

目 录

前言

珠穆朗玛峰地区自然带气候特征·····	1
珠穆朗玛峰地区的植被垂直分布及其与水平地带关系的初步研究·····	16
珠穆朗玛峰地区土壤地理分布特点·····	30
珠穆朗玛峰地区南侧的山地森林土壤·····	41
珠穆朗玛峰地区土壤的粘土矿物·····	57
珠穆朗玛峰地区土壤的微量元素·····	71
珠穆朗玛峰地区土壤微形态与自然地理条件·····	83
珠穆朗玛峰地区水化学特征·····	102
珠穆朗玛峰地区过渡元素的表生地球化学特征·····	124
珠穆朗玛峰地区的自然分带·····	147

珠穆朗玛峰地区自然带气候特征*

执笔人： 郑 度

(中国科学院地理研究所)

珠穆朗玛峰地区位于我国青藏高原南部、喜马拉雅山脉的中段。本文讨论范围东起亚东,西至吉隆,南达国界,北及藏南分水岭,约介于北纬 $27^{\circ}18'$ — $29^{\circ}00'$,东经 $85^{\circ}06'$ — $89^{\circ}20'$ 之间。

解放前,本地区的气候资料很少,多限于历次登山的零星记录。解放后,随着社会主义建设的发展,气象站的建立,逐渐积累了一些宝贵的气候资料。徐近之汇编并简述了本区的气候概况;杨鉴初等论述了西藏高原地带气候的特点并对青藏地区做了气候区划;中国珠穆朗玛峰登山队、科学考察队和中国科学院西藏科学考察队也分别在工作中讨论了本地区的气候特点¹⁾。在邻近的喜马拉雅山区的自然地理工作中,对这里的气候条件及其与自然带的关系也都予以一定的重视²⁻³⁾。

这些工作有助于我们认识珠峰地区的气候特点,其中一些结论现在仍有较大价值。

上述工作因涉及地域范围较大或受条件限制,对珠峰地区的垂直气候带讨论较少。为了进一步认识本地区南、北两翼的区域分异和自然带的垂直变化,本文根据有关气象资料,1966—1968年考察期间的野外小气候观测及调查访问,从自然带与气候条件的关系出发,对珠峰地区自然带的气候特征作初步的分析和讨论。

一、气候特点和南、北翼的区域分异

珠峰地区山体巨大,地势高亢,高原面海拔达4000—5000米,气候条件与东部同纬度低地迥然不同,而作用于本地区的大气环流和喜马拉雅山脉的屏障又使南、北两翼产生明显的区域分异。

由于近代地质时期本区地壳的大幅度抬升,整个山体占据对流层 $1/3$ — $1/2$ 的高度,使这里具有太阳辐射强、日照丰富、气温日较差大、年较差小的特点,与我国东部同纬度低地有明显区别;而气温日较差及日照百分率冬大夏小的年变程也和东部低地不同(图1),

* 本文承中国科学院地理研究所丘宗剑同志审阅。野外协助小气候观测的有当地干部、战士戴时浓、赵敬英、张成新、何代华、杨开全同志以及本队第二专题组的许多同志。

1) 徐近之: 青藏自然地理资料(气候部分), 1959年。杨鉴初等: 西藏高原气象学, 1960年。王明业: 珠穆朗玛峰地区自然地理概述, 1962年。中国科学院西藏综合考察队: 西藏的土壤, 1970年。

形成独特的热量条件。

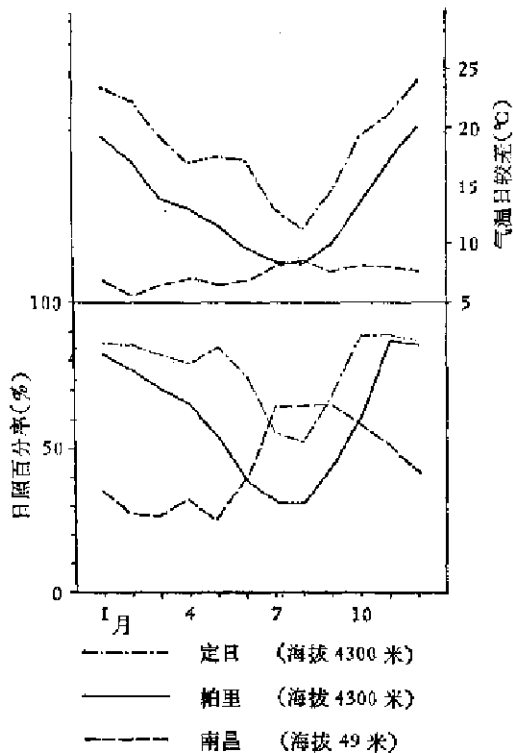


图1 气温日较差(上)及日照百分率(下)年变程对比

影响,这种季节划分因地区不同而有差异。

横亘在本地区南侧的喜马拉雅山脉中段,以珠穆朗玛峰、卓奥友峰、希夏邦马峰等八千米以上的山峰为主体,成为整个山脉的最高地段。与东南段喜马拉雅(湿润的)和西北段喜马拉雅(半干旱的)相比较,地形的屏障作用在这里表现得更为突出。迎向暖湿气流的南翼山地降水丰沛,气候比较湿润,发育着海洋性自然带谱;北翼高原湖盆则由于喜马拉雅山脉阻碍,输入的水汽较少,气候比较干旱,分布着大陆性自然带谱。

以海拔高度相同的北翼的定日和南翼的帕里为例,可以看出本地区南、北两翼的气候差异,如表1所列。

喜马拉雅山脉对暖湿气流的屏障作用,使山脉南、北翼的降水量有较大的差异。以1959年为例,珠峰南翼的昌利卡尔卡(尼泊尔境内,海拔2700米)年降水量1840毫米,南遮巴沙尔(尼泊尔境内,海拔3400米)为1095毫米^[4],而北翼的绒布寺(海拔5000米)仅325毫米,定日亦只有330毫米^[2]。如以多年平均值相比较,则昌利卡尔卡年降水量为2284毫米,6—9月降水占年降水量的86%;其上的南遮巴沙尔为939毫米,6—9月占

尽管珠峰地区占据4000米以上的海拔高度,但因处在高原南部,受南亚地区季风活动影响,气候表现出明显的季风特征,即冬半年为西风带所控制,夏半年受暖湿海洋气流的影响。

本地区因海拔高,气温较低,如按张宝堃所拟标准划分气候上的四季^[1],则高处全年属冬季,较低海拔处也无夏季。这里冬夏温差虽有冷暖之别,但其间过渡不明显,而可按水分状况的变化,大体划分为下列季节:

(1) 11—3月为干季,也是冷季。高空西风占优势,空气干燥,晴而少雨,风力较强。

(2) 6—9月为雨季,也是暖季。暖湿气流影响显著,多阴雨。

(3) 4—5月和10月则为介于干季、雨季中间的过渡季节,以晴朗温和天气为主。

由于喜马拉雅主脉山体和局部地形的

1) 张宝堃(1941年)以候平均气温在10°C以下为冬季,10—22°C为春、秋季,22°C以上为夏季。(见张宝堃:四川气候区域。气象学报,第15卷,第3、4合期,1941年)。

