

不同地表植被之蒸发散量估测比较^{*}

唐 琦

(屏东科技大学 水土保持系, 台湾 屏东 91201)

摘 要: 蒸发散量为水资源涵养重要指标, 据此, 研究乃择定台湾西南部泥岩丘陵地上优势植被包括: 番荔枝及蒴竹, 观测蒴竹林冠层上进行全日射量、净辐射量、气温、相对湿度及地中传导热量等微气象观测, 藉以鲍温比与热收支法估测 3 种不同地表植被之蒸发散量, 另配合蒸发散量实测值进行验证, 可获知番荔枝及蒴竹蒸发散量分别为: 0.1~1.6 mm 及 1.9~3.6 mm, 且与 A 型蒸发皿蒸发量之关系分别为 0.27 倍及 0.74 倍。

关键词: 热收支法; 蒸发散量; 番荔枝; 蒴竹

中图分类号: P426.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)06-0235-04

The Comparison of Evapotranspiration Between Sugar Apple Orchard and Thorny Bamboo Plantation

TANG Chi

(Department of Soil and Water Conservation, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan 91201, China)

Abstract: The dense canopy could be beneficial to conserve water resources, and the evapotranspiration had become an important index. The thorny bamboo and sugar apple tree could be a superior plantation on the mudstone hillside in southwestern Taiwan. The study aimed at the Bowen ratio and heat budget method to predict the evapotranspiration within sugar apple orchard and natural thorny bamboo plantation. The estimated evapotranspiration of sugar apple and thorny bamboo were about 0.1~1.6 mm and 1.9~3.6 mm, and proportions to A-pan evaporation were about to 0.27 and 0.74.

Key words: heat budget method; evapotranspiration; sugar apple; thorny bamboo

台湾西南部有明显旱、雨季区分, 且坡地上地质多居泥岩, 使得该区域营造森林植被相当困难, 故具有耐旱及耐瘠特性之蒴竹已成为台湾西南部泥岩地区唯一之造林竹类, 蒴竹造林面积约占该区域总造林面积之 80%。加以蒴竹具有更新造林及其对坡地保育功能之评价深受重视, 近来更是该区域最常见之海岸、耕地及保安造林竹类。然国内相关蒴竹耐旱特性之研究, 以植栽进行蒴竹耗水量之探讨^[1], 但对于蒴竹林地实际进行相关耗水量观测则为阙如, 主因蒴竹枝节处多角质化尖刺, 冠层生长茂密及郁闭度大, 常会造成人员及观测设备进出蒴竹林地不便, 使需长期进行气象观测之气候变化研究更增困难。

又当暴雨出现时常引发山洪, 造成山地大量表

层土壤冲蚀外, 尚有岩屑或砾石带等风化物质, 随山洪而沿山谷向下游流出, 并于溪流出口处造成堆积且平坦的地形, 此等堆积地之土壤特性通常为质地粗及肥力差, 然对于平原耕地不足的台东地区, 农民多将其辟建为新兴地, 以栽植经济作物或果树, 但受限于此等新兴地之土壤渗透性偏高及灌溉水源不易获得, 其土壤水分管理即成为此等新兴地进行农业经营成功之必要考量。

前述针对作物耗水量以进行土壤水分管理时, 蒸发散量则可作为一重要指标, 其值的估算一直是水文学与微气候学中一个重要的课题, 该值主为植物叶面蒸散与其附近地面及水面蒸发之总和, 受近地表之土层与气层之状态影响甚巨, 致使估测方法中, 多利用气象资料为依据, 于一信赖范围内以经验

* 收稿日期: 2009-08-16

作者简介: 唐琦 (1962-), 男, 山东莱阳人, 博士, 副教授, 研究方向: 坡地水土保持、农业气象灾害防护的研究。E-mail: tangchi@mail.npu.edu.tw

法进行估测,可提供区域性之水资源规划或灌溉计划之研拟依据,及提供水文学家、农业工程师快速且可靠之估算成果,使该类方法已为农业先进国家广泛的应用与重视。而逐日或逐时的蒸发散量受气象条件变动会有很大的变异^[2]。然利用气象资料作为蒸发散量估算之依据,尤其可用于区域性之水资源规划或灌溉计划之研拟^[3]。相关森林蒸发散量之测定方法常见有直接法及间接法 2 种,其中直接法系由蒸发散面直接量测,如水蒸气流动法即是;间接法系以质量或能量不灭定律来进行收支平衡计算,以其残差推求得之,如热收支法即是。

