

不同退耕模式林草初夏小气候效应

姜 艳^{1,2}, 徐丽萍^{1,2}, 杨改河^{1,2*}, 任广鑫^{1,2}

(1. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100; 2. 陕西省循环农业工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 通过对安塞县几种不同类型退耕还林还草模式, 如混交林、人工灌木林、野生灌木林及林中草地进行了小气候观测, 分析了不同退耕模式林草配置下的主要小气候特征, 采用平行对比观测法定点定时观测了空气温湿度, 土壤温度, 水面蒸发并与对照裸地进行了对比。结果表明 4 种不同退耕模式林草配置在 6 月高温时期能显著降低空气温度和地表温度的日均值, 提高空气湿度和土壤湿度, 减少水面蒸发等, 具有明显的调节功能。4 种不同退耕模式日平均空气温度变化呈不对称的单峰曲线, 较对照裸地可以降低 0.41℃~1.2℃; 0~20 cm 各深度的土壤温度基本都是混交林<人工灌木林<野生灌木林<林中草地<对照裸地, 混交林内地面最高温度为 34.78℃, 明显比对照裸地 42.54℃低; 空气相对湿度日动态呈“U”型变化, 其中对照裸地相对湿度日均值最低, 混交林日均值最大, 为 55.2%, 比对照裸地高 3.95%; 水面蒸发量为裸地最大, 混交林及灌木林能有效减少水面蒸发, 减少量较对照裸地可达 50.54%和 55.20%。

关键词: 小气候特征; 不同退耕模式; 退耕还林还草

中图分类号: S718.51⁺2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)02-0162-06

在水土流失严重的黄土高原地区, 通过退耕还林还草提高坡地的植被覆盖度, 从而改善我国西北地区生态环境脆弱恶化和水土流失的状况是人类重大生态工程和重建西部生态的主要内容之一^[1,2]。许多学者都提出应把退耕坡地作为黄土高原水土流失控制和生态环境恢复的关键着力点^[3~9]。关于退耕还林还草目前已有较多研究, 但有关退耕还林(草)对气候的影响目前只能粗略地估算且相关研究较少, 已有的工作也多是进行事实分析研究^[10~12]。植被覆盖度的增加对局地微气候变化能产生一定的生态效应影响。本文通过对安塞县不同退耕模式下的小气候要素定点定时观测, 重点分析了不同退耕模式林草配置的夏季小气候效应, 试图分析黄土丘陵沟壑区人工植被恢复后的小气候变化, 并初步讨论这种变化与人类重大生态工程的关系。

1 研究区域概况

安塞县地处陕北黄土高原丘陵沟壑区, 位于 36°30′45″N~37°19′31″N, 108°51′44″E~109°26′18″E 之间, 南北长 92 km, 东西宽约 36 km, 土地总面积约 2 950.2 km²。地形地势西北高、东南低, 海拔高程在 997~1 731 m 之间, 地面相对高差多在 100~200 m 之间。地貌类型主要为黄土梁涧、黄土

峁状丘陵、黄土梁峁丘陵和沟谷阶地^[13]。丘陵、沟壑、山川交织分布, 沟壑密度约 4.7 km/km²。年平均气温 8.8℃, 无霜期约 157 d; 多年平均降水量为 505.3 mm, 年内分配不均, 降雨量的 63%发生在 7~9 月。地带性植被为森林灌丛草原, 具有明显的过渡性; 1999 年森林面积是 56 574 hm², 其中天然次生林面积为 17 900 hm²^[3], 且主要分布在南部, 天然草地主要为灌木草丛、干草原及低湿草甸等。土壤以黄绵土、绵沙土等黄土性土和灰褐土为主, 耕层土壤有机质含量较低。水土流失严重, 全县 94%的土地受到水土流失的影响, 土壤侵蚀模数为 4 000~15 000 t/(km²·a)。土地资源丰富, 但土地质量不高。1999 年耕地面积为 9.6 万 hm², 其中 8.4 万 hm²为坡耕地。

2 研究的内容与方法

2.1 观测点的选取

选择退耕还林(草)区域内相同坡度, 相同坡向并且具有典型代表性的几个观测点:

