

## 台湾泥岩地区刺竹林之微气候模式

张俊斌

(台湾中兴大学水土保持学系, 台湾台中 402)

**摘要:** 以野外土壤立地条件而言, 植物环境的微气候, 不仅会影响植物之发育与生长, 亦能作为仿真野外现场之试验用。因此, 如何量化微气候之变异与植物生理反应之关系, 对土壤贫瘠之泥岩地区植物之生长就显得格外重要。探讨泥岩地区盆栽植物之微气候影响因素, 并以蒸发散量模式量化这些因子。并由此盆栽之试验结果, 推衍至大面积不同植群之微气象量化模式。以台湾西南部泥岩地区之刺竹植物为例, 推演微气候能量平衡模式, 以描述植物蒸发散及其周围温湿度、叶温及日射等环境微气象因子之变化, 并以实测数据验证比较不同模式之适称性与预测性能。由野外实测值与模式之预测值比较结果, 经统计残差分析显示此模式合乎物理之合理性。对于刺竹覆盖植物之微气候蒸发散预测模式, 此模式的显著误差出现于日照迅速变化时段或极端温湿度变动大时。

**关键词:** 微气候模式; 主成分回归; 蒸发散

**中图分类号:** X173; S795.3

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2002)03-0092-05

## Study on Microclimate Models for Thorny Bamboo in Taiwan Mudstone Area

ZHANG Jun-bin

(Department of Soil and Water Conservation, Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan, China)

**Abstract:** The microclimate of plant environment not only influence the development and growth of plants, but also can does simulation for field study. Therefore, it is of great importance to plant growth at mudstone area to quantify micrometeorological variance and physiological response. The influence factor of microclimate for potted plant at mudstone area is discussed. A microclimate model is applied to describe the air temperature, relative humidity, soil temperature, leaf temperature and solar radiation which are measured for potted plant of thorny bamboo at mudstone area. Values of model prediction are compared to field observation at mudstone for verification of these models by modern statistics analysis. The primary deviation for these simple models is caused by the variation of rapid changes in meteorological such as solar radiation, leaf temperature and relative humidity.

**Key words:** microclimate model; principal components regression; evapotranspiration

### 1 前言

集水区之水资源开发为台湾之重大建设之一, 而为求永续经营以稳定河川流量、净化水质, 进而减少集水区之泥砂灾害与淤积, 持续集水区水库之有效容量, 尽量减少蒸发散量之损失与了解其微气候环境之影响, 实为当前迫切解决之水资源管理课题之一。降水为集水区水资源开发之源, 而我们能利用者, 大都为地表径流与地下水, 蒸发散及潜流漏失较难以使用。而由水文循环中、水收支平衡中可知, 较易调节水收支的乃为蒸发散, 而集水区适宜之植被经营, 可减少蒸发散至相当程度。因此, 若要探讨蒸发散对环境水资源之影响, 则需深入了解植物之生长、分布及习性等对微气候环境蒸发散之关系。

泥岩地区因其特殊的自然环境, 导致植生不易入侵与演替, 一般学者专家大多针对其地质土壤不利因素作相关的探讨研究(Lin and Chang, 1999; 张等, 1999) 或针对其地区之微气候因子作些叙述性之定性探讨。但依据相关文献报告可知, 影响植生之重要因子, 除了其生育地土壤条件外, 当地之微气候环境亦影响甚巨。然而覆盖植物内部微气候与外界大气之关系尚未完全了解, 因此无法根据大气环境与栽植植物生长需求条件, 适时适地进行栽植工作与改善之道。另者, 刺竹林地之土砂灾害问题丛生, 张等(1999), 张与林(1999)及Lin与Chang(1999)在多篇文献里已有详述, 其一年之泥砂产量为一复层植被林地之13倍, 且绿蔽率占泥岩植物约80%。因此, 泥岩地区刺竹覆盖植物之微气候环境变化实有

其研究之必要,以更了解其对环境因子之影响。

本研究以泥岩地区适生之覆盖植物刺竹为对象,利用微气候蒸发散模式以了解盆栽植物周遭之气象因子及变化情形并以化模式代表之;针对蒸发散重量差值反应解释其与周围微气象因子之关连模式,并讨论此模式之合理性、准确性及适用性等,作为未来其对温度逆境之反应及其它物化生理量(蒸发散、光合作用等)之推测。因此,泥岩地区覆盖植物之微气候蒸发散模式,其建立与验证之主要目的为(1)了解与量化泥岩外在环境因子变动时植物环境微气候所受之影响。(2)以简易之蒸发散模式作为栽植微气候环境逆境之变异。(3)利用微气候模式,评估植物之适用性。

