

# 次生栎林蒸腾强度与生态因子的关系

郑阿宝 钟育谦

(江苏省农林厅林业局, 南京 210013)

阮宏华 姜志林

(南京林业大学, 南京 210037)

**摘要:** 采用多元回归分析和灰色关联分析方法, 探讨下蜀次生栎林蒸腾强度与生态因子的相关关系。研究认为用二次或三次多项式回归方程比用一元线性回归方程和指数回归方程拟合更能反映各生态因子在整个生长季中与蒸腾强度关系的性质。影响蒸腾强度的主要生态因子是温度和净辐射; 其次是空气相对湿度和土壤热流量; 风速和土壤含水率的影响很小。灰色关联分析与多元回归分析的结论一致。研究结果为进一步阐明次生栎林的结构和功能提供了理论基础。

**关键词:** 次生栎林; 蒸腾强度; 生态因子; 灰色关联分析

**中图分类号:** S718 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2000)02-0027-03

**The correlation between environmental factors and transpiration intensity of the secondary oak stand**  
ZHENG A-bao, ZHONG Yu-qian (Forest Service of Agroforestry Department of Jiangsu Province, Nanjing 210013), RUAN Hong-hua, JIANG Zhi-lin (Nanjing Forestry University, Nanjing 210037), *J. Plant Resour. & Environ.* 2000, 9(2): 27~29

**Abstract:** The correlation between environmental factors and transpiration intensity of the secondary oak stand was studied. The correlation of the transpiration intensity and environmental factors simulated by second or third multinomial regression equations was perfect than by one variable linear regression equation and exponential regression equation. The results showed that the major environmental factors affecting transpiration intensity were net radiation and air temperature. Relative humidity and soil heat fluxes came in second. Wind velocity and average water capacity of soil were unremarkable.

**Key words:** secondary oak stand; transpiration intensity; environmental factors; grey relation grades analysis

蒸腾作用是林木的重要生理过程,也是自然界水分平衡的重要因子之一。不同作者对蒙古栎 (*Quercus mongolica* Turcz.) 林、樟子松 (*Pinus sylvestris* L. var. *mongolica* Litv.) 人工林, 茶树 (*Camellia sinensis* Kuntze) 人工林, 杉木 (*Cunninghamia lanceolata* Hook.) 人工林和草原植物群落等作了研究<sup>[1~5]</sup>。以栎类占优势的含有常绿成分的落叶阔叶林是北亚热带至暖温带过渡区的地带性植被,在苏南丘陵地区占有重要的林学地位。有关苏南丘陵次生栎林中栓皮栎 (*Quercus variabilis* Bl.)、枫香 (*Liquidambar formosana* Hance.) 两树种蒸腾强度与生态因子之间相互关系方面的研究未见报道<sup>[1~5]</sup>。本研究旨在从森林蒸腾角度进一步探索次生栎林生态系统的结构和功能,为正确制定次生栎林的经营管理模式提供科学依据。

## 1 试验地概况及研究方法

### 1.1 试验地概况<sup>[6]</sup>

试验地设在南京林业大学下蜀森林生态定位观测站青山次生栎林中。地理位置为东经 119°14', 北纬 31°59'。属亚热带季风气候区。年均气温 15.2℃, 年均相对湿度 79%, 年均降雨量 1 055.6 mm 且主要集中于 6~8 月。

土壤为黄棕壤,质地粘质至壤质, pH 约 5~6,

**收稿日期:** 1999-12-17

**基金项目:** 国家林业局重点课题“下蜀城市森林生态系统定位研究”部分内容

**作者简介:** 郑阿宝,男,1961年11月生,江苏溧阳人,博士生,高级工程师。现任江苏省农林厅林业局副局长。主要从事森林资源监测、保护生物学、森林生态尤其是地带性植被恢复等方面的研究。

生长季土壤平均含水率 11%~25%。

所研究的次生栎林是天然荫生林,平均年龄 43 a。树种组成为 9 栓皮栎 1 麻栎 + 枫香。林分郁闭度 0.85,平均胸径 19.4 cm,平均树高 17.2 m。

## 1.2 研究方法

1.2.1 蒸腾强度的测定 采用 ZHT 型数字蒸腾作用测定仪,于 1996 年林分生长季对次生栎林中栓皮栎和枫香两树种,按照树冠上、中、下三个层次的垂直梯度进行蒸腾强度的连续测定。野外测定选择非雨日从 6:00~18:00 每隔 2 h 测定 1 次,每次各层分别选择 5 个样叶,取其平均值。测定项目及计算公式参见文献[2]。

