

西双版纳海拔变化对水湿状况的影响

郑征¹, 李佑荣¹, 张树斌^{1, 2}, 段文平¹, 张一平¹

(1. 中国科学院西双版纳热带植物园昆明分部, 云南 昆明 650223 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 对西双版纳三个海拔梯度(570 m、1 105 m、1 610 m)的水湿状况进行了3 a的观测(2002~2004年)。随海拔上升, 年平均降雨量增加, 年平均相对湿度降低, 总雾日数减少, 年平均气温和水气压线性递减, 降雨日数和蒸发量的变化相对较小。随海拔上升, 雨季(5~10月)降雨量显著增加, 但干季(11~4月)降雨量变化很小, 其中在干热季节(3~4月)还会降低。雨季空气相对湿度随海拔上升而增加, 但干季的情况却相反。在海拔570 m, 雾凉季节(11~2月)的雾日为100 d而海拔1 105 m和1 610 m, 此时期的雾日都仅为6 d。以上结果显示: 在印度季风环境下, 山地与低海拔的坝子相比, 干湿季节交替更加明显, 在山地干季期间不存在雾凉季节, 在雨季期间, 热带山地雨林的水湿气候条件优于较低海拔的季节雨林, 但干季山地雨林的水湿条件更差。

关键词: 海拔; 降雨量; 相对湿度; 蒸发量; 雾; 热带雨林; 西双版纳

中图分类号: S161 **文献标识码:** A

水湿条件变化是气候环境变化的重要体现, 是山区气候最重要的要素之一。水湿条件对于植物生长发育、植被季相变化和农林业生产等都有重要影响, 水湿条件沿海拔梯度的时空分布格局会直接影响农林业的布局。分析不同海拔水湿条件的时空分布特征, 对于了解山地气候特点、进行山地的合理开发利用以及揭示植被与气候之间的关系都具有极其重要的意义。

关于热带山地气候的研究认为, 降雨量随海拔上升而增加, 较低海拔的山地雨林总是被频繁的雾弥漫, 而较高海拔的山地雨林则更多地被频繁、持久的雾所笼罩^[1], 因此海拔增加能够提高山地的水湿条件。

西双版纳地处云南西南部, 地貌以山原为主, 气候受印度季风控制, 一年中存在明显的干湿季节交替。随海拔增加, 植被发生变化。热带季节雨林主要分布在海拔较低的坝子(盆地)、丘陵和沟谷, 热

带山地雨林主要分部在海拔800 m以上的山地。关于这一地区气候水湿特征的研究报道仅仅局限在坝子^[2-8], 研究表明在西双版纳的坝子如景洪、勐腊等地, 在11~2月间经常出现辐射雾, 一年之中可以明显分为雨季、雾凉季和干热季^[2, 5]。然而, 在印度季风控制的季节性的气候条件下, 海拔增加对山地降雨、雾、相对湿度等水湿状况的影响作用还未见报道。

本文对西双版纳三个海拔梯度的气象进行了3 a的观测, 旨在: 1) 确定印度季风环境下的水湿状况随海拔梯度的变化, 2) 分析海拔变化对水湿分配格局的影响, 3) 弄清热带季节雨林和山地雨林在水湿条件上的差异。

1 研究地区概况及方法

1.1 研究地区环境

西双版纳(21°09'~22°35' N, 99°58'~101°50')

收稿日期(Received date): 2006-02-28; 改回日期(Accepted): 2006-10-20

基金项目(Foundation item): 国家重点基础研究发展计划(973)(2003CB415100), 国家自然科学基金项目(30170168), 云南省自然科学基金项目(2003C0070M)和中国科学院知识创新工程项目(Na KZCX1-SW-01)资助。[Supported by the National Key Project for Basic Research (No. 2003CB415100), the Chinese Natural Sciences Foundation (No. 30170168), the Yunnan Province Natural Sciences Foundation (No. 2003C0070M) and Key Project of Knowledge Innovative Engineering of CAS (No. KZCX1-SW-01).]