2) 绒布寺与定日为1959年4月—1960年3月资料,因1—3月处于干季,降水较少,故仍可作对比用。

表1 定日、帕里气候要素比较

地点	海拔 (米)	平均气温(°C)			日均温 ≥ 5°C 持续期间			降 水			年蒸 发量 (毫米)	相对湿度 (%)		年日照	
		年	最热月	最冷月	日数	积温 (°C)	干燥 度 ¹⁾	年降水 日数	年降水 (毫米)	6—9月 降水占 年量 %		年平均	6—9月 平均	时数	百分率
定日	4,300	0.9	10.8	-9.3	137	1,274	0.92	62	225	96	2,319	45	63	3,393	77
帕里	4,300	-0.2	7.7	-8.8	114	817	0.44	172	387	77	1,520	66	81	2,575	59

注：除相对湿度与年日照为不同年代资料外，其余均为相同年代对比，即年蒸发量为1960—1964年，平均气温与降水为1960—1965年。

74%²⁾，而北翼的定日仅有225毫米，6—9月竟占年降水量的96%。一山之隔，差别极为悬殊。现以喜马拉雅山脉主脊线为界，将我国境内南、北翼的年降水量及季节分配对比于图2。

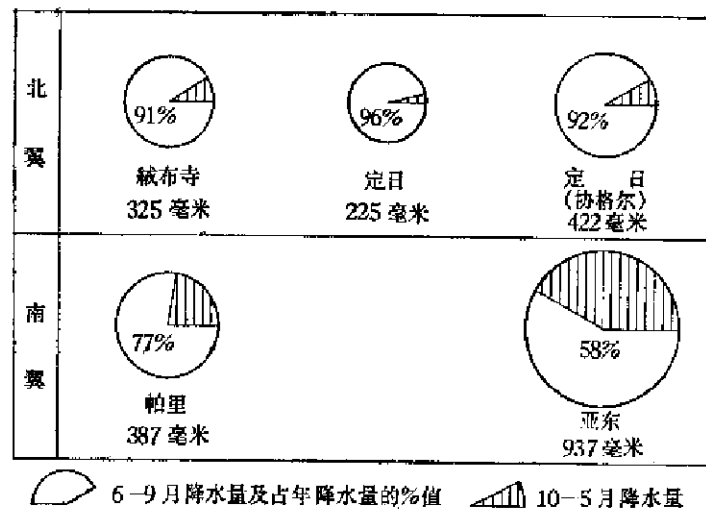


图2 珠峰地区南北两翼年降水量及季节分配

南、北两翼的分异还反映在日均温稳定通过5°C期间的干燥度上。我们对照本地区自然带类型的分布，以日均温 ≥ 5°C期间的干燥度为指标划分三种干湿类型：湿润型(干燥度0.19—0.37)、半湿润型(0.38—0.75)和半干旱型(0.76—1.50)³⁾。这样，南翼以湿润、半湿润型为主，北翼则多属半干旱型。因此，以喜马拉雅山脉主脊线为界，把珠峰地区划分成两个区，即：南翼湿润半湿润高山峡谷区与北翼半干旱高原湖盆区。

1) 干燥度 = $\frac{0.16 \times \Sigma t_2}{r}$ ，式中 Σt_2 为日均温 ≥ 5°C 持续期间积温， r 为同期降水量。

2) O. N. Dhar, J. Narayanan: Indian Journal of Meteorology & Geophysics, Vol. 16, No. 2, 1965.

3) 据卢其尧等，对照植被与土壤分布认为青藏高原区干湿的气候分界大体相当于干燥度 = 0.75；本文三种干湿类型的划分参照该文干湿期类型的划分指标，结合珠峰地区自然带特点而定。《中国干湿期与干湿区划的研究》地理学报，31卷1期，1965。

二、垂直气候带的划分

珠峰地区由于高差悬殊，气候的垂直变化十分明显。随着海拔高度不同而引起的地表上热量、水分状况的重新分配，成为自然带垂直分异的基础。因此，我们按照本地区自然带的特点及其与气候条件的关系来划分相应的垂直气候带。

属于湿润、半湿润类型的南翼高山峡谷区，河谷深切、相对高差大。在我国境内的很短距离内即从海拔 1600 多米的苍郁森林变化到海拔 5500 米以上终年冰雪的山峰。热量条件的不同成为决定自然带垂直分异的一个主要因素。

通常认为最热月平均气温 10°C 的等温线大体上相当于山地森林的上限¹⁾。其下以乔木占优势，组成各种类型的森林，为山地带；其上覆盖着灌丛、草甸和垫状植被，属高山带。据测站和小气候观测²⁾资料推算，在波曲谷地樟木—聂拉木地区，最热月平均气温 10°C 等温线约为海拔 3,830 米，与实际观测的平均森林上限 3900 米相近。但沿着沟谷向北，仍有小片糙皮桦林出现在更高海拔处，如聂拉木县城附近，大面积森林已消失，其东沟海拔 4000—4100 米处的阴坡还有糙皮桦林呈岛状分布，显然与局地小气候有关。

从森林上限往上，乔木植物被灌木所替代，以小叶杜鹃类灌丛和松柏灌丛为主组成亚高山寒带灌丛草甸带，其上界 4,700 米，与最热月平均气温 6°C 等温线的高程 4,670 米接近。更向高处，中生的杜鹃灌丛基本消失，而代之以耐寒的矮化成垫状的金腊梅灌丛和矮嵩草等组成的高山垫状植被和高山草甸。这一界线以上暖季中气温经常处于正负交替状况，成为高山寒冻带内出现反复融冻现象的基础。由于南翼降水较多，雪线偏低，约在海拔 5500—5600 米，雪线处最热月平均气温为 2°C 左右。

自森林上限向下，冷季气温对自然带的垂直分异有较大的影响。樟木—聂拉木地区最冷月平均气温 0°C 等温线的海拔高度为 3,180 米，相当于山地寒温带针叶林带的下界，其上由耐寒的西藏冷杉林组成暗针叶林，往下则为山地暖温带针阔叶混交林带，由云南铁杉、高山栎、乔松等组成。最冷月平均气温 5°C 的等温线位于海拔 2440 米，与山地亚热带常绿阔叶林带的上界 2500 米相近，其下是由铁柃、西藏柃楠等组成的常绿阔叶林。与这一界线相当的是 6—9 月平均气温 15°C 等温线，海拔约 2580 米，可以认为是这类常绿阔叶林所需的起码的热量条件。往下在国境外则与尼泊尔、印度的低山热带季雨林带相接。

综上所述，可以把南翼湿润、半湿润高山峡谷区各垂直气候带所采用热量指标的相应海拔高度与自然带分布高度对比列于表 2。

北翼半干旱高原湖盆区的自然带迥异于南翼，这里自然带的界线不仅与热量有关，也与湿润状况密切相联。海拔 4,000 米以上广泛分布的高原草原属高原寒冷半干旱带，其上界在海拔 5,000 米左右，相当于最热月平均气温 6°C 等温线（海拔约 5040 米）。在此以