- 模式 1——小叶杨和刺槐混交林(混交林)。
- 模式 2——人工栽植沙棘灌木林(人工灌木林)。
- 模式 3——自然衍生沙棘灌木林(野生灌木林)。

收稿日期: 2006-08-25
基金项目: 国家重大基础预研项目(2005CCA05300)
作者简介: 姜艳(1981—), 女, 新疆乌鲁木齐人, 硕士, 主要从事资源与环境生态方面的研究。E-mail: jiangyan098@163.com。
* 通讯作者: 杨改河(1957—), 男, 陕西耀县人, 教授, 博士生导师, 主要从事资源与环境生态方面的研究与教学。

模式 4——退耕还林区林内部草地(林中草地)。

对照——退耕区相同立地条件下的裸地(对照裸地)。

2.2 观测方法设计

2.2.1 观测方法 根据研究需要,采用了短期野外特殊定点定时平行对比观测法,即选择要进行比较的地点进行同步对比观测的方法进行了小气候研究。在 2006 年 5 月 22 日~6 月 8 日选择了 4 种典型的退耕模式作为观测地段进行了为期 18 d 的气候观察。按照常规气象站的方法每次连续观测 10 h,从早上 8:00 开始每隔 2 h 观察 1 次,每天观察 6 次。因为篇幅所限,现只选取其中 6 月 1 日~6 月 7 日(均为晴朗微风的典型天气)连续 7 d 内的数据加以分析。

2.2.2 测定项目 测定项目包括空气温度、土壤温度、空气湿度、水面蒸发等。用美国制造的 Kestrel 4000 手持气象站温湿自计议测定空气温度和湿度,设定高度分别为 0.5,1.0,1.5 m。用直管温度表和曲管温度表测定地温、土壤温度,测定深度分别设定为 0,5,10,15,20 cm。水面蒸发采用普通 20 cm 口径标准气象蒸发器。

3 结果分析

3.1 不同退耕模式林草配置对空气温度的影响

图 1 是不同模式空气温度的比较研究。由图 1

可见,气温是随太阳辐射的变化而变化的,但不同模式林草配置对太阳辐射有不同的影响。如图 1a 所示,4 种不同模式林草配置的气温日变化规律基本一致,均为先升高又逐渐降低,呈不对称的单峰曲线。一天的最高温度均出现在 14:00 左右。混交林空气温度相对最低,对照裸地相对最高,在 10:00 和 12:00 之间的差异显著,其中 10:00 在距地面 100 cm 高度处差值最大为 2.98℃,且对照裸地气温日变化明显大于混交林、灌木林和草地。其它 3 种模式林草配置的空气温度依次为林中草地>野生灌木林>人工灌木林。

对不同模式空气温度垂直变化测定结果(图 1b)表明:夏季白昼近地面气温的垂直分布跟自由大气中气温的垂直分布基本一致,但气温的垂直递减率较小。白天日出之后,测点地面受辐射加热,温度迅速升高,在大气湍流交换作用下,以感热和潜热方式向大气输送热量随^[14,15]高度递减,但各层温差不大,1.0m 至 1.5m 高度上的气温分布较接近,0.5~1.0 m 处气温差异较为显著。对照裸地各层空气温度日变化较快,明显呈直线下降趋势,而混交林气温垂直变化幅度很小。

