

福建黄岗山东南坡气温的垂直变化^{*}

郑成洋 方精云

(北京大学地理科学中心, 北京大学环境学院生态学系,
北京大学地表过程分析与模拟教育部重点实验室, 北京, 100871)

摘 要

利用 HOBO Onset 自动温度记录仪于 2001 年 11 月~ 2002 年 11 月对福建黄岗山东南坡 7 个地点的气温, 间隔 15 min 进行了连续观测。结果显示: 黄岗山年平均气温直减率为 $0.43\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$; 不同月份的直减率有差异, 一般来说, 冬季小, 夏季大, 其中 12 月最小($0.26\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$), 9 月最大($0.56\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$)。平均最高气温沿海拔高度变化并非呈线性关系, 表现为中海拔(1600 m)数值最低, 而平均最低气温沿海拔高度呈明显线性关系, 直减率为 $0.54\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 。最高温度沿海拔高度变化不明显。月平均的日较差沿着海拔高度变化呈“U”字形, 中海拔月平均日较差值最低。日平均气温 $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\geq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的积温沿海拔高度呈线性关系, 直减率几乎相同。 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温从低海拔至高海拔相差约 $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$, 海拔每升高 100 m 稳定初日至终日, 积温日期间隔平均减少 7 d 左右。

关键词: 平温气温, 极端气温, 日较差, 黄岗山东南坡。

1 引 言

山地气候的垂直变化是一个经典的地理学和气候学问题, 对生态学研究也十分重要。气候的变化体现了地形、地貌、植被和土壤等因素的综合作用, 这种作用反过来又影响土壤发育和植被生长。过去的山地气象资料大多由周边地区有限的气象站用离散点等值线、模型^[1, 2]以及 DEM 空间模拟^[3, 4]等方法求得。这些方法虽然能反映山区气候的一般趋势, 但是仍然不能真实地反映复杂地形条件下的小气候特征。此外, 由于气象台(站)条件的限制, 气温的连续观测一般难以实现, 从而很难准确地获得一个山体的气温变化信息。

黄岗山主峰及其周边地区是武夷山国家级自然保护区的核心区, 也是武夷山被列入“世界自然与文化遗产”名录中自然遗产部分的重点保护区。在 20 世纪 50~ 70 年代黄岗山东南坡周围地区先后设有 5 个气象观测点^[5], 1959~ 1960 年曾在黄岗山顶进行了 2 a 的气象观测。武夷山市气象局曾在离黄岗山山顶直线距离约 12.5 km 的七仙山设点观测, 直到 20 世纪 90 年代初。近年来, 黄岗山及其周围地

区已没有气象观测数据。本文基于黄岗山不同海拔高度 7 个自动温度记录仪 24 h 连续不间断的 1 a 观测数据, 初步分析了黄岗山气温沿海拔高度的变化规律及其相关气温特征。

2 研究区域

黄岗山(海拔高度 2158 m, $27^{\circ}51'42''\text{N}$, $117^{\circ}47'18''\text{E}$)为武夷山脉最高峰, 亦为中国东南大陆最高峰。黄岗山东南坡的垂直高度差是从大安源的 480 m 到顶峰 2158 m, 东南坡地势较平缓, 西北坡相对陡峭。黄岗山地处亚热带季风气候区, 全年多雾, 雨量十分充沛。根据 1959~ 1960 年黄岗山山顶气象观测站记录, 山顶年降水量达 3103.9 mm, 雾日长达 120 d, 年平均气温 $8.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, 年平均最高气温 $11.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, 年平均最低气温 $5.9\text{ }^{\circ}\text{C}$, 最高气温 $21.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, 最低气温 $-15.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。由于黄岗山地区降雨量大, 山体冲刷与切割作用明显, 地形起伏较大。土壤主要类型有红壤、黄红壤、黄壤和山地草甸土, 但以黄红壤为主, 其母岩为花岗岩、火山岩等^[6]。黄岗山植被垂直带分布差异明显。林鹏等^[7]把植被划分为山顶草甸、中山矮林、针叶林、针阔叶混交林、常绿与落叶

* 初稿时间: 2003 年 6 月 10 日; 修改稿时间: 2003 年 10 月 8 日。
资助课题: 国家自然科学基金项目(49971002 和 39830050)。