1.2.2 小气候因子的观测 小气候因子的测定用森林能量平衡及蒸散定位研究方法。

1.2.3 土壤含水率测定 按 10 cm 一层取林下土壤,取至 100 cm,用烘干法测定含水率。取样时间为每观测日 13:00,各层次土壤含水率的平均值为该日土壤平均含水率。

## 2 结果与分析

### 2.1 栓皮栎和枫香蒸腾强度与生态因子单相关分析

采用一元线性回归、指数回归、二次多项式回归、三次多项式回归 4 种曲线方程来拟合两树种蒸腾强度与光照、净辐射、风速、空气相对湿度和土壤热流通量之间的相关关系,最优拟合结果见表 1。从

表 1 可知蒸腾强度与风速和土壤平均含水率关系不明显,有待进一步研究。

单因子相关分析可以初步判断各生态因子对蒸腾强度的作用性质,但是每个因子并不是独立存在和起作用的,其间还存在着相互制约和相互作用。为了更准确分析各生态因子与蒸腾强度的关系,需进行多因子综合分析。

### 2.2 栓皮栎和枫香蒸腾强度与生态因子相互关系的多元回归分析

森林的蒸腾受其生物-物理机制所制约。在同一立地条件下,对同一种森林类型而言,其蒸腾量的大小主要决定于生态因子的影响。为了系统、综合地对影响林分蒸腾强度的生态因子进行相关分析,采用多元回归分析和逐步回归分析的方法,结果如表 2 所示。

栓皮栎蒸腾强度与太阳净辐射关系最密切,其次是温度和相对湿度(负相关),土壤热流通量和风速的影响最小(表 2)。模型 II 是经逐步回归筛选后得到的,表明影响栓皮栎蒸腾强度的主要因子是净辐射( $r_{NR} = 0.843$ ),其次是温度因子( $r_T = 0.425$ )。多元回归分析和逐步回归分析的结果一致。

影响枫香蒸腾强度的因子作用次序与栓皮栎相同(表 2)。净辐射影响最显著,其次是温度和相对湿度(负相关),土壤热流通量和风速的影响较小。模型 II 是经逐步回归筛选后得到的,它表明影响枫香蒸腾强度的主要因子是净辐射( $r_{NR} =$

表 1 蒸腾强度与生态因子的单相关分析

Table 1 The single relationship analysis of environmental factors and transpiration intensity

因子 Factors	树种 <sup>1)</sup> Tree species	回归方程 Regression equation	样本数 Sample number	相关系数 Relation coefficient	F <sub>0.01</sub>	回归精度 Regression precision (%)
温度 Temperature	Q	$Y = 61.1816 - 13.2852X + 0.9670X^2 - 0.015X^3$	70	0.7308149	0.304	87.23
	L	$Y = -125.1686 + 10.8059X - 0.1301X^2 + 0.0005X^3$	79	0.7822967	0.285	89.10
净辐射 Net radiation	Q	$Y = 15.1625 + 0.2605X - 0.0001X^2$	53	0.9082782	0.351	93.26
	L	$Y = 17.2165 + 0.1038X - 0.0001X^2$	52	0.8459646	0.354	89.73
相对湿度 Relative humidity	Q	$Y = -1489.0385 + 59.8200X - 0.7189X^2 + 0.0027X^3$	58	0.5465969	0.335	83.56
	L	$Y = -445.7398 + 19.8518X - 0.2358X^2 + 0.0008X^3$	64	0.5189120	0.321	85.76
土壤热流通量 Soil heat fluxes	Q	$Y = 33.9854 + 3.7826X + 0.1834X^2$	48	0.8690664	0.371	87.35
	L	$Y = 23.4577 + 2.2909X + 0.1629X^2$	47	0.8458389	0.372	89.76
风速 Wind velocity	Q	$Y = 51.46289e^{1.821652X}$	69	0.2214565	0.230	
	L	$Y = 40.4282 + 102.1667X - 83.3923X^2$	70	0.2304010	0.231	
土壤含水率 Water capacity of soil	Q	$Y = 207.2327 - 11.9002X + 0.3110X^2$	17	0.2253476	0.371	
	L	$Y = 861.3764 - 136.7111X + 7.2771X^2 - 0.1191X^3$	17	0.2705438	0.371	

<sup>1)</sup> Q: 栓皮栎 *Quercus variabilis* Bl.; L: 枫香 *Liquidambar formosana* Hance.