作者简介(Biography): 郑征(1960-), 男, 副研究员, 从事森林生态学研究。[Zheng Zheng(1960-), male, associate researcher engaging in forest ecology. E-mail: Zheng@xtbg.ac.cn, phone: 0871-5149746]

E)位于云南西南部,与老挝和缅甸接壤。这一地区处于横断山系南端的无量山和怒山的余脉山原,地貌结构以山原为主,其中分布着较多的宽谷盆地,海拔从 475 m 到 2 429.5 m。这一地区位于亚洲热带北缘,气候受印度季风控制。在海拔相对较低的盆地具有三个明显的季节:湿热的雨季(5~10月)、雾凉季(11~2月)和干热季(3~4月)。雾凉季和干热季合称为干季^[2 6]。

在这一地区森林类型随海拔增加而发生变化,热带季节雨林出现在低地和低山沟谷中,热带山地雨林分布在海拔 800~1 800 m 的山地上。由于受季风的影响,在每年干季热带季节雨林和山地雨林上层树种有一短暂而集中的换叶期,雨林表现出一定的季节变化^[9]。

在西双版纳山原海拔 570 m、1 105 m 和 1 610 m 的三个海拔梯度,选择自然植被状况良好的勐仑(570 m)、象明(1 105 m)和勐宋(1 610 m)为研究地点。勐仑主要自然植被为热带季节雨林,象明和勐宋主要自然植被为山地雨林。在西双版纳,不同海拔梯度上存在完整自然植被的山体仅位于保护区内,然而这些保护区中没有足够的开阔地设置气象观测站。因此研究地点分散在附近不同山地。

1.2 气象观测

在象明和勐宋设立气象观测点,观测点位置见表 1。每个观测点安放百叶箱,其内放置干球、湿球、最高和最低温度计,并放置地表温度计、土壤温度计、雨量计和蒸发皿。所用温度计为天津市第八玻璃厂和上海医用仪器厂生产,并由云南省气象计量检定所仪器检定,符合 JG207-92 规程要求。观测用雨量计和蒸发皿为天津气象仪器厂生产。观测从 2001-12-31T20:00 正式开始,按照常规气象观测方法,于每日 8:00、14:00 和 20:00 点进行观测。勐仑的气象数据由中国科学院生态系统研究网络西

双版纳勐仑热带雨林定位观测站提供。

2 结果与分析

2.1 海拔增加对年平均温度和水湿状况影响

随海拔增加,年平均温度降低,递减率为 0.52 °C/100 m。年降雨量则随海拔增加而显著增加,海拔 1 610 m 降雨量最高,达 2 011.1 mm。海拔从 570 m 到 1 610 m,降雨量增加 479 mm,其中海拔从 570 m 到 1 105 m,降雨量增加幅度较小,为 127 mm,而从 1 105 m 到 1 610 m,降雨量增幅较大,达 353 mm (见表 1)。降雨日数变化范围为 138~160 d,中等海拔的降雨日数最少,较降雨日最多的勐宋减少 13.6%。随海拔增加,年平均水汽压降低,海拔 1 105 m 和 1 610 m 的水汽压分别比 570 m 的降低 18.4% 和 30.7%。海拔增加使得雾日显著降低,海拔 570 m 的雾日数最多(达 207 d/a),海拔 1 105 m 和 1 610 m 的雾日比 570 m 的分别减少 36.2% 和 59.9%。年平均相对湿度以低海拔 570 m 最高(86%),而在中等海拔(1 105 m)的却最低(81%),总体表现为山地的相对湿度低于坝子。三个海拔梯度的年平均蒸发量变化较小(1 330~1 374 mm),海拔 1 610 m 的最小,海拔 570 m 和 1 105 m 的非常接近(见表 1)。

2.2 海拔增加对不同季节水湿状况的影响

参照西双版纳一年三季的划分,表 2 给出了在不同季节三个海拔梯度的水湿状况的观测结果。在雨季,随海拔上升降雨量增加;雾凉季时,中(1 105 m)、高(1 640 m)海拔的降雨量也高于低海拔(570 m);而在干热季,降雨量随海拔增加而减少。海拔 570 m、1 105 m 和 1 610 m 三个梯度的雨季降雨量分别占全年降雨量的 81.1%、82.2%、86.0%,随海拔升高,雨季降雨量比例增加。在整个干季(雾凉季

