

海南島西南部热带稀树草原生态系统的形成

—森林遭受长期乱砍滥伐的结果

黄润本 黄伟峰 沈雪苹

(中山大学 气象系)

摘 要

本文主要地概括介绍海南島西南部与形成热带稀树草原有关的热量、水分平衡和蒸发力(E_0)的研究。

本区有丰富的净辐射(R), 计每年每平方厘米面积上有65~69千卡, 但由于年中大多数月份水分亏缺, 潜热通量(LE)和 R 的比值仅为68~75%。地表和空气之间的感热通量(P) 在冬季和春季有半数月份大于 LE 或很接近 LE 。春季 P 达到最大, 它可能引起西南干热风并导致水稻植株的迅速萎蔫。

E_0 每年达1500毫米, 它比年降水量多500毫米。年中除8月和9月外, 其余月份的 E_0 都超过了降水量, 它显示了在这个地区的农业栽培除有可能灌溉外, 都由降水条件所控制。

上述形成海南島西南部热带稀树草原生态系统的生态气候条件, 是由于森林长期遭受乱砍滥伐的结果。本文最后指出, 大规模地营造防护林网是改善本区热带稀树草原生态系统的有效途径。

一、前 言

本文论述的地区是海南島昌江、东方、乐东三县的西部, 面积大约为1800平方公里。这里的热量资源是我国热带季风气候中最为丰富的地区, 每平方厘米地面全年获得太阳总辐射量达14万卡之多; 但水分资源恰恰与热量资源相反, 是我国季风气候中最为短缺的地区, 全年降水量只有1000毫米左右, 并且降水季节分配甚为悬殊, 明显的干旱期长达半年。由于热量和水分条件极端不协调的气候生态环境, 使本区形成了一个热带稀树草原生态系统(即Savanna生态系统), 面积广袤的连片荒地到处都是, 荒地上主要生长热带草原和有刺灌丛,

以及稀疏的乔木，富有潜力的土地未能加以利用，至深惋惜！本区水分资源短缺，固然是因为位于五指山脉的雨影地带，降水原来就是较少，但更主要的是因为长期以来刀耕火种，森林遭受乱砍滥伐，使水土严重流失，气候生态环境变得更为干旱。据查六十多年前本区的低丘陵地还都是林木葱郁的，现在几乎都是童山濯濯，石头嶙峋，特别是昌江县西部大岭、三架岭、峨港岭等低丘陵地，水土流失最为严重，为了探讨本区热带稀树草原生态系统的形成，合理地利用本区的热量和水分资源，改善生态平衡，并为本区发展工农业生产的远景规划，提供若干科学依据，本文乃就形成本区热带稀树草原生态系统的气候生态环境，以及其改造的有效途径作概括的论述。

二、降水量少，明显的干期长达半年

本区全年降水量只有1000毫米左右，是我国热带季风气候中降水量最少的地区。年降水量既少，并且降水量的季节分配甚为悬殊。表1是本区东方和莺歌海两个气象站各月及全年的降水量记录，并用相对降水系数来表示全年降水量的分布。

表1 各月相对降水系数

地点	东 方			莺 歌 海		
	降水量 (毫米)	占全年降水量 ‰	相对降水系数	降水量 (毫米)	占全年降水量 ‰	相对降水系数
1月	7.2	7.24	0.09	11.3	10.64	0.13
2月	13.5	13.58	0.18	23.5	22.12	0.29
3月	17.4	17.51	0.21	22.9	21.56	0.26
4月	27.0	27.17	0.33	43.1	40.57	0.50
5月	63.6	64.00	0.76	98.5	92.72	1.10
6月	146.4	147.31	1.80	138.9	130.75	1.59
7月	122.6	123.36	1.46	118.2	111.27	1.31
8月	272.2	273.90	3.23	253.1	238.26	2.81
9月	198.9	200.14	2.44	183.5	172.74	2.11
10月	93.9	94.49	1.12	116.5	109.67	1.30
11月	21.9	22.04	0.27	34.8	32.76	0.40
12月	9.2	9.26	0.11	18.0	16.94	0.20
全年	993.8	1000.0	12.0	1062.3	1000.0	12.0

$$\text{相对降水系数} = \frac{D}{F}$$

其中D为每月降水量占年降水量比值的千分数，F为把年降水量当作1000的每月均匀分布的降水量。因此，该月相对降水系数大于1时，就表示比各月均匀时要多雨，小于1时要少雨。