前述热收支法是将太阳辐射中用于地表植被覆盖、接触地表空气之温度上升及蒸发散之热源分别推求而得,并以热通量方式进行计算,使得推估过程中可加入物理意义,为一简便且效之估测方法。如台南玉井地区、台湾西南部青灰岩地区冬季之微气候及覆盖对坡地微气候之影响^[46];及对天然香楠林之微气候研究中均以热收支法进行微气候观测及探讨,并多已尝试建立估算蒸发散量方法^[7-8]。此外,热收支法常会以净辐射量配合平均气温、比湿及平均风速剖面来建立相关估测模式^[9]。另蒸发散量可用以评估植物耗水量,故于估测植物耗水量时除气候外,亦需对土壤、植物种类及不同生长阶段进行考量^[10]。

另以短期微气象调查来掌握某一特定地区之微气候特性,常可提出供土地利用或产业活动所需之基本资料,能改良动、植物或产业周遭不适之微气候逆境^[11]。故藉微气象观测结果以提供土地利用或产业活动所需之资料,实为可行^[12-13]。综合前述,则本研究乃就热收支法针对番荔枝及莉竹林地蒸发散量进行估测探讨,为日后有关经营管理及坡地水文相关研究提供参考。

1 材料及方法

1.1 试区概况

研究先后分别于 2005 年 11 月至 2006 年 1 月及 2006 年 11 月至 2007 年 1 月之冬季期间,择定屏东科技大学水土保持户外教室西南侧之试验集水区莉竹林地及台东县台东市郊康乐地区之番荔枝栽植区作为试区,其面积分别约为 3 330, 1 800 m²。分别架设气温、相对湿度、风速、风向、净辐射量及地中传导热量等相关感测元件及仪器于观测铁塔(图 1-2),并采每 30 s 撷取植被冠层上下之微气象测值一次,再记录 30 min 平均值于资料收集器,藉以探讨台湾南部地区于冬季干旱期间较需进行土壤水分管理时之蒸发散量。

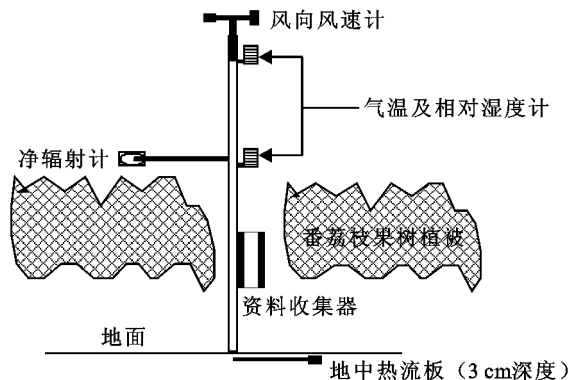


图 1 番荔枝果园热收支测定示意图

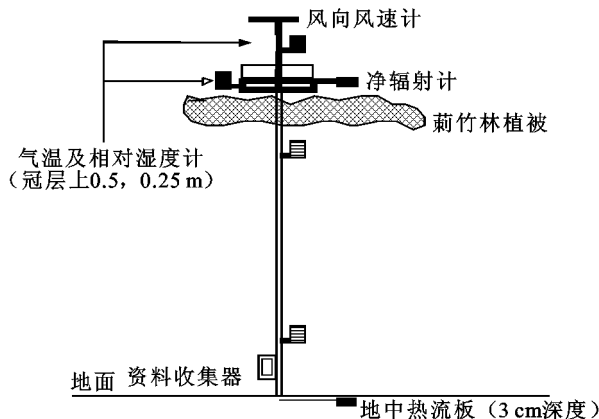


图 2 莉竹林热收支测定示意图

1.2 热收支

植物群落之热收支应包括:树冠层上方气层、树冠层、林内空气层、枝干、枯枝落叶层及近地表土层等各项热通量所组成^[14-19],其热收支可由下式表示:

$$R_n = B + H + l_E + Q \quad (1)$$

式中: R_n ——净辐射量; B ——地中传导热量; H ——显热; l_E ——潜热; Q ——植被储存热量,包括植株储存热量及光合作用纯量之总和,然就一日变化视之,则昼夜间之差异甚微,为利于计算则该项热通量应可忽略;以上单位为 MJ/m²。

上式 H 及 l_E 可由鲍温比 (Bowen ratio, β) 法得知,其关系如式(2)所示。

$$\beta = \frac{H}{l_E} \approx \frac{1}{2} \frac{\Delta t}{\Delta e} \quad (2)$$