表 1 西双版纳三个海拔梯度 2002~2004 年的气象观测数据年平均值

Table 1 Climate data at three altitudinal gradients in Xishuangbanna, values are mean of 2002 to 2004

地点 Site	位置 Location	海拔 Altitude (m)	温度 Temperature (°C)	水汽压 Vapour pressure (hPa)	相对湿度 Relative humidity (%)	降雨量 Rainfall (mm)	雨日 Days of rainfall	雾日 Days of foggy	蒸发量 Evaporation (mm)
勐仑 Menglun	21°56'N, 101°11'E	570	22.1	22.8	86	1 532	154	207	1 369
象明 Xiangmin	22°06'N, 101°20'E	1 105	20.1	18.6	81	1 659	138	132	1 374
勐宋 Mongsong	21°29'N, 100°30'E	1 610	16.6	15.8	84	2 011	160	83	1 330

和干热季), 三个海拔梯度的降雨量非常接近, 分别为 290 mm、295 mm 和 283 mm。雾凉季节的降雨量的比例以海拔 1 610 m 勐宋最低 (8.5%), 但海拔 1 105 m 象明的 (10.4%) 高于海拔 570 m 勐仑 (9.7%)。干热季的降雨量占年降雨量的比例则随海拔增加而降低, 三个梯度分别为 9.2%、7.4% 和 5.5%。

在雨季, 降雨日数以海拔最高的勐宋 (1 610 m) 最多, 这与该海拔降雨量最高一致, 而中海拔 (1 105 m) 的降雨日数最少。雾凉季的降雨日数以低海拔 (570 m) 的最多, 最少的也是中海拔的。干热季的降雨日数在中海拔的略少, 低海拔和高海拔两个梯度的基本相同。

在雨季以中海拔梯度 (1 105 m) 的雾日最多, 低海拔 (570 m) 和高海拔 (1 610 m) 的雾日较中海拔梯度的分别减少 27.5% 和 47.4% (表 2)。而在雾凉季和干热季, 雾日数都随海拔增加而出现明显地减少。雾凉季期间, 中海拔和高海拔的雾日比低海拔的分别减少 58.0% 和 66.7%。干热季期间, 低海拔雾日是中海拔和高海拔的 7 倍以上。在雾凉季, 低、中和高海拔雾日分别占各自全年的 48.2%、31.9% 和 40.0%, 以中海拔的比例最低。

表 2 西双版纳不同季节三个海拔梯度的水湿状况比较 (2002~2004 年)

Table 2 Water and humidity elements at three altitudinal gradients during different seasons in Xishuangbanna (2002~2004)

要素 Factors	季节 Seasons	海拔 Altitude		
		570 m	1 105 m	1 610 m
降雨量 (mm)	雨季 (5~10月)	1 242.3	1 363.5	1 728.6
Rainfall	雾凉季节 (11~2月)	148.9	173.0	171.0
	干热季节 (3~4月)	140.6	122.0	111.4
降雨日	雨季 (5~10月)	115.3	104.7	124.0
Rainy days	雾凉季节 (11~2月)	20.0	16.0	17.0
	干热季节 (3~4月)	19.0	17.3	18.7
雾日	雨季 (5~10月)	60.7	83.7	44.0
Foggy Days	雾凉季节 (11~2月)	100.0	42.0	33.3
	干热季节 (3~4月)	46.7	6.0	6.0
蒸发量 (mm)	雨季 (5~10月)	758.3	654.3	570.7
Evaporation	雾凉季节 (11~2月)	331.0	367.2	387.7
	干热季节 (3~4月)	280.0	352.1	371.2
水汽压 (hPa)	雨季 (5~10月)	27.1	22.6	19.6
Vapor pressure	雾凉季节 (11~2月)	17.4	14.0	11.4
	干热季节 (3~4月)	20.7	16.1	13.5
相对湿度 (%)	雨季 (5~10月)	87.2	85.9	89.7
Relative humidity	雾凉季节 (11~2月)	86.9	79.7	81.8
	干热季节 (3~4月)	79.8	68.4	69.2