从表1可以看到，每年自11月至翌年4、5月是明显的干旱期，特别是12月和1月降水量最少，这两个月的降水量占全年降水量的比值，莺歌海为27.58%，东方仅为16.50%而已。春季降水占的比重虽比冬季大，但由于自秋末到春季长期缺雨，土壤含水量在春季减少更甚，气温又不断升高，因而春季干旱较冬季尤为严重。

8月和9月降水最多，相对降水系数都在2以上，这两个月的降水量占全年降水量的比值，莺歌海为411.00%，东方为474.04%，几乎占了全年降水量的半数，可见降水的季节分布甚为悬殊。因此，如何在降水较丰沛的季节里尽量蓄水，避免流失过多，并设法涵养水源，以应缺水的季节用水，在本区是一个十分突出的问题。

三、蒸发力远大于降水量

如果土壤中所含水分，可以无限制地供给蒸发的需要，这样的蒸发量称为蒸发力。可以想像，当土壤中所含水分可以无限制地供给蒸发的需要时，农作物生长所需水分亦必然得到满足。蒸发力采用下列公式计算^[9]。

$$E_0 = \rho D (q_s - q) \quad (1)$$

式中 E_0 为蒸发力； q_s 为蒸发面温度下饱和空气的比湿； q 为空气的比湿； ρ 为空气密度，取值 1.293×10^{-3} 克/厘米³； D 为外扩散系数，根据近代资料，平均取值0.63厘米/秒。考虑到

$$q = 0.82 \times 10^{-3} \text{e克/克}$$

式中 e 为水汽压（毫米），将此关系，以及 ρ 和 D 值代入（1）式，则得

$$E_0 = 17.5 (e_s - e) \text{毫米/月} \quad (2)$$

式中 e_s 为蒸发面温度下的饱和水汽压，要求算 e_s ，首先须确定湿润地面温度 θ'_w ，而 θ'_w 可以用地面热量平衡方程式

$$R = LE_0 + P + A \quad (3)$$

来确定。式中 R 为地面辐射平衡（净辐射）； LE_0 为蒸发力的热量消耗（潜热通量），其中 L 表示蒸发潜热； P 为地面与大气之间的湍流热通量（感热通量）； A 为地面与下层土壤间的热量转换。

辐射平衡 R 等于地面所吸收的短波辐射与有效辐射之差：

$$R = J(1 - \alpha') - I \quad (4)$$

式中 J 为太阳总辐射，根据有关数据计算²； α' 为湿润地面的反射率，由于本区属热带稀树草原景观，根据文献^[9]， α' 取平均值0.18； I 为有效辐射，确定 I 首先须计算碧空条件下的有效辐射 I_0 ，一般利用气温和水汽压可算出 I_0 值^[10]（有表可查）。考虑到云量，以及地面与空气的温度差对有效辐射的影响，有效辐射可表示如下式：

$$I = I_0 (1 - cn^2) + 4s\sigma\theta^3 (\theta'_w - \theta) \quad (5)$$

式中, c 为说明云对有效辐射影响的系数, 它的数值是根据各层云的频度资料的理论计算方法来确定的, 已有关于各纬度带系数 c 的平均值资料, 在本区 $c = 0.58$, n 为平均总云量 (以十分数表示); s 为说明自然表面的辐射与黑体辐射区别的系数, 取 $s = 0.95$; σ 为 Stefan-Boltzmann 常数, 根据近代资料, $\sigma = 0.816 \times 10^{-10}$ 卡/厘米²·分·度⁴; θ 和 θ'_w 分别为空气温度和湿润地面温度 (采用绝对温标)。

将式 (5) 代入 (4), 有

$$R = R_0 - 4s\sigma\theta^3 (\theta'_w - \theta) \quad (4')$$

其中 $R_0 = J(1 - \alpha') - I_0(1 - cn_s) \quad (6)$

湍流热通量 P 用下式计算^[1]:

$$P = \rho C_p D (\theta'_w - \theta) \quad (7)$$

式中 C_p 为空气定压比热, 取值 0.24×10^{-3} 千卡/克·度。将 ρ 、 C_p 和 D 值代入式 (7), 得

$$P = 0.51 (\theta'_w - \theta) \text{ 千卡/厘米}^2 \cdot \text{月} \quad (7')$$

在年热量平衡中, 地面与下层土壤间的热量转换 A 的多年平均值一般等于零, 月平均值应根据各深度土壤逐月温度变化和土壤热容量等资料来计算, 亦可根据气温年变幅的大小来推求。在气温年变幅小于 $10-15^\circ\text{C}$ 的情况下, A 的月平均值与平衡方程各基本项相比是非常小的, 可以不必考虑它。本区气温年变幅仅 10°C 左右, 所以在各月的热量平衡计算中, 忽略了 A 值。

