

松嫩平原近 20 年土壤盐渍化动态变化及驱动力分析

张哲寰¹, 马宏伟¹, 刘 强¹, 朱 巍¹, 张廷秀²

(1. 沈阳地质矿产研究所, 辽宁 沈阳 110033; 2. 吉林省地质调查院, 吉林 长春 130061)

摘 要: 利用 1986 年(TM)和 2001 年(ETM)卫星遥感影像数据和 RS-GIS 集成技术,对松嫩平原盐渍化土地的现状、程度和发展趋势进行了量化分析。结果表明,这 15 年中,松嫩平原盐碱地面积增加了 $21.7112 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 每年增加 $1.45 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 年平均增长率为 1.4%。其中轻度盐渍化土地增加 8812 hm^2 , 年平均增长 0.16%; 中度盐渍化土地增加 $3.8306 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 年平均增长 0.64%; 重度盐渍化土地面积增加了 $16.9994 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 年平均增长了 4.2%。气候变暖,降水减少,人为活动增强是盐渍化程度加重的主要驱动力。

关键词: 土壤盐渍化; 动态变化; 松嫩平原

松嫩平原位于东北地区中部,是我国重要的粮食产区,也是世界三大苏打盐碱土集中分布区之一,是我国盐碱化最严重、对农业影响最大的地区之一^[1]。

松嫩平原属大陆性季风气候,由东向西整个平原可分为东部高平原、中部低平原和山前倾斜平原 3 个大的地貌单元。东部高平原处于半湿润气候区,中部低平原处于半湿润向半干旱过渡区,西部山前倾斜平原处于半干旱气候区。高平原和低平原大致以讷河-安达-前郭一线为分界,以东为高平原,海拔 180~400 m,以西至齐齐哈尔-泰来-洮南一线以东为低平原,海拔 130~180 m。低平原地势低平,南、北两侧微向中部嫩江方向倾斜。低平原以西至大兴安岭丘陵山地为山前倾斜平原,由发源于大兴安岭东麓的多条河流进入平原区在出山口处形成的冲洪积扇群构成。

1 数据获取方法

选取 1986 年(TM)和 2001 年(ETM)的遥感影像数据,利用 ERDAS 软件进行解译,解译结果在 ArcGIS 软件平台上进行空间分析和数据处理。全区两期解译利用遥感数据 42 景,非遥感数据包括 1:25 万地理图、地貌分区图、水文地质图、土地类型图以及野外采集的各种信息与数据。解译过程中主要采用夏季的 ETM7、4、3 三个波段合成 RGB 假彩色图像,提取盐渍化土地信息。图像解译之前,在野外根据盐碱地类型、地物景观,借助于 GPS 定位,结合遥感图像的对应点,分析盐

碱地类型的图谱特征,建立各种类型盐碱地的解译标志,并于 2004 年 10 月进行了野外验证,根据验证结果对解译结果进行了修正,形成松嫩平原 1986 年和 2001 年两期遥感影像解译图。

2 土壤盐渍化现状及特征

2.1 土壤盐渍化现状

据本次调查资料,松嫩平原现有盐碱地总面积 $124.8938 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占土地面积的 6.82%。其中轻度盐渍化面积为 $36.9684 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 中度盐渍化面积 $43.9599 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 重度盐渍化面积 $43.9655 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ^①。盐碱地主要分布在中部低平原,有 $97.9620 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占盐碱地总面积的 78.44%,特别是南部低平原,土壤盐渍化严重,并常与沙化在地理上相间分布。盐渍化土地总体分布规律是:由东部、北部高平原、西部倾斜平原及南部松辽分水岭向中部低平原的长岭、乾安、大安、安达、肇州、镇赉等低洼地带盐渍化程度逐渐加重。随着潜水径流变缓、水位埋深变浅,土壤盐渍化程度为非→轻→中→重度盐渍化,盐渍土类型变化为苏打型→苏打硫酸型→硫酸苏打型或氯化物苏打型→硫酸型或氯化物型,其中苏打盐碱土分布最广。

从空间分布上看,盐碱地在大安、乾安、通榆、长岭、镇赉、前郭、安达、大庆、杜尔伯特等市县分布比较集中,这些市县的盐碱化土地面积均在 $5 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ^①以上(表 1)。从数量分布上看,大安市盐碱地分布面积最

收稿日期: 2007-01-19, 修回日期: 2007-02-20, 李兰英编辑。

基金项目: 中国地质调查局“松嫩平原地下水资源及其环境问题调查评价”项目(编号 1212010430352)资助。

① 沈阳地质矿产研究所. 松嫩平原地下水资源及其环境问题调查评价报告. 2007.