式(2)中之 Δt 及 Δe 分为两个不同高度之气温(°C)及其空气中水蒸汽压(hPa)差值。而实际与饱和水蒸汽压可由式(3)求得。

$$e = e_s \times RH \quad (3)$$

式中: RH ——相对湿度(%); e ——空气中实际水蒸汽压(hPa); e_s ——空气中实际及饱和水蒸汽压(hPa)。前述 e_s 及 l_v 可依据推估公式^[20]予以求得,见式(4)及(5)。

$$e_s = 6.105 + 0.444t + 1.434 \times 10^{-2}t^2 + 2.623 \times 10^{-4}t^3 + 2.953 \times 10^{-6}t^4 + 2.559 \times 10^{-8}t^5 \quad (4)$$

式中: t ——气温 ($^{\circ}\text{C}$), 而由该式所推求 e_s 之单位为 mm Hg , 需乘上 13. 332 以进行单位换算为 hPa 。再将 E 除以单位蒸发潜热 (l_v), 则可进行估算蒸发散量 (mm), 如式 (5) 估算。

$$l_v = 2500. 21 - 2. 365t \quad (5)$$

式中: l_v ——单位蒸发潜发 (J/g)。式 (1) 中之 Q 则受冬季干旱期间番荔枝及莉竹冠层不如其他季节生长旺盛, 使得就一日植被储存热量变化甚微, 故为简便计算该项热通量可忽略不计。再将热收支法所估测蒸发散量分别同时与蒸发量实测值进行验证, 藉以探讨热收支法所估测蒸发散量之合理性。

2 结果与讨论

2.1 莉竹林蒸发散量之估测

研究采用热收支法对莉竹林进行蒸发散量估测, 其中净辐射量为一重要测值。据此, 研究乃将莉竹林冠层上 1 m 处之蒸发散量与净辐射量依季节进行分析, 结果如图 3。

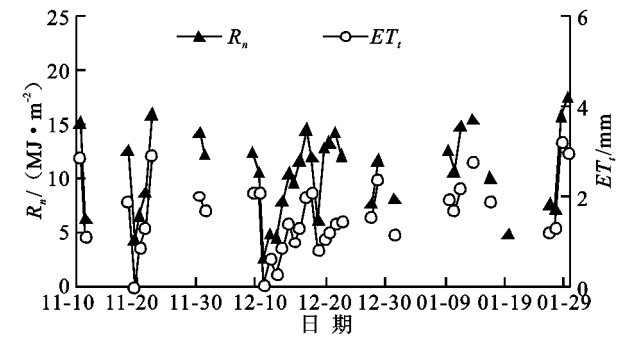


图 3 冬季期间天然莉竹林冠层上蒸发散量 (ET_t) 与净辐射量 (R_n) 之比较

由图 3 可知, 莉竹林冠层上方蒸发散量随着净辐射量之增加而随之递增, 此现象说明太阳辐射对于茂密植被被冠层之蒸发散量有显著的影响。由图中可知, 于台湾西南部地区天然莉竹林地之冬季净辐射量为: $2.6 \sim 17.5 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, 而于冬季期间该天然莉竹林蒸发散量之平均趋势变化约 1.55 mm/d 。

研究再采邻近试区之屏东科技大学教学气象站 (A0R08) 蒸发量, 据以检核莉竹林地蒸发散量估测值之适用性, 结果如图 4 及式 (6) 所示。

$$ET_t = 0.57E_A + 0.49, r = 0.61^{**}, df = 61 \quad (6)$$

式中: ET_t ——莉竹林蒸发散量之估测值; E_A ——A 型蒸发皿之蒸发量。

由图 4 可知天然莉竹林地之蒸发量与蒸发散量呈正相关之关系, 已达 1% 显著水准, 此表示以热收支法对莉竹林地进行蒸发散量估测应具有适用性, 据此可由式 (6) 其关系斜率为 0. 73, 此相较玉米者为 0. 4~ 0. 5 略显偏高, 然此系高大莉竹冠层植被本就有较多蒸发作用所致。