在生物气象的研究方面,一般常需利用试验地附近气象站的资料,以估算植物生育期与积温、病虫害发生之预测、灌溉需水量估算(谭, 1989; 施与黄, 1989, 林及叶, 1989)以及植被分布等之植物生长与气象环境间的关系,或由气候测站资料以推估未设站地区的气象条件(徐及谢, 1993)。然而,微气象变化有其时间性与区域性,除非在试验地设有观测站,否则在引用气象资料时,尚须考虑距离、地形变化、植被及地势高低等,申与黄(1996),指出微气象资料的有效适用范围气温可达半径 20 km,其余皆局限在 5 km 之内。因此,本研究于台南六甲乡红泉坑小集水区上架设微气象站,并以盆栽植物之蒸发散量测植来探讨其与周围微气象因子之关系,并量化为简易之蒸发散模式,且验证说明其适称性与预测准确性。

国际上有关蒸发量之研究报告已甚多,其测定之方法亦多(林与张, 2000),但因尺度问题与因地制宜之适用性而多有争议, Kramer (1983)、Aston (1984)、Fynn (1993)、Van Meurs (1992),则认为重量变化较可信,也较合乎实际的状况,惟需考虑如何应用于大面积上。利用气象观测资料估算潜在蒸发散量的方法可分为下列几大类(Rosenberg et al., 1983): (1)以气温为基础之方程式:如 Thornthwaite 法、Blaney-Criddle 法、Hargreaves 法、Linacre 法; (2)以日射及气温为基础之方程式:如 Makink 法、Jensen-Haise 法、Solar Thermal Unit 法; (3)应用多种气象因子之混合法:如 Penman 法、Monteith-Penman 法、Van Bavel 法、Slatyer-McIlroy 法、Priestley-Taylor 法。邱(1979)曾指出在台湾地区由于 Thornthwaite 法仅以气温决定蒸发散量,因此用于大区域的推算时会产生相当大的误差,尤其是在山地地区。徐及宋(1987)则以简化后的 Penman 公式利用台湾地区 7 个气象观测站收集之气象资料,分别估算各测站当地的月蒸发散量。施与黄(1989)利用 Thornthwaite 法、Blaney-Criddle 法、蒸发皿法与 Penman 法来估算学甲地区玉米的需水量,并比较这些估算式的适用性,发现蒸发皿法与 Penman 法所得之结果较 Thornthwaite 法或 Blaney-Criddle 法为佳。但是,陈(1991)以各种作物需水估算模式推估嘉义地区的作物需水量时指出,虽然以 Penman 法推估之盆面蒸发散量与实测值间有较好之相关性,但由于所需的观测项目多,在应用上较为复杂。

刺竹林为泥岩地区主要造林植物,占造林面积 80% 以

上,且其绿蔽率(所有植物覆盖度比)亦约 80%,面积极为辽阔,因此刺竹林之生理特性及林地之型态特性,对西南部地区环境生态具有关键性影响。且由多位学者专家之观察发现,刺竹林对泥岩区域环境具有(1)刺竹株干笔直高耸易受风摆而造成泥岩坡面之界面坍落、崩塌;(2)茂盛致密之根系及高蒸散率之生理特性,使刺竹强悍的略夺了其林内之水分、养分资源,使其它植物无法入侵存活,刺竹林下因此空旷,不仅植物相单调,亦严重影响区域内昆虫动物之族群生态;(3)刺竹旱季调节性大量落叶之生理机制,成为泥岩地区火灾频仍之火源等几项负面影响因子。

藉由刺竹林地的有效更新处理,改善上述目前之负面因子,将有助于西南部地区整体之环境生态营造。因此,为试验刺竹林区林相更新后之植生复育情形与对坡面保育之影响,需进行刺竹林微气象之持续观测与影响因子分析。由于繁复之模式不一定能够得到精确之预测结果,而简易之气象模式不仅可已验证,且可易于推估与预测(林与叶, 1989)。因此在本此研究中利用重量差值法将盆栽植物之蒸发散予以量化及模式化,并与微气象因子结合,且以实测数据加以验证并拟推衍至大面积刺竹林之微气象量化模式。因此,此研究之结果将可供西南部泥岩地区大面积之刺竹林,其生理生态等之变化及其对微候之影响等方面之参考。