1) 据 W. 柯本，这一界线变动于 $9.0—10.5^{\circ}\text{C}$ 之间。在阿尔卑斯山脉的中、北部，森林上限变动于 $8—12^{\circ}\text{C}$ 范围内。^[5]

2) 1966 年考察期间自达来玛桥（海拔 1,668 米）附近至聂拉木以北的朗弄拉（海拔 4,850 米），近 70 公里距离内，分别设置六个观测点。各点装置轻便百叶箱，在 1.5 米高度安放周记温度计和湿度计。在樟木（2,300 米）、曲乡（3,300 米）、聂拉木（3,750 米）等地住点时还用通风干湿球温度表进行观测校订，取得相同时段内气温和相对湿度等若干对比资料。

表 2 珠峰地区南翼垂直气候带热量指标与自然带分布高度对比
(以波曲谷地樟木—聂拉木地区为例)

垂直气候带	各 带 上 界		自 然 带	分 布 高 度 (海拔:米)
	热 量 指 标	相应高度 (海拔:米)		
高山冰雪带	—	—	高山冰雪带	5500 以上
高山寒冻带	最热月均温 2℃	5500	高山寒冻冰碛地衣带 高山寒冻草甸垫状植被带	5500—4700
亚高山寒带	最热月均温 6℃	4670	亚高山寒带灌丛草甸带	4700—3900
山地寒温带	最热月均温 10℃	3830	山地寒温带针叶林带	3900—3100
山地暖温带	最冷月均温 0℃	3180	山地暖温带针阔叶混交林带	3100—2500
山地亚热带	最冷月均温 5℃ 6—9月均温 15℃	2440 2580	山地亚热带常绿阔叶林带	2500—(1600)

下,生长季较暖和,是农牧业生产活动集中的地区;往上则暖季中地面最低温度经常出现负值,昼夜的温度波动使土壤水分处于融冻交替之中,出发融冻、滑塌、泥石流现象,植物也经常受寒冻的威胁。这里气温较低,其下界处,日均温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间的干燥度为 0.4 左右,生长着低温中生的草甸植被并有较多适应于高山生态条件的垫状植物分布。向上至雪线(海拔 5800—6200 米,平均为 6000 米)处,最热月气温接近 0°C (变动于 $1-2^{\circ}\text{C}$ 上下)。北翼半干旱高原湖盆区的垂直气候带划分如下(表 3):

表 3 珠峰地区北翼垂直气候带指标与自然分带高度对比

垂直气候带	各 带 上 界		自 然 带	分 布 高 度 (海拔:米)
	指 标	相应高度 (海拔:米)		
高山冰雪带	—	—	高山冰雪带	6000 以上
高山寒冻带	最热月均温 0°C	5960	高山寒冻冰碛地衣带 高山寒冻草甸垫状植被带	6000—5000
高原寒冷半干旱带	最热月均温 6°C 日均温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间的干燥度约 0.4	5040	高原寒冷半干旱草原带	5000—4000

应当指出,垂直气候带的界线因地区不同而变化,如南翼卓姆曲谷地亚东帕里地区,高山寒冻带的下界较低,为海拔 4500 米;而山地寒温带的下界稍高,达 3200 米,相应地气温也就有 $3-1^{\circ}\text{C}$ 上下的差异。由于自然带的界线受多种因素的综合影响,带与带间有过渡和交错,且地区之间的干湿程度又对热量条件有一定影响,因此,所采用作为划带的热量指标有地区的局限性,要深入掌握垂直气候带与自然带间的相互关系,为开发利用各自然带提供足够的依据,尚有待于进一步的工作。

由于自然带类型外表的相似,通常习惯把山地垂直自然带和水平自然带相对照,但分析其热量、水分状况便可看出它们在性质上的差异。

以生长着常绿阔叶林的我国东部季风区亚热带与珠峰地区南翼山地亚热带为例进行对比。按中国气候区划提出的亚热带北界的指标是暖季(日均温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 持续期间)积温 4500°C ,最冷候气温 0°C 等值线,大致相当于无霜期 240 天等值线、年降水量 750 毫米等值线等¹⁾;而本地区南翼山地亚热带的上界(海拔 2500 米)处,最冷月平均气温 5°C ,无霜

1) 中国科学院自然区划工作委员会:中国气候区划,1959年。

期约 250 天,与亚热带北界的相应指标接近。这说明冷季的低温对亚热带(不论是垂直气候带还是水平气候带)一些主要植物种的限制作用是类似的,也表明用最冷月平均气温作为山地各森林带的划带指标是有一定依据的。但从暖季的热量来衡量则有显著差异,在南翼海拔 2500 米处,日均温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 持续期间的积温只有 2400°C ,与亚热带北界的 4500°C 相差很大。这里 6—9 月平均气温约 15°C ,而位于亚热带北界的信阳(北纬 $32^{\circ}07'$,海拔 76 米)为 25.4°C ,相差竟达 10°C !再如汉中盆地秦岭南坡生长少量柑桔的留坝(北纬 $33^{\circ}36'$,海拔 810 米),最热月平均气温 23.1°C ,6—9 月平均气温为 20.2°C ,而珠峰地区南翼山地亚热带的上界处最热月只有 $16-17^{\circ}\text{C}$,达来玛桥一带也不过 20°C 左右。可见山地亚热带暖季气温明显偏低,特别是日均温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 持续期间的积温值较小,热量不足,使一些要求气温较高、喜温暖的作物(如柑桔)在这里未能种植生长;此外降水量、干燥度等也有较大不同,反映出水分状况的差别,所以不能把山地亚热带与低地亚热带等同起来。在开发利用各自然带时,必须注意这一特点,做到因地制宜。

三、南翼湿润、半湿润高山峡谷区各垂直气候带特征

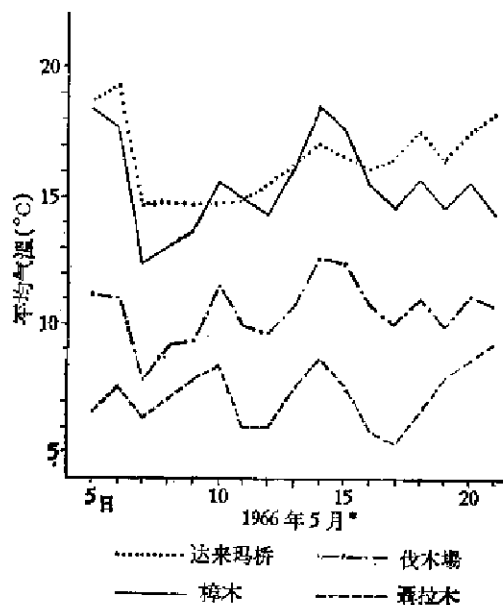
(一) 山地亚热带 海拔 1600—2500 米

本带气候温暖,年平均气温超过 10°C ,最热月均温 $20-16^{\circ}\text{C}$,最冷月为 $10-5^{\circ}\text{C}$ 。一年中有五至八个月平均气温大于 10°C ,至达来玛桥附近几乎全年各月均在 10°C 以上,其中有五个月大于 15°C 。日均温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间的积温为 $5400-3400^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间的积温约 $5000-2400^{\circ}\text{C}$,无霜期约 250 天以上。这里冬季温和,基本上不下雪,很少结冰,土壤中没有冻层。