0.791), 其次就是温度因子( $r_T = 0.627$ )。

### 2.3 生态因子对蒸腾强度影响的灰色关联分析

温度、净辐射、空气相对湿度三个因子对两树种蒸腾强度的影响作用次序相同, 分列第 1、2、3 位, 即温度因子的关联程度最大, 太阳净辐射因子次之, 再次是相对湿度因子(表 3)。土壤热流通量和风速因

子对两树种蒸腾强度的影响稍有不同。关联分析结果与多元分析结论中净辐射因子与温度因子作用次序稍有差异, 但两者仍然都是影响两树种蒸腾强度的最显著因子, 且温度与净辐射密切相关, 因此多元分析与灰色关联分析的结论基本一致。

表 2 栓皮栎、枫香蒸腾强度与生态因子的回归分析<sup>1)</sup>

Table 2 The regression analysis of environmental factors and the transpiration intensity of *Quercus variabilis* and *Liquidambar formosana*<sup>1)</sup>

模型 Model	栓皮栎 <i>Quercus variabilis</i> Bl.	枫香 <i>Liquidambar formosana</i> Hance.
I	$TR = -59.1521 + 3.4853T + 0.1745NR - 0.1316RH + 0.9518SF - 0.6956WF$ $r = 0.8912 \quad n = 40$ $r_T = 0.4998 \quad r_{NR} = 0.5939 \quad r_{RH} = -0.1532$ $r_{SF} = 0.0471 \quad r_{WF} = -0.0083$	$TR = -146.1550 + 3.5677T + 0.1423NR - 0.8787RH + 0.7671SF - 18.1554WF$ $r = 0.8735 \quad n = 40$ $r_T = 0.5779 \quad r_{NR} = 0.5971 \quad r_{RH} = -0.3605$ $r_{SF} = 0.1506 \quad r_{WF} = 0.2399$
II	$TR = -30.3789 + 1.9760T + 0.1924NR$ $r = 0.885 \quad n = 40 \quad r_T = 0.425 \quad r_{NR} = 0.843$	$TR = -56.3007 + 2.8224T + 0.1281NR$ $r = 0.891 \quad n = 40 \quad r_T = 0.627 \quad r_{NR} = 0.791$

<sup>1)</sup>TR:蒸腾强度 transpiration intensity (g/(m<sup>2</sup>·h)); NR:净辐射 net radiation (W/m<sup>2</sup>); T:温度 temperature(°C); RH:相对湿度 relative humidity(%); SF:土壤热流通量 soil heat fluxes(W/m<sup>2</sup>); WF:风速 wind velocity(m/s)

表 3 影响蒸腾强度生态因子关联度序

Table 3 The analysis of grey relation grades for environmental factors affecting transpiration intensity

生态因子 Environmental factors	栓皮栎 <i>Quercus variabilis</i> Bl.		枫香 <i>Liquidambar formosana</i> Hance.	
	关联度 Relation grades	关联度序 Relation grades sequence	关联度 Relation grades	关联度序 Relation grades sequence
温度 Temperature	0.4729969	1	0.4974190	1
净辐射 Net radiation	0.4351271	2	0.3323533	2
相对湿度 Relative humidity	0.3838785	3	0.3315196	3
土壤热流通量 Soil heat fluxes	0.3000825	4	0.2903246	5
风速 Wind velocity	0.2088943	5	0.3286728	4

## 3 结论

(1) 用二次或三次多项式回归方程拟合比用一元线性回归方程和指数回归方程拟合更能反映各环境因子在整个生长季中与蒸腾强度关系的性质。

(2) 影响蒸腾作用的主要生态因子是温度和净辐射, 其次是空气相对湿度和土壤热流通量, 风速和土壤含水率的影响很小。栓皮栎的蒸腾强度与生态因子关系的逐步回归方程为  $TR = -30.3789 + 1.9760T + 0.1924NR$ ,  $r = 0.885$ 。枫香蒸腾强度与生态因子关系的逐步回归方程为  $TR = -56.3007 + 2.8224T + 0.1281NR$ ,  $r = 0.891$ 。

(3) 灰色关联分析表明影响栓皮栎蒸腾强度诸生态因子的作用次序是温度 > 净辐射 > 相对湿度 > 土壤热流通 > 风速。环境因子对枫香蒸腾强度影响

的作用次序大致相同。灰色关联分析的结论与多元回归分析结果一致。

### 参考文献

- [1] 穆天民, 阎伟. 兴安落叶松森林蒸腾的初步研究[J]. 东北林学院学报, 1982, (2): 21~29.
- [2] 焦树仁. 樟子松人工林蒸腾耗水量的初步研究[J]. 辽宁林业科技, 1984, (1): 15~18.
- [3] 赵雨森, 熊振家. 樟子松蒸腾强度的研究[J]. 东北林业大学学报, 1991, 19(5): 113~118.
- [4] 康文星, 田大伦. 杉木人工林水量平衡和蒸散的研究[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1992, 16(2): 187~190.
- [5] 周晓峰主编. 森林生态系统定位研究. 第一集[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1991.
- [6] 姜志林主编. 下蜀森林生态定位研究论文集[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992.

(责任编辑: 惠红)