整体来看,无论是在水平方向还是在垂直方向混交林和灌木林内空气温度都较裸地低。可见,退耕还林区适度林草覆盖对空气温度具有明显的调节作用。

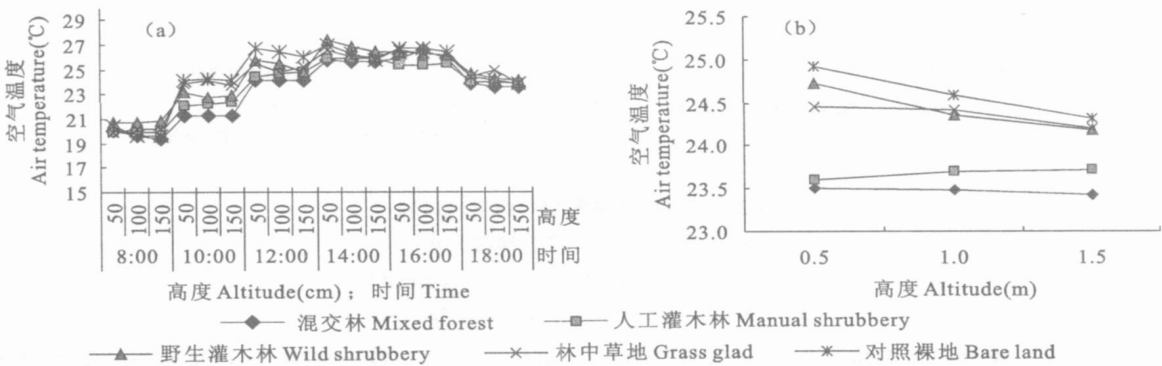


图 1 不同模式空气温度的比较

(a. 气温日变化 b. 气温垂直梯度变化)

Fig. 1 Comparison of air temperatures among the different models

(a. Daily variation b. Vertical changes)

由表 1 可以看出 4 种不同退耕模式与对照降低空气温度的效应:不同模式林草配置较对照裸地可以降低日平均空气温度 0.41℃~1.2℃,4 种模式林草配置的日最高空气温度比对照裸地降低 0.16℃

~1.65℃,平均降低 0.96℃。各模式林草配置的空气温度日较差均比对照裸地的低 1.05℃~2.2℃。由此可知,不同退耕模式的林草都具有明显的减小空气温度日较差的效应。

表 1 不同模式与对照的空气温度变化

Table 1 Variation of air temperature between the different models and the reference (℃)

模式 Model	日均值 Daily average			最高值 Maximum			最低值 Minimum			日较差值 Daily difference value		
	测定值	裸地值	差值	测定值	裸地值	差值	测定值	裸地值	差值	测定值	裸地值	差值
	Measured value	Bare land value	Difference value	Measured value	Bare land value	Difference value	Measured value	Bare land value	Difference value	Measured value	Bare land value	Difference value
混交林 Mixed forest	23.40	24.60	1.20	28.15	29.80	1.65	17.20	17.80	0.60	10.95	12.00	1.05
人工灌木林 Manual shrubbery	23.67	24.60	0.93	28.00	29.80	1.80	18.20	17.80	-0.40	9.80	12.00	2.20
野生灌木林 Wild shrubbery	24.31	24.60	0.29	29.58	29.80	0.22	19.30	17.80	-1.50	10.28	12.00	1.72
林中草地 Grass glad	24.19	24.60	0.41	29.64	29.80	0.16	19.00	17.80	-1.20	10.64	12.00	1.36

3.2 不同退耕模式林草配置对空气湿度的影响

图 2 为不同模式空气相对湿度的比较。由图 2a 可以看出, 4 种不同退耕模式林草配置的相对湿度日变化基本一致, 均表现为: 日出时常出现一较高值, 随后迅速下降, 在气温较高、太阳辐射最强的中午, 空气相对湿度最低, 随后又开始缓慢上升。

而由图 2a 和图 1a 对比可知, 各个模式相对湿

度日变化和空气温度日变化相反, 空气相对湿度曲线呈“U”型, 中午前后相对湿度较小, 即空气温度最高时, 不同模式各层的相对湿度最小, 相对湿度的日变化趋势与温度的日变化呈明显的负相关。混交林和人工灌木林相对湿度均明显大于对照裸地, 这说明退耕后林草对空气具有明显的增湿作用。