据观测,樟木七月平均气温达 17.3°C ,一月约 6.3°C ¹⁾,年较差达 11°C 。1966 年 5、6 月观测期间气温最高达 29.1°C ,最低为 8.4°C 。达来玛桥附近地处深谷底部,日照时间较短,气温仅稍高于樟木,如 1966 年 5 月 4—21 日,达来玛桥平均气温 16.6°C ,樟木为 15.7°C 。(见图 3)

雨季期间因云量大,降水多,日照少,气温较低。以樟木 1966 年 5 月 5—8 日观测为例,说明雨天气温的降低,如表 4 所列。

再如 1966 年 6 月 12—22 日,樟木处于夏季风影响下,平均相对湿度达 86%,平均气



* 据野外临时测站资料。

图 3 珠峰地区小气候观测对比之一(气温)

1) 聂拉木林业站李昌恒提供的资料,观测天数较少,供参考。

表4 樟木晴天、雨天小气候观测对比(1966年)

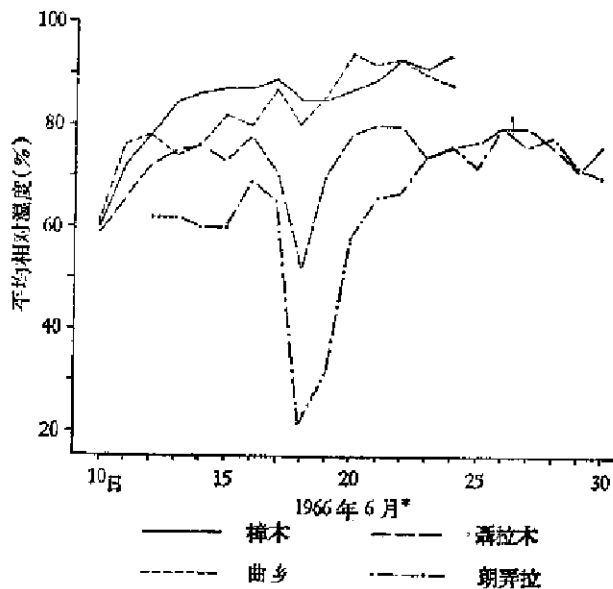
日期	天气	相对湿度(%)	平均气温(°C)	最高气温(°C)	平均日较差(°C)
5月5—6日	晴	42	18.0	27.6	14.4
5月7—8日	雨	78	12.8	18.0	7.6

温仅 14.7°C, 平均日较差 9.3°C。但在此之前的 6 月 1—11 日, 平均相对湿度为 72%, 平均气温较高, 达 16.4°C, 平均日较差为 13.3°C。(见图 4)

夏季风到达前后, 相对湿度明显不同。以樟木为例, 1966 年 5 月 4—31 日, 平均相对湿度达 61%, 与其北聂拉木的 60% 相近; 至阴雨连绵的 6 月 12—24 日竟高达 87%, 而聂拉木仅为 73%。(见图 5)

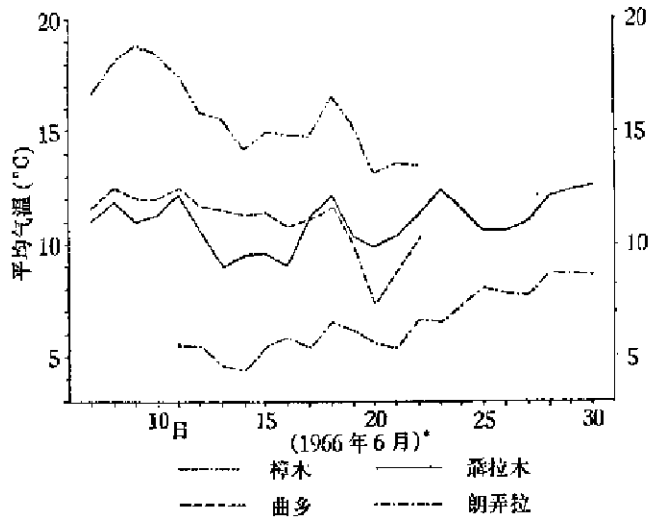
现将樟木等地小气候观测的部分资料列于表 5, 以资对照。

这里地处喜马拉雅主脉的南



* 据野外临时测站资料。

图5 珠峰地区小气候观测对比之三(相对湿度)



* 据野外临时测站资料。

图4 珠峰地区小气候观测对比之二(平均气温)

侧, 对流雨、地形雨较发达, 印度洋湿润气流带来的水汽在此形成大量降水。通常对流雨开始较早, 夏季风到来之前的 5 月份已有较多降水, 至 6 月中旬前后更是云雾弥漫、阴雨连绵, 一直可延续至 10 月中旬。1968 年 6 月 21 日—10 月 8 日, 樟木降水达 2165 毫米; 自 6 月下旬至 8 月上旬每旬降水量均超过 200 毫米, 其中 7 月降水量最大, 达 928 毫米; 夜间降水频繁, 占观测期间总量的 4/5; 推算年降水量约 2820 毫米¹⁾。樟木附近日均温 $\geq 5^\circ\text{C}$ 期间的干燥度约 0.2—0.3, 属湿润地区。达来玛桥附近地处谷底, 降水少于

1) 樟木、曲乡降水资料均据本队气象组, 下同。

表5 珠峰地区南翼我国境内波曲谷地小气候观测部分资料(1966年)