大,达 $22.493 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占该市总土地面积的 45.54%。其次是通榆县和镇赉县,盐碱地面积分别为 $15.0553 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 和 $10.0053 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 分别占本县土地面积的 27.06% 和 18.82%。从盐渍化程度上看,以大安市盐渍化程度最重,重度盐渍化面积达 $10.3959 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占该县盐碱地总面积的 46.22%。其次是乾安县、长岭县和大庆市,重度盐碱化面积分别为 $6.6846 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 、 $4.7405 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 和 $3.7115 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 分别占本县(市)盐碱地总面积的 92.34%、47.97% 和 42.7%。

2.2 土壤盐渍化特征

根据土壤含盐量测试结果,松嫩平原盐渍土含盐量大部分大于 0.30%,属中度和重度盐渍土(占盐渍土的 70%)。盐渍土的化学类型以苏打型占绝对优势,其次是氯化物苏打型、硫酸苏打型和硫酸氯化物型,氯化物型和硫酸型分布较少。苏打型盐碱土主要组成了轻、中度盐渍土,其他类型盐渍土则主要组成了重度盐渍土。盐渍土的化学类型取决于盐渍化程度,当土壤含盐量小于 0.75% 时,多形成苏打型盐碱土;当土壤含盐量在 0.75% ~ 1.5% 时,多形成氯化物苏打和硫酸苏打等混合类型盐渍土;当土壤含盐量大于 1.5% 时,多形成硫酸氯化物型、硫酸型和氯化物型盐渍土。

松嫩平原盐渍土盐分多累积于土壤表层,属于积

盐型盐渍土,盐分随着深度而变化。在地表下 30 cm 以内含盐量最高,30 ~ 50 cm 以下迅速下降,1 ~ 1.5 m 以下变化趋势稳定。另外,盐渍土随着土壤含盐量的增加,化学类型和各项可溶盐离子也随之变化。 SO_4^{2-} 随着土壤含盐量增加而增加,含盐量达到 0.5% 以上时, HCO_3^- 不再增加而开始下降,化学类型变得复杂,以硫酸盐型为主。 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 随含盐量的增加变化不大,而 Na^+ 则是随着土壤含盐量的增加而升高(图 1)。

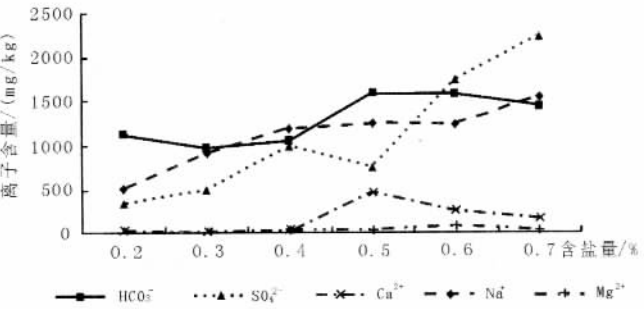


图 1 盐渍土含盐量与离子关系
Fig. 1 Relationship between salinity and ions in the soil

3 近 20 年来盐碱地的变化

引入土地利用的动态度模型^[2]分析盐渍化土地的变化速率:

表 1 松嫩平原主要市县盐碱地分布表
Table 1 Distribution of saline-alkali land in main cities or counties in Songnen plain