阔叶混交林、竹林以及常绿阔叶林等 7 个植被带。

3 数据收集

从黄岗山东南坡的大安源自然村经猴子岗到黄岗山峰顶,按海拔高度每隔约 200 m 放置温湿度自动记录仪(HOBO H8 Pro RH/Temperature Logger, Onset Computer Corporation, Pocasset, USA),放置地点的经纬度用 GPS 12XLC 定位。最低、最高点分别为 800 和 2150 m。仪器安置在预先制好的“丁”字形架上,除草甸固定在 0.5 m 高干枝上外,其他均固定在 1.5 m 高的相对开阔的树干上,并避免阳光直射和小溪流影响。2001 年 11 月 11 日 0 时到 2002 年 11 月 11 日 24 时,自动记录仪每 15 min 记录一次气温、露点温度、相对湿度和绝对湿度,自动存贮数据。共获取 7 个记录点为期 1 a 的数据。

根据每 15 min 自动记录的温度数据,求算每日平均温度;分别由每日最高、最低温度求得月平均最

高、最低温度;由当日最高温度减去当日最低温度求得温度日较差。由最热月平均气温减去最冷月平均气温求得温度年较差。

4 数据分析

4.1 平均气温

从表 1 可以看出,黄岗山平均气温随着海拔高度升高呈明显下降趋势。年平均气温从海拔 800 m 的 15.0 °C 下降到海拔 2150 m 的 9.7 °C,直减率为 0.43 °C/100 m。1 月月平均气温最低,从低海拔(800 m)的 6.4 °C 下降到高海拔(2150 m)的 1.5 °C。7 月月平均气温最高,从低海拔(800 m)的 23.1 °C,下降到高海拔(2150 m)的 17.6 °C。

从表 1 还可以看到,各月的平均气温直减率差别较大。冬季直减率较低,其中 12 月最小(0.26 °C/100 m);夏季和秋季直减率较大,9 月最大(0.56 °C/100 m)。

表 1 黄岗山不同海拔高度的月和年平均气温

Table. 1 Monthly and annual mean temperatures at different altitudes in Mt. Huanggang

海拔(m)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均
800	6.4	9.0	12.1	16.0	18.6	21.8	23.1	22.6	20.1	14.4	9.9	6.5	15.0
1150	6.0	8.1	11.3	15.2	17.5	20.8	22.0	21.6	19.1	15.7	10.4	6.1	14.5
1350	5.0	7.0	10.2	14.2	16.4	19.8	21.0	20.5	17.8	13.5	8.8	5.2	13.3
1550	3.5	5.7	9.0	13.2	15.2	18.5	19.6	19.0	16.0	12.4	7.2	4.2	12.0
1750	3.2	5.8	8.7	12.9	14.1	17.3	18.3	17.8	14.9	11.0	6.2	4.5	11.2
1950	2.7	5.3	7.6	12.1	13.2	16.2	17.2	16.6	13.7	11.0	5.5	4.1	10.5
2150	1.5	4.3	6.8	11.5	12.9	15.9	17.6	16.5	13.3	9.1	4.0	2.8	9.7
直减率(°C/100 m)	0.38	0.35	0.41	0.35	0.46	0.48	0.47	0.51	0.56	0.45	0.48	0.26	0.43

4.2 极端温度及出现的时间

黄岗山不同海拔的日最高气温一般出现在 12~15 时,2 月最高气温出现时间稍推迟至 14~16 时,8 月份出现时间则稍提前至 12~13 时。最低气温一般出现在凌晨 4~5 时。平均最高气温(T_{\max})沿海拔高度(H)变化并非呈线性关系,在海拔 1600 m 左右达到最低值,用二次方程拟合较好: $T_{\max} = 5.3 \times 10^{-6} H^2 - 0.0178H + 29.64$ ($R^2 = 0.83$, $\alpha < 0.05$)。平均最低气温(T_{\min})与海拔(H)呈明显的线性负相关($T_{\min} = -0.0054H + 18.22$, $R^2 = 0.95$, $\alpha < 0.0001$) (图 1)。

图 2 表明极端温度沿海拔的变化。极端最高温从低海拔 800 m 的 31.9 °C 降至中海拔 1550 m 的最低值 25.2 °C,随后沿海拔升高,变化幅度不大,但 2002 年 7 月 14 日 12 时在山顶(海拔 2150 m 记录

