

石灰岩山地两种模式人工林小气候比较

蒋丹丹, 万福绪, 黄文庆

(南京林业大学 森林资源与环境学院, 南京 210037)

摘 要:为了探讨侧柏女贞混交林(CN)和侧柏纯林(CB)对林内小气候影响的差异,以便为分析不同模式林分生态效应提供依据,在春季、夏季、秋季和冬季对两种林分林内空气温湿度、土壤温度和土壤水分含量进行了观测,同时测定空地(CK)小气候指标作为对照。结果表明:夏季中午前后 CN、CB 和 CK 间气温差距最大,四季气温值均是 CN 最小、CK 最大,春季和夏季 CN 与 CB 气温差异未达到显著水平,秋季和冬季气温值无差异;同样地空气相对湿度基本为 $CN > CB > CK$,且夏天空气相对湿度最高、春天最低,不同季节 CN 和 CB 空气相对湿度差异不显著;各样地地表温度均高于地下 5 cm 温度,在温度较高的午后 CN 地表温度与地下 5 cm 温度的差值比 CB、CK 小,夏季各样地地表与地下 5 cm 土温差值最大、冬季最小;土壤含水量变化与空气相对湿度变化规律相似,表现为混交林土壤水分含量高于纯林。在炎热的夏季,混交林改善小气候的能力优于纯林,主要表现在降低并稳定气温和地温,增加空气湿度和土壤含水量。

关键词:侧柏女贞混交林; 侧柏纯林; 小气候

中图分类号:S715.55

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)01-0110-05

Comparison of Microclimates in Two Mode Plantations in Limestone Mountain

JIANG Dandan, WAN Fuxu, HUANG Wenqing

(College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: To investigate differences between mixed plantation of *Platycladus orientalis* and *Ligustrum lucidum* (CN) and pure *Platycladus orientalis* forest (CB) effects on microclimate, and in order to provide basis for ecological effect analysis of different modes, air temperature, air relative humidity, soil temperature and soil water content were observed in four seasons, simultaneously measured parameters in open space (CK) were set as control microclimate indices. Results showed that in summer, temperature gaps of CN, CB and CK were the largest before and after noon, and temperature in four seasons was minimum in CN, maximum in CK. Mean monthly temperatures of CN and CB were different but not obvious in spring and summer, while similar in autumn and winter; air relative humidity was in the order of $CN > CB > CK$, and the highest value occurred in summer, the lowest in spring. Air relative humidity differences of CN and CB were not significant in four seasons. Surface temperatures were higher than temperatures in 5 cm underground in three simple plots, CN had the lowest temperature gap between ground surface and 5 cm underground compared with CB and CK when temperature was higher at 14:00. The temperature difference between surface and subsurface 5 cm was the largest in summer, minimum in winter. Variation of soil water content and air relative humidity was similar, performing as that soil moisture content of mixed forest was higher than that of pure forest. In general, the ability of mixed forests to improve the microclimate is better than that of pure forests with respect to lowering and stabilizing air temperature and soil temperature, increasing air humidity and soil water content.

Keywords: mixed forest of *Platycladus orientalis* and *Ligustrum lucidum*; pure *Platycladus orientalis* forest; microclimate

收稿日期:2014-03-19

修回日期:2014-04-28

资助项目:江苏省林业三新工程(013010061);PAPD 资助项目

第一作者:蒋丹丹(1989—),女,江苏南通人,硕士生,研究方向为林业生态工程。E-mail:755357182@qq.com

通信作者:万福绪(1952—),男,江苏赣榆人,教授,研究方向为林业生态工程、城市林业。E-mail:fxwan@njfu.edu.cn

随着气候的改变,生态环境的恶化,荒山绿化成为生态修复的重要手段。营造良好的人工林体系可涵养水源、保持水土、有效抗御自然灾害,显著改善环境条件,充分发挥其生态效益。地形条件、森林植被结构、营林措施等因素在森林与外部的热量传输以及林内水分分布格局中起着重要作用,森林通过形成与外部截然不同的小气候,影响植被生长、种子繁殖及土壤微生物生境,还通过影响林内光合作用、营养循环和水分传输与分配控制生态系统的主要过程^[1-3]。因此,森林小气候研究是探讨森林生态过程的重要内容。森林植被配置模式的差异是影响林内小气候最为常见和最重要的因素之一,据国内外的大量研究表明,选用种间关系融洽的树种营造混交林,能较大幅度地提高林分的生长量,增强人工林的抗性,改善小气候效应,提高较差立地上人工林生产力。