取蒸发潜热 $L = 0.6$ 千卡/克, 则蒸发力的热量消耗为

$$LE_0 = 1.05 (e_s - e) \text{ 千卡/厘米}^2 \cdot \text{月} \quad (8)$$

将式 (4')、(7') 和 (8) 代入热量平衡方程式 (3) 中, 并忽略 A , 可得

$$R_0 - 1.05 (e_s - e) = (4s\sigma\theta^3 + 0.51) (\theta'_w - \theta) \quad (9)$$

式 (9) 中除 θ'_w 和 e_s 外, 其余的量都可用独立方法求得, 利用饱和水汽压与温度的关系

(Magnus 公式) 由方程 (9) 便可算出 θ'_w 和 e_s , 然后按方程 (2) 算出蒸发力 E_0 。

若将式 (2) 中的 e_s 乘以订正系数 β , 计算结果会更好些^[11], 这是考虑饱和水汽压和温度之间成非线性关系的情况下, e_s 值在植被带内平均化而作的订正。这个系数的大小取决于植物种类和生长状态, 近似地可取 $\beta = 1.15$, 于是式 (2) 变为

$$E_0 = 17.5 (1.15e_s - e) \text{ 毫米/月} \quad (2')$$

同时, 式 (9) 变为

$$R_0 - 1.05 (1.15e_s - e) = (4s\sigma\theta^3 + 0.51) (\theta'_w - \theta) \quad (9')$$

按照式 (2') 计算的结果, 如表 2 所示。可以看到, 本区年蒸发力达 1500 毫米以上。从 3 月起至 11 月, 每月蒸发力几乎都在 100 毫米以上, 其余各月也不少于 70 毫米, 可见本区

蒸发力是很强的。所以，本区滨海地带是制盐业十分理想的地方，莺歌海盐场驰名全国，正是由于具备这种自然条件。

表2 各月及全年蒸发力(毫米)

地点	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年
东方	84.2	71.2	105.7	140.4	171.3	157.9	173.6	153.8	135.3	130.2	99.2	86.8	1509.6
莺歌海	89.8	79.6	100.3	130.6	158.7	157.3	174.7	162.6	139.8	134.2	106.2	90.7	1524.5

若把各月和全年降水量分别减各月和全年蒸发力，所得的差额，便可以显示本区水分丰欠的情况，如表3所示。可以看到，本区年降水量即使不发生径流和参加土壤水分交换，全

表3 各月及全年降水量与蒸发力差额(毫米)

地点	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年
东方	-77.0	-57.7	-88.3	-113.4	-107.7	-11.5	-51.0	118.4	63.6	-36.3	-77.1	-77.6	-515.8
莺歌海	-78.5	-56.1	-77.4	-87.5	-60.2	-18.4	-56.5	90.5	43.7	-17.7	-71.4	-72.7	-462.2

部用于蒸发，竟还不足蒸发的需要，尚欠500毫米以上(东方)，或将近欠500毫米(莺歌海)之多。年中除8月和9月两个月外，其余连续10个月的蒸发力都大于降水量，可见本区缺水的程度颇为严重。

四、自然蒸发耗热过小，湍流热输送过大

本区地面热量的分配，由于水分条件不足，导致蒸发耗热过小，而湍流热输送过大，可以从地面热量平衡方程式来作说明。类似于式(3)，有

$$R = LE + P + A \quad (3')$$

式中LE为自然蒸发的热量消耗(其中E表示自然蒸发量，L表示蒸发潜热)，类似于式(4')，有

$$R = R_0 - 4s\sigma\theta^3(\theta_w - \theta) \quad (4'')$$

其中 $R_0 = J(1 - \alpha) - I_0(1 - cn^2) \quad (6')$

式中 θ_w 为地面温度； α 为地面反射率，由于本区属热带稀树草原景观，地面在夏末秋初为明显的湿润，春季为明显的干旱^[6]，而热带稀树草原平均反射率^[9]湿季取0.18，干季取0.25，

故本区湿润月反射率定为0.18, 干旱月定为0.25, 其余月份为0.18至0.25, 依干湿程度不同而定。类似于式(7'), 则有

$$P = 0.51(\theta_w - \theta) \text{ 千卡/厘米}^2 \cdot \text{月} \quad (7'')$$

地面自然蒸发量的计算, 见于本文第六部分中, 现将式(4'')和式(7'')代入式(3')并忽略A, 得

$$R_0 - 4s\sigma\theta^3(\theta_w - \theta) = LE + 0.51(\theta_w - \theta)$$

则

$$\theta_w - \theta = \frac{R_0 - LE}{0.51 + 4s\sigma\theta^3} \quad (10)$$

于是, 将s和σ值, 以及当月的空气温度θ代入式(10)右方的分母, 又用式(6')计算R₀值和根据本文第六部分计算的LE值代入式(10)右方的分子, 就可求得地面温度与空气温度的差值(θ_w - θ), 从而可求得R和P值。