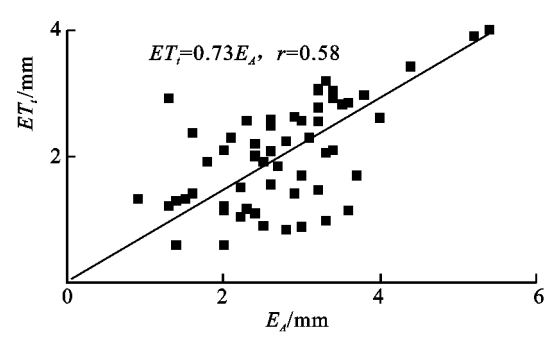


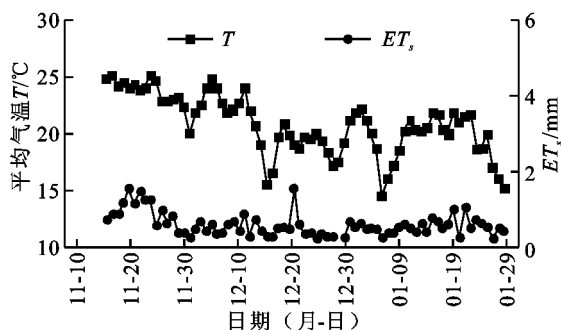
图 4 冬季期间莉竹林地蒸发散量 (ET_t) 与蒸发量 (E_A) 之关系

2.2 番荔枝果树蒸发散量之估测

由于番荔枝果树于冬季期间生长易受限气温高低, 故先将番荔枝果园试区内于冬季期间所估测蒸发散量 (ET_s) 与平均日气温 (T) 进行比较, 结果绘如图 5。由图 5 视之, 观测期间之番荔枝果园蒸发散量为 $0.1 \sim 1.6 \text{ mm/d}$, 平均为 0.6 mm/d , 可知新兴地之番荔枝生长所需之耗水量甚低。再就冬季期间共出现 3 次气温明显偏低情形, 即 2006 年 12 月 15 - 18 日、2007 年 1 月 5 - 9 日及 1 月 23 - 28 日, 此等期间气温均降至约 15°C , 且各时段之 ET_s 均出现观测期间内之最低值为 0.2 mm/d 。而 2006 年 11 月 17 - 26 日期间之气温均在 24°C 以上, 是观测期间内气温最高之时段, 其 ET_s 为 $1.1 \sim 1.5 \text{ mm/d}$, 随后于 11 月 27 日起之气温及 ET_s 分别递降至 20°C 与 0.2 mm , 此递降情形虽与前述 3 次低温期间分由 0.9 mm 、 0.7 mm 及 1.1 mm 降至 0.2 mm 相同, 但于气温偏高情形下之蒸发散作用明显减少, 经查证 11 月下旬为本试区番荔枝冬期果结实初期, 果农均采用定时定量喷灌, 然随果实膨大后蒸散作用亦递增, 则会造成番荔枝果园喷灌量不足, 进而使番荔枝果树冠层枝叶部分掉落而形成稀疏情形, 致使估测蒸发散量偏低。又观测期间于 12 月 21 日之气温为 18.9°C , 非属高温状态, 却出现最大 ET_s 值为 1.6 mm/d , 推究其系受天气状态影响, 使果园内近地气层内利于蒸发散作用之进行。

新兴地番荔枝果园于其冬期果生长期, 果农会于节约灌溉用水以降低经营成本及提升果实品质之考量下, 采用喷灌方式供给番荔枝果树所需水分, 使果园近地表土层内之土壤水分含量无法达到完全供水下之状态, 故当 ET_s 以自由水面所测得之 E_A 来进行验证时, 则须有一范围始得合理, 而由图中视之, E_A 约于 3 mm 时之 ET_s 达到最高, 应可采此值进行区分 ET_s 后再行分析。据此将观测期间于番荔枝果园试区内所估测之蒸发散量 (ET_s), 与邻近本试区之台东气象站 A 型蒸发皿蒸发量 (E_A) 进行比较分析, 藉以验证冬季期间以热收支法估测 ET_s

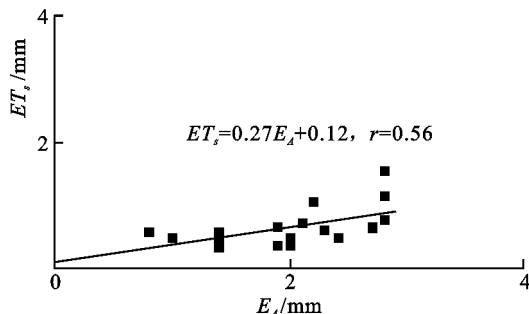
之合理性, 结果如图 6 所示。



(2006 年 11 月 7 日至 2007 年 1 月 26 日)

图 5 冬季期间番荔枝果园试区内蒸发散量估测值(ET_s)与日平均气温(T)之比较

图 6 中之 ET_s 与 E_A 间呈现正相关之关系, 相关系数为 0.56, 已达 5% 显著水准, 表二者具有显著相关性; 而二者间关系斜率为 0.27, 意即新兴地番荔枝果园于冬季期间, 采喷灌方式下之蒸发散量约为 A 型蒸发皿蒸发量之 0.27 倍。



