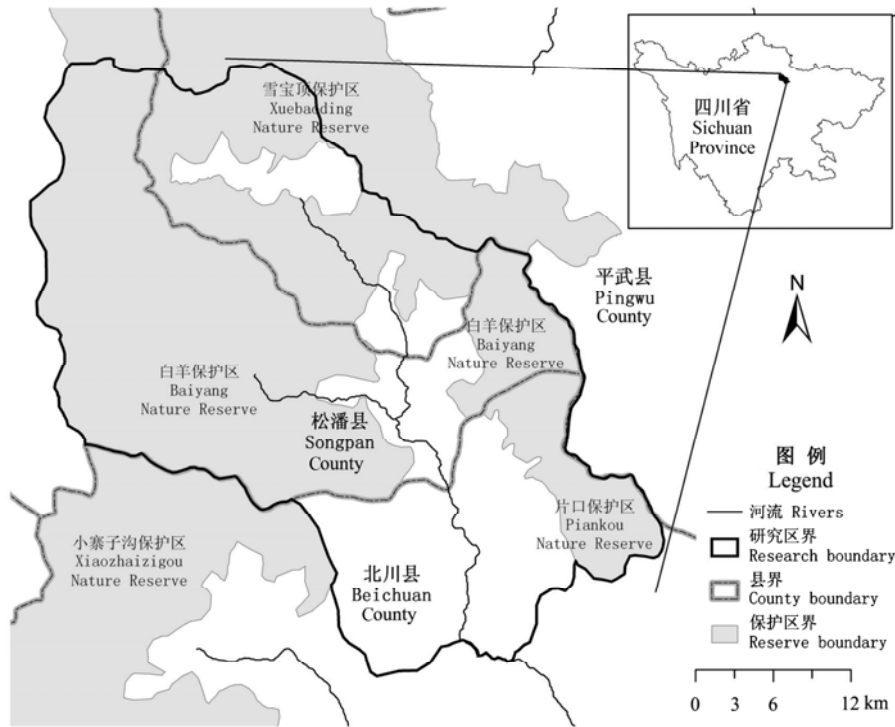


图1 白草河流域的位置图

Fig. 1 The location of the Baicaohe watershed

影像在ERDAS Imagine 9.1中解析得来。研究中使用的3个时期Landsat TM遥感影像获取时间分别为1994年6月、2001年6月和2008年7月。先将各时期的遥感影像进行投影并转换为UTM/WGS84坐标系，然后利用野外调查控制点和DEM对各时期的遥感影像进行精确地形校正，并将TM影像重采样到分辨率为30 m×30 m，最后采用非监督分类和目视解译相结合的方法将TM影像分为如下类型：森林(包括针叶林、针阔混交林、阔叶林)、灌丛、农用地(包括农田和药用地)和其他类型。采用高分辨率的SPOT影像(2.5 m×2.5 m，获取时间为2006年11月)用作分类参照和精度检验依据，1994年、2001年和2008年的TM影像分类精度分别为83.23%、88.97%和82.29%。

### 1.2.3 大熊猫生境模拟

采用概念模型(Liu *et al.*, 1999; 欧阳志云等, 2001)模拟各时期的大熊猫生境，通过分析大熊猫的生境需求和生境因子之间的关系来模拟其分布区的相对适宜性。前期的研究结果(Liu *et al.*, 1999; 欧阳志云等, 2001; 肖焱等, 2004; 徐卫华等, 2006)

和野外调查表明，大尺度上影响大熊猫生境质量的因素包括自然因子和人为干扰因子。

自然因子包括海拔、坡度、植被类型和竹类分布。对大熊猫活动痕迹点数据进行统计，根据痕迹点在自然因子中的分布特征建立自然因子的评价标准(Liu, 2001; 肖焱等, 2004)(表1)。