到极端高温的最高值 42.9 °C)。极端高温均出现在 7 月份,并且几乎所有的测量点都在同一天达到极端高温,尽管到达最高温度的时间不同。一般来说,高海拔到达最高温度的时间(12 时)早于低海拔(14 时)。另一方面,极端低温沿海拔上升而下降,从海拔 800 m 处的 -3.4 °C,降至海拔 2150 m 的 -12.3 °C,直减率为 -0.67 °C/100 m。黄岗山极端低温出现在 12 月份,并有一定的延时性,即:极端低温最先于 17 时 30 分出现在山顶(2150 m),中海拔(1550 m)为 18 时 45 分,海拔 1350 m 为 0 时 15 分,而低海拔(800 m)却出现在 5 时 30 分。从记录时间上看,海拔越低,出现极端低温的滞后时间越长。

4.3 气温日较差

自动温度记录能够准确地反映全天的气温变化。取每日最高气温与最低气温之差来反映一天气

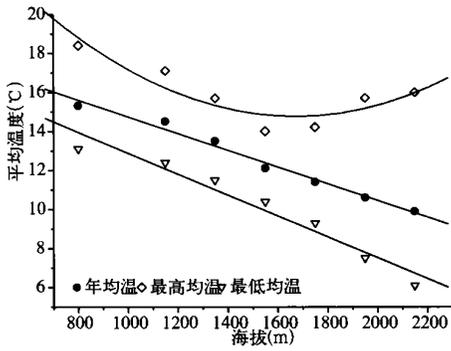


图 1 武夷山东南坡平均最高气温、平均最低气温和年平均温随海拔的变化关系

Fig. 1 Diagram of annual mean temperature, mean maximum temperature, and mean minimum temperature along altitudinal gradient in SE slope of Mt. Huanggang

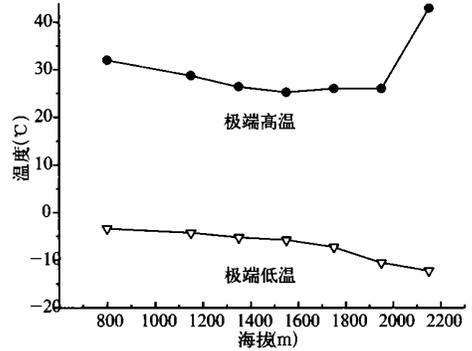


图 2 武夷山东南坡极端最高温和极端最低温

Fig. 2 Changes in absolute high temperature and absolute low temperature along the SE slope of Mt. Huanggang

温变化的幅度, 即日较差。按月份求气温日较差

(T_D) 的平均值(图 3a)。从图 3a 可见, 月平均中海拔日较差(1550 m)最低, 高海拔(2150 m)气温日较

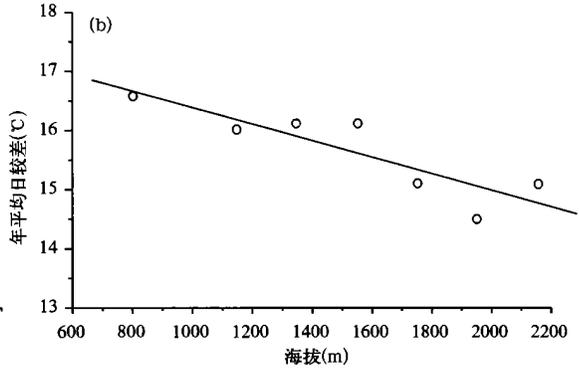
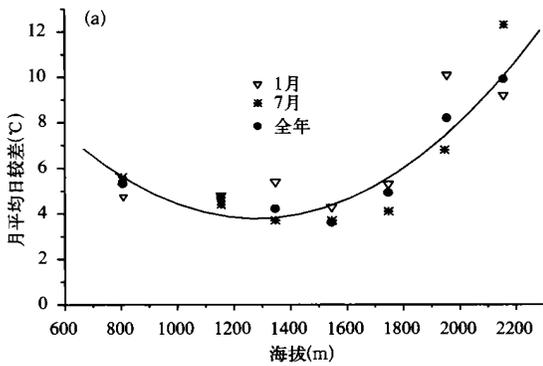


图 3 黄冈山东南坡年平均日较差 (a) 和年平均日较差 (b) 随海拔高度的变化

Fig. 3 Month diurnal range (a) and annual range of temperatures along altitudinal gradient in SE slope of Mt. Huanggang

差最大, 用二次方程拟合($T_D = 8.18 \times 10^{-6} H^2 - 0.0209H + 17.18$, $R^2 = 0.92$, $\alpha < 0.05$) 效果很好。比较全年气温日较差的结果显示, 各月份日较差变化趋势相同。气温年较差随海拔升高, 呈线形下降趋势($T_{AD} = 0.0014H + 17.78$, $R^2 = 0.767$, $\alpha < 0.05$), 其直减率为 $0.14 \text{ } ^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ (图 3b)。