## 2 材料与方法

### 2.1 试验地点

将供试之盆栽植物置于野外试验区,其位于台湾台南县六甲乡乌山头水库上游之红泉坑头小集水区内,该区土地属于嘉南农田水利会,系一紧临乌山头水库区之水源保育区。为一面积约 20 hm<sup>2</sup> 之独立小集水区,地质属上新世的砂岩、泥岩、页岩所组成,表层土壤为砂页岩细质地石质土。区域内植物分布以早期种植之刺竹林为主,为具典型泥岩地区环境特性之小集水区(张与林, 1999; 张等, 2000)。

### 2.2 试验用仪器

大气温度与相对湿度计:使用美国制 111 Temperature & 121 Humidity 型,以精密温度校正仪校正后准确性为  $\pm 0.3$ 。相对湿度感测组件为高分子薄膜电阻型组件,经校正后准确性  $\pm 2\%$ 。此种仪器用以量测盆栽附近大气温、湿度,并以 T-type 热电偶丝量测上中下层叶面之温、湿度,而其温、湿度之输出均为 0~5V。日射量计:以 E20 全日射量计,量测盆栽植物上方之日射量,其量测最大值可达 3 000 w/m<sup>2</sup>,分光波长为 400~1 100 nm,误差 3%。精密天平:蒸发散量数值系以重量变化方式加以计算,使用之精密天平为台湾宇权公司制之 EW~20 k 型两具,量测范围 0~20 kg,准确性 0.1 g,量测讯号为 0~2V,解析性 1 mV。地温与土壤含水量:于盆栽容器之根部附近,埋设 111 Temperature 型地温计与 200SS 型土壤水分计。以量测根部附近之温度与土壤含水量。土壤温度感测组件为 thermister type,量测范围为 -40~55,误差为  $\pm 0.3$ 。而土壤水分计量测范围为 0~ $2 \times 10^5$  pa。资料记录器:为台湾玖廷公司开发之 HL 20 型数据处理控制器。所有传感器连接至资料记录器加以记录,内存容量为 512 KB,12V 电源输入输出。盆栽容器:盆栽容

器为高 30 cm, 直径 24 cm 之圆柱型塑料容器, 将高度 30 cm 之供试植物小苗移植至容器内, 并取泥岩试验地之土壤为介质。经养治二个月后, 选择未下雨之典型秋季天气, 开始进行一整日蒸发散试验五次。并于红泉坑试验区之刺竹林内外架设另二台气象站, 同步记录温湿度、风速、日射等为微气象因子, 以兹与盆栽量测之资料进行有无显著性差异。

### 2.3 试验方法

在盆栽蒸发散量之量化公式探讨中, 可引用土壤之蒸发量公式。以 Pemm an 公式简化描述植物之蒸发散量 ( $ET$ ), 其公式如下:

$$ET = C_0 + C_1 R_n + C_2 VPD \quad (1)$$

式中:  $R_n$ ——太阳能量净辐射 ( $W \cdot m^{-2}$ ),  $VPD$ ——蒸气压差 (mbar),  $C_0, C_1$  与  $C_2$ ——常数项。而蒸气压差  $VPD$  之计算公式如下:

$$VPD = P_s * (1 - RH) \quad (2)$$

式中:  $P_s$ ——在固定温度下之饱和蒸气压差 (mbar),  $RH$ ——相对湿度 (%)。由于盆栽周围大气温度及叶温之变化范围不大, 局限在植物适合生长之温度范围 (17~33)。而  $P_s$  对温度之关系依据 GofXf-Gratch 与 Rosenberg et al (1983) 所提出之相关式原为一非线性曲线, 然在一定的温度小范围内,  $P_s$  对温度之曲线关系可视为直线线性。其公式如下:

$$P_s = a_0 + a_1 T \quad (3)$$

结合公式 (1), (2) 与 (3), 而  $R_n$  与  $R_s$  随地表植物之覆盖率有一定之比例关系。因此, 盆栽之蒸散量 ( $Tr$ ) 可推衍为:

$$Tr = c_0 + c_1 R_s + c_2 T_l + c_3 RH + c_4 T_a * RH \quad (4)$$

而蒸发散量 ( $ET$ ) 可推衍为:

$$ET = d_0 + d_1 R_s + d_2 T_l + d_3 T_s + d_4 RH + d_5 T_a * RH \quad (5)$$

式中:  $T_l$ ——叶温 (°C);  $T_a$ ——气温 (°C);  $R_s$ ——太阳能量之短波辐射 ( $W \cdot m^{-2}$ ),  $T_s$ ——土温。