市、县	土地面积	盐碱地总面积	占土地面积/%	轻度盐碱化	占土地面积/%	中度盐碱化	占土地面积/%	重度盐碱化	占土地面积/%
齐齐哈尔市	40.3809	1.0636	2.63	0.4656	1.15	0.3374	0.84	0.2605	0.65
杜尔伯特县	59.7044	5.8273	9.76	1.7855	2.99	2.8863	4.83	1.1554	1.94
泰来县	39.5581	1.2278	3.1	0.5952	1.5	0.55	1.39	0.0826	0.21
安达市	36.4958	6.2269	17.06	2.8258	7.74	2.2699	6.22	1.1312	3.1
大庆市	51.1936	8.6915	16.98	2.0043	3.92	2.9757	5.81	3.7115	7.25
肇东市	43.5200	4.2525	9.77	0.6379	1.47	2.484	5.71	1.1304	2.6
肇州县	24.1428	3.9318	16.29	0.737	3.05	1.4374	5.95	1.7574	7.28
肇源县	41.3189	3.8002	9.2	1.2609	3.05	1.6423	3.97	0.897	2.17
镇赉县	53.1634	10.0053	18.82	3.8911	7.32	3.1684	5.96	2.9458	5.54
洮南市	32.8786	5.5956	17.02	1.9216	5.84	2.8318	8.61	0.8422	2.56
大安市	49.3889	22.4932	45.54	5.5733	11.28	6.524	13.21	10.3959	21.05
扶余县	46.4297	2.7124	5.84	0.3675	0.79	0.3615	0.78	1.9834	4.27
前郭县	58.9263	7.2384	12.28	2.768	4.7	2.6639	4.52	1.8065	3.07
乾安县	35.7434	8.7988	24.62	0.794	2.22	1.3202	3.69	6.6846	18.7
通榆县	55.6426	15.0553	27.06	5.9031	10.61	6.2126	11.17	2.9396	5.28
农安县	54.3484	2.4313	4.47	0.9976	1.84	0.4384	0.81	0.9952	1.83
长岭县	48.4351	9.8827	20.4	2.5064	5.17	2.6358	5.44	4.7405	9.79

单位: 10^4 hm^2 。

$$DR_i = \frac{S_{ib} - S_{ia}}{S_{ia}} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中 DR_i :盐渍化土地动态度(年均变化速率); i :某一程度的盐渍化土壤; S_{ib} :某一程度的盐渍化土壤变化后的面积; S_{ia} :某一程度的盐渍化土壤变化前的面积; T :发生变化的时间间隔。

在过去的 15 年里,不同程度盐渍化土地面积均有不同程度的增加,盐碱地总面积增加了 $21.7112 \times 10^4 \text{ hm}^2$,每年增加 $1.45 \times 10^4 \text{ hm}^2$,年平均增长率为 1.4%。其中度盐渍化土地增加 $0.8812 \times 10^4 \text{ hm}^2$,年平均增长 0.16%;中度盐渍化土地增加 $3.8306 \times 10^4 \text{ hm}^2$,年平均增长 0.64%;重度盐渍化土地面积增加了 $16.9994 \times 10^4 \text{ hm}^2$,年平均增长 4.2%。主要市县盐渍化土壤动态变化见表 2。面积扩大最快的是杜尔伯特蒙古族自治县,从 1986 年的 $2.6426 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 增加到 2001 年的 $5.8273 \times 10^4 \text{ hm}^2$,每年增加 2123 hm^2 ,年平均增长率为 8.03%。其次是前郭、镇赉,年平均增长率分别是 3.49% 和 2.22%。盐渍化程度发展最快的是大庆市和杜尔伯特蒙古族自治县,15 年间重度盐碱化面积分别增加了 $3.2660 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 和 $1.0134 \times 10^4 \text{ hm}^2$,比 1986 年盐碱地面积分别增加了 733.22% 和 713.9%,年平均增长率为 48.88% 和 47.59%,其他大部分市县也都呈现重度盐渍化土地增加的变化趋势。说明土壤盐渍化在不断发展,不仅面积在扩大,盐渍化程度也在不断加重。据前人资料^①,上世纪 80 年代松嫩平原盐碱土含盐量大部分小于 0.25%,pH 值大多小于 8.3,多为度盐渍土,中度、重度盐渍土少量分布。本次调查资料显示,盐渍土中的含盐量、pH 值均明显增高,含盐量多大于 0.3%,pH 值多大于 8.8。

4 盐渍化土壤动态变化的驱动力分析

盐渍土土壤的动态变化是自然因素和人为因素综

表 2 主要市县盐渍化土地变化统计表

Table 2 Area change of saline-alkali land in main cities and counties in Songnen plain