人类活动不仅直接导致大熊猫生境的丧失，而且在一定范围内影响大熊猫生境利用。在本研究中，由于森林植被遭到破坏而不适宜大熊猫生存的区域称为生境破坏区，而人类活动干扰影响大熊猫生境利用的区域称为生境影响区。通常，距离人类活动干扰源越近，其影响强度越大，大熊猫的活动痕迹点数量越少。根据到人类活动干扰源的距离，将农用地耕作、居民区和道路交通这3种主要的人为干扰因子的影响强度分为强、中等、弱和无4个等级(Liu *et al.*, 1999; 欧阳志云等, 2001; 肖焱等, 2004; 张文广等, 2007)(表2)。分级标准主要依据干扰源不同距离内大熊猫活动痕迹点的累积比例来划分：痕迹点累积比例<1%，干扰强度为强；痕迹点累积比例≥1%和<5%，干扰强度为中等；痕迹点

表1 自然因子对大熊猫生境影响的评价标准

Table 1 Assessment of natural factors used to determine habitat suitability for giant pandas

自然因子 Natural factors	适宜 Suitable		次适宜 Marginally suitable		不适宜 Unsuitable	
	标准 Criteria	痕迹点比例 Ratio to total fecal samples (%)	标准 Criteria	痕迹点比例 Ratio to total fecal samples (%)	标准 Criteria	痕迹点比例 Ratio to total fecal samples (%)
海拔 Elevation (m)	2,000–3,100	92.20	1,700–2,000; 3,100–3,500	7.80	<1,700; ≥3,500	0
坡度 Slope (°)	≤40	81.93	40–50	18.07	>50	0
植被类型 Vegetation	森林 Forest	97.54	灌丛 Shrubs	2.46	其他类型 Others	0
竹类 Bamboos	有 Presence	97.33			无 Absence	2.67

表2 人类活动干扰对大熊猫生境影响的评价标准

Table 2 Assessment of the effects of human factors on giant panda habitat

人为干扰因子 Human factors	强 Strong		中等 Moderate		弱 Weak		无 None	
	距离 Distance (m)	痕迹点比例 Ratio to total samples (%)	距离 Distance (m)	痕迹点比例 Ratio to total samples (%)	距离 Distance (m)	痕迹点比例 Ratio to total samples (%)	距离 Distance (m)	痕迹点比例 Ratio to total samples (%)
公路距离 Distance to roads	0–100	0.0	100–300	2.2	300–700	6.6	>700	91.2
居民点距离 Distance to human settlements	0–700	0.0	700–900	3.5	900–1,400	5.3	>1,400	91.2
农用地距离 Distance to agricultural land	0–100	0.8	100–400	3.8	400–700	6.0	>700	89.5

表3 人类活动影响等级与大熊猫潜在生境的组合矩阵

Table 3 Realized habitat resulting from a combination of potential habitat and human effects on habitat

实际生境质量 Quality of actual habitat	人为影响强度 Degree of human influences	强 Strong	中 Moderate	弱 Weak	无 None
		强 Strong	中 Moderate	弱 Weak	无 None
潜在生境 质量 Quality of potential habitat					
适宜 Suitable		不适宜 Unsuitable	次适宜 Marginally suitable	次适宜 Marginally suitable	适宜 Suitable
次适宜 Marginally suitable		不适宜 Unsuitable	不适宜 Unsuitable	次适宜 Marginally suitable	次适宜 Marginally suitable
不适宜 Unsuitable		不适宜 Unsuitable	不适宜 Unsuitable	不适宜 Unsuitable	不适宜 Unsuitable

累计比例≥5%和<10%，干扰强度为弱；痕迹点累计比例≥10%，干扰强度为无。

依据人类活动干扰对大熊猫潜在生境的影响评价标准(表3)来模拟大熊猫生境，其具体过程依据前人的计算方法 (Liu *et al.*, 1999; Xu *et al.*, 2006): 利用ArcGIS的空间分析功能将各自然因子图层按评价标准进行重分类，得到单因素评价图；将海拔和坡度的单因素评价图进行叠加重分类后(Viña *et al.*, 2007)得到大熊猫潜在生境分布图；将大熊猫潜在生境分布图分别与各时期的植被因子评价图、竹

类分布图以及人类活动影响评价图进行叠加重分类后得到大熊猫生境分布图。将大熊猫生境分为3个等级：不适宜生境、次适宜生境和适宜生境，其中次适宜生境和适宜生境统称为生境。