各季节蒸发量随海拔增加的变化趋势存在异同。海拔增加, 雨季蒸发量逐渐减少, 而雾凉季和干热季的蒸发量则逐渐增加。在三个梯度上, 雾凉季和干热季的蒸发量占全年的比例随海拔升高而增加, 低海拔分别为 24.2% 和 20.4%, 中海拔分别为 26.7% 和 25.6%, 而高海拔分别为 29.2% 和 27.9%。

在三个海拔梯度上, 雨季的水汽压最高, 水汽压随海拔增加而降低。在雨季相对湿度以高海拔的最高 (89.7%), 中海拔的最低 (85.9%), 雨季的相对湿度随海拔变化不明显。雾凉季的相对湿度以低海拔的最高 (86.9%), 中海拔 (79.7%) 和高海拔处 (81.8%) 较相近。干热季的相对湿度随海拔的变化与雾凉季的相似, 在中、高海拔相对湿度都降低, 但二者之间差异小 (见表 2), 总体表现为干季期间山地的相对湿度比低海拔的更低。

2.3 海拔增加对水湿条件年进程影响

三个海拔梯度降雨日数年变化趋势基本一致, 从 3 月开始降雨日数逐渐增加, 降雨日数最多的在 5~8 月, 都超过 20 d 高峰在 7~8 月, 9 月开始降雨日数减少。最少出现在 12~2 月。三个海拔梯度的降雨量年进程呈现双峰型, 小峰均出现在 5 月, 大峰出现在 7~8 月 (图 1), 5 月开始降雨量急剧增加, 9 月后逐渐减少。

三个海拔梯度每月的雾日变化, 低海拔 (570 m) 在 12~3 月雾日最多, 4~5 月雾日急剧降低, 最低为 8 月, 9~12 月呈快速增加趋势。海拔 1 105 m 和 1 610 m 在 2~4 月的雾日最少, 5 月后增加, 在雨季末期的 10 月 (1 105 m) 或 11 月 (1 610 m) 后雾日出现减少, 这与低海拔的变化相反。

三个梯度的蒸发量从 2 月开始呈现线性增加, 海拔 1 610 m 和 1 105 m 的增加最快, 最大蒸发量都出现在 4 月。三个梯度中, 在 2~4 月间的蒸发量以低海拔 (570 m) 的最低。蒸发量在 5 月开始出现降低, 6~10 月间蒸发量以低海拔的为最高。11 和 12 月间, 三个梯度的蒸发量基本相同。

三个梯度的相对湿度从 2 月开始显著降低, 其中低海拔 (570 m) 的相对湿度在 2~4 月间降低到 80%~81%, 与 1 月相比, 4 月相对湿度降低 9.1%。在 5~12 月相对湿度呈现缓慢增加趋势, 虽然 9 月稍有回落, 12 月的相对湿度达到全年最高 (89.3%)。在其他两个更高的海拔梯度的相对湿度年变化更加剧烈, 在 2~4 月间, 相对湿度降低到 68~71%, 明显低于低海拔梯度的 (见图 1)。在 5

月相对湿度都急剧增加,6~9月维持较高水平,10月后同步出现缓慢减少,较低海拔的相对湿度下降时间提前。

3 讨论与小结

3.1 海拔变化对降雨影响

西双版纳三个海拔梯度的降雨量总体表现为随海拔上升而增加,这与一般的山地降雨量垂直变化规律相一致。降雨主要形成原因是在凝结层高度以下,由于地形高度对气流的动力和热力作用,上升运动加强,促使山地降雨量随海拔上升而增加^[10]。我们的观测结果显示,在印度季风气候控制的西双版纳,虽然海拔增加对于季节性降雨格局在年进程上基本没有影响(5月降雨增加,9月后减少),但是会影响各季节的降雨量和全年降雨的分配。海拔增加,雨季降雨量增加,分配比例提高。如海拔570m的勐仑雨季降雨量1242mm(占全年的81%),海拔1105m象明为1364mm(占82%),海拔1610m勐宋达1729mm(86.0%)(见表2)。海拔增加也会使得雾凉季节降雨量增加,但是会造成干热季节降雨量的减少。海拔增加对降雨日数的影响没有一致的规律,最低出现在中等海拔出,最多出现在高海拔的勐宋。

