

我国地形小气候研究概况与展望

黄寿波

(浙江农业大学)

我国山地和丘陵的面积约占土地总面积的70%。因此,研究地形小气候对于了解山区气候资源,合理开发山区经济,发展农业生产具有重要意义。

地形小气候与山地气候不同。前者是指相对高差在几米到几百米,水平距离在10米到10公里范围内的小的起伏地形对气候的影响,其特征主要表现在个别气象要素的数值和个别的天气现象上,且局限在近地面的空气层中。地形影响,主要是坡地方位和地貌形态。而后者是由大地形造成的气候特点,主要受海拔高度、坡地方位以及山脉的走向和长度^[1]等地形因素的影响。

我国对地形小气候进行系统的研究,是从1956年在黄土高原进行各种地形的小气候研究开始的^[2],迄今已有近30年的历史,目前,这项研究工作发展较快,简略回顾以往研究的情况,同时展望未来的工作,或许有所裨益。

要严格区分地形小气候与山地气候是困难的。因此,在介绍地形小气候时,也会牵涉到某些山地气候的内容。

一、坡地方位对小气候影响的研究

在山区,由于坡向和坡度不同,接受的太阳辐射、日照长短以及对风的影响均不同,因而形成坡地小气候。

我国劳动人民在长期生产实践中,很早便认识到阴、阳坡的重要。《左传》有:“水北为阴,山南为阳”,“水之南山之北为阴”。《说文段注》更明确地指出:“日之所照曰阳”。这是我国古代文献中对“阴阳”两字的解释。由于阴、阳坡小气候不同,因此自然植被及土地利用情况都不相同¹⁾。坡地方位(包括坡向和坡度)不同,因而使得坡地上每天的日照时间和一天中所接受的太阳辐射总量不同,进而引起各坡地上气候要素的差异,坡地对日照时间的影响,有过详细计算^[3-5]。结果表明,晴天坡地上的可照时间具有下列特点:(1)南坡上的可照时间,在冬半年与水平面上相同,在夏半年则随坡度增大而迅速减小,坡度每增加1度,相当于纬度降低1度,且愈接近夏至减少愈多。(2)在夏半年,北坡上每天

本文1984年8月9日收到,1985年5月17日收到修改稿。

1) 傅抱璞:小气候学讲义,油印本,1981年。

2) 林超、李昌文:阳阴坡在山区土地类型研究中的意义,中国地理学会山区综合开发学术讨论会论文,1983年。

的可照时间, 当坡度小于 $90^\circ - \varphi + \delta$ 时 (式中 φ 为地理纬度, δ 为赤纬), 与水平面上相同, 不受坡度影响。反之, 则随着坡度增大而迅速减小。(3) 在冬半年, 北坡上的可照时间随坡度增大而迅速减小, 坡度每增加 1 度, 相当于纬度升高 1 度, 且越接近冬至减少越快。(4) 东坡与西坡每天的可照时间, 全年均随坡度增大而减少, 但其年变化趋势与水平面上相同。

坡地上的太阳辐射总量是坡地小气候形成的基础, 可用数学式计算坡地上任何一段时期 (月、季、年) 太阳辐射总量^[3-6]。计算结果表明: (1) 坡向对太阳辐射的影响, 夏半年在低纬度, 偏南的方位比偏北方位大; 在纬度较高的地方, 则以偏北的方位比偏南的方位大。冬半年在低纬度, 坡向变化对接受太阳辐射影响, 偏北的方位比偏南的方位大; 在较高纬度, 则以偏东和偏西的方位影响较大, 而偏南和偏北的方位相对比较小。(2) 坡度对太阳辐射的影响, 一般是以南坡和北坡最大, 坡向接近东、西坡的影响最小。(3) 夏半年南坡的辐射总量, 在低纬度随坡度增大而迅速减小, 在较高纬度, 其变化相对比较缓和, 当坡度未超过最热坡度时, 坡地上的辐射总量随坡度增大而增加, 北坡情况与南坡相反。(4) 冬半年南坡的辐射总量远大于水平面, 且纬度愈高, 坡度愈大 (未超过最热坡度), 相差愈远, 而北坡的辐射总量则随坡度增大和纬度升高而迅速减小。