目前有关森林小气候效应研究主要集中于立地条件良好的天然林^[4-5]、水土保持林、沿海防护林以及生态经济林等人工林^[6-9],而对立地条件差的石灰岩山地人工林小气候效应研究较少。侧柏适应能力强,对土壤的要求不严,能够固土护坡,绿化效果好,在徐州石灰岩山地的植被恢复中起着重要作用。早期有关侧柏混交林和纯林小气候效应的研究仅局限于对二者日变化^[10]的概述,未研究月变化和年变化情况。本文通过对徐州石灰岩山地侧柏女贞混交林和侧柏纯林不同季节空气温湿度、土壤温度和水分特征进行分析和比较,揭示不同种植模式下林分对环境的影响,正确认识森林的调节功能和生态效益,为困难地森林生态系统研究提供基础数据积累,同时也对人工林恢复植被选择和树种配置模式供了一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

研究地点位于江苏省徐州市铜山县吕梁林场的小黑山,117° 28′ 34″—117° 28′ 41″ E, 34° 10′ 42″—

34° 10′ 51″ N。铜山县属暖温带湿润和半湿润的季风气候,光照充足,降水量较为充沛,四季分明。年均气温 13.9℃,年日照时数为 2 284~2 495 h,日年均降水量 800~930 mm,雨季降水量占全年的 56%。本研究选择的两种模式人工林样地均分布在铜山区内的丘陵山地,研究区裸岩率较高,部分土层含石率高达 80%。土壤类型为石灰岩发育而成的粗骨褐土和淋溶褐土,土壤大多无石灰反应,腐殖质少,保肥水能力差。研究地区乔木种植模式主要包括侧柏纯林、侧柏栎树混交林、侧柏枫香林和侧柏女贞林等,林木长势较同林龄下土壤状况良好的人工林差,且林下灌木和草本较少。

1.2 研究方法

分别在侧柏女贞混交林(CN)、侧柏纯林(CB)内各选择海拔、坡向、坡度和坡位相近的 2 块面积为 20 m×20 m 的林地进行气象观测,同时在林外设置 2 块荒空地(CK)作为对照样地。于 2013 年 3 月对样地植被结构进行调查,调查结果见表 1。

本研究采用 EM50 数据采集器进行各环境因子的连续测定。每个样地配置 1 个 EM50 数据采集器,每个数据采集器装备 1 个 EHT(空气温度/相对湿度传感器)、2 个 5 TE(土壤温度/含水量传感器)。测定的小气候因子包括空气温度(℃)、空气相对湿度(%)、土壤表层温度(℃)、土壤地下 5 cm 温度(℃)以及土壤含水量(%).由于石灰岩山地土层较薄,土壤含石量极高,未能使用 5 TE 传感器对更深层次土壤温度和土壤含水量进行测定研究。设置数据采集器平均数据的记录间隔为 10 min,数据采集时间为 2013 年春季(4 月)、夏季(7 月)、秋季(10 月)和冬季(12 月)。收集到的数据通过电脑安装的 ECH₂O Utility 软件转换和导出。

使用 Excel 2003 软件进行原始数据的统计、计算以及图表制作;采用 SPSS 17.0 软件对不同样地小气候指标进行方差分析(ANOVA)和多重比较。

表 1 样地基本概况

样地	平均树高/m	平均胸径/cm	坡向	坡位	坡度/(°)	海拔高度/m	土壤含石率/%
CN	4.3	5.45	东南	中坡	13~15	96~102	51.1
CB	4.6	5.22	正南	中坡	12~14	100~106	56.8