试验方法于二台精密天平上放置二盆刺竹植物, 容器底部以铝箔纸、棉花及胶带等阻隔介质内水分的蒸发, 如图 1 所示。精密天平之输出端子与资料记录器相连接。环境传感器与资料记录器连接。全日射计则放置于叶冠层顶部旁。资料之取样为每 60 s 扫描一次, 以 20 min 20 次数据之平均值加以记录, 蒸发散量则以 20 min 内之重量差值表示。HL 20 型资料记录器记录典型之秋季日一周内供试植物盆栽重量、日射量、大气温度、相对湿度、叶片温度、土壤温度与土壤含水量等。蒸散量之资料整理方式系以 20 min 前后重量差代表其蒸发散量, 并以 20 min 内之 20 笔日射量, 大气温度、相对湿度、叶温、土温及土壤含水量量测资料加以平均, 做为此 20 min 内之微气候资料。试验完成后, 将盆栽植物之叶片取下, 经由美国 LI-COR 公司制之 LI-3000A 叶面积仪, 得其叶面积。计算所得单位面积之叶面积指数 ( $LAI$ ) 为 1.86。

### 2.4 试验植物

刺竹 *Bambusa stenostachya* Hackel 英名: Thorny bamboo, 属禾本科, 多年生常绿植物。叶部具叶柄, 叶柄与叶鞘之连接处有节, 叶枯时叶片会脱落, 叶鞘则留存于原着生

叶片之小枝上。适合生长于向阳开阔地、耐干旱及贫瘠之地。秆高 5~24 cm, 径 5~15 cm, 正直, 梢端下垂, 幼秆绿色, 老秆则灰绿或棕绿色。地下茎合轴丛生: 地下茎连接于秆之基部, 属于直立型地下茎, 由新竹之地下茎侧芽萌发新笋, 依此继续孳生不息。

### 3 微气候蒸发散模式之验证

将各感测组件所量得之实测资料与蒸发散推估模式计算值加以比较, 并利用统计方法, 以了解该模式之合理性 (定性标准) 与预测准确性 (定量标准)。资料之整理分析系利用 SAS、SPSS 及 MULTREG 等版统计软件, 用以执行常态分布、重合性检定、因变量与自变量之间是否为线性等前置作业, 残差图绘制等功能。模式之评估分为定量标准与定性标准: 以回归决定系数 ( $R^2$ )、标准差 ( $S$ )、与预测残差平方和 ( $PRESS$ ) 来比较不同模式之适称性与预测能力等以模式残差对预测值的标准化残差分布图, 来评估回归模式是否有均匀分布之残差值, 并且用以判别模式合乎回归分析之基本假设 (常态分布、非重合性与变异数为定值等)。

$$PRESS = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 = \frac{y_i - \hat{y}_i}{1 - x_i x_i^T X_i^{-1} x_i}^T X_i \quad (6)$$

### 4 结果与讨论

泥岩现地之刺竹林内外与盆栽之各项微气象环境因子, 经试验  $F$  检测结果, 并无显著性之差异, 亦即刺竹盆栽之微气象变化与刺竹林之叶温、气温与土温等之变化趋势是类似的, 已反应于盆栽植物周围之微气象上。因此, 藉由盆栽植物之蒸发散量化模式, 可以来代表刺竹林之微气候模式。

#### 4.1 微气候温湿度分布

典型之秋季日泥岩地区之刺竹日射与湿度变化, 由于主要日射光源为太阳短波辐射, 而植物有冠层遮荫, 因此, 日间以最上叶之叶温温度最高, 中下叶温次之, 大气气温较低 (低于平均叶温约 2.5)。而有关泥岩地区覆盖植物内外之温度变化与预测效能, 已有初步之探讨 (张等, 2001)。刺竹盆栽上方之相对湿度分布, 在日间 7 时以后, 日射光源增加时, 叶温、气温有梯度现象, 而相对湿度也有类似之相反分布趋势。而夜间之温、湿度变化, 在相对湿度达 90% 以上, 气温、叶温之温差达 0.8 以上时, 就会有结露之情形, 此和梁与陈 (1981) 对大豆之露观测之结果十分接近。