4.4 积温

从表 2 和图 4 可以看出, 日平均气温 $\geq 0 \text{ } ^\circ\text{C}$, $5 \text{ } ^\circ\text{C}$ 和 $10 \text{ } ^\circ\text{C}$ 的积温变化十分明显: 随着海拔的增高, 各积温值显著下降, 达到稳定初日的时间推迟, 终日提早, 间隔的日数缩短。各积温值的直减率十分接近, 约 $185.0 \text{ } ^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ 。日平均气温稳定通过 $\geq 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ 的积温常被用作温带植物生长的有效积温。低海拔(800 m) $\geq 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ 积温约为 $4000 \text{ } ^\circ\text{C}$, 而黄冈山山顶

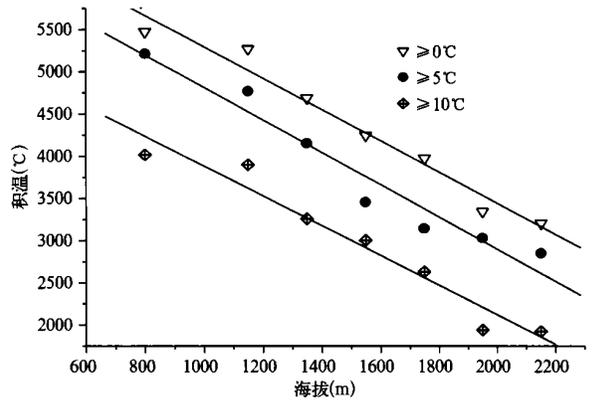


图 4 武夷山东南坡积温随海拔的变化

Fig. 4 Changes in accumulated temperatures along altitudinal gradient in SE slope of Mt. Huanggang

表 2 黄岗山东南坡不同海拔日平均气温 $\geq 0^\circ\text{C}$, 5°C 和 10°C 的有效积温、初日、终日和持续的天数Table 2 Initial and last days, the period, and accumulated temperature for daily mean temperature $\geq 0^\circ\text{C}$, 5°C and 10°C

海拔高度 (m)	日平均气温 $\geq 0^\circ\text{C}$				日平均气温 $\geq 5^\circ\text{C}$				日平均气温 $\geq 10^\circ\text{C}$			
	初日 日/月	终日 日/月	持续日数 (d)	积温值 ($^\circ\text{C}$)	初日 日/月	终日 日/月	持续日数 (d)	积温值 ($^\circ\text{C}$)	初日 日/月	终日 日/月	持续日数 (d)	积温值 ($^\circ\text{C}$)
800	1/1	20/12	354	5471.0	4/2	11/12	311	5213.1	11/4	31/10	204	4016.4
1150	1/1	19/12	353	5269.6	6/3	11/12	281	4766.6	11/4	31/10	204	3898.1
1350	1/2	19/12	321	4686.9	6/3	12/11	252	4152.0	26/4	17/10	175	3256.4
1550	2/2	12/12	314	4244.5	11/4	12/11	216	3454.7	26/4	16/10	174	3002.0
1750	2/2	12/12	314	3973.9	11/4	1/11	205	3141.9	18/4	23/9	159	2631.1
1950	6/3	12/11	252	3346.1	11/4	11/11	215	3031.4	26/5	21/9	119	1938.6
2150	6/3	12/11	252	3205.7	11/4	28/10	201	2848.7	26/5	21/9	119	1922.2

只有约 2000°C 。 $\geq 0^\circ\text{C}$ 与 $\geq 5^\circ\text{C}$ 积温的初日提早约 1 个月, 而终日推迟约 1 个月; 而 $\geq 5^\circ\text{C}$ 与 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温相比也是初日提早 1 个月, 而终日推迟 1 个月。因而, 从低海拔 (800 m) 与山顶高海拔 (2150 m), 日平均气温 $\geq 0^\circ\text{C}$, 5°C 和 10°C 稳定初日至终日的各积温期限相差近 2 个月, 即大致为海拔每升高 100 m, 日期平均减少约 7 d。