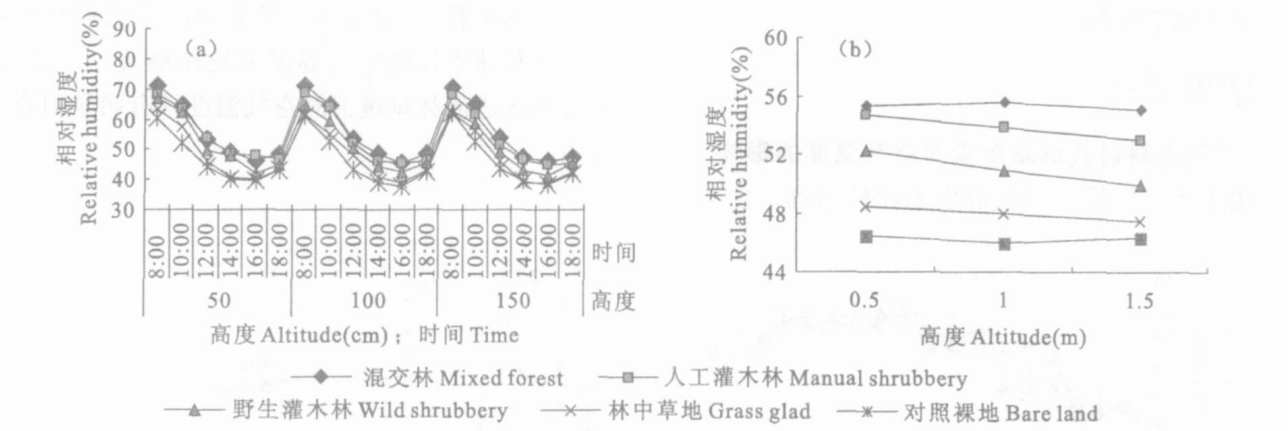


图 2 不同模式空气相对湿度的比较

(a. 日变化 b. 垂直梯度变化)

Fig.2 Comparison of air relative humidity among the different models

(a. Daily variation b. Vertical changes)

由图 2b 可知, 林内相对湿度的垂直梯度变化与温度的垂直梯度分异相似, 各测定层相对湿度一般规律是高度 50 cm>100 cm>150 cm。近地面空气相对湿度最大, 说明气温条件的影响是测点夏季白昼相对湿度垂直分布的主控因素, 受太阳辐射的影响, 地面蒸散强度大, 近地层水汽含量较多, 另一方面, 在林木的保护下, 上下层交换气流减少, 使树木蒸腾的水分在近地层的大气中逗留的时间延长, 提

高空气湿度。这对于减少土壤水分的无效蒸发、防止土壤干旱具有重要意义。

混交林高度上升到 1.0 m 以后空气相对湿度变化平缓, 其它模式基本呈直线下降。具体表现为对照裸地空气相对湿度最小, 为 46.34%~46.51% 之间, 平均为 46.25%, 变幅为 0.17%; 混交林空气湿度最大, 在 55.10%~55.36% 之间, 平均为 55.35%, 变幅为 0.26%。

表 2 不同模式与对照裸地的相对湿度效应比较

Table 2 Comparison of the air relative humidity between the different models and the reference(%)

模式 Model	日均值 Daily average value			最高值 Maximum			最低值 Minimum		
	测定值 Measured value	裸地值 Bare land value	增湿值 Difference value	测定值 Measured value	裸地值 Bare land value	增湿值 Difference value	测定值 Measured value	裸地值 Bare land value	增湿值 Difference value
混交林 Mixed forest	55.20	51.25	3.95	79.00	70.50	8.50	18.80	14.40	4.40
人工灌木林 Manual shrubbery	53.86	51.25	2.61	77.40	70.50	6.90	19.30	14.40	4.90
野生灌木林 Wild shrubbery	51.42	51.25	0.17	71.50	70.50	1.00	17.50	14.40	3.10
林中草地 Grass glad	51.93	51.25	0.68	70.85	70.50	0.35	10.90	14.40	-3.50

表 2 直观细致地表现出不同模式与对照裸地的相对湿度效应。4 种不同退耕模式均比对照裸地的空气相对湿度高。混交林的相对湿度日均值最大为 55.2%，比对照裸地高 3.95%，日最高值为 79%，比对照裸地高 8.5%，日最低值为 18.8%，比对照裸地高 4.4%。分析表明混交林和人工灌木林均具有明显的提高空气相对湿度的效应，而野生灌木林和草地也能不同程度地提高空气相对湿度，但是效果不明显。

3.3 不同退耕模式林草配置对土壤温度的影响

图 3 表示的是 4 种退耕模式土壤温度的比较。

图 3 的 a、b、c、d 分别是 0, 5, 10, 20 cm 土壤温度的变化曲线，从图中可以看出，各深度的土壤温度基本都是混交林<人工灌木林<野生灌木林<林中草地<对照裸地。混交林和人工灌木林的林内升、降温较缓和，而野生灌木林、林中草地和对照裸地升温、降温比较快。随土壤深度的增加各深度的土温差距减小。混交林内地面最高温度为 34.78℃，明显比对照裸地 42.54℃ 低。因此，林木对土壤温度也具有明显的调节功能。