2 结果与分析

2.1 林内外平均气温比较

2.1.1 气温日变化 比较不同时间气温变化可以反映出不同林分以及林内外温度日变化差异及程度。图 1 为 7 月 3—5 日气温日变化曲线,从图中可以看出,3 种样地气温具有相似的日变化规律,随着太阳

辐射的增加,气温逐渐上升,12:00 时气温达到最大值,之后随着太阳辐射的降低,气温逐渐下降。上午 8:00—12:00 之前各样地气温值差距较小,10:00 以后气温差值逐渐增大,16:00 以后 CN 和 CB 气温差值逐渐缩小,各时刻气温值均为 CN<CB<CK。总的来说,混交林内的平均气温较纯林低,且日均气温比纯林低 0.49℃,这是因为混交林冠层比纯林厚,叶

面积指数较大,遮挡的光照多,使得气温有所降低,但是二者温度差值较小,这可能是石灰岩山地立地条件差、林分稀疏的缘故。

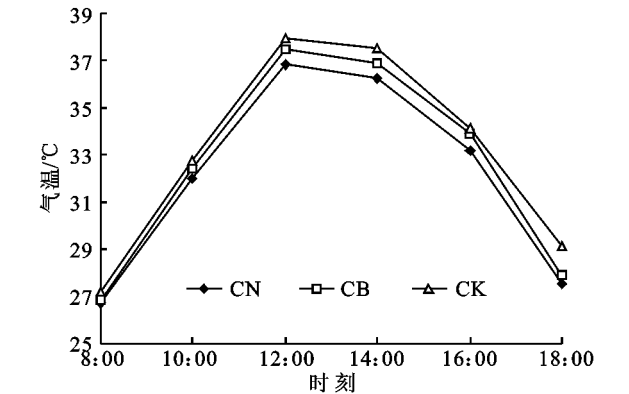


图 1 气温日变化

2.1.2 气温季节变化 从表 2 看出,四个季节气温月均值基本都是林内低于林外,混交林低于纯林,两种林分气温差值 7 月份最大,12 月份最小,说明夏季混交林降温效果比纯林好。此外,12 月份侧柏女贞混交林的月均温度略高于侧柏纯林,这说明冬天混交林能够稳定气温,避免林内温度降至较低水平,冻伤植被。另外,4 月和 7 月混交林与纯林以及混林与林外气温有一定的差异但并不显著,而混交林与林外气温差异达到显著水平;10 月份和 12 月份 3 个样地间气温没有明显的区别。这说明相对于空地来说,春季和夏季林内外气温有明显差距。

表 2 不同季节气温比较

林分 类型	月均温度			
	4 月	7 月	10 月	12 月
CN	15.63±0.20a	28.30±1.11a	16.31±0.90a	4.53±1.23a
CB	16.30±0.46ab	29.95±2.10ab	16.56±0.72a	4.33±0.56a
CK	16.87±0.31b	30.57±0.72b	17.02±0.89a	4.76±0.68a

注:表中数据为平均值±标准误差,同一列不同小写字母表示样地间气温达显著差异水平($P<0.05$),下同。

2.2 林内外空气相对湿度比较

2.2.1 空气相对湿度日变化 如图 2 所示,除了早上 8:00 空气相对湿度纯林略高于混交林,其他时刻基本为 $CN>CB>CK$ 。空气相对湿度从早上 8:00 逐渐升高,在 10:00 达到最大值,此时相对湿度值混交林为 86.1%、纯林为 85.5%、空地为 79.5%,随后缓慢变化。混交林的最低相对湿度出现在中午 12:00,纯林最低相对湿度出现在 14:00,而林外相对湿度最低点出现在 16:00。此外,混交林的相对湿度日变化趋势较为平缓,纯林空气湿度在 10:00—14:00 之间降幅较大,这说明在温度较高的环境下,混交林能够增加空气湿度,使其稳定在较高的水平。两种林分内空气相对湿度都明显高于林外空气湿度,这