#### 4.2 蒸发散量与微气象因子之关系

4.2.1 蒸发散与风速之关系 由于风速会影响蒸发散, 已是一般之认知。但由图 1 及 (7) 式可知其影响并不显著 ( $p = 0.05$ ), 乃因风速对蒸发散之影响已表现于叶温、土温与相对湿度等微气象因子中了, 此与施与黄 (1989) 与张等 (2001) 之研究有类似之结果。

$$ET = 1.326 + 2.065V, R^2 = 0.20, S = 2.92, PRESS = 576.85 \quad (7)$$

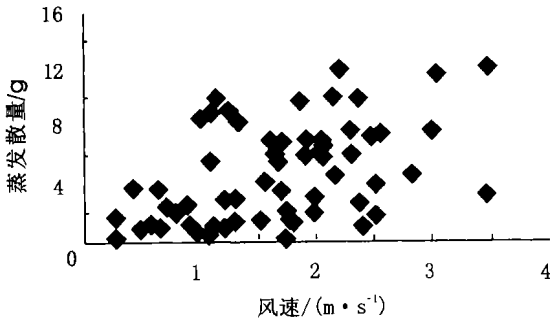


图 1 刺竹蒸发散与风速之关系

4 2 2 蒸发散与土壤含水量之关系 蒸发散与土壤含水量之关系, 由图 2 及 (8) 式可知其影响又较风速不显著, 亦即土壤含水量与蒸发散之相关性甚小, 此结果与 Hopkins (1995) 与张等 (2001) 之看法一致。

$$ET = 1.404 + 2.294M_s, R^2 = 0.02, \\ S = 3.34, PRESS = 720.81 \quad (8)$$

4 2 3 蒸发散与日射量之关系 图 3 显示光量增大时, 盆栽之蒸发散量也为之增大, 其回归关系式如下:

$$ET = 0.944 + 0.021R_s, R^2 = 0.49, \\ S = 2.63, PRESS = 447.48 \quad (9)$$

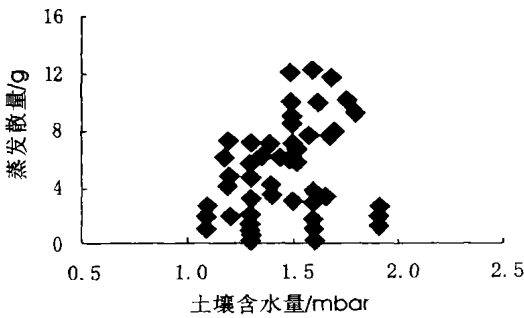


图 2 刺竹蒸发散与土壤含水量之关系

此关系公式以  $F$  检定有显著相关 ( $p = 0.05$ ), 但其相关性并不大 ( $R^2 = 0.49$ )。乃因植株有遮荫作用, 能量并未完全进入盆栽 (陈等, 1998), 以及尚有植物叶片与土壤对大气温度之饱和蒸汽压差 (蒸发散驱动力) 未纳入计算等有关 (Hopkins, 1995)。因此造成蒸发散量之数值与日射能量之相关系数并不大。

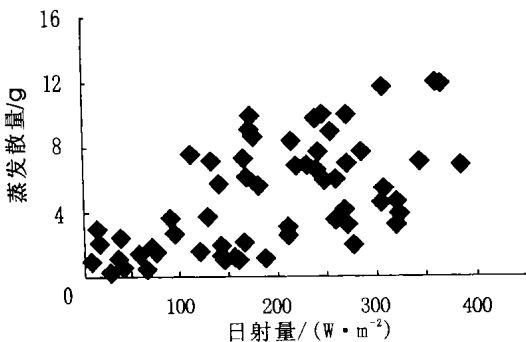


图 3 刺竹蒸发散与日射量之关系

4 2 4 蒸发散与空气温度之关系 空气温度与蒸发散量两者之回归关系式如 (10) 式, 其相关性较高。

$$ET = -4.13 + 0.39T, R^2 = 0.54,$$

$$S = 3.22, PRESS = 623.77 \quad (10)$$

4 2 5 蒸发散与相对湿度之关系 相对湿度与盆栽蒸发散量之关系如图 4。相对湿度愈高, 盆栽周围的空气愈趋向饱和, 蒸汽压差愈小, 因此盆栽之蒸发散量愈低。两者之回归关系式如下:

$$ET = 8.01 - 0.058RH, R^2 = 0.39, \\ S = 3.19, PRESS = 651.29 \quad (11)$$

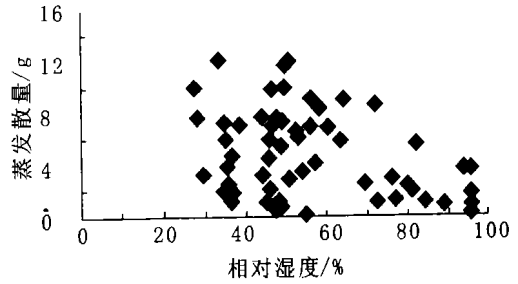


图 4 刺竹蒸发散与相对湿度之关系

4 2 6 蒸发散与叶温度之关系 而植物叶温度与盆栽蒸发散量之关系如图 5 所示, 其与大气气温及蒸发散量之相关分布情形大致一样, 但回归决度系数较高, 显示叶温对蒸发散之影响较气温显著, 而其回归模式为:

$$ET = -6.43 + 0.44T_l, R^2 = 0.59, \\ S = 0.25, PRESS = 564.44 \quad (12)$$

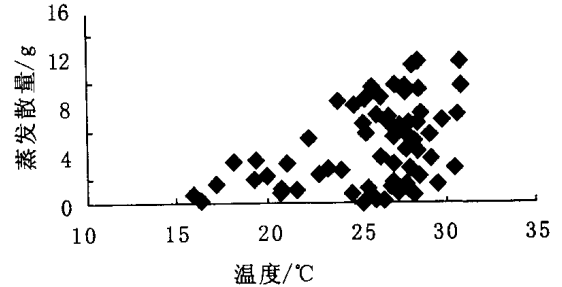


图 5 刺竹蒸发散与叶温之关系

从量测之数据变化与观察发现, 当叶温高达 35 以上时, 虽然叶面之饱和蒸汽压差大, 但盆栽植物之蒸发却升降起伏变化大, 应是高温时, 对于水分缺乏之泥岩地区, 植物一方面为承受热逆境, 另一方面需开闭气孔, 以减少水分严重流失所显现之逆境适应性。以 翁 (1996) 对农作物之蒸散与环境适应性之关系的看法一致。但申与余 (1997), 认为如在水分充足之情况下, 叶温增高, 虽会影响小白叶之气孔导度, 叶片暂时凋零, 但对蒸散量影响不大。

4 2 7 蒸发散与各项微气候因子之关系 由公式 (5) 之推导,  $ET$  值应为光源能量, 空气温度与相对湿度之函数, 经多重回归分析之结果如下:

$$ET = -41.59 + 0.014R_s + 0.116T_s + 1.173T_l + \\ 0.222RH - 0.0067T \cdot RH, \\ R^2 = 0.69, S = 2.18, PRESS = 475.28 \quad (13)$$

而由 (13) 式各项变量值之  $t$  检定及敏感度分析可知, 微气象因子中对蒸发散影响最显著者依序为日射量 ( $R_s, t = 2.45$ )、叶温 ( $T_l, t = 1.99$ )、相对湿度 ( $RH, t = 1.35$ ) 与土温

( $T_s, t = 0.55$ ), 且由  $F$  检定可知此回归公式有显著意义, 因此验证公式(5)推导的合理性。但是公式(13)本身存有统计回归上之问题, 对  $RH$  而言, 其系数为正值(0.222), 此与公式(11)与一般学理中相对湿度愈高, 蒸发数量愈低之现象相反。经数据检测后, 原因在于公式(13)中三个主要独立变量: 日射能量( $R_s$ )、温度( $T$ )与相对湿度( $RH$ ), 有高度之相关性。在公式(13)之回归分析中, 独立变量的相关性造成了回归之重合性现象, 因此影响了回归系数之正负数值(Weisberg, 1985)。其解决之道为主成分回归方法与删除次因子, 经重合性去除后, 重新回归之结果如(14)式所示。

$$ET = -14.93 + 0.019R_s + 0.125T_s + 0.234T_l + 0.006T \cdot RH, \\ R^2 = 0.81, S = 1.83, PRESS = 335.16 \quad (14)$$

另由各公式之  $R^2, S$  与  $PRESS$  之综合比较可知, (14)式有较好之适称性与预测能力。因此以(14)式较能代表刺竹林之微气候蒸发散特性。其中  $ET$  为  $452.39 \text{ cm}^2$  (容器面积), 20 min 内之蒸发散量(g),  $R_s$  为 20 min 内之平均值( $\text{W}/\text{m}^2$ ),  $T_s$  为 20 min 内之平均土温( $^{\circ}\text{C}$ ),  $T_l$  为 20 min 内之平均叶温( $^{\circ}\text{C}$ ),  $T$  为 20 min 内之平均气温( $^{\circ}\text{C}$ ),  $RH$  为 20 min 内之相对湿度(%). 因此, 此模式经由单位转换及植物冠层叶面积指数( $LAI = 1.86$ ), 应可用于大面积刺竹林微气候之量化与蒸发散之推估。转换后之简易微气候之量化模式为  $ET = -177.37 + 0.23R_s + 1.49T_s + 2.78T_l + 0.071T \cdot RH$ , 但对于刺竹覆盖植物之微气候蒸发散预测模式, 此模式的显著误差出现于日照迅速变化时段或极端温湿度变动大时。