按照上述方法计算结果, 如表4所示。可以看到, 本区年辐射平衡可达65—69千卡/厘米², 但由于供应蒸发的水分不足, 年蒸发消耗的热量仅占年辐射平衡的68—75%, 其余是湍流热通量, 而湍流热通量以春季最大, 占全年湍流热通量40%以上。这也显示了热量和水分条件极不协调, 尤以春季为甚。

表4 地面的热量平衡(千卡/厘米²)

地点	项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全 年		
东 方	R	2.80	2.43	3.86	4.98	6.43	7.39	7.85	8.33	7.42	6.23	4.01	3.05	64.78	LE/R	68.3%
	LE	0.60	0.91	1.20	1.69	3.61	6.77	5.77	7.64	6.91	5.27	2.74	1.13	44.24	P/R	
	P	2.20	1.52	2.66	3.29	2.82	0.62	2.08	0.69	0.51	0.96	1.27	1.92	20.54	P/R	
黄 歌 海	R	2.80	2.67	3.86	5.03	7.18	7.72	8.52	9.09	7.51	6.60	4.27	3.25	68.50	LE/R	74.8%
	LE	0.82	1.52	1.49	2.59	5.06	6.67	6.67	8.20	6.97	5.99	3.31	1.96	51.25	P/R	
	P	1.98	1.15	2.37	2.44	2.12	1.05	1.85	0.89	0.54	0.61	0.96	1.29	17.25	P/R	

五 干热风的形成

本区几乎在每年春季都要发生干热风天气, 危害农作物的生长。特别是早造水稻, 干热风使植株干枯, 叶片萎蔫卷曲; 在水稻抽穗扬花阶段遇到干热风, 就会严重影响籽粒的形成, 或造成大量瘪粒。据当地农业部门提供的资料, 每年早造水稻生长期间, 由于干热风的危害, 可使产量大约减少20%。干热风对水稻的危害, 主要是气温高的热害和湿度低的干害, 导致植株体内叶绿素的破坏, 影响光合作用的正常进行; 风则主要加剧热害和干害的程度。根据干热风的危害机制, 规定干热风的标准是: 日平均气温≥30℃, 14时相对湿度 < 50%, 盛行西南风, 风力3级以上。

发生干热风时较典型的天气形势，在500毫巴上空为西太平洋副热带高压西伸，本区在588线范围内，天气晴朗，太阳辐射强烈（见图1），在700毫巴上空依然是高压所控制，在地面图上，中南半岛有低压槽西伸，往往在印度支那半岛北半部形成低压中心，而海南岛以东海域仍为西太平洋高压脊所控制，以致海南岛地区形成“东高西低”，盛行西南风。

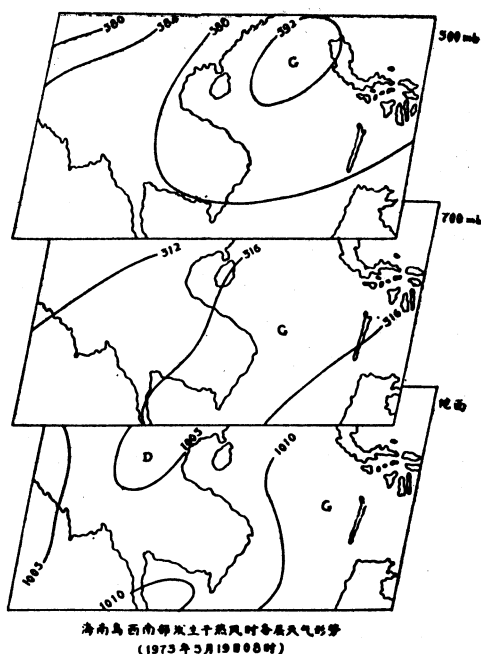


图1：海南岛西南部发生干热风时各层天气形势（1973年5月19日08时）

干热风是构成本区热带稀树草原的一个非生物环境条件。干热风的发生，则与本区的气候背景密切相关。如前所述，本区在热量分配上，自然蒸发耗热过小，湍流热通量过大，特别在春季，这是年中湍流热通量最大的季节，在这个季节里，如果具有上述天气形势的配合，盛行的西南气流因有地面导致的强烈湍流混合作用，加剧了地面与近地层大气间热量和水汽的交换，再加上天气晴朗，太阳辐射强度大，便使近地层空气变得又干又热，形成危害农作物生长的干热风。