是因为林地内树木可以吸取土壤水分供林木蒸腾消耗,随蒸腾作用的进行,林地空气湿度提高,同时林冠可以阻挡林地与空地间空气交换,林地水汽不易向外扩散,致使林地空气湿度比空地高。

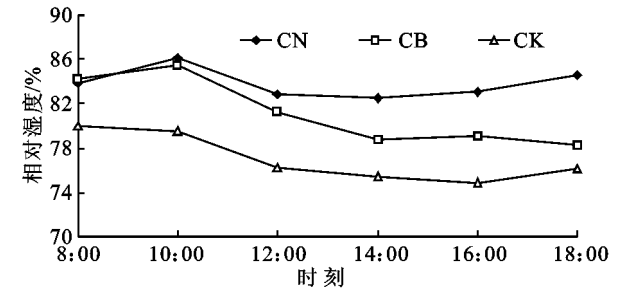


图 2 夏季空气相对湿度日变化

2.2.2 空气相对湿度季节变化 从表 3 中可以看出,两种人工林内空气相对湿度在不同季节呈现出相同的变化趋势,即 4 月份相对湿度最小,7 月份降水量丰富,空气相对湿度最大。7 月份和 10 月份侧柏女贞混交林相对湿度比侧柏纯林分别大 5.5%, 5.9%,而 4 月和 12 月混交林内湿度略低于纯林。通过单因素方差分析表明:4 月份和 10 月份混交林与纯林空气相对湿度没有显著差异,而林内外空气相对湿度差异较大;7 月份混交林与纯林相对湿度有差异但不显著,而与林外空气相对湿度差异达到显著水平;12 月份 3 个样地间相对湿度没有明显区别。

表 3 不同季节空气相对湿度比较

林分 类型	相对湿度			
	4 月	7 月	10 月	12 月
CN	58.9±3.4b	83.6±4.6b	72.4±4.0b	62.5±5.2a
CB	60.8±4.0b	78.1±5.8ab	66.5±0.72b	64.2±5.2a
CK	46.3±2.8a	64.8±4.0a	57.2±0.89a	59.6±5.6a

2.3 林内外土温比较

2.3.1 土温日变化 图 3 为 7 月份 10:00,14:00 和 18:00 土温变化情况。从图中可以看出,地表温度日变化与气温日变化规律相似,从 8:00 左右温度开始上升,14:00 左右达到最大值,之后逐渐下降。地下 5 cm 温度也随着地表温度的升高而升高、随着地表温度的下降而降低,但是不同模式地下地表温度和地下 5 cm 温度变化程度不同。各样地地表温度均高于地下 5 cm 温度,不同样地地表温度和地下 5 cm 温度均为 $CN<CB<CK$,且混交林 10:00—14:00 土温升幅以及 14:00—18:00 土温降幅比纯林和空地小。CN,CB 和 CK 地表温度与地下 5 cm 温度差值 10:00 时为 3.8℃、3.5℃、3.3℃,14:00 时为 2.9℃、3.5℃、4.1℃,18:00 时为 1.7℃、0.9℃和 1.0℃,在温度较高的午后混交林地地表温度与地下 5 cm 温度差值较其他样地小,说明混交林土壤热传递能力强,降低地表温度,避免土温过高影响土壤微生物作用和植物的生长。