5 结论

(1) 黄岗山平均气温随着海拔梯度升高呈明显下降趋势, 年平均气温直减率为 $0.43^\circ\text{C}/100\text{m}$ 。不同月份的直减率差别比较大, 从 1 月至 9 月递减速率逐渐增加, 9 月至 12 月递减速率呈下降趋势。最冷月 (1 月) 的直减率为 $0.38^\circ\text{C}/100\text{m}$, 最热月 (7 月) 直减率为 $0.47^\circ\text{C}/100\text{m}$; 最高值 (9 月) 的直减率为 $0.56^\circ\text{C}/100\text{m}$, 最低值 (12 月) 直减率为 $0.26^\circ\text{C}/100\text{m}$ 。

(2) 平均最高气温 (T_{\max}) 沿着海拔梯度变化并

非直线关系, 表现为中海拔出现最低值, 用二次方程拟合关系很好; 而平均最低气温 (T_{\min}) 随着海拔升高呈明显线性下降趋势。

(3) 黄岗山东南坡最高温沿着海拔梯度变化不明显, 海拔 1600 m 为最低值。最高温出现在山顶 (42.9°C), 最低温度记录也在山顶 (-12.3°C)。

(4) 黄岗山东南坡月平均日较差 (T_D) 与海拔的关系是: 中低海拔 (1550 m 以下) 月平均日较差较小, 高海拔月平均日较差大。

(5) 日平均气温 $\geq 0^\circ\text{C}$, 5°C 和 10°C 积温沿海拔梯度呈线性变化, 直减率几乎相同。日平均气温 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温从低海拔至高海拔相差约 2000°C , 海拔每升高 100 m, 稳定初日至终日, 积温日期间隔平均减少约 7 d。

上述结果基于黄岗山东南坡的观测, 因此, 具有很强的局域性。其他坡向或其他山地是否也具有相似的趋势则需要再作更详细的观测和比较后才能给出结论。

参考文献

- 傅抱璞. 山地气候. 北京: 科学出版社, 1983. 270pp
- 卢其尧. 山区年月平均气温推算方法的研究. 地理学报, 1988, 43(3): 213~222
- 张洪亮, 倪绍祥, 邓自旺等. 基于 DEM 的山区气温空间模拟方法. 山地学报, 2002, 20(3): 360~364
- 陈华, 孙丹峰, 段增强等. 基于 DEM 的山地日照时数模拟时空特点及应用——以北京西山门头沟为例. 山地学报, 2002, 20(5): 559~563
- 福建省科学技术委员会. 武夷山自然保护区科学考察报告集. 福州: 福建科学技术出版社, 1993. 13~20
- 朱鹤龄, 林振盛, 陈珍皋等. 武夷山土壤垂直分布特征. 见:《武夷科学》编辑委员会编. 武夷科学第二卷. 福州: 福建科学技术出版社, 1982. 152~164
- 林鹏, 叶庆华. 武夷山植被研究(一) 黄岗山的植被分布概要. 见:《武夷科学》编辑委员会编. 武夷科学第三卷. 福州: 福建科学技术出版社, 1983. 16~22

CHANGES IN AIR TEMPERATURE VARIABLES ALONG ALTITUDINAL GRADIENT IN Mt. HUANGGANG, CHINA

Zheng Chengyang Fang Jingyun

(Center for Geographic Sciences, Department of Ecology, and Key Laboratory of Earth Surface Processes of the Ministry of Education, Peking University, Beijing 100871)

Abstract

Air temperature on the Southeast slope of Mt. Huanggang was measured from November 2001 to November 2002 at 15-minute intervals, using 7 sets of HOBO onset micro climatic recorders. The results showed that annual mean temperature had a significant linear relationship with altitudinal gradient with a lapse rate of 0.43 °C/100 m, and that the monthly lapse rates differed seasonally, with low values in winter and high values in summer. The lowest lapse rate was recorded in December (0.26 °C/100 m), and the highest in September (0.56 °C/100 m). Mean maximum temperature showed a low value at the middle elevations, while mean minimum temperature showed a strongly linear relationship with elevation (0.54 °C/100 m). There was no obvious difference for absolute high temperature at the varying elevations. The diurnal range of temperature indicated a U-shaped pattern along the altitudinal gradient, with a lowest value at the middle elevations (about 1600 m). The accumulative temperature for ≥ 0 , 5 and 10 °C exhibited nearly identical lapse rates, approximately 180.0 °C/100 m along the altitudinal gradient. The initial day of accumulative temperature was delayed a week with each 100 m interval elevation increase. However, the results observed in this study were limited in the southeast slope of Mt. Huanggang, and whether they can be generalized to other areas requires more detailed observation.

Key words: Mean temperature, Absolute temperature, Diurnal range, Southeast slope of Mt. Huanggang.