哀牢山位于西双版纳北部,与西双版纳山地同属横断山脉。在哀牢山山顶徐家坝(海拔2500m)和山麓景东(海拔1162m),海拔相差1338m,多年降雨量平均分别为1840.9mm和1102.8mm,山顶比山麓同期的降雨量增加67%^[11],与西双版纳的观测结果类似。并且徐家坝干季的降雨量分配比例(13.4%)也略低于海拔更低的勐宋(14.0%)。

3.2 海拔变化对于雾的影响

海拔增加会对雾日产生明显影响,总的表现为海拔增加雾日减少,但海拔增加对于雾日的影响还随季节而变化。在雨季,中等海拔(1105m)的雾日最多,高海拔(1610m)的雾日最少。在雾凉季和干热季,海拔增加都会使得雾日减少。在低海拔的勐仑,雾凉季时,基本上在每晚由于辐射而生成浓雾,直到次日中午才消散,使得日照减少。在中海拔的象明,刚好位于雾界的上方,晚间可形成轻雾,一般在早晨日出时雾就很快消散。另外,在上午由于位于其下方的雾受到日照,在逐渐消散时会向上扩散,因此在这一带会形成轻雾。高海拔勐宋晚间形成的雾很轻,一般在早晨日出时消散。但在勐宋,偶尔会出现长时间的浓雾,其整日都不消散,并可持续数日,影响人们外出,这种情况在1999-05和2005-

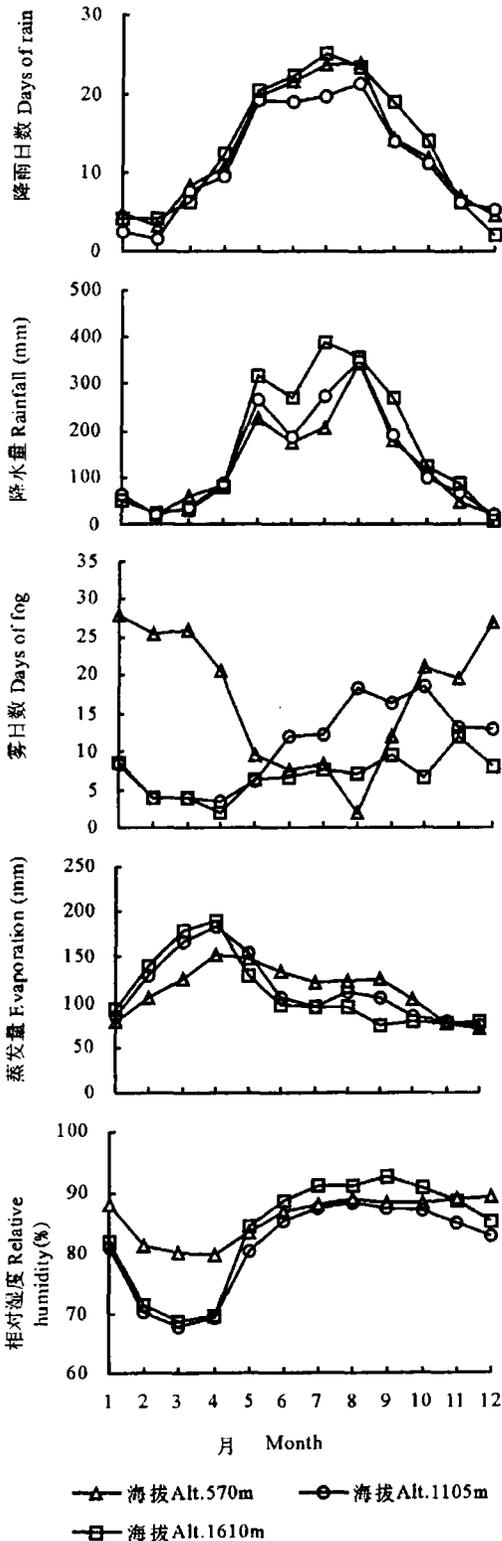


图1 西双版纳三个海拔梯度水湿要素年进程比较 (2002~2004年)

Fig. 1 Annual processes of water and humidity elements at three altitudinal gradients