日期	平均气温(°C)				相对湿度(%)				日期	平均气温(°C)				相对湿度(%)			
	达来玛桥	樟木	伐木场	曲乡	聂拉木	樟木	曲乡	聂拉木		樟木	曲乡	聂拉木	朗弄拉	樟木	曲乡	聂拉木	朗弄拉
5月1日	—	—	—	—	6.2	—	—	40	6月1日	14.4	10.6	8.9	—	84	74	72	—
2	—	—	—	—	7.1	—	—	33	2	15.8	10.6	8.9	—	71	73	68	—
3	—	—	—	—	7.0	—	—	40	3	14.3	10.2	9.1	—	82	75	64	—
4	18.7	18.5	—	—	6.3	20	—	39	4	16.0	11.0	9.7	—	70	75	62	—
5	18.7	18.4	11.2	—	6.6	33	—	53	5	16.0	—	9.6	—	76	70	55	—
6	19.4	17.7	11.0	—	7.6	52	—	60	6	14.8	—	10.1	—	82	79	58	—
7	14.6	12.4	7.8	—	6.4	83	—	72	7	16.7	11.6	11.0	—	71	77	64	—
8	14.8	13.1	9.2	—	7.1	74	—	67	8	18.1	12.5	11.9	—	70	75	63	—
9	14.7	13.7	9.4	—	7.9	76	—	67	9	18.8	12.1	11.0	—	59	61	58	—
10	14.9	15.6	11.5	—	8.4	66	—	62	10	18.4	12.0	11.3	—	60	62	59	—
11	14.9	15.0	10.0	—	6.0	61	—	64	11	17.5	12.5	12.2	5.5	72	76	66	—
12	15.5	14.4	9.7	—	6.0	62	—	58	12	15.8	11.7	10.6	5.5	78	78	72	62
13	16.3	16.2	10.8	—	7.5	47	—	49	13	15.5	11.5	9.0	4.6	84	74	75	62
14	17.2	18.6	12.7	—	8.7	37	—	47	14	14.2	11.3	9.5	4.4	86	76	76	60
15	16.7	17.8	12.5	—	7.6	35	—	43	15	14.9	11.4	9.6	5.4	87	82	73	60
16	16.2	15.6	10.9	9.8	5.9	44	52	48	16	14.8	10.8	9.0	5.8	87	80	78	69
17	16.6	14.7	10.1	9.6	5.4	51	53	58	17	14.8	11.1	11.2	5.4	89	87	71	65
18	17.7	15.8	11.1	8.8	6.7	52	70	60	18	16.5	11.6	12.2	6.5	85	80	52	22
19	16.5	14.7	10.0	8.5	8.0	60	76	64	19	15.2	9.9	10.3	6.1	85	86	70	32
20	17.6	15.7	11.2	9.7	8.6	60	71	60	20	13.1	7.3	9.9	5.6	87	94	78	58
21	18.3	14.4	10.8	10.3	9.3	75	80	56	21	13.5	8.8	10.4	5.4	89	92	80	66
22	—	15.0	—	10.5	10.2	72	74	52	22	13.4	10.3	11.3	6.6	93	93	80	67
23	—	14.3	—	10.9	10.4	79	68	58	23	—	—	12.4	6.5	91	90	74	74
24	—	14.6	—	10.6	9.1	73	71	66	24	—	—	11.6	7.3	94	88	76	76
25	—	15.2	—	10.2	8.8	67	73	66	25	—	—	10.6	8.0	—	—	77	72
26	—	13.6	—	9.5	8.2	80	74	68	26	—	—	10.6	7.8	—	—	80	80
27	—	14.8	—	10.3	9.4	67	65	66	27	—	—	11.0	7.7	—	—	80	76
28	—	14.9	—	10.3	8.9	73	69	68	28	—	—	12.1	8.7	—	—	76	78
29	—	13.7	—	9.3	7.8	75	72	73	29	—	—	12.4	8.6	—	—	71	72
30	—	15.2	—	10.2	8.2	66	71	74	30	—	—	12.6	8.6	—	—	76	70
31	—	15.7	—	11.0	8.9	73	71	69									

樟木山坡,估计年降水量约2000毫米左右。对比尼泊尔的降水资料^[4,5,6],珠峰地区南翼最大降水带变动于海拔2000—3000米之间,樟木地区则在2300—2500米附近,与本带上段相当,年降水量多达2500—3000毫米左右。

吉隆河谷地自芒木(海拔2300米)以下,为峡谷地形,且受境外东西向山地阻隔,位于局地雨影区之中,年降水量较少,估计约1000毫米左右,因而和樟木地区分布的常绿阔叶林不同,生长着较耐干热的长叶松林,至1900米附近更出现反映于热谷地气候的霸王鞭浆质刺灌丛。

本带农作可一年两熟,但耕地较少。通常种植玉米、大麦、青稞,海拔较低(1900米以下)的山地,还可种稻和非洲黍。

(二) 山地暖温带 海拔 2500—3100 米

本带年平均气温约 10—7℃, 最热月均温 16—14℃, 最冷月为 5—0℃ 左右。一年内有四、五个月的月平均气温大于 10℃, 无霜期约 250—150 天, 日均温 $\geq 5^\circ\text{C}$ 期间的积温为 3400—2100℃。这里 11—2 月下雪, 积雪可达 30—100 厘米, 但融化较快。

据聂拉木伐木场(海拔 3000 米)观测, 1966 年 5 月 5—21 日平均气温 10.5℃, 最高气温 19.8℃, 最低为 5.3℃, 平均日较差只有 8.5℃。亚东(海拔 2987 米)年平均气温 7.7℃, 最热月 14.4℃, 最冷月 0.2℃。11—3 月平均最低气温均小于 0℃, 绝对最高气温 23.3℃, 绝对最低气温 -20.6℃, 绝对较差达 43.9℃。

亚东的气温、降水年变程如图 6 所示, 可作为本带半湿润类型的一个代表。亚东年降水量 937 毫米(1933—1938 年), 年雨日有 105 天, 自 4 月开始就有较多降水, 4—9 月每月降水量均超过 100 毫米。另据记载, 清代亚东设关时有三年雨量记录, 平均年降水量 1448 毫米(57.01 吋)¹⁾。

本带降水量因所在谷地而不同, 波曲谷地降水较多, 年降水量约 2000—2500 毫米左右; 西边的吉隆河谷地估计只有 1000—1500 毫米上下。吉隆地区降水集中于 6—9 月, 雨季、干季比较分明。据访问, 吉隆河谷地如嘎(海拔 3010 米)1967 年 6 月 12 日—9 月 30 日为雨季, 很少晴天, 但随后则缺雨、干旱。各河谷的气候差异也反映在自然带内类型的变化上, 如亚东、吉隆以乔松林为主, 樟木一带则以云南铁杉林占优势。

本带农作比较发达, 吉隆地区可耕地较多, 气候比较温暖, 可以二年三熟, 玉米种植上界达 3,000 米, 而樟木一带只达 2,750 米, 其他作物有小麦、青稞、荞麦等; 吉隆地区还可种辣椒、西红柿、黄瓜等喜暖蔬菜。亚东地区种植苹果已有四、五十年历史, 为在本带发展经济果木提供了好的经验。

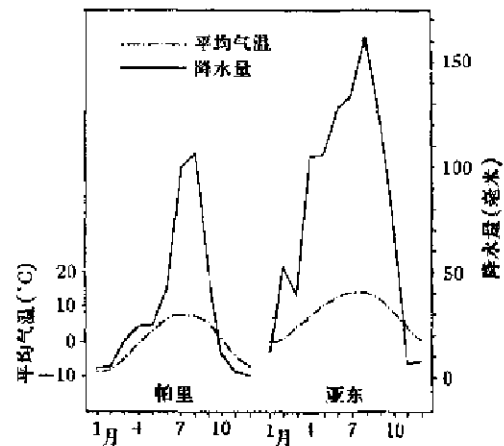


图 6 亚东、帕里气温降水年变程

(三) 山地寒温带 海拔 3100—3900 米

本带年平均气温约 7—2℃, 最热月均温 14—10℃, 最冷月 0—5℃ 左右。一年内有一至四个月平均气温大于 10℃; 平均气温 $< 0^\circ\text{C}$ 的有一至五个月。无霜期 150—90 天不等, 日均温 $\geq 5^\circ\text{C}$ 期间的积温约 2100—1100℃。10—5 月可降雪, 积雪一般达 60—80 厘米, 多者可达 150—200 厘米。土壤中有季节性冻层出现, 据考察与访问在聂拉木自 10 月

1) 见 L. A. Waddell: Lhasa and its mysteries. 1929. p. 467.