六、年中水量分配甚为悬殊

地面水量分配，可用水量平衡方程式表示：

$$r = E + f + \Delta w \quad (11)$$

式中 r 为降水量； E 为自然蒸发量； f 为径流量； Δw 为土壤中水分含量改变值，当土壤含水量增加时， Δw 为正值，减少时，为负值。

自然蒸发量的计算，这里采用L·Turc公式^[12]：

$$E = \frac{r+a+V}{\sqrt{1 + \frac{r+a}{E_0} + \frac{V}{2E_0}}} \text{毫米/旬} \quad (12)$$

式中 E_0 为旬蒸发力， V 为考虑植物对蒸发影响的植物因子，须根据植物生长过程中土壤水分动态、植物需水量、植物干物质重等来决定； a 为可供蒸发的土壤水分，它由某旬开始田间持水量与土壤实际含水量之差 Δ 决定（以下简称田间持水量差额），当

$$(35 - \Delta) > 10 \text{ 时, } a = 10$$

$$(35 - \Delta) < 1 \text{ 时, } a = 1$$

$$1 \leq (35 - \Delta) \leq 10 \text{ 时, } a = 35 - \Delta$$

计算蒸发量时，可根据明显看出降水量远大于蒸发量的旬（该旬末，或下一旬开始， $\Delta = 0$ ），从下一旬起算，则 $a = 10$ ，连同 r 、 V 和 E_0 各值代入式(12)，便求得下一旬的蒸发量；下一旬末的 Δ 则根据式(14)和随后的说明求得。其余逐旬末的 Δ 值，依此类推算出。

L. Turc应用式(12)计算地球许多地方的蒸发量，与实测值相比较颇为满意，J. C. J. Mohrmann等计算欧洲农业水分亏损^[8]和M. S. Ahmad计算巴基斯坦Quetta谷地的植物水分需要量^[7]，亦采用这个公式，都得出满意的结果。

从式(12)的结构看到，其中蒸发力 E_0 的大小，影响蒸发量的计算结果要比降水量 r 或植物因子 V 为大。由于缺乏植物因子 V 的资料，我们取 $V = 0$ ，式(12)变为：

$$E = \frac{r+a}{\sqrt{1 + \left(\frac{r+a}{E_0}\right)^2}} \text{毫米/旬} \quad (13)$$

这就是L. Turc计算裸露土壤蒸发的公式。但是，式中的 E_0 ，我们采用前述地面热量平衡方程式求算，这就可以认为已考虑了植物因子在内，因为地面热量平衡方程是表征包括植物在内的地面与大气，以及地面与下层土壤之间的热量、水分交换过程。在华南地区曾经用这样的处理方法利用式(13)计算过若干地点的旬蒸发量累计得到年蒸发量，与根据降水和径流实测资料的差值得到的年蒸发量作了比较，相对误差一般小于5%^[3]，而所计算的若干地点降水年变化是显著不同的，因而有充分理由认为利用式(13)所计算的蒸发量是相当可靠的。本文的计算结果，相对误差不超过7%，同样可靠。为了使利用式(13)计算的年蒸发量与按水量平衡方程求得的年蒸发量完全相同，应将二者的差额根据逐旬蒸发量的大小按比例分配，从而得出各旬订正蒸发量。

表5和表6分别是东方和莺歌海两地逐旬水量平衡变化。表中旬蒸发量就是根据式(13)计算的。式(13)中 E_0 各旬平均值用直方图方法^[1]求得，即根据 E_0 各月平均值制成直方图描绘变化曲线，然后逐旬计算。由于本区缺乏可靠的径流资料，表中旬径流深是先由年降水量减年蒸发量，算出年径流深，再根据附近宝桥水文站多年逐旬径流深平均值占年径流百分数分配求得的。表中所列渗透量 f' ，对 $r > E$ 的旬，若 f' 为正数，则本旬末的 $\Delta = 0$ ；若 f' 为

$$f' = r - E - \Delta \text{ (前旬末)} \quad (14)$$

负数，其绝对值即为本旬末的 Δ ，而 f' 则记为0，对于 $r \leq E$ 的旬， $f' = 0$ ，而本旬末的 Δ 为本旬 $E - r$ 的差额与 Δ （前旬末）之和。

表5 东方县各旬水量平衡(毫米)