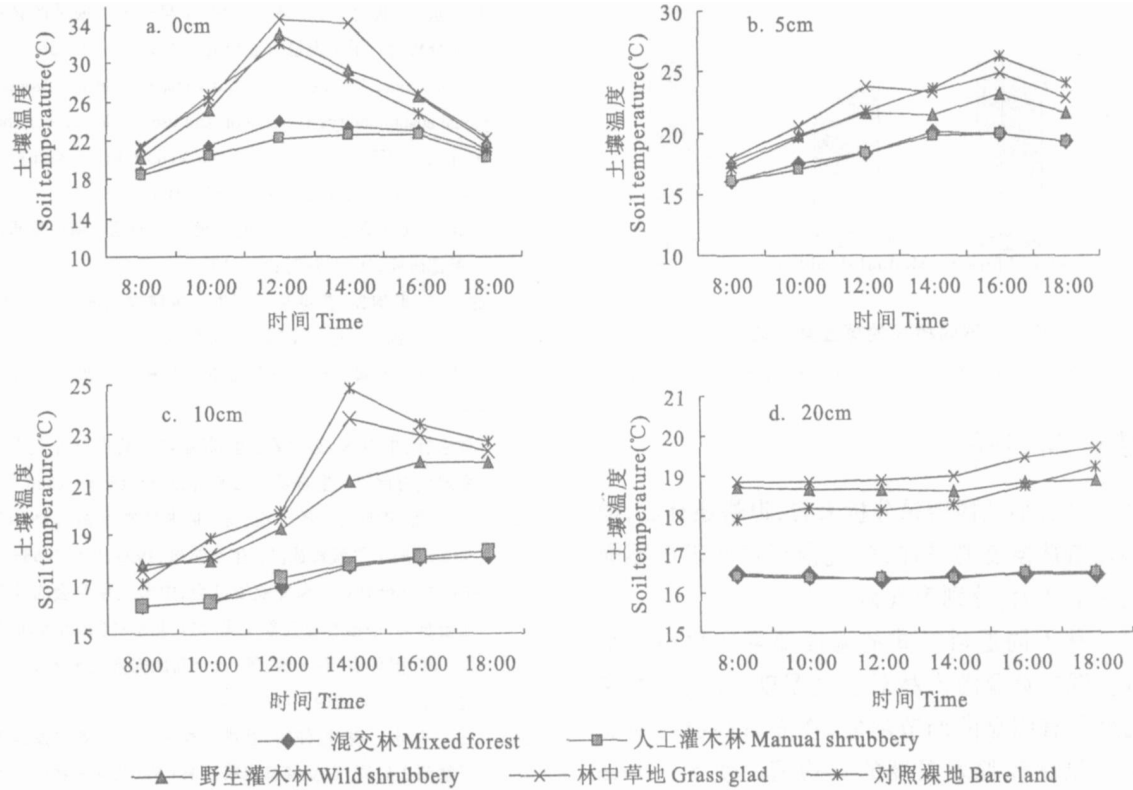


图 3 不同模式土壤温度的比较

Fig. 3 Comparison of soil temperatures among the different models

值得指出的是，图 3a 表现为草地地表温度最高且变化大，这可能是因为草地个体矮小，遮荫效应较差，不能大幅度地减少太阳的直接辐射热，受环境影

响较大，疏松的表层有增加热量吸收的作用，容易出现温度高且变化大的现象。

混交林和人工灌木林林内土壤温度变幅减小，

温度变化缓和,且混交林和人工灌木林之间各层温度相差不大,时有重叠现象,如图 3(b、c、d),这说明混交林和人工灌木林对土壤温度调节能力相似,原因在于两者郁闭度基本一致。