01 观测到过。对景洪北部山地雾日为期 21 d 的短期观测 (1986-12-26 至 1987-01-05), 在海拔 669 m、870 m 和 964 m, 雾日数分别为 15 d、15 d 和 6 d, 雾平均持续时间分别为 5.1 h、2.3 h 和 1.9 h, 表现出海拔增加雾日数减少, 持续时间缩短^[3]。这与本文的观测结果一致, 虽然我们没有对三个梯度的雾持续时间进行详细的纪录, 但在雾凉季期间山地每日雾的消散明显早于低海拔的, 因此山地雾持续时间短于低海拔。国外的研究认为较低海拔的山地雨林总是被频繁的雾弥漫, 较高海拔的山地雨林则更多地被频繁、持久的雾所笼罩^[1]。但由于缺少定量的观测, 只是描述性的, 因此, 难与其进行比较。对于西双版纳而言, 由于山地没有雾凉季节, 因此一年三季 (雨季、雾凉季和干热季) 的划分不适用于山地环境。

3.3 海拔变化对相对湿度影响

在低海拔的勐仑, 每年 5 月随雨季开始相对湿度增加, 然而在 10 月雨季结束后, 相对湿度并没有立即降低, 在 11~1 月间的相对湿度与雨季基本相同, 直到 2 月后才开始明显降低 (见图 1)。造成这种情况的原因与此时浓雾出现情况有关, 干季 11~1 月间的浓雾使得空气保持很高的相对湿度, 2 月后, 每日雾的持续时间缩短, 空气相对湿度随之下降。然而, 3~4 月干热季节, 雾日数仍然较多 (20~25 d), 虽然雾时间缩短, 仍然会使得相对湿度较高 (约 80%)。海拔增加对相对湿度的影响在不同季节不一样。雨季虽然水气压随海拔增加递减, 但由于山地温度较低而且降雨量增加, 导致海拔最高的勐宋具有最大的相对湿度。干季开始后, 山地的相对湿度立刻降低, 在 12 月到 4 月, 海拔 1 105 m 和 1 610 m 的相对湿度明显低于低海拔的, 尤以 2~4 月最为突出。原因是此时山地不存在雾凉季, 而且每日雾的持续时间很短。因此在印度季风环境下, 海拔增加造成相对湿度的年变化更加明显。

3.4 季节雨林与山地雨林的水湿条件的差异

热带季节雨林主要分布在海拔较低的坝子及其周围的沟谷, 山地雨林海拔相对较高。由于海拔增加对水湿分配格局的影响, 这两种雨林在水湿条件方面存在差异。在雨季, 山地雨林降雨量更多, 湿度更高, 而蒸发较低。但是在干季情况发生变化, 在 11~1 月, 尽管此时山地雨林的降雨量仍然高于季节雨林, 但相对湿度明显降低。而季节雨林此时进入雾凉季节, 相对湿度能够保持在雨季的水平。在

干季后期的 2~4 月, 山地雨林降雨量和空气相对湿度明显低于季节雨林, 蒸发量高于季节雨林的。因此, 总的情况是山地雨林干湿季节变化更为分明, 干季空气的水湿条件较季节雨林差。这种差异影响到两种雨林植物的生长, 虽然都具有换叶现象, 但山地雨林凋落高峰开始时间 (1~2 月) 较季节雨林的 (3~4 月) 提前。

参考文献 (References)