中旬至5月下旬均可出现冻土,最大冻土深度达41厘米(1月)。但由于暖季地温仍较高,有利于植物的生长发育。

本带处于最大降水带之上,降水大大减少,且各地差异较大,年降水量约1500—500毫米上下。据观测,1968年6月26日—10月10日,曲乡降水量为1178毫米,其中7月份降水最多,达437毫米,夜间降水约占4/5,估计年降水量约1450毫米。曲乡一日最大降水量高达85.7毫米(1968年10月4日),为本地区已有记录的最大值。聂拉木位置偏北,处于南、北翼的过渡地段,年降水量仅554毫米,但降水的季节分配较均匀,6—9月占年降水量的52%,11—4月则有较多降雪。该地气温、降水年变程见图6。

曲乡处于峡谷底部,雨季期间湿度大、日照少,气温偏低而日较差小。以1966年6月12—22日为例,曲乡平均相对湿度84%,平均气温10.5℃,日较差为7.5℃;而比曲乡高的峡谷中上部,气温与相对湿度有所降低,日较差有所增大。本带平均年日照估计为2000—2500小时左右。

本带除聂拉木处于过渡地段农作物上界较高外,通常青稞等作物种植于海拔3500米以下,吉隆地区冬小麦种植上界达3300米,这与一般湿润地区农作物上界不超过森林上限的规律大致相符。

(四) 亚高山寒带 海拔3900—4700米

森林上限往上,气候寒冷。本带年平均气温约2—-2℃,最热月均温10—6℃,最冷月为-5—-10℃。一年中有五至七个月平均气温低于0℃,日均温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间的积温1100—300℃,无霜期不足90天。

以帕里为例(见图6),年平均气温-0.1℃,最热月均温7.8℃,最冷月-8.6℃。日均温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 持续期间为185天,积温996℃;日均温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 的持续期间为114天,积温813℃。平均无霜期只有40—50天。极端最高气温18.3℃,极端最低气温-30.1℃,结冰日数平均达318天。

这里雨季为6—9月,年降水量350—600毫米左右,雨日约100—170天。帕里年降水量387毫米,6—9月占年降水量的77%,一日最大降水量为28.8毫米(1958年8月2日)。年蒸发量平均为1560毫米。帕里年平均相对湿度66%,7—9月平均大达83%,12—1月最小,只有44%。由于气温低,除6月中旬至8月下旬外均可降雪,降雪日数约占年降水日数(165天)的1/3。此地最大积雪深度为17厘米,除最热月外,每日最低气温均可低于0℃,土壤中季节性冻层比较明显。

帕里一带冰雹较多,平均每年降雹日数约有10天,且多在生长季出现,加上无霜期短、气温较低等都是不利于农业生产的因素。但当地贫下中农发扬自力更生精神,自1960年以来连续多年战胜寒冻灾害获得较好收成,取得发展高寒农业的许多宝贵经验。

(五) 高山寒冻带 海拔4700—5500米

本带位于雪线以下,年平均气温-2—-6℃,最热月均温约6—2℃,最冷月为

-10—-16℃。一年中有七至八个月平均气温低于 0℃。生长季中最低气温通常都为负值或接近 0℃，土壤水分处于昼夜融冻交替之中，形成本带特有的融冻现象，生长着耐寒的矮小草甸植物、垫状植物和多种地衣。

估计本带年降水量约 400—700 毫米左右或稍低，但云雾较多，比北翼同海拔处要湿润些。

海拔 5500 米以上则终年冰雪，是为高山冰雪带。

四、北翼半干旱高原湖盆区各垂直气候带特征

(一) 高原寒冷带 海拔 4000—5000 米

北翼高原大部分宽谷盆地及其周围的山地均在本带范围内。年平均气温 3—4℃ 左右，最热月均温 13—16℃，6—9 月平均气温 12—15℃，最冷月均温 -5—-16℃。一年中有 4—7 个月平均气温低于 0℃，无霜期约 120—140 天，日均温 $\geq 5^\circ\text{C}$ 期间的积温约 2000—4000℃。

以定日为例，年平均气温 0.7℃，最热月均温 10.9℃，最冷月为 -11.2℃。日均温 $\geq 0^\circ\text{C}$ 期间的天数为 195 天，积温 1421℃，日均温 $\geq 5^\circ\text{C}$ 期间的天数为 137 天，积温达 1274℃，无霜期 105 天。定日、定日(协格尔)等地的气温降水年变程如图 7 所示。

定日月平均气温高于 10℃ 的虽仅 7、8 两个月，但 6—9 月平均最高气温均超过 15℃，平均最低气温则高于 1℃，而 40 厘米深处的地温也都在 10℃ 以上，这些都是有利于农作物生长的热量条件。

本带的显著特点之一是降水较少，一般年降水量为 200—300 毫米¹⁾。本带降水季节十分集中，6—9 月约占年降水量的 90—95%，比我国夏雨最集中的华北海河流域还大。年雨日

为 40—80 天。如定日年降水量 225 毫米，96% 降于 6—9 月。所以虽然降水较少，但集中于生长季，有效程度较高，是有利于农牧业生产的另一条件。降雪较少，降雪日数仅为年降雨日数的 1/10。

这一带空气比较干燥，定日年平均相对湿度为 45%，降水最多的 7、8 月较高，可达 68%；12—2 月较低，只有 30%。日均温 $\geq 5^\circ\text{C}$ 持续期间的干燥度为 0.92，属半干旱类

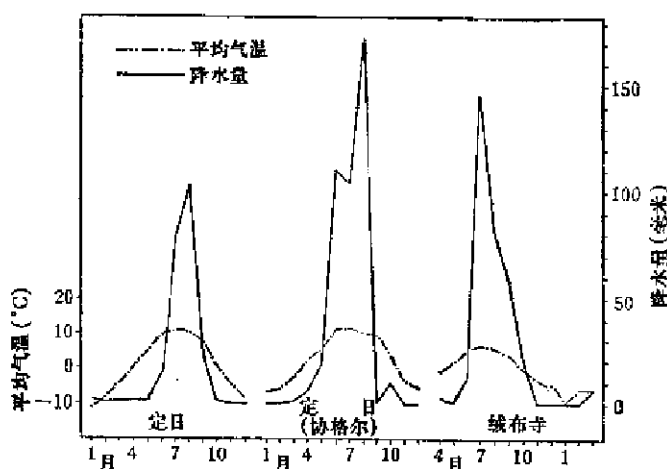


图 7 定日、定日(协格尔)、绒布寺气温降水年变程

1) 定日(协格尔)1971 年降水曾达 422 毫米。

型。

本带云量较少,年平均总云量约 0.4 左右,7、8 月间可达 8.0 以上。年日照率较高,但 7、8 月较低,如定日年平均日照率高达 77%,7、8 月则低至 53%,年日照时数达 3393 小时,与我国日照时数最多的新疆哈密地区相当。这里各月日照时数均在 200 小时以上,但年变程以夏半年雨季最低,这与较高纬度干旱区冬季最低正相对照。除个别地点如绒布寺(海拔 5000 米)因处谷地中遮蔽程度较大,年日照时数低至 2565 小时外,其余各地年日照可达 3,000 小时以上。