(2006 年 11 月 7 日至 2007 年 1 月 26 日)

图 6 冬季期间番荔枝果园试区内蒸发散量估测值(ET_s)与 A 型蒸发皿蒸发量(E_A)之比较

3 结论

(1) 热收支法适用于估测荔枝园及番荔枝果园内蒸发散量, 其值与近地表净辐射量及其近地表气层内气温之间具有正相关递增关系。

(2) 冬季期间番荔枝果园近地表土层内之土壤水分含量无法达到完全供水之状态, 则以 E_A 须有一定范围始得来验证 ET_H 之合理估测。

(3) 冬季期间番荔枝果园约于 3 mm/d 时, 其蒸发散量可达到最高, 应可采此临界值进行区分及进行相关分析。

(4) 冬季期间于荔枝园及番荔枝果园内蒸发散量分别与蒸发量间关系斜率约为 0.73 与 0.27, 显示番荔枝果树相较荔枝园具有低耗水能力, 而荔枝园及番荔枝果园内日蒸发散量之平均趋势变化分别为 1.55 mm 及 0.6 mm。

参考文献:

[1] 林信辉, 张俊斌. 气候变迁对泥岩主要树种耗水量之影

响[J]. 中华水土保持学报, 2000, 32(3): 174-181.

- [2] 夏禹九, 杨之远. 由气象因素估测蒸发散量的限制条件[C]//台湾地区农业气象资源应用研讨会专辑. 1989: 113-126.
- [3] 施嘉昌, 黄振昌. 从气象因子估算玉米需水量之研究[C]//台湾地区农业气象资源应用研讨会专辑. 1989: 127-140.
- [4] 徐森雄. 玉井地区山坡地冬季之微气候(第一报)[J]. 中华水土保持学报, 1978, 9(1): 154-160.
- [5] 徐森雄. 玉井地区山坡地冬季之微气候(第二报)[J]. 中华水土保持学报, 1979, 10(1): 171-179.
- [6] 徐森雄, 吴嘉俊, 谢杉舟. 覆盖对坡地微气候之影响[J]. 中华农业气象学报, 1997, 4(1): 19-26.
- [7] 唐琦, 游繁结, 徐森雄. 天然香楠林之微气候调查[J]. 水土保持学报, 2002, 34(4): 239-248.
- [8] 唐琦, 游繁结, 徐森雄. 天然香楠林之热环境特性[J]. 中华水土保持学报, 2003, 34(2): 113-127.
- [9] Meyers T P, Paw U K. Modeling the plant canopy micro-meteorology with higher order closure principle[J]. Agric. For. Meteorol., 1987, 41: 143-163.
- [10] 唐琦, 徐森雄. 天然香楠林蒸发散量估测探讨[J]. 北京科技大学学报, 2006, 28(S2): 116-118, 129.
- [11] 申雍. 农业微气象之观测与数据处理: 微气象观测技术与系统整合[M]. 台中: 中华农业气象学会印行, 1998: 58-71.
- [12] 徐森雄. 台湾西南部青灰岩(泥岩)地区之微气候特性调查(1)[R]. 防灾科技研究报告, 1986, 75-12: 21.
- [13] 徐森雄. 台湾西南部青灰岩(泥岩)地区之微气候特性调查(2)[R]. 防灾科技研究报告, 1987, 76-09: 23.
- [14] 杨之远, 曾文柄, 柳中明. 近地面气层-水稻集团与大气间动量、热量与水汽量之垂直输送通量分析(一)[C]//台湾地区农业气象资源应用研讨会专辑. 1989: 144-169.
- [15] 原蒨芳信, 清田信, 矢吹万寿. 林地と造成された芝地の热环境および水収支の特征[J]. 农业气象, 1992, 48(2): 147-155.
- [16] Vogel C A, Baldocchi D D, Luhar A K. et al. A comparison of a Hierarchy of models for determining energy balance components over vegetation canopies[J]. J. Appl. Meteorol., 1995, 34: 2182-2196.
- [17] Munn R E. Descriptive Micrometeorology[M]. New York: Academic INC., 1966: 163-166.
- [18] Smith D M, Jarvis P G, Odongo J C W. Energy budget of windbreak canopies in the Sahel[J]. Agric. For. Meteorol., 1997, 86: 64-68.
- [19] Ibáñez M, Pérez P J. A simple method for estimating the latent heat over grass from radioactive Bowen ratio[J]. J. Appl. Meteorol., 1998, 37: 387-392.
- [20] Wright J L. New evapotranspiration crop coefficients[J]. J. Irrig. Drain. Engrg. ASCE., 1987, 108: 57-74.