## 5 结论与建议

台湾泥岩地区由于先天土壤不良之因素, 以及目前大面

积刺竹林之负效应(植物排他性、保水力差、风摆作用等), 间接影响地区之微气候, 逐渐衍生出地理环境与微气候之相互恶性循环, 本研究初步提出刺竹林微气候蒸发散模式, 期能对影响刺竹之微气候因子有更进一步之了解, 以提出解决之道。初步结论如下:

(1) 由于台湾西南部泥岩地区, 其区域之气温、高相对湿度亦高之特殊环境下, 造成热量累积、不易扩散, 使得一般植物不易存活。而适生之耐旱植物, 亦因在此高温高湿之环境下, 促使植物之蒸散作用功能不健全, 也易使栽植之死亡率提高。

(2) 利用重量差值法所量测之蒸发散量与太阳短波日辐射量、大气温度及叶温等为正相关之关系而与相对湿度为负相关, 其中依序以叶温( $T_l$ )、日射量( $R_s$ )及相对湿度(%)对蒸发散量( $ET$ )之影响最大。

(3) 由于气孔系进入叶片及水气逸出的主要管道, 因此, 气孔之开闭直接影响植物之蒸散, 也表现出适生植物对环境逆境之反应与适应性。

(4) 透过简易之蒸发散( $ET$ )模式, 及转化为与日射量( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ )、大气温度( $^{\circ}\text{C}$ )、相对湿度(%), 土温( $^{\circ}\text{C}$ )及叶温( $^{\circ}\text{C}$ )等之关系模式, 不仅可探讨模式中各因子之交感作用与重合性, 更可由简易量测得知之微气象因子, 推估植物之蒸发散量( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ )。转换后之简易微气候之量化模式为:  $ET = -177.37 + 0.23R_s + 1.49T_s + 2.78T_l + 0.071T \cdot RH$ 。

(5) 刺竹盆栽植物, 于夜间未发生露点时, 盆栽重量有 10 g 左右之增量, 此夜间气孔开关之作用, 吸收空气中水气及蒸散之机制, 得进一步之研究与探讨。

## 参考文献

- [1] 申雍, 黄学文. 台湾西南部潜在蒸发散量之估算与应用[J]. “中华农业气象”, 1996, 3(3): 141- 149
- [2] 申雍, 余淑玲. 热逆境下水耕小白菜之光合成、呼吸及蒸散作用[J]. “中华农业气象”, 1997, 4(2): 81- 86
- [3] 邱永和. 区域蒸散量估算问题: 以台湾西南地区为例[J]. 气象学报, 1997, 23: 35- 42
- [4] 施嘉昌, 黄振昌. 从气象因子估算玉米需水量之研究[A]. 台湾地区农业气象资源应用研讨会专辑[C]. “中央气象局”, 1989, 127- 140
- [5] 徐森雄, 宋义达. 从气象资料估算蒸发量[J]. “中华水土保持学报”, 1987, 83- 89
- [6] 陈清田. 嘉义地区作物需水量推估之研究[J]. “中国农业工程学报”, 1991, 37: 82- 109
- [7] 林正芳, 叶明智. 简易气象模式用于估算作用需水潜量之研究[A]. 台湾地区农业气象资源应用研讨会专辑[C]. “交通部中央气象局”, 1989, 171- 182
- [8] 徐森雄, 谢杉舟. 台湾西南部地区气温与降雨量之网目气候值[A]. 中日农业气象应用研讨会论文专辑[C]. “中华农业气象学会”, 1993, 159- 177.
- [9] 张俊斌, 黄俊仁, 林信辉. 泥岩刺竹林地不同林相处理之土壤冲蚀与植生入侵研究[J]. “水土保持学报”, 1999, 31(4): 199- 213
- [10] 张俊斌, 林信辉. 台湾西南泥岩刺竹林更新与泥砂控制工法[J]. 水土保持研究, 1999, 6(3): 88- 99
- [11] 谭金盛. 气象资料预测作物灌溉需水量[A]. 台湾地区农业气象资源应用研讨会专辑[C]. “交通部中央气象局”, 1989, 95- 112
- [12] 陈加忠, 林瑞松, 陈骏季. 植物组织培养瓶内微气候之量测[J]. 农林学报, 1998, 47(4): 77- 91
- [13] 翁仁宪. 作物之光合、呼吸及蒸散作用与其环境适应性之关系[J]. 中华农业气象, 1996, 2: 15- 21
- [14] 梁升, 陈文福. 露之观测及其对大豆生态之影响[J]. 农林学报, 1981, 30: 1- 14