本带太阳辐射很强。1959—1960 年在珠峰北麓绒布寺观测到太阳辐射的年总量接近 200 千卡/厘米²·年¹⁾,比同纬度的长沙(北纬 28°15',海拔 81 米)的 114 千卡/厘米²·年大 75%,较人们称为“太阳城”的拉萨(海拔 3660 米)仍高 7%(均为 1959—60 年测值)。

高原上干季常刮大风,强度大,持续时间长,以偏西风为主,故又可称风季,而雨季则很少出现大风。如定日全年 ≥ 8 级(即 ≥ 17 米/秒)的大风日数达 128 日,6—9 月雨季中仅占 12%。更往高处或因河谷地形影响,风速还可增大。如绒布寺年平均风速达 4.4 米/秒(定日为 2.6 米/秒),6 月风速更大达 5.8 米/秒。这可能是本带上段垫状植物较多的原因之一。

总之,本带气温虽较低,热量条件却仍有利于农作物生长,加上降水集中于生长季,日照比较丰富,所以本带 4500 米以下均有稳定的农业生产,农作物上界一般达 4600 米,可种植青稞、马铃薯、元根等作物。个别地点如聂拉木县扎金乡白马确丁(位于佩枯错以东),在海拔 4740—4760 米,自 1957 年试种青稞成功以来,种植面积逐年有所扩大。据现场观察,耕地开垦于三面环山的山凹内朝南山坡上,坡度 12°,均用石块围成宽 3 米长约 10 米的坡田,是当地较暖和的地方。这是该地藏族群众利用背风向阳的局地小气候环境,经过多次试验而获得的结果。除青稞外,还成功地种植了白菜、萝卜和甜萝卜等。这是珠峰地区发现的粮食作物的最高上限,也是迄今所知世界上的最高耕地。

(二) 高山寒冻带 海拔 5000—6000 米

本带通常靠近极高山区,年平均气温 -4 — -10°C 左右,最热月均温 6 — 0°C ,最冷月为 -16 — -22°C ,一年中有七个月以上月均温低于 0°C 。日均温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 持续期间的积温小于 700°C , $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温小于 400°C ,干燥度约 0.4 左右。无霜期在 40 天以下。

珠峰北麓海拔 5120 米的短期资料,大体上可说明本带下段的部分情况。4、5 月平均最高气温在 0°C 以下,平均最低气温则均为负值。如 1960 年 5 月,平均气温 1.1°C ,平均最高气温 7.1°C ,平均最低气温为 -4.6°C 。在绒布寺,7、8 月间最低气温也可出现负值。所以本带在整个生长季中几乎每天都处于正负交替的气温变化之中。对这里的高山自然

表 6 珠峰地区我国境内南、北翼各季直气候带的主要热量、水分状况*

地区	垂直气候带	海拔高度 (米)	无霜期 (天)	6—9月平均气温 (°C)	最热月平均气温 (°C)	日均温 ≥5°C持续 期间的积温 (°C)	最冷月平均气温 (°C)	月均温 <0°C 的月数	年降水量 (毫米)	日均温 ≥5°C 持续期间的干 燥度	冰雪等状况	相应的自然带
南翼湘南、 半湿润高山峡谷区	山地亚热带	1600—2500	>250	19.0—15.0	20.0—16.0	3400—3400	10.0—5.0	—	2000—3000 (约1000)**	0.2—0.3 (0.5—0.7)**	很少霜和雪,无冻土,上 微偶有霜冰。	山地亚热带常绿阔 叶林带
	山地暖温带	2500—3100	250—150	15.0—13.0	16.0—14.0	3400—2100	5.0—0.0	0—1	2000—2500 (900—1500)	0.2—0.3 (0.4—0.6)	11—2月下旬雪,积雪30— 100厘米,融化较快。	山地暖温带针阔叶 混交林带
	山地寒温带	3100—3900	150—90	13.0—9.0	14.0—10.0	2100—1100	0.0—-5.0	1—5	500—1500	0.2—0.4 (0.4—0.7)	10—5月为雪期,积雪 60—80厘米,多者达 150—200厘米,有冻土。	山地寒温带针叶林 带
	亚高山寒带	3900—4700	<90	9.0—5.0	10.0—6.0	1100—300	-5.0—-10.0	5—7	350—600	0.4—0.5	9—6月为雪期,季节性 冻层明显。	亚高山寒带灌丛草 甸带
	高山寒冻带	4700—5500	—	5.0—1.0	6.0—2.0	<300	-10.0—-16.0	7—8	400—700	—	土壤水分经常处于融冻 交替之中。	高山寒冻草甸垫状 植被带;高山寒冻冰 漠地表带
	高山冰雪带	5500以上	—	<1.0	<2.0	—	<-16.0	>8	≤700	—	冰雪覆盖。	高山冰雪带
北翼半干旱高原湖盆区	高原寒冷带	4000—5000	120—40	12.0—5.0	13.0—6.0	2000—900	-5.0—-16.0	5—7	200—300 (400)	1.0—0.4	少降雪(冬半年雨日 少),上致有雪。	高原寒冷半干旱草 原带
	高山寒冻带	5000—6000	<40	5.0—-2.0	6.0—0.0	<400	-16.0—-22.0	>7	300—600 (700)	0.4	多降雪或雨雪交加,经 常见融冻交替。	高山寒冻草甸垫状 植被带;高山寒冻冰 漠地表带
	高山冰雪带	6000以上	—	<-2.0 (1.0—-2.0)	<0.0 (1.0—-2.0)	—	<-22.0	—	≤600 (700)	—	冰雪覆盖。	高山冰雪带

* 由于区域差异,各垂直气候带的界线高度有变化,热量水分状况也有带间交错。本表所列区代表各该带的主要指标。

** 年降水量及干燥度栏内括号中数字为不同区域的数值。

除7月25日—8月17日 $>0^{\circ}\text{C}$ 外,其他日期均达 0° 或为负值。观测期间气温最大日较差达 25.1°C (1961年2月18日最高气温 8.2°C ,最低气温 -16.9°C)。