月	份			1			2			3			4			5			6			月
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
旬																						
降水量	r	1.4	0.6	5.2	5.1	3.9	4.5	4.4	7.5	3.6	10.7	12.7	10.4	19.4	33.8	67.5	47.8	31.1				
蒸发量	E	2.4	1.6	6.0	5.4	4.8	4.9	5.3	8.3	4.6	10.4	13.2	11.2	19.3	29.7	42.0	38.1	32.7				
渗透量	f'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
土壤水蒸发量	E-r	1.0	1.0	0.8	0.3	0.4	0.9	0.9	0.8	1.0	0	0.5	0.8	0	0	0	0	0				
田间持水量	Δ	37.0	38.0	38.8	39.1	39.5	40.4	42.2	43.0	44.0	43.7	44.2	45.0	44.9	40.8	15.3	5.6	7.2				
水量差	f	2.0	1.7	1.7	1.4	1.3	1.0	1.0	1.0	0.8	1.2	1.9	1.9	1.9	4.0	7.4	8.8	4.3				
径流深	ΔW	-3.0	-2.7	-2.5	-1.7	-1.7	-1.9	-1.9	-1.8	-1.8	0.9	-2.4	-2.7	-1.8	+0.1	+18.1	+0.9	-5.9				
土壤含水量改变值																						
7	上	56.7	31.9	34.0	33.4	130.6	108.2	82.3	67.8	27.7	42.4	23.8	10.8	7.2	3.9	2.3	5.3	1.0				993.8
	中	27.2	34.4	34.6	33.7	48.2	45.4	41.4	37.8	27.8	33.6	26.7	17.8	15.4	12.4	10.1	6.2	2.0				737.3
	下	22.3	0	0	0	79.0	62.8	40.9	30.0	0	8.6	0	0	0	0	0	0	0				256.5
	上	0	2.5	0.6	0.3	0	0	0	0	0.2	0	2.6	7.0	8.2	8.5	7.8	0.9	1.0				
	中	0	2.5	3.1	3.4	0	0	0	0	0.2	0	2.6	9.6	17.8	26.3	34.1	35.0	36.0				
	下	10.0	6.6	8.5	5.5	17.4	20.6	23.7	18.0	17.8	18.8	14.1	7.8	5.8	4.6	3.5	2.8	2.5				256.5
	上	+19.5	-9.1	-9.1	-5.8	+65.0	+42.2	+17.2	-5.1	+5.9	-18.0	-10.0	-16.7	-14.8	-14.0	-11.3	-3.7	-3.5				0
	中																					
	下																					
	全																					
	年																					

表6 葛歌海各旬水量平衡(毫米)

月	份			1			2			3			4			5			6			月	年
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下		
降水量	r	2.6	2.0	6.7	8.8	9.1	4.5	7.3	11.1	9.9	16.8	16.4	31.5	25.0	42.0	69.4	38.7	30.8					
蒸发量	E	3.5	2.8	7.4	9.5	9.5	5.4	8.1	11.4	10.5	16.5	16.2	27.4	23.4	33.6	43.4	35.2	32.3					
渗透量	f'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.9	0					
土壤水蒸发损失量	E-r	0.9	0.8	0.7	0.7	0.4	0.9	0.8	0.3	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0					
田间持水量差额	Δ	35.9	36.7	37.4	38.1	39.3	40.2	41.0	41.3	41.9	41.6	41.4	37.3	35.7	27.3	1.3	0	1.5					
径流深	f	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0	0.9	0.9	0.7	1.0	1.7	1.7	1.7	3.4	5.9	7.2	3.5					
土壤含水量改变值	ΔW	-2.6	-2.4	-2.1	-2.0	-1.9	-1.9	-1.7	-1.2	-1.3	-0.7	-1.5	+2.4	-0.1	+5.0	+20.1	-4.0	-5.0					

7	月			8			9			10			11			12			月	全	年
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下			
46.1	42.5	29.6	43.8	108.6	100.7	70.8	50.4	62.3	32.6	45.3	38.6	13.8	14.5	6.5	9.7	5.2	3.1	1062.3			
39.7	39.0	32.4	39.9	49.1	47.6	41.0	36.8	38.3	31.7	35.4	32.7	20.4	20.0	14.8	16.1	12.4	4.1	854.2			
4.9	3.5	0	1.1	59.5	53.1	29.8	13.6	24.0	0.9	9.9	5.9	0	0	0	0	0	0	208.1			
0	0	2.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.6	5.5	8.3	6.4	7.2	1.0				
0	0	2.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.6	12.1	20.4	26.8	34.0	35.0				
8.2	5.7	7.0	4.5	14.3	17.1	19.2	10.6	19.8	14.5	15.6	11.5	6.6	4.7	3.6	3.0	2.4	2.2	208.1			
-1.8	-2.2	-9.8	-0.4	+45.2	+36.0	+10.6	+3.0	+4.2	-13.6	-5.7	-5.6	-13.2	-10.2	-11.9	-9.4	-9.6	-3.2	0			