### 1.2.4 统计分析

采用等间距分段统计农用地在垂直和水平方向上的分布变化。垂直方向上，以100 m为间隔将海拔进行分段，统计各年份不同海拔段内农用地的面积；水平方向上，以自然保护区为中心，以200 m为间距生成缓冲区，统计各年份自然保护区外3,000

m范围内的农用地面积。采用Fragstats统计各年份的农用地面积、大熊猫的次适宜和适宜生境面积以及在自然保护区内外的分布状况。

为了阐明农用地变化对大熊猫生境的影响, 我们选择既是大熊猫潜在生境, 又有农用地分布的海拔段, 即1,700–2,500 m段分析各年份大熊猫潜在生境的减少面积以及农用地造成的生境破坏区和生境影响区的面积, 其中农用地的生境破坏区即农用地直接破坏的大熊猫潜在生境; 生境影响区是农用地周围400 m范围内(人类活动干扰强度为强和中等)丧失的大熊猫潜在生境。

## 2 结果

### 2.1 农用地分布的时空变化

从1994–2008年, 白草河流域的农用地面积整体上呈现先减少后增加的趋势(图2), 1994年、2001

年和2008年的农用地总面积分别为6,260  $\text{hm}^2$ 、5,533  $\text{hm}^2$ 和7,711  $\text{hm}^2$ , 分别占该流域总面积的4.78%、4.23%和5.89%。

从不同海拔上农用地分布来看(图3), 这三个时期的农用地主要分布在1,700 m以下的低海拔地区, 但海拔1,700 m以上有大熊猫分布的区域, 农用地面积却一直呈增长趋势, 从1994年的265  $\text{hm}^2$ 增加到2001年的410  $\text{hm}^2$ , 直至2008年的1,820  $\text{hm}^2$ , 分别占各年农用地总面积的4.24%、7.40%和23.61%。

从水平方向上来看(图4), 农用地主要分布在保护区周围3,000 m以外的区域, 但3,000 m范围内农用地呈现明显增长的趋势, 这三个时期的农用地面积分别为1,422  $\text{hm}^2$ 、1,507  $\text{hm}^2$ 和2,429  $\text{hm}^2$ , 占农用地总面积的22.72%、27.24%和31.49%。特别是保护区外1,000 m范围内的增加趋势更明显, 农用地面积分别为286  $\text{hm}^2$ 、310  $\text{hm}^2$ 和727  $\text{hm}^2$ , 占农用地