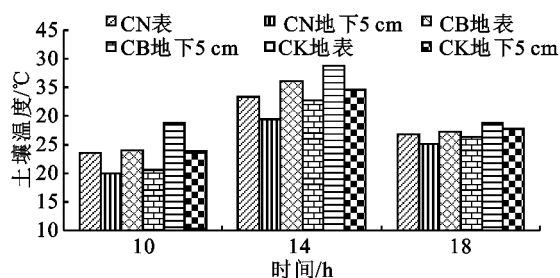


图3 不同时间土壤温度比较

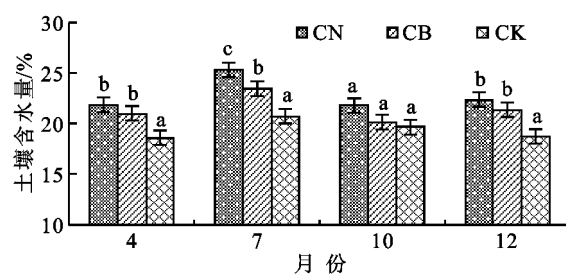


图5 不同月份地下5 cm处土壤水分含量

2.3.2 土温季节变化 由图4可以看出,3个样地四季土温变化规律大致相同,平均温度均为夏季>秋季>春季>冬季,且地表温度均大于地下5 cm温度。各样地地表和地下5 cm土温值夏季差值最大,冬季差值最小,7月份土温大小顺序依次为CN地下5 cm<CB地下5 cm<CN地表<CB地表<CK地下5 cm<CK地表,林内地表温度比林外地下5 cm的温度还低,此外,4月份和10月份土温顺序CN地下5 cm<CB地下5 cm<CN地表<CK地下5 cm<CB地表<CK地表,12月份林内地下5 cm土温略高于林外。混交林和纯林都能够降低土壤温度,但是混交林林内土温降低的更多,混交林稳定土温的能力较纯林强。这是因为与纯林相比,混交林气温较低,土温也更低,土壤得到更好的改良,土壤热量扩散和传递能力比纯林更好,使土壤温度不至于过高,也不至于过低。

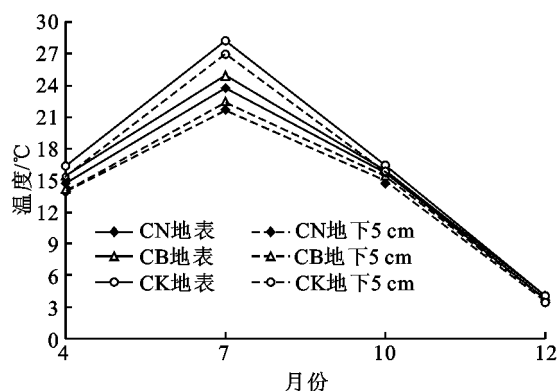


图4 土壤温度季节变化

2.4 林内外土壤含水量比较

由图5可见,不同季节土壤水分含量与空地相对湿度的变化规律相似,都是夏季最大,春季最小,这是因为空气的相对湿度越大,水汽越多,进入土壤中的水分也越多,土壤湿度就会增加。4个季节土壤水分含量均为CN>CB>CK,相对于空地来说,造林可以增加土壤水分含量,有利于植物生长及对物质的吸收,而混交模式林分土壤含水量比纯林更高。从季节上来看,各样地土壤水分的月变化幅度很小,只有2%~3.5%的波动范围,这可能与土壤质地和高含石量有关。此外,7月份各样地间土壤含水量达到显著水平,4月份和12月份混交和纯林土壤水分与空地土壤含水量有显著差异,而两种林分间含水量差异不明显。

3 结论与讨论

从温度日变化来看,夏季白天各时刻气温值比较均为混交林<纯林<空地,10:00—14:00各样地气温差距最大。四季气温值均为混交林<纯林<空地,特别是夏季,林分通过降低温度可避免植物叶片日灼及高温危害。春季和夏季混交林与纯林月均气温有差异但未达到显著水平,但与林外气温差异达到显著水平,秋季和冬季3个样地间温度没有明显的区别。