从表 5 和表 6 看到, 年自然蒸发量东方为 700 多毫米, 莺歌海为 800 多毫米, 分别占年降水量的 74% 和 80%。各旬蒸发量以 8 月中旬和下旬最大, 这两个旬是全年中水分条件最为充裕的。东方从 12 月中旬至翌年 4 月上旬, 莺歌海从 12 月下旬至翌年 3 月中旬, 蒸发量都不足 10 毫米。东方从 10 月下旬至翌年 4 月上旬, 莺歌海从 11 月上旬至翌年 4 月上旬, 蒸发量稳定地大于降水量。

莺歌海年径流深只占年降水量的 20%, 东方只占 26%。每年从 8 月中旬至 10 月下旬, 径流深才都超过 10 毫米, 而 1 月上旬至 5 月则都在 2 毫米以下, 其中 2 月上、中旬至 4 月上、中旬仅为 1 毫米左右。

土壤水分含量改变值, 以 8 月中下旬的正值最大, 这是本区土壤水分最为充沛的时期。在这一时期里, 旬降水量超过 100 毫米, 是一年中最多雨的时期; 旬渗透量也最大, 可达 50—80 毫米; 同时, 旬蒸发量亦为最大 (已见前述)。因此, 8 月中、下旬是本区地表水分循环最为旺盛的时期。东方从 10 月上旬至翌年 5 月中旬, 莺歌海从 10 月上旬至翌年 4 月下旬, 土壤水分含量改变值都稳定为负值。

田间持水量差额为 0 的时期很短, 即土壤自然含水量满足农作物需要的时期是很短的。计莺歌海田间持水量差额稳定为 0 的时期为 8 月上旬至 10 月下旬, 东方稳定为 0 或接近于 0 的时期为 8 月中旬至 10 月中旬而已。东方自 2 月下旬至 5 月下旬, 莺歌海自 3 月上旬至 4 月下旬, 田间持水量差额都在 40 毫米以上, 可见早稻季节中东方一带缺水比莺歌海一带尤为严重。田间持水量差额最大的时期, 东方为 4 月上旬至 5 月中旬, 莺歌海为 4 月上旬至 4 月下旬; 而 4 月份是本区早稻大多数品种的幼穗分化期, 也是水稻一生中需水最多的时期 (据分析测定, 幼穗分化期的需水量为全生育期的 40% 左右^[4])。因此, 4 月份是本区水库供给稻田灌溉用水最为紧张的时期。

七、改造的有效途径

封山育林和普遍营造防护林网, 这是改善气候生态环境的有效途径。青山常在才可以涵养水源, 山上径流潺潺不断, 农田用水就可以得到大量的补充。营造防护林网, 则可以改造农田水热条件。1962 年 5—8 月, 我们曾在本区东方县西郊北黎附近防护林网格中和林外空旷地 (作对照) 作过防护林水热效应的定位研究^[6], 表 7 是林网内外热量平衡各分量的变化。可以看到, 林网内外辐射平衡的差别是显著的, 林网内大于林网外; 湍流热通量和蒸发耗热的差别更大, 林网内蒸发耗热远大于林网外, 而湍流热通量则远比林网外为小; 同时, 林网内的土壤热量转换也显著地比林外大。

这种差别, 主要发生在白昼, 夜间相差无几, 林网外白昼辐射平衡供给湍流热通量比消耗于蒸发热量上大得多。在夜间, 林网外有效辐射比林网内大; 湍流热通量的方向林网内平均由下向上, 林网外则平均由上向下; 土壤热量转换的方向都是向上; 水汽通量均以凝结为主。

上述林网内外热量平衡的对比情况, 是以林网内湍流交换的减弱密切相关的。在林网防护下的田野, 由于湍流交换的减弱, 同时就减缓了向上的水汽输送, 得以经常保持地面的湿

表7

北黎防护林网内外热量平衡的比较

(1962年6月21—24日平均值), 卡/厘米²

时 间	项 目	林 网 内	林 网 外
白 昼	R	367.2	348.9
	P	77.2	165.7
	LE	172.4	105.5
	A	117.6	77.7
	P/R	0.21	0.48
	LE/R	0.47	0.30
	A/R	0.32	0.22
夜 间	R	-59.8	-74.3
	P	2.5	-17.2
	LE	-12.1	-12.2
	A	-50.2	-44.9
	P/R	-0.04	0.23
	LE/R	0.20	0.17
	A/R	0.84	0.60
全 日	R	307.4	274.6
	P	79.7	148.5
	LE	160.3	93.3
	A	67.4	32.8
	P/R	0.26	0.54
	LE/R	0.52	0.34
	A/R	0.22	0.12