3.4 不同退耕模式林草配置对水面蒸发的影响

林木具有减小水面蒸发的效应,原因是树林中,由于高大的树体使风速和乱流强度减弱,水汽不易向上扩散,空气饱和差小,且白天又具有降温效应。从而下垫面树木林草可以减少林地水分蒸发,这对降低土壤水分消耗,保障树木对水分的需求具有重要意义^[16]。据连续 7 d 对混交林和人工灌木林内水分蒸发测试结果表明:这两种退耕模式林草配置的水分蒸发量均低于对照裸地,如图 4 所示。对照裸地的水面日蒸发量最大,为 6.43 mm;混交林次之,为 3.20 mm;人工灌木林的水面日蒸发量最小,为 2.88 mm,两种林分分别较对照减少了 3.23 mm 和 3.55 mm,减少量达 50.54%和 55.20%。

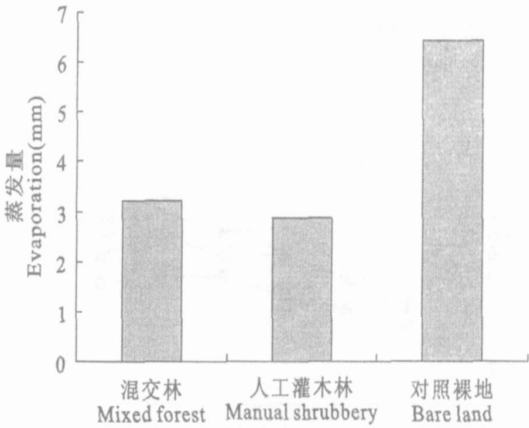


图 4 不同模式的蒸发量比较

Fig.4 Comparison of the evaporation among different models

4 结论与讨论

从观察的小气候结果分析来看,退耕还林后,随着下垫面植被覆盖的增加,微气候环境体现出不同的气候调节能力,分别表现为:

1) 4 种不同退耕模式的温度要素变化趋势基本一致。混交林及灌木林对空气温度、地表温度和土壤温度具有明显的调节功能,在 6 月高温时期能降低空气温度和地表温度的日均值。使 5~10cm 深度的土壤温度保持比较稳定的状态。

2) 4 种不同退耕模式均较对照裸地的空气相对湿度高。混交林的相对湿度日均值为 55.2%,比对照裸地高 3.95%,日最高值为 79%,比对照裸地高 8.5%,日最低值为 18.8%,比对照裸地高 4.4%。退耕还林后植被覆盖增加还可以减少水分

蒸发,从而降低土壤蒸发。

3) 对退耕还林区域小气候调节能力最强的是混交林和人工灌木林,其次是野生灌木林。草地对温湿度,蒸发等的调节能力较差。

4) 小气候效应差异的主要原因都是由于实施退耕还林还草后地面植被覆盖度差异引起的。可见,实施退耕还林还草对该区域小气候环境的改善起着非常重要的作用。

由于设施、场地、费用等条件限制,目前笔者仅在夏季 12 h 对各个模式进行了连续观测,其它季节以及夜晚的情形有待进一步研究。

参考文献:

[1] 徐 勇,张同升,杨勤科.黄土高原安塞县生态退耕情景及农业影响[J].地理学报,2006,4(61):369—371.

[2] 徐德应.森林与大气[A].周晓峰.中国森林与生态环境[C].北京:中国林业出版社,1999.

[3] 王晓冬.陕甘宁地区气候暖干化农业影响分析[J].干旱地区农业研究,2002,19(3):128—130.

[4] 陈利顶,傅伯杰,Ingmar M essing.黄土丘陵沟壑区典型小流域土地持续利用案例研究[J].地理研究,2001,20(6):713—722.

[5] 蒋 骏,王俊鹏,马 林.宁南半干旱—干旱偏旱区农业气候特征分析[J].干旱地区农业研究,1996,(4):51—56.

[6] Li Xiao jian, Jim Peterson, Liu Gang jun, et al. Assessing regional sustainability: the case of land use and land cover change in the middle Yiluo catchment of the Yellow River Basin[J]. Applied Geography, 2001,21(1):87—106.

[7] 许炯心.黄土高原生态环境建设的若干问题与研究需求[J].水土保持研究,2000,7(2):10—13.

[8] 徐 勇,田均良,沈洪泉,等.生态重建模式的评价方法:黄土丘陵区为例[J].地理学报,2004,59(4):621—628.

[9] 康晓光.坝系农业——治黄之本[J].科技导报,1993,62(8):3—6.