- [1] Gubb P J, Whimore T C. A comparison of montane and lowland rain forest in Ecuador. II. The climate and its effects on the distribution and physiognomy of the forest [J]. *Journal of Ecology*, 1966, 54: 303~333
- [2] Zhang Keying. An analysis on the characteristics and forming factors of climates in the south part of Yunnan [J]. *Meteorologia Sinica*, 1963, 33: 210~230 [张克映. 滇南气候特征及其形成因子的初步分析 [J]. 气象学报, 1963, 33: 210~230]
- [3] Huang Yusheng, Xu Wenrong, Li Zihua, et al. An observation and analysis on the radiation fog in Xishuangbanna [J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 1992, 50: 113~117 [黄玉生, 许文荣, 李子华, 等. 西双版纳地区冬季雾辐射雾的初步研究. 气象学报, 1992, 50: 113~117]
- [4] Liu Wenjie, Li Hongmei. An analysis of the characteristics of fog in Jinghong city, Xishuangbanna [J]. *Tropical Geography*, 1996, 16: 331~334 [刘文杰, 李红梅. 西双版纳景洪市雾特征分析 [J]. 热带地理, 1996, 16: 331~334]
- [5] Liu Wenjie, Li Hongmei. The fog resource in Xishuangbanna of China and its evaluation [J]. *Journal of Natural Resource*, 1996, 11: 263~267 [刘文杰, 李红梅. 我国西双版纳雾资源及其评价 [J]. 自然资源学报, 1996, 11: 263~267]
- [6] Gong Shixian, Lin Shenghai. Fog decreasing in Xishuangbanna region [J]. *Meteorologica Sinica*, 1996, 22: 10~14 [宫世贤, 凌生海. 西双版纳雾在减少 [J]. 气象, 1996, 22(11), 10~14]
- [7] Li Zihua. Studies of fog in China over the past 40 years [J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 2001, 59(10): 616~624 [李子华. 中国近 40 年来雾的研究 [J]. 气象学报, 2001, 59(10): 616~624]
- [8] Liu Wenjie, Zhang Yiping, Liu Yuhong, et al. Fog through fall at a seasonal rain forest in Xishuangbanna, Southwest China [J]. *Acta Phytocologia Sinica*, 2003, 27(6): 749~755 [刘文杰, 张一平, 刘玉洪, 等. 西双版纳热带季节雨林林冠穿透雾水的观测研究 [J]. 植物生态学报, 2003, 27(6): 749~755]
- [9] Liu Lunhui. Rain forest [A]. In Wu Zhengyi, et al. *Vegetation of Yunnan* [C]. Beijing: Science Press, 1987, 97~163 [刘伦辉. 雨林 [A]. 见: 吴征镒, 等. 云南植被 [C]. 北京: 科学出版社, 1987, 97~163]
- [10] Wen Duming, Luo Zhexian. Topographical Climate in Mountainous Areas [M]. Beijing: China Meteorological Press, 1990, 259~266 [翁笃鸣, 罗哲贤. 山区地形气候 [M]. 北京: 气象出版社, 1990, 259~266]
- [11] Zhang Keying. The characteristics of mountain climate in the north

of A Lao MTS [A]. In: Wu Zhengyi *et al.* Research of Forest Ecosystem on A Lao Mountains Yunan [C]. Kunming Yunnan Science and Technology Press 1983. 20~ 29 [张克映. 哀牢山

北段山地气候特征 [A]. 见: 吴征镒, 等. 云南哀牢山森林生态系统研究 [C]. 昆明: 云南科技出版社, 1983. 20~ 29]

Influence of the Altitudinal Increase on Water and Humidity Conditions Xishuangbanna

ZHENG Zheng¹, LI Yourong¹, ZHANG Shubin^{1, 2}, DUAN Wenpin¹, ZHANG Yiping¹

(1. Kunming Section of Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, CAS, Kunming 650223, China;

2. The Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract We measured conditions of water and humidity on three altitudinal gradients (570 m, 1 105 m and 1 610 m) in Xishuangbanna for three years (2002~ 2004). With the increasing elevation, annual mean rainfall increased, annual mean relative humidity and total foggy days decreased, annual mean temperature and mean vapour pressure descended linearly, nevertheless the variations of annual total rainy days and evaporation on three altitudinal gradients were relatively on the smaller side. With the increasing altitude, the rainfall increased markedly during rainy season (May~ October), but it changed little during dry season (November~ next April). However the rainfall decreased during dry-hot season (March~ April). Along the altitudinal increase, the relative humidity increased in the rainy season but decreased in the dry season. The foggy days reached 100 during the foggy-cool season on the altitude of 570 m, meanwhile, the foggy days were merely 6 on the altitudes of both 1 105 m and 1 610 m. Our results suggest the dry season and the humid season alternate more markedly on montane area than on lowlands in the environment of Indomonsoon, there does not exist the foggy-cool season on the montane area, the conditions of water and humidity on tropical montane rain forest are superior to the ones of tropical seasonal rain forest in rainy season, but worse in the dry season.

Key words altitude; rainfall; relative humidity; evaporation; fog; tropical rain forest; Xishuangbanna