润状态和一定的土壤水分贮量, 从而在干旱时期里, 林网内的蒸发就必然远大于林网外的蒸发。与此同时, 由于林网外湍流交换强度大和土壤水分不足, 大量的热量也就必然给湍流热通量。此外, 由于林网内地面湿度较大, 向上的水汽输送既被削弱, 贴地气层水汽自然亦较

多,这就使反射率和有效辐射都减少,因而增加了地面辐射平衡值。至于土壤热量转换,由于湿土的导热系数较大,故林网内亦大于林外。

既然林网内能经常保持地面的湿润状态,以及一定的土壤水分贮量,并且贴地气层水汽亦较多,农作物在林网中生长,就可以得到较多的水分保证。

如果本区能大规模地普遍营造防护林网,由于使湍流交换大为削弱,湍流热通量大为减少,也有助于遏制西南干热风的发生,夺取早稻的丰收。

基于上述,封山育林和普遍营造防护林网,确是改善本区气候生态环境,改变本区热带稀树草原生态平衡的有效途径。

参 考 文 献

- [1] 么枕生, 1963; 《气候统计》。科学出版社。
- [2] 刘森元, 1963; 海南岛热量平衡。地理学报, 29卷三期, 188—196页。
- [3] 邓汉增, 1965; 韩江流域热量、水分平衡及其在自然地理过程中的作用。中山大学学报(自然科学版), 三期, 395—406页。
- [4] 浙江农业大学农学系等编, 1976; 《水稻》。科学出版社。
- [5] 黄润本、黄伟峰、沈雪颀, 1980; 论干湿气候指数。中山大学学报(自然科学版), 二期, 75—81页。
- [6] 黄润本等, 1979; 《海南岛西南部防护林网对于改造农田水热条件的评价》。气象综合学术讨论会论文选编, 广东省气象学会。
- [7] Ahmad M.S., 1961; Water requirements of plants in the Quetta Valley, Pakistan, Arid zone research—XVI, Paris, UNESCO.
- [8] Mohrmann J.C.J., Kessler J., Pub. 5, 1959; Water deficiencies in European agriculture, Int. Inst. Land Reclamation and Improvement.
- [9] Будыко М.И., 1956; Тепловой Баланс земной поверхности, Гидрометеиздат.
- [10] Берлянд, М.Е., Берлянд, Т.Г., 1952; Определение эффективного излучения земли с учетом влияния облачности. АН СССР, сер. геофиз.
- [11] Будаговский А.Н., 1957; Основные закономерности суммарного испарения. В сб. биологические основы орошаемого земледелия, изд. АН СССР.
- [12] Тюркл. (Turc L. 1955), 1958; баланс почвенной влаги, Гидрометеиздат.

ON THE FORMATION OF SAVANNA ECOSYSTEM
IN SOUTHWESTERN HAINAN ISLAND
—A RESULT OF THE DESTRUCTIVE LUMBERING
OF THE FOREST FOR A LONG TIME

Huang Run-ben Huang Wei-feng Shen Xue-ping

(*Department of Meteorology, Zhongshan University*)

Abstract

This paper is chiefly a brief introduction to studies on heat and water balance, evaporative power (E) as related to the formation of savanna ecosystem in southwestern Hainan Island.

This region has plenty of net radiation (R), it amounts to 65~69 kcal/cm² per year, but the ratio between flux of latent heat (LE) and R is around 68~75 per cent only, owing to the deficit of water in most months of the year. The flux of sensible heat (P) between the earth's surface and air is greater than LE or pretty nearly the same amount with LE in half the months through winter and spring. P has the most amount in spring, it is possible that it may occasionally initiate the dry and hot southwest wind and cause rapid wilting of the rice plant.

E₀ reaches 1500 mm per year, 500 mm greater than the annual rainfall. During all months of the year except August and September E₀ exceeds rainfall, it indicates that agricultural activities are completely controlled by rainfall condition in this region, except where irrigation is possible.

The aforementioned ecological climatic conditions of forming savanna ecosystem in southwestern Hainan Island result from a cause of the destructive lumbering of the forest for a long time. Finally this paper shows that an effectual method of reforming the savanna ecosystem in this region is largely to plant the shelter-forest-networks.