这里降水稍高于其下的高原宽谷盆地,以1961年6—11月观测期间为例,港井降水量283毫米,定日只有192毫米。推算本带年降水量约300—600毫米,6—9月占90%以上。由于气温低,降水多为雪或雨雪交加形态,有时则降冰雹,如港井在1961年观测期间有雨日76天,其中7—9月有29天降了冰雹。

这里日照时数较多,约2800—3000小时左右,所以虽然海拔较高,生长季中仍有一定热量可供天然植物利用,生长着高山草甸植物,垫状植物等,是本地区的夏季牧场。港井7、8月间平均最高气温超过 10°C ,也说明了这一点。

本带风速较大,如港井观测期间平均风速3.2米/秒,而定日同期平均只有2.4米/秒。

(三) 高山冰雪带 海拔6000米以上

雪线是高山地区一条重要的气候界线,它的高度不仅与热量条件有关,也决定于水分状况。我国天山、祁连山等山地的雪线通常是北翼低、南翼高,但珠峰地区由于山脉的屏障作用明显,南湿北干的差异悬殊,所以南翼雪线反因水分条件较好而偏低,在海拔5500米左右,珠峰北翼偏高于5800—6200米之间。

据推算,北翼雪线附近年平均气温约 -9°C — -12°C ,最热月气温为 1°C — 2°C ,最冷月低于 -20°C — -24°C 。

雪线附近年降水量约600—700毫米左右¹⁾,往上至海拔7000米以上,由于水汽含量低,降水量也随之减少。

珠穆朗玛峰顶部仍覆有冰雪,并没有超出理论上所谓上雪线之外。所以本带除地形不利于冰雪积聚的角峰或陡崖裸露外,均可为冰雪所覆盖。这一带寒冻风化强烈,岩屑累累。

综上所述,可将珠峰地区南、北翼各垂直气候带的主要热量、水分状况归纳如表6。

小 结

1. 珠峰地区山体巨大、地势高亢,气候条件与东部同纬度低地迥然不同;而作用于本地区的大气环流和喜马拉雅山脉的屏障又使南、北翼的气候有明显的区域分异。南翼具湿润、半湿润季风气候特征,北翼则有半干旱高原气候特点。

2. 按照自然带类型的特点及其与最热月、最冷月平均气温的关系,将南翼我国境内划分为山地亚热带、山地暖温带、山地寒温带、亚高山寒带、高山寒冻带和高山冰雪带六个垂直气候带;北翼划分为高原寒冷带、高山寒冻带和高山冰雪带三个垂直气候带。

3. 分别阐述本地区南、北翼各垂直气候带的特征。表7归纳了各带的主要热量和水分状况。

1) 据本队气象组、冰川组推算。

参 考 文 献

- [1] J. Kawakita: *Vegetation, Land and crop of Nepal Himalaya*, Scientific Results of the Japanese Expeditions to Nepal Himalaya 1952—1953, Vol. II, 1953.
- [2] U. Schweinfurth: *Vegetation of the Himalaya, Mountains and rivers of India*. 21st International Geographical Congress. India 1968.
- [3] Makoto Numata: *Climatic and vegetational zonation of Himalaya in Eastern Nepal*. Abstracts of papers—21st International Geographical Congress. India. 1968.
- [4] Helmut Kraus: *Das Klima von Nepal. Khumbu Himal. Band 1, Liefg. 4*. 1966.
- [5] H. Boesch: *Zwei Jahre Wetterbeobachtungen in Ostnepal (1961—1963)*. *Geographica Helvetica* XIX Nr. 3, 1964.
- [6] H. Boesch & Albert Grob: *Wetterbeobachtungen 1963—1965 in Jiri, Nepal East Nr. 2*. *Geographica Helvetica* XXI Nr. 2, 1966.

珠穆朗玛峰地区的植被垂直分布 及其与水平地带关系的初步研究*

执笔人：张经炜 姜 恕

(中国科学院植物研究所)

喜马拉雅山中段、珠穆朗玛峰及其邻近地区的植被垂直分带过去曾有过若干论述^[1-6]。我国自1959年起，曾先后在这个地区进行了三次植被和自然地理的调查研究^[7]（见图1）。本文是在这些工作的基础上，对珠穆朗玛峰地区的植被垂直带进行划分，并就其与水平地带的关系问题作初步探讨。

一、珠穆朗玛峰地区的自然地理特点

珠穆朗玛峰位于北纬 $27^{\circ}59'$ ，东经 $86^{\circ}55'$ ，海拔8882米，耸立在我国西藏自治区南部喜马拉雅山中段的中国、尼泊尔交界处，是世界第一高峰。

喜马拉雅山自晚第三纪隆起以来，地壳不断地上升，形成了世界上最高大而宽厚的东西走向的山脉，并给予这个地区的气候和生物的分布以强烈的影响。

喜马拉雅山的山体占据着对流层的 $1/3-1/2$ 的高度，其大气环流与南亚地区对流层低层的季风流动相联系，表现出明显的季风特征。基本上是每年11月到次年3月由西风带所控制，空气干燥，晴朗少雨；6—9月由印度洋季风所控制，降水比较集中。而珠穆朗玛峰及其附近的山峰的大面积积雪主要是出现在夏季。雪线一般是南坡低（海拔5500—6100米）、北坡高（海拔5800—6200米），但常因地形复杂而高低差别很大，季节性的雪线要比常年雪线下降约300米^[8]。

青藏高原与喜马拉雅山的巨大山体的影响，使气温比相近纬度平原地区上空的同一高度要高。如以 $0.5^{\circ}\text{C}/100$ 米的垂直变化率推算，海拔2987米的亚东（北纬 $27^{\circ}26'$ ）的气温折算至海拔100米处的年平均温度为 22.2°C ，比北纬 $28^{\circ}40'$ ，海拔49米的南昌（年平均温度为 17.4°C ）高出 4°C ，而与北纬 $23^{\circ}08'$ ，海拔6.3米的广州（年平均温度为 21.9°C ）相近；如以北纬 $27^{\circ}42'$ ，海拔1337米的尼泊尔的首都加德满都（年平均温度为 18.1°C ）为例，在海拔100米处年平均温度为 24.1°C ，与北纬 $20^{\circ}01'$ ，海拔17.6米的海口（年平均温度为 24°C ）相差无几，相当于在纬度上向南移 5° 以上。这种由于巨大山体的影响而使气温增高的现象，同样地在墨西哥也可以看到^[9]。

* 参加野外考察工作的同志，1966年有：中国科学院地理研究所郑度，中国科学院植物研究所姜恕、张永田、赵从福、郎楷永；1967年有：姜恕、赵从福、郑度；1968年有：郎楷永。参加资料整理工作的有：郑度、赵从福、侯学煜、简焯波先生曾为本文提出了宝贵的意见，在此表示感谢。

1) 这三次考察是：1959—1960年中国珠穆朗玛峰登山队科学考察队，1960—1961年中国科学院西藏综合考察队和1966—1968年中国科学院西藏科学考察队的考察。

2) 根据中国珠穆朗玛峰登山队科学考察队1959—1960年资料。