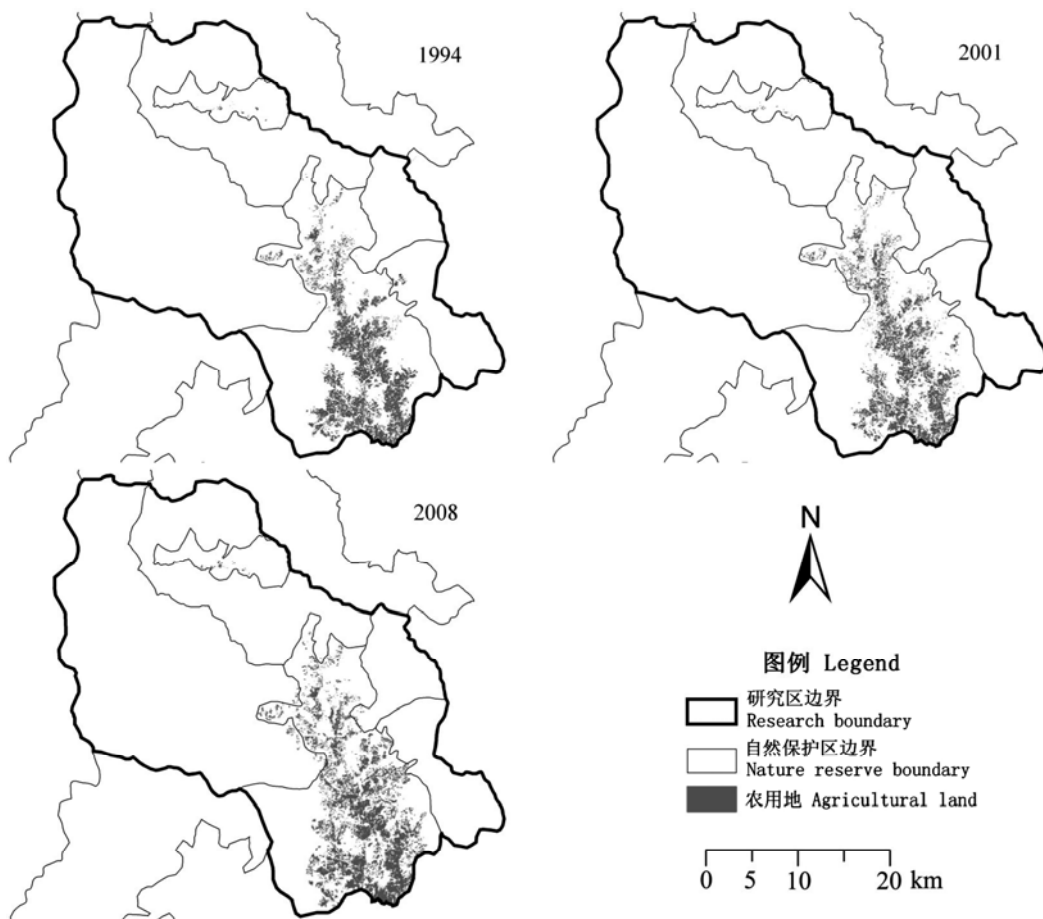


图2 白草河流域各年的农用地空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of agricultural land in Baicaohe watershed in 1994, 2001 and 2008

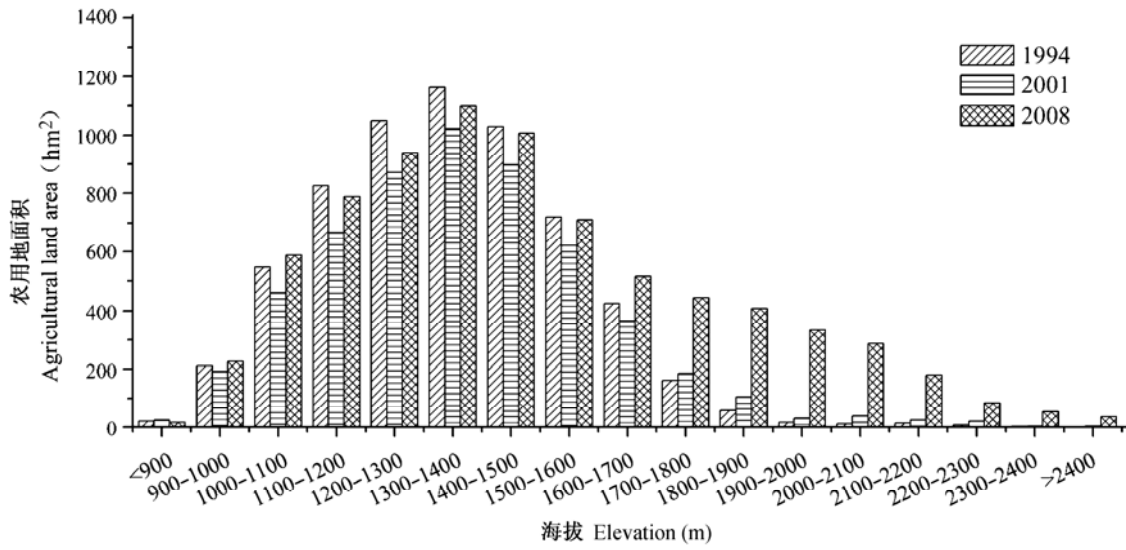


图3 白草河流域不同海拔上的农用地面积  
Fig. 3 Agricultural land area in different elevation in Baicaohe watershed