不同季节空气相对湿度为夏季>秋季>冬季>春季,夏季空气相对湿度基本为混交林>纯林>空地,10:00—14:00间混交林空气湿度的变化幅度较纯林和空地平缓,夏季气温较高,植物蒸腾作用强,林分高空气湿度能够减少植物和土壤蒸发,使作物在较好的水分平衡状态下生长。4月份混交林与空地相对湿度有显著差异,与纯林无差异,7月份和10月份混交林空气相对湿度比纯林分别大5.5%、5.9%,但二者差异未达到显著水平,但与空地相对湿度差异性显著。12月份3个样地间相对湿度没有明显区别。

7月份白天各样地地表温度均高于地下5 cm温度,且混交林土温最低、空地土温最高。在温度较高的午后,混交林地表温度和地下5 cm温度差值较纯林和空地小。四季土壤平均温度均为夏季>秋季>春季>冬季,各样地地表和地下5 cm土温值夏季差值最大,冬季差值最小,混交林地表温度和地下5 cm温度都较纯林低,长期内能够改良土、增强土壤生产力^[11]。

3个样地土壤水分含量都是夏季最大、春季最小,且混交林土壤含水量高于纯林,7月份混交林和纯林土壤含水量差异性达到显著水平,其他月份差异不明显,说明混交林涵养水源的能力较纯林强。

总的来说,混交林改善小气候能力比纯林更强,主要表现在增加空气湿度和土壤水分含量,稳定气温和地温,这对于植物生长发育、有机物的积累及品质的提高具有重要的生理生态学意义。土壤温度由于温度变化迟滞效应,日变化和季节变化与气温变化不同步,空气温度对太阳辐射强度的敏感性比土壤温度的敏感性高,土壤湿度日变化和季节变化较小^[12-14],同本研究结果一致。

石灰岩山地由于其特殊的地质结构,生态敏感度

高,稳定性差,营造良好的小气候条件是实现生态系统稳定的基础。笔者对部分小气候因子日变化和季节变化进行具体阐述,但未结合乔木生长状况进行综合分析,以后需深入研究侧柏女贞混交林和侧柏纯林生长能力与小气候之间的关系,分析影响林木生长的主要小气候因子,使研究更加全面科学。

参考文献:

- [1] 杨钙仁,苏晓琳,蔡德所,等. 针阔混交林转为桉树林对森林小气候的影响[J]. 水土保持研究,2013,20(5):129-134.
- [2] Bailey T G, Davidson N J, Close D C. Understanding the regeneration niche: Microsite attributes and recruitment of eucalypts in dry forest[J]. Forest Ecology and Management,2012,269:229-238.
- [3] Zhao J, Wan S, Li Z A, et al. Dicranopteris-dominated understory as major driver of intensive forest ecosystem in humid subtropical and tropical region[J]. Soil Biology & Biochemistry,2012,49:78-87.
- [4] 马鸿儒,吉春容,李新建,等. 天山中部白杨沟天然林区森林小气候观测与分析[J]. 干旱区研究,2011,28(2):251-254.
- [5] 郑绍伟,黎燕琼,何飞,等. 卧龙森林生态站林内外主要

气象因子对比分析研究[J]. 成都大学学报,2006,25(3):210-213.

- [6] 王岩魏,忠平,潘文利,等. 辽河三角洲泥质海岸防护林小气候效益研究[J]. 水土保持研究,2011,18(4):65-68,73.
- [7] 陈文年,卿东红,张轩波. 沱江流域马尾松、湿地松人工林小气候比较[J]. 福建林业科技,2011,38(1):19-22.
- [8] ZHU Jiao-jun, TAN Hui, LI Feng-qin, et al. Microclimate regimes following gap formation in a montane secondary forest of eastern Liaoning Province, China[J]. Journal of Forestry Research,2007,18(3):167-173.
- [9] 李保国,张雪梅,郭素萍,等. 生态经济型水土保持林对小气候的影响[J]. 林业科技开发,2013,27(3):29-32.
- [10] 宋西德,罗伟祥,侯琳. 沙棘、侧柏混交林效益的研究[J]. 水土保持学报,1995,9(4):113-117.
- [11] 王翠英. 农田防护林综合效益分析[J]. 安徽林业科技,2005(3):54-55.
- [12] 闫文德,田大伦. 樟树人工林小气候特征研究[J]. 西北林学院学报,2013,21(2):30-34.
- [13] 曾士余,朱劲伟,冯宗炜,等. 杉木人工林辐射状况的初步分析[J]. 生态学杂志,1985,4(5):19-23.
- [14] 朱凤荣,胡海波,杨文睿. 江苏丘陵区栎林土壤温度与水分特征[J]. 湖北农业科学,2013,52(1):39-42.