市、县	1986 年面积	2001 年面积	面积变化	年均变化速率/%
杜尔伯特县	2.6426	5.8273	3.1847	8.03
安达市	4.6978	6.2269	1.5291	2.17
大庆市	10.363	8.6915	-1.6715	-1.08
肇州县	4.5577	3.9318	-0.6259	-0.92
肇源县	4.8921	3.8002	-1.0919	-1.49
镇赉县	7.5166	10.0053	2.4887	2.21
洮南市	4.5768	5.5956	1.0188	1.48
大安市	17.8017	22.4932	4.6915	1.76
扶余县	2.5505	2.7124	0.1619	0.42
前郭县	4.7509	7.2384	2.4876	3.49
乾安县	7.2527	8.7988	1.5461	1.42
通榆县	13.8958	15.0553	1.1595	0.56
长岭县	7.353	9.8827	2.5297	2.29
合计	92.8512	110.2594	17.4083	1.25

- 表示减少,面积单位: 10^4 hm^2

合作用的结果,近年来的气候变暖、降水趋少、人为活动增强是这种变化的主要驱动力。

4.1 气候

松嫩平原属于半湿润-半干旱气候区,年降水量 350~550 mm,年蒸发量 1100~1850 mm,蒸发量是降水量的 3~4 倍,在强烈蒸发作用下,低洼处潜水中的盐分不断地运积地表,形成土壤盐渍化。近 20 年来气温逐年升高,平均升高了 2~3℃。蒸发量增大,加速了土壤的盐渍化进程,而降水量有减少趋势(图 2),使一部分湿地退化成盐碱地,气候变暖和降水量减少是盐渍化加重的重要因素。

4.2 地下水

地下水对盐渍化的影响主要是水位埋深和矿化度^[3]。潜水埋深大小直接关系到土壤毛细水能否达至

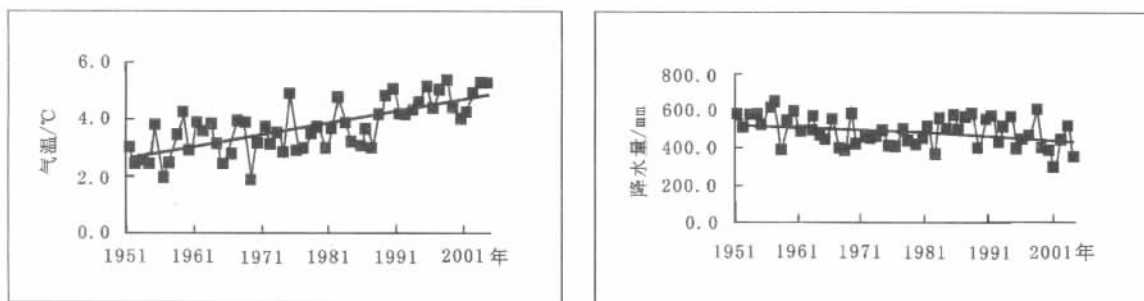


图 2 松嫩平原平均气温和降水量变化

Fig. 2 Variation of average annual precipitation and temperature in Songnen plain

①吉林省地质矿产局,黑龙江省地质矿产局. 松嫩平原水文地质工程地质综合评价报告. 1985.

地表使土壤产生盐渍化,也决定土壤盐渍化程度。潜水埋深越浅,土壤越容易发生盐渍化。根据野外调查,凡是潜水埋深大于3.5 m区,土壤不产生盐渍化;潜水埋深2.3~3.5 m区,土壤多呈轻度盐渍化;潜水埋深1.7~2.3 m区,土壤多呈中度盐渍化;潜水埋深小于1.7 m区,土壤多呈重度盐渍化,且常形成盐渍化与沼泽化随季节交替演变的盐沼洼地。近几年来,地下水位下降虽然使一部分地区的地下水位降到返盐临界深度以下,但仍有大面积的地下水位高于返盐临界深度。地下水矿化度逐渐升高的趋势,会使土壤盐渍化程度加重。

4.3 人为活动

强烈的人为活动促进了土壤盐渍化,土地次生盐碱化是人类活动的结果,经济落后是生态环境恶化的驱动力,穷困使人们对土地资源掠夺式开发和不合理利用,滥垦滥伐、过度放牧等都是导致土地退化的经济行为。在人类活动影响因素中,垦荒耕种和过度放牧是加快土壤盐渍化的最重要原因。