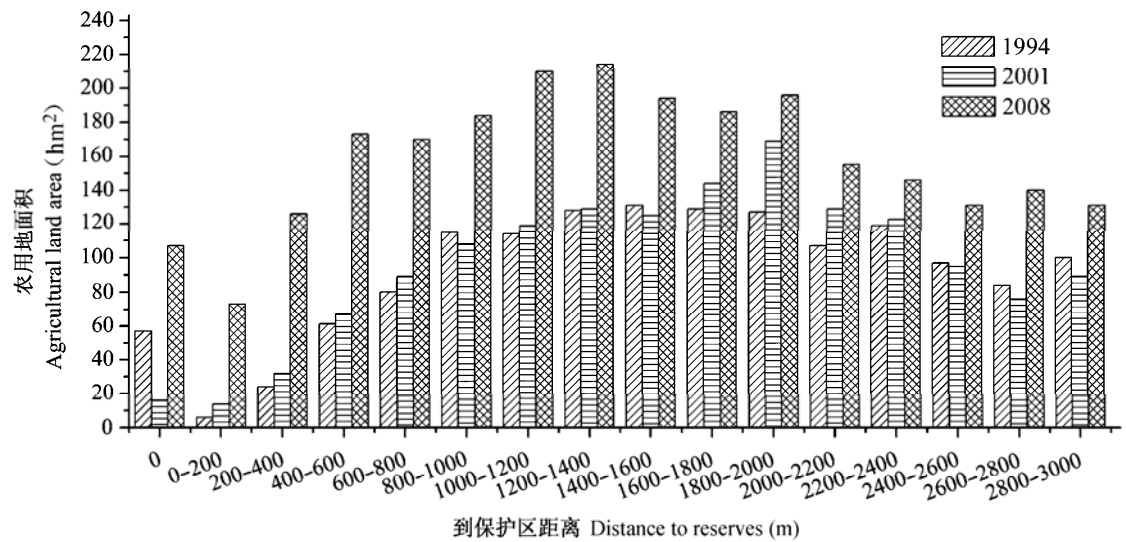


图4 白草河流域距自然保护区不同距离内的农用地面积(到保护区距离为0表示位于自然保护区内)  
Fig. 4 Agricultural land areas around the reserves in Baicaohe watershed. Distance "0" indicates the regions inside the reserves.

总面积的4.58%、5.60%和9.42%。

### 2.2 大熊猫生境的时空变化

1994–2008年, 白草河流域的大熊猫生境面积整体上呈现减少趋势(表4; 图5), 1994年、2001年和2008年的大熊猫生境总面积分别为81,714 hm<sup>2</sup>、79,852 hm<sup>2</sup>和76,433 hm<sup>2</sup>, 占整个研究区域面积的比例分别为62.45%、61.03%和58.41%, 其中适宜生

境的面积分别为38,814 hm<sup>2</sup>、38,269 hm<sup>2</sup>和34,664 hm<sup>2</sup>。1994–2008年间, 大熊猫总生境减少5,281 hm<sup>2</sup>, 其中适宜生境减少4,150 hm<sup>2</sup>, 减少比例分别为6.46%和10.69%。从保护区内外来看, 保护区内大熊猫生境总面积减少1,328 hm<sup>2</sup>, 丧失比例为2.10%, 而保护区外减少趋势更加明显, 生境丧失总面积为3,954 hm<sup>2</sup>, 丧失比例高达21.53%, 占整个研究区大

表4 白草河流域各年大熊猫生境面积(hm<sup>2</sup>)Table 4 The habitat area (hm<sup>2</sup>) of giant panda in Baicaohe watershed in 1994, 2001 and 2008

	1994			2001			2008		
	次适宜 Marginally suitable	适宜 Suitable	总计 Total	次适宜 Marginally suitable	适宜 Suitable	总计 Total	次适宜 Marginally suitable	适宜 Suitable	总计 Total
自然保护区外 Outside reserves	10,160	8,200	18,360	9,157	7,821	16,978	8,527	5,880	14,407
自然保护区内 Inside reserves	32,740	30,614	63,354	32,426	30,448	62,874	33,242	28,785	62,026
总计 Total	42,900	38,814	81,714	41,584	38,269	79,852	41,769	34,664	76,433