## 参考文献:

- [1] 王裕文 绿色环保新尖兵——培地茅[J]. 杂草学会 1999 年年会及会员大会特刊, 1999
- [2] C R A. Use of vegetation in civil engineering[M]. N J Coppin & I G Richards, Editors London: C R A /Butterworths, 1990
- [3] Dafforn, M. Know your hedge vetiver: environmental concern about *Vetiveria zizanioides* [A]. Proc First Int Conf on Vetiver, Chiang Rai, Thailand [C]. 1998, 293- 303
- [4] Dalton, P A, R J Smith, P N V Truong Vetiver grass hedges for erosion control on a cropped flood plain: hedge hydraulics[J]. Agricultural Water Management, 1996, 31: 91- 104
- [5] Hengchaovanich, D, Nilaweera, N S An assessment of strength properties of vetiver grass roots in relation to slope stabilization [A]. Proc First Int Conf on Vetiver, Chiang Rai, Thailand [C]. 1998, 153- 158
- [6] BRD. Vetiver grass for soil and water conservation, land rehabilitation, and embankment stabilization [M]. R G Grimshaw and L Helfer, Editors Washington, D C: BRD /World Bank, 1995
- [7] National Science Council Vetiver grass: a thin green line against erosion [M]. Washington, D C: National Academic Press, 1993
- [8] Rodriguez P O S. Hedgerows and mulch as soil conservation measures evaluated under field simulated rainfall[J]. Soil Technology. 1997, 11: 79- 93
- [9] Truong, P, and D Baker Vetiver grass system for environmental protection[Z]. Pacific Rim Vetiver network, Technical Bulletin No. 1998/1, 1998
- [10] Wu, T H, Slope stabilisation [A]. Morgan, P C and Rickson, R J, Editors. In: Slope stabilisation and erosion control: a bioengineering approach, [M]. London: F N Spon/Chapman and Hall 1995
- [11] 培地茅网络网站 <http://www.vetiver.org/>
- [12] 台大农艺系草地研究室培地茅网页 <http://grassland.agron.tnu.edu.tw/vetiver.htm>

(上接第96页)

- [15] Aston, A R. Evaporation from eucalypts growing in a weighting lysimeter: a test of the combination equation [J]. Agriculture and Forest Meteorology, 1984, 31: 241- 249
- [16] Brutsaert, W. Evaporation into the atmosphere- theory, history, and applications [M]. [S 1]: D. Reidel Publishing Company, 1984
- [17] Fynn, F P, A Al-shooshan, T H Short, et al Evapotranspiration measurement and modeling for a potted *Chrysanthemum* crop [J]. Transactions of the ASAE, 1993, 36: 1907- 1913
- [18] Gates, D M Energy exchange in the biosphere [M]. New York: Harper & Row, 1962
- [19] Hall, D G M, Reeve, M J, Thomas, A J, et al Water retention, porosity and density of field soils [J]. Soil Surv. Tech Monogr. 1997. 9
- [20] Kramer, P J Water relation of plants [M]. New York: Academic Press, 1983. 57- 83, 146- 186, 331- 336
- [21] Lin, Shin-Hwei, Chun-Pi Chang Environment problems and revegetation methods on the mudstone area in southwestern Taiwan [A]. Seminar on Ground and Water Bioengineering for Erosion Control and Slope Stabilization. Apr. 19 - 21, 1999 Manila, Philippine, 1999
- [22] Penman, H L. The dependence of transpiration on weather and soil conditions [J]. J. Soil Sci., 1949, 1: 74- 89
- [23] Rosenberg, N J, B L Blad, S B Verna Micro-climate; The biological environment [M]. 2nd ed. [S 1]: John Wiley & Sons, Inc 1983
- [24] Thomasson, A J. Assessment of Soil Droughtiness [J]. Soil Surv. Tech Monogr. 1979, 13: 43- 50
- [25] Van Meurs, W Th M, C Stanghellini Use of an off-the-shelf electronic balance for monitoring crop transpiration in greenhouses [J]. ACTA Hort. 1992, 304: 219- 226