(1)盲目垦荒耕种,导致耕地次生盐渍化。本区内盐碱草原多半为暗碱土,地表有厚7~20 cm的脱盐(碱)层,适于地下走茎植物的羊草生长,但由于垦荒种植或其他田间作业,把碱土层翻至地表,造成脱盐层的移失,形成了大片光板地,寸草不生。据调查,全区盐渍化土地面积比1986年增加了21.7%,耕地比1986年扩大17%,草原却减少了24%。耕地的扩大,毁草开荒是减少草地、造成大片碱斑的直接原因之一。

(2)过度放牧,导致草地次生盐碱化。目前区内有大小牲畜3500多万头,每平方千米近200头,随畜牧业的发展,畜草之间矛盾加剧,超载放牧,牛羊啃食嫩草,牲畜反复践踏,导致可用草地面积越来越少,加之打割柴草,耙搂车碾,伤害了草根,破坏了地表植被。草地植被维持着土壤中盐分平衡,不同植物群落下土壤水盐运动状况有较大的差异。植被覆盖度的减少增强了土壤表面的蒸发,土体中上升水流的数量和速度大大提高,从而增加了土体下层盐分向上层聚集。同时草地生态系统输入不敷出,土壤有机质含量大幅度下降,破坏了土壤结构,土壤板结,使土体下渗水流的数量和速度大大降低,从而也导致了土壤表层脱盐速率的降低,相对提高了土壤的积盐速率。

(3)大面积灌溉,导致土壤次生盐渍化。1986~2001年,区内水田面积增加了 $47.6382 \times 10^4 \text{ hm}^2$,增长了107.3%。灌溉引渠改变了当地的水文和水文地质条件,使潜水位升高,引起土体和地下水中水溶性盐类

随土壤毛管上升水流向上运行,迅速在土壤表层累积,使原来非盐碱化的土壤发生了盐碱化,或使土壤原有盐碱化程度加重。

(4)粗放经营,加速盐渍化进程。受经济条件的限制,农业仍沿袭着广种薄收、粗放经营的生产方式。如旱田大水漫灌、有灌无排、定额偏高、渠道渗漏及粗放耕作等原因造成耕地次生盐碱化现象。土地重用轻养、重产出轻投入,这种掠夺式的经营方式,使土壤肥力明显下降,缺乏科学经营方式,加快了土地盐渍化的进程。

5 结论

(1)松嫩平原现有盐碱地总面积 $124.8938 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占土地面积的6.82%,其中轻度盐渍化面积为 $36.9684 \times 10^4 \text{ hm}^2$,中度盐渍化面积 $43.9599 \times 10^4 \text{ hm}^2$,重度盐渍化面积 $43.9655 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。盐碱地主要分布在低平原闭流洼地中,有 $97.9620 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占盐碱地总面积的78.44%,特别是南部低平原土壤盐渍化严重,并常与沙化在地理上相间分布。

(2)盐渍化土地的总体分布规律是:由周边高平原、倾斜平原及松辽分水岭向低平原中心低洼地带盐渍化程度逐渐加重。随着潜水埋藏变浅、径流变缓,土壤盐渍化程度为非→轻→中→重度,盐渍土类型由苏打型→苏打硫酸型→硫酸苏打型或氯化物苏打型→硫酸型或氯化物型。

(3)松嫩平原盐渍化土地面积在不断扩大,盐渍化程度逐渐加重。在过去的15年中,盐碱地面积增加了 $21.7112 \times 10^4 \text{ hm}^2$,比1986年增长了21.04%,年平均增长率为1.4%。其中轻度盐渍化土地新增加 $0.8812 \times 10^4 \text{ hm}^2$,比1986年增长了2.44%;中度盐渍化土地新增 $3.8306 \times 10^4 \text{ hm}^2$,比1986年增长了9.55%;重度盐渍化土地扩展最快,面积增加了 $16.9994 \times 10^4 \text{ hm}^2$,比1986年增长了63.04%。

(4)气温升高,降水量趋减,人为活动增强是盐渍化程度加重的主要驱动力,其结果使盐碱地面积不断扩大,盐渍化程度加重,导致松嫩平原西部生态环境的脆弱性增强。

参考文献:

- [1]李彬,王志春.松嫩平原苏打盐渍土碱化特征与影响因素[J].干旱区资源与环境,2006,20(6):183—191.
- [2]周云轩,刘殿伟,等.吉林省西部生态环境变化模型研究[M].北京:科学出版社,2004.51—52.
- [3]王凤生,田兆成.吉林省松嫩平原土壤盐渍化过程中的地下水作用

- [J]. 吉林地质, 2002, 21(1~2): 79—88.
- [4] 张殿发, 王世杰. 吉林西部土地盐碱化的生态地质环境研究[J]. 土壤通报, 2002, 33(2): 90—93.
- [5] 林年丰, 汤洁, 卞建民. 松嫩平原盐碱土的形成与新构造运动的关系[J]. 世界地质, 2005, 24(3): 282—311.
- [6] 宋长春, 何岩, 邓伟. 松嫩平原盐渍土壤生态地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 2003. 64—90.
- [7] 罗先香, 邓伟. 松嫩平原西部土壤盐渍化动态敏感性分析与预测[J]. 水土保持学报, 2000, 14(3): 36—40.

DEVELOPMENT AND DRIVES OF LAND SALINIZATION IN SONGNEN PLAIN

ZHANG Zhe-huan¹, MA Hong-wei¹, LIU Qiang¹, ZHU Wei¹, ZHANG Ting-xiu²

(1. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110033, China; 2. Jilin Institute of Geological Survey, Changchun 130061, China)

Abstract: Landsat TM (ETM) images acquired in 1986 and 2001 and the RS-GIS integrated technique are adopted to quantitatively analyze the present situation, degrees and developing trend of salinized-alkalized land in Songnen plain. It is concluded that, during the 15 years, the area of salinized land has increased $21.7112 \times 10^4 \text{ hm}^2$, averagely $1.45 \times 10^4 \text{ hm}^2$ per annum, with average annual increase rate of 1.4%. Among them, the salinized areas in light-degree, mediate-degree and heavy-degree have increased respectively by $0.8812 \times 10^4 \text{ hm}^2$, $3.8306 \times 10^4 \text{ hm}^2$ and $16.9994 \times 10^4 \text{ hm}^2$, with average annual increase rate of 0.16%, 0.64% and 4.2% respectively. The main drives for the increase of salinization are the warming climate, reduced precipitation and increased human activities.

Key words: land salinization; developing trend; Songnen plain

作者简介: 张哲寰(1968—), 女, 工程师, 1994年毕业于长春地质学院水文地质工程地质专业, 主要从事水文地质环境地质工作, 通信地址 沈阳市北陵大街25号, 邮政编码 110032, E-mail//syzzhehuan@cgs.gov.cn

(上接第129页)

RESEARCH ON THE KARST ECOLOGICAL ENVIRONMENT OF VERTICAL ZONED REGION: A case study of Jinfo Mountain National Nature Reserve in Chongqing

YANG Ping-heng¹, ZHANG Cheng^{1, 2}, GAO Yan-fang¹, WU Yue-xia¹, LI Lin-li¹

(1. School of Geographic Sciences, Southwest China University, Chongqing 400715, China;

2. Institute of Karst Geology, CAGS; Karst Dynamics Laboratory, MLR, Guilin 541004, Guangxi Province, China)

Abstract: Due to the special geographical situation, the characteristics for karst ecological environment of vertical zoned region in Jinfo Mountain are very distinct. Based on the geological background of different altitude, the mountain shows vertically zoned characters, such as the distribution of soil, the diversity of biology, and the difference of karst dynamic systems. From the foot to the top of Jinfo Mountain, the soils appear as yellow soil, dark yellow soil, yellow brown soil and brown soil. There exist abundant type of animal and vegetation, which are rarely seen in similar kind of areas and enlarge the gene bank of wild biology. Owing to the difference of CO₂ concentration and hydro-chemical characteristics at different altitudes, the karst processes in the foot part is stronger than those in the top of the Jinfo Mountain.

Key words: characteristics of vertical zoned region; karst ecological environment; karst dynamic system; Jinfo Mountain in Chongqing.

作者简介: 杨平恒(1983—), 男, 浙江苍南人, 西南大学地理科学学院 2005 级硕士研究生, 主要从事岩溶地质生态环境研究, 通信地址 重庆市西南大学地理科学学院, 邮政编码 400715, E-mail//balance@swu.edu.cn