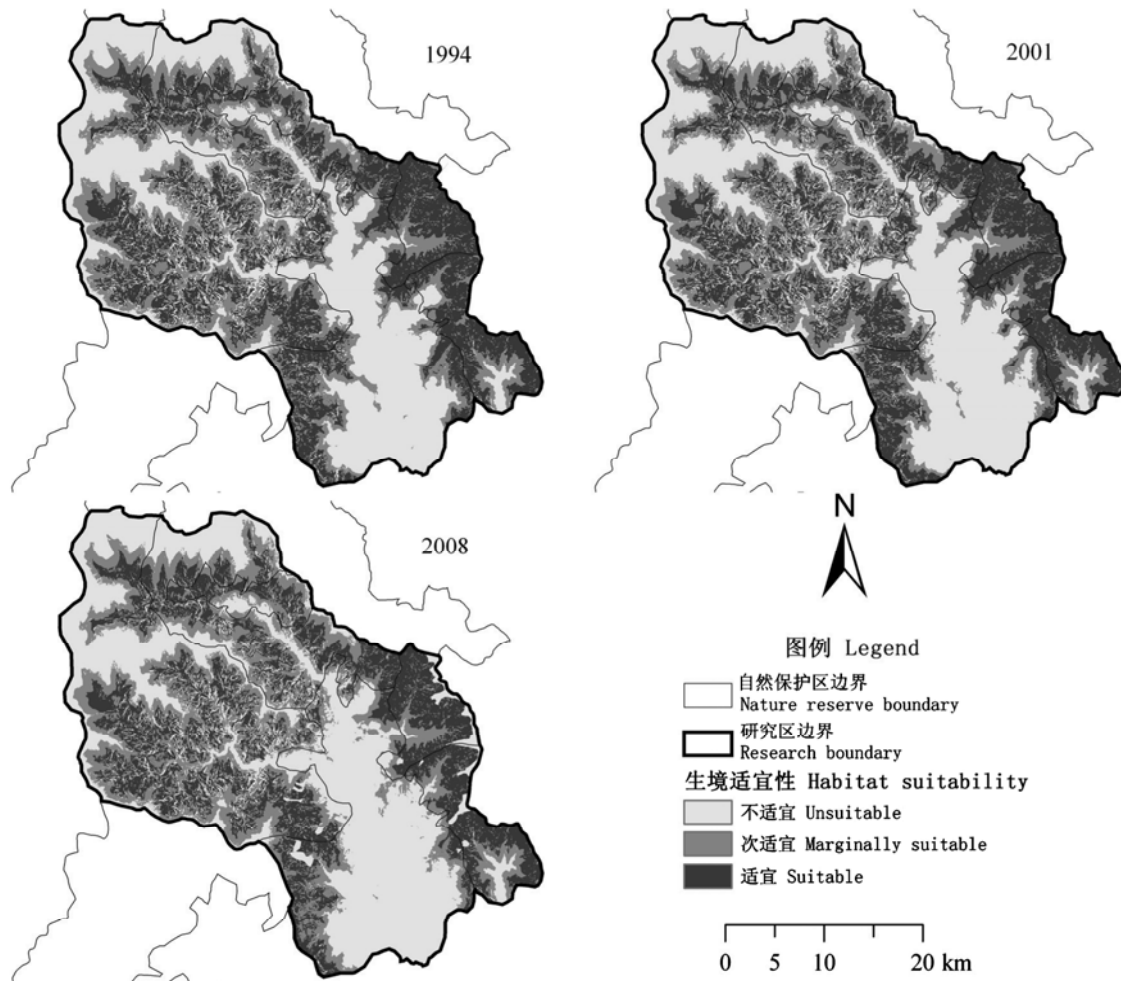


图5 白草河流域各年的大熊猫生境分布图

Fig. 5 The habitat suitability map of giant panda in Baicaohe watershed in 1994, 2001 and 2008

熊猫生境丧失总面积的74.86%。

### 2.3 农用地变化对生境的影响

从1994–2008年, 海拔1,700–2,500 m之间的大熊猫潜在生境丧失面积逐步增加, 1994年、2001年和2008年分别为6,004 hm<sup>2</sup>、7,308 hm<sup>2</sup>和10,591 hm<sup>2</sup>,

分别占该地区大熊猫潜在生境面积的6.69%、8.14%和11.79%。其中农用地造成的生境破坏区面积分别为265 hm<sup>2</sup>、408 hm<sup>2</sup>和1,795 hm<sup>2</sup>, 分别占潜在生境丧失面积的4.41%、5.58%和16.95%; 而农用地造成的生境影响区面积分别为4,884 hm<sup>2</sup>、6,161 hm<sup>2</sup>和