(上接第109页)

参考文献:

- [1] 吕宪国. 湿地生态系统保护与管理[M]. 北京:北京工业出版社,2004.
- [2] 崔保山,杨志峰. 湿地生态系统健康评价指标体系: I 理论[J]. 生态学报,2002,22(7):1006-1012.
- [3] 林波. 湿地生态系统健康评价方法及其应用:以白洋淀湿地为例[D]. 北京:中国林业科学研究院,2010.
- [4] 孔红梅,姬兰柱. 生态系统健康评价方法初探[J]. 应用生态学报,2002,13(4):486-490.
- [5] 罗跃初,周忠轩,孙轶,等. 流域生态系统健康评价方法[J]. 生态学报,2003,23(8):1606-1614.
- [6] Wang Y K, Stevenson R J, Sweets P R, et al. Developing and testing diatom indicators for wetlands in the Casco Bay watershed, Maine, USA[J]. Hydrobiologia, 2006,561(1):191-206.
- [7] Ferrat L, Pergent-Martini C, Roméo M. Assessment of the use of biomarkers in aquatic plants for the evaluation of environmental quality: application to seagrasses[J]. Aquatic Toxicology,2003,65(2):187-204.
- [8] Montefalcone M. Ecosystem health assessment using the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: A review[J]. Ecological Indicators,2009,9(4):595-604.
- [9] Bhattacharya B, Sarkar S K, Das R. Seasonal variations and inherent variability of selenium in marine biota of a tropical wetland ecosystem: implications for bioindicator species[J]. Ecological Indicators,2003,2(4):367-375.

- [10] Sharma R C, Rawat J S. Monitoring of aquatic macro-invertebrates as bioindicator for assessing the health of wetlands: A case study in the Central Himalayas, India[J]. Ecological Indicators,2009,9(1):118-128.
- [11] 马克明,孔红梅,关文彬,等. 生态系统健康评价:方法与方向[J]. 生态学报,2001,21(12):2106-2116.
- [12] 陈展,尚鹤,姚斌. 美国湿地健康评价方法[J]. 生态学报,2009,29(9):5015-5022.
- [13] 张祖陆,梁春玲,管延波. 南四湖湖泊湿地生态健康评价[J]. 中国人口·资源与环境,2008,18(1):180-184.
- [14] 王一涵,周德民,孙永华. RS和GIS支持的洪河地区湿地生态健康评价[J]. 生态学报,2011,31(13):3590-3602.
- [15] 周民,米文宝,杨清兵. 宝湖湿地生态系统健康评价研究[J]. 宁夏大学学报:自然科学版,2012,33(1):106-111.
- [16] 陈奕,许有鹏,宋松. 基于“压力:状态:响应”模型和分形理论的湿地生态健康评价[J]. 环境污染与防治,2010,32(6):27-32.
- [17] 崔保山,杨志峰. 湿地生态系统健康评价指标体系. II:方法与案例[J]. 生态学报,2002,22(8):1231-1239.
- [18] 蒋卫国,李京,李加洪,等. 辽河三角洲湿地生态系统健康评价[J]. 生态学报,2005,25(3):408-414.
- [19] 江东,杨小唤,王乃斌,等. 基于RS,GIS的人口空间分布研究[J]. 地球科学进展,2002,17(5):734-738.
- [20] 刘红辉,江东,杨小唤,等. 基于遥感的全国GDP1km格网的空间化表达[J]. 地球信息科学,2005,7(2):120-123.