[10] 林永标,申卫军,彭少麟,等.南亚热带鹤山三种人工林小气候效应对比[J].生态学报,2003,23(8):1658—1666.

[11] 常 杰,潘晓东,葛 滢,等.亚热带常绿阔叶林(*Quercus glauca*)的小气候特征[J].生态学报,1999,19(1):68—75.

[12] 中国林学会林业气象专业委员会,中国气象学会农业气象专业委员会.中国林业气象文集[M].北京:气象出版社,1989.

[13] 焦 峰,温仲明,石 辉,等.黄土高原安塞县土地结构[J].山地学报,2004,22(4):406—410.

[14] 王 飞,李 锐,温仲明.退耕工程生态环境效益发挥的影响因素调查研究:以安塞县退耕还林(草)试点为例[J].水土保持通报,2002,22(3):1—4.

[15] 曾友特,余作岳,张文其.小良热带人工混交林早期的温湿效应[J].生态学报,1995,15(增刊):204—210.

[16] H D B radshaw. Emerging model system s in plant biology: poplar(*populus*) as a model forest tree[J]. J Plant Growth Regul, 2000,(19):306—313.

Research on evaluation system and calculating methods
of regional environmental sustainable degree
——A case study of Yulin

LUO Hui¹, ZHAO Hai-feng², HE Hao¹, LIU Lu¹, GAO Xiao-bin¹

(1. Shaanxi Provincial Meteorological Bureau, Xi'an, Shaanxi 710015, China;

2. College of Economics & Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: This paper try to construct a regional composite evaluating index system based on the adaptive capability responding to climate change from the view of sustainable development. The recent research of sustainable development focuses on theoretic and realization approaches; there still is no unified sustainable indexes system that linked them together, so this work has clear practical meaning. Based on literatures about sustainable index system, this paper divides the system into three sub-systems by taking region as regional unit, e.g. economic sub-system, resources-environmental sub-system and socio-population sub-system. Based on some principles, such as harmonious development between eco-environmental and socioeconomic situation, capacity building, maneuverability and so on, it constructs evaluation indices system of regional environmental sustainable degree of Yulin City that is background of this research. Moreover, the hierarchical analytic method is applied to analyze the environmental sustainable degree in three parts, which are level degree, potential degree and coordinated development degree. According to the quantificational environmental sustainable degree and its dynamic evolution, it shows that development of Yulin City is unsustainable up to now. It also predicts that it will attain primary sustainable development till 2010 and essential sustainable development till 2015 since the carrying out of cycling economic ideas and awareness of environmental protection. Finally, some countermeasures are given to realize these goals.

Keywords: eco-environment; sustainable degree; evaluation system; cycling economic

(上接第 166 页)

Microclimate effects under different forest-grass rehabilitation
of vegetation models in summer

JIANG Yan^{1,2}, XU Li-ping^{1,2}, YANG Gai-he^{1,2*}, RENG Guang-xin^{1,2}

(1. Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. The research center of recycle agriculture engineer and technology of Shaanxi Province, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: According to observations on the microclimate of different models of forest-grass rehabilitation, such as mixed forest, manual shrubbery, wild shrubbery and grass glad, in Ansai experiment station, the main climate factors, such as air temperature, relative humidity, soil temperature, evaporation from water surface and so on, were analyzed. The result shows; the 4 models of forest-grass rehabilitation can significantly reduce average air and soil temperature, increase moisture of both air and soil in June, and have obviously a regulation function. The daily average air temperature changes with a asymmetry one-peak curve, and is 0.41℃~1.2℃ lower than that of bare land. The order of the temperature of 0~20 cm layer soil is; mixed forest<manual shrubbery<wild shrubbery<grass glad<bare land. The maximal temperature on soil of the mixed forest is 34.78℃, which is obviously lower than 42.54℃ of the bare land. The daily change curve of the air relative humidity takes “U” form. The air relative humidity of the bare land is the lowest, and that of mixed forest is the highest, which is 55.2%, 3.95% lower than that of the bare land. Compared with the bare land, the mixed forest and manual shrubbery can reduce evaporation from water surface 50.54% and 55.20%, respectively.

Keywords: characters of microclimate; different models; rehabilitation of vegetation