表5 农用地变化对大熊猫生境的影响

Table 5 The influence area of agricultural land on giant panda habitat in 1994, 2001 and 2008

海拔 Elevation	潜在生境丧失面积 Potential habitat decreased (hm <sup>2</sup> )			生境破坏面积 Damaged habitat by agricultural land (hm <sup>2</sup> )			生境影响面积 Influenced habitat by agricultural land (hm <sup>2</sup> )		
	1994	2001	2008	1994	2001	2008	1994	2001	2008
1,700–1,800	2,332	2,452	2,729	162	185	437	2,009	2,101	2,156
1,800–1,900	1,636	1,917	2,376	57	105	405	1,450	1,677	1,857
1,900–2,000	872	1,279	1,885	15	30	330	756	1,158	1,459
2,000–2,100	450	611	1,258	11	37	281	317	464	849
2,100–2,200	305	433	920	12	24	176	161	290	590
2,200–2,300	212	317	647	7	20	84	107	233	441
2,300–2,400	121	200	441	1	3	52	61	158	278
2,400–2,500	77	99	336	0	3	30	25	79	171
合计 Total	6,005	7,308	10,592	265	407	1,795	4,886	6,160	7,801

7,802 hm<sup>2</sup>, 分别占潜在生境丧失面积的81.35%、84.31%和73.66%。农用地耕作是该海拔段大熊猫潜在生境丧失的主要原因(表5)。

### 3 讨论

农业经济政策在很大程度上影响了土地利用的变化。1998年后,我国实施天然林保护工程和退耕还林工程,要求坡度>25°的农用地实施退耕还林,这一政策实施使得1994–2001年间白草河流域的农用地面积减少,农用地减少区域集中分布在海拔1,700 m以下的地区。2001年以后,为了发展经济,农户在集体林中大力发展中药材种植—川木香(*Dolomiaea souliei*)和川厚朴(*Magnolia officinalis*),由于保护区外部缺少有效管理,烧山毁林现象严重,高海拔地区的许多地势较为平坦的森林被毁,使2001–2008年间自然保护区周围高海拔地区的农用地种植面积不断增大,这也直接导致了该地区大熊猫生境丧失。

竹类分布在很大程度上影响大熊猫的生境分布(Linderman *et al.*, 2005)。从2003年开始,该地区的片口和白羊自然保护区的2,700 m以上高海拔地区,部分团竹(*Fargesia oblique*)和缺苞箭竹(*F. denudata*)发生大面积开花死亡现象。竹子在开花死亡后需要较长时间才能恢复并被大熊猫利用(Taylor & Qin, 1993),这会进一步导致该地区大熊猫生境面积的减少。海拔1,700–3,500 m的区域是该地区大熊猫的分布海拔,高海拔地区的竹子死亡会驱使大熊猫利用较低海拔的生境,然而该区域内的农用地

不断往高海拔地区的扩张,会对大熊猫生存造成严重影响。

农用地扩张不仅直接造成森林破坏、大熊猫生境的丧失,而且影响大熊猫对农用地周边生境的利用,尽管农用地在森林中的分布比例不大,但它增加森林生境斑块的破碎化程度。自然保护区外部生境是物种在保护区之间迁徙的重要通道,农用地往高海拔地区和保护区周围扩张,保护区外部生境的丧失最终导致各保护区之间的物种迁徙廊道中断,从而使保护区成为物种保护的“孤岛”。为了有效地保护该地区的大熊猫生境,防止生境进一步破碎化和隔离,除了禁止在自然保护区内部进行开发外,建议对保护区外部的大熊猫生境进行保护,禁止在海拔大于1,700 m的高海拔地区进行土地开发。

致谢: 本研究得到小寨子沟、雪宝顶、片口、白羊自然保护区管理处的帮助,在此一并感谢。

### 参考文献

- DeFries R, Hansen A, Newton AC, Hansen MC (2005) Increasing isolation of protected areas in tropical forests over the past twenty years. *Ecological Applications*, **15**, 19–26.
- DeFries R, Hansen A, Turner BL, Reid R, Liu JG (2007) Land use change around protected areas: management to balance human needs and ecological function. *Ecological Applications*, **17**, 1031–1038.
- Hansen AJ, Rasker R, Maxwell B, Rotella JJ, Johnson JD, Parmenter AW, Langner U, Cohen WB, Lawrence RL, Kraska MPV (2002) Ecological causes and consequences of demographic change in the New West. *BioScience*, **52**, 151–162.
- Hansen AJ, DeFries R (2007) Ecological mechanisms linking



- protected areas to surrounding lands. *Ecological Applications*, **17**, 974–988.
- Linderman M, Bearer S, An L, Tan YC, Ouyang ZY, Liu JG (2005) The effects of understory bamboo on broad-scale estimates of giant panda habitat. *Biological Conservation*, **121**, 383–390.
- Liu JG, Ouyang ZY, Taylor WW, Groop R, Tan YC, Zhang HM (1999) A framework for evaluating the effects of human factors on wildlife habitat: the case of giant pandas. *Conservation Biology*, **13**, 1360–1370.
- Liu JG, Linderman M, Ouyang ZY, An L, Yang J, Zhang HM (2001) Ecological degradation in protected areas: the case of Wolong Nature Reserve for giant pandas. *Science*, **292**, 98–101.
- Liu XH (2001) *Mapping and Modelling the Habitat of Giant Pandas in Foping Nature Reserve, China*. Printer: Febodruk BV, Enschede, the Netherlands.
- Ouyang ZY (欧阳志云), Liu JG (刘建国), Xiao H (肖寒), Tan YC (谭迎春), Zhang HM (张和民) (2001) An assessment of giant panda habitat in Wolong Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **21**, 1869–1874. (in Chinese with English abstract)
- Serneels S, Lambin EL (2001) Proximate causes of land-use change in Narok district, Kenya: a spatial statistical model. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **85**, 65–81.
- State Forestry Administration (国家林业局) (2006) *The Third National Survey Report on Giant Panda in China* (全国第三次大熊猫调查报告). Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Taylor AH, Qin ZS (1993) Bamboo regeneration after flowering in the Wolong Giant Panda Reserve, China. *Biological Conservation*, **63**, 231–234.
- Viña A, Bearer S, Chen XD, He GM, Linderman M, An L, Zhang HM, Ouyang ZY, Liu JG (2007) Temporal changes in giant panda habitat connectivity across boundaries of Wolong Nature Reserve, China. *Ecological Applications*, **17**, 1019–1030.
- Wang XZ (王学志), Xu WH (徐卫华), Ouyang ZY (欧阳志云), Liu JG (刘建国), Xiao Y (肖燧), Chen YP (陈佑平), Zhao LJ (赵联军), Huang JZ (黄俊忠) (2008) Application of ecological-niche factor analysis in habitat assessment of giant pandas. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **28**, 821–828. (in Chinese with English abstract)
- Xiao Y (肖燧), Ouyang ZY (欧阳志云), Zhu CQ (朱春全), Zhao JZ (赵景柱), He GJ (何国金), Wang XK (王效科) (2004) An assessment of giant panda habitat in Minshan, Sichuan, China. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **24**, 1373–1379. (in Chinese with English abstract)
- Xu WH (徐卫华), Ouyang ZY (欧阳志云), Jiang ZY (蒋泽银), Zheng H (郑华), Liu JG (刘建国) (2006) Assessment of giant panda habitat in the Daxiangling Mountain Range, Sichuan, China. *Biodiversity Science* (生物多样性), **14**, 223–231. (in Chinese with English abstract)
- Xu WH, Ouyang ZY, Viña A, Zheng H, Liu JG, Xiao Y (2006) Designing a conservation plan for protecting the habitat for giant pandas in the Qionglai Mountain range, China. *Diversity and Distributions*, **12**, 610–619.
- Zhang WG (张文广), Tang ZH (唐中海), Qi DW (齐敦武), Hu YM (胡远满), Hu JC (胡锦涛) (2007) Habitat assessment for giant pandas (*Ailuropoda melanoleuca*) on the northern slope of the Daxiangling Mountains. *Acta Theriologica Sinica* (兽类学报), **27**, 146–152. (in Chinese with English abstract)

(责任编辑: 闫文杰)