在孤立山岗上的辐射收支各分量, 随坡地方位变化十分显著, 例如冬季在南京方山 (北纬 32° 附近) 观测得出^[7]: (1) 坡地上的辐射差额是南坡最大, 东坡和西坡次之, 北坡最小。辐射差额的日最大值, 南坡和北坡都出现在正午, 而东坡是上午受热最强, 西坡是下午受热最强。(2) 在冬季当坡度为 20° 时, 南坡的总辐射日总量比平地多 20%, 直接辐射日总量多 30% 以上, 辐射差额日总量大 70% 左右, 而北坡则比平地分别小 30%、50% 及 70% 左右。东坡和西坡与平地相差不大, 总辐射和直接辐射都比平地小 10%, 而辐射差额基本相同。有效辐射各种坡向相差不大, 都比平地小 4—10%。而陕西洛南观测后认为^[8], 各月太阳辐射总量在不同坡向坡地上均有明显差异。其分布规律与上述同。

各种有规则的起伏地形中辐射平衡各分量的分布, 可以用理论式计算^[9-10]。结果表明: (1) 起伏地形中的散射和有效辐射都随着周围地形对研究地点的遮蔽程度加大而减小, 来自周围地区的反射辐射最初随着周围遮蔽程度加大而增大。但是周围遮蔽程度达到一定限度以后, 由于周围地形彼此相互遮蔽, 其可能受到的总辐射大为减小, 因而反射辐射也会随之减小。(2) 起伏地形中, 当直接太阳辐射不被周围地形遮蔽时, 如果周围地区作用面的反射率相当大, 以致来自周围地区的反射辐射超过由于周围地形遮蔽所减少的散射辐射时, 则其总辐射比开旷的平地有所增加。在阴天, 因为来自周围地区的反射辐射总是小于由于周围地形遮蔽所减少的散射辐射, 因此起伏地形中的总辐射比平地减小。(3) 当直接太阳辐射不被周围地形遮蔽时, 起伏地形中水平面上的辐射平衡要比开旷的平地上大些。

不同方位坡度上的温度差异, 主要由辐射差异引起, 因此坡地上温度的分布与太阳辐射分布类似。关于不同坡地上温度分布特点, 很多学者进行过观测研究^[11-22]¹⁻³⁾, 据 1980—1981 年冬季在浙江海盐观测^[12], (1) 在北纬 30° 附近地区, 不同坡向的地面及空气温度, 均

1) 江爱良、黄寿波: 近几年来我国柑桔冻害的研究, 气象科技, 5 期, 1983 年。

2) 江爱良、陈尚漠: 农业地形气候学的研究及其在柑桔避冻栽培方面的应用, 农业气象科学, 2 卷 1 期, 1982 年。

3) 李居信、刘书贵: 山地地形小气候与宜桔地选择, 中国地理学会山区综合开发学术会议, 1983 年。

是南坡最高,北坡最低,东、西坡在两者之间。(2)坡向对温度的影响以晴稳天气最显著,阴天其次,雨雪天差异不大。在南京方山观测结果^[7]是:(1)冬季晴天,0—30厘米层的日平均土温,南坡比东、西坡高3℃左右,比北坡高5—6℃;地面最高温度南坡比东、西坡高10℃左右,比北坡高15℃;在20厘米深的最高土温,南坡比东、西坡高4℃左右,比北坡高6℃以上。(2)晴天的日平均气温,在1.5米高处,南坡比东、西坡高0.6℃,比北坡高1℃,在5厘米高处,分别高2—3℃。晴天最高气温,在1.5米高处南坡比东、西坡高1℃以上,比北坡高2℃左右,在5厘米高处,则南坡比东、西坡和北坡高5—6℃和8℃左右。(3)方位对最低气温影响不很明显,在1.5米高处,南坡比北坡高0.7℃。地面最低气温,南坡比北坡高3℃以上。(4)温度日变幅随坡向由北向南增大,在1.5米高处晴天气温日变幅,南坡比东、西坡和北坡各大0.5—0.9℃和1.4℃,而地面温度日变幅,南坡比东、西坡大5—10℃,比北坡大14℃以上。(5)坡地上每天的极端温度,以东向坡地出现最早,而西偏北的坡地出现最晚。

地形对于气流的影响,早在五十年代曾有报道^[17]。地形对于过山气流的影响所达的高度往往可以到对流层顶以上,而它的影响所能达到的水平距离不过垂直距离的数倍(以背风坡所能存在的范围为度量),如水平风速为10米每秒,则它的垂直风速可达每秒数米的量级,所以在过山运动中,常有上升或下降气流发生。在起伏地形中,风速的分布与风向有关,当气流经过山岗时,一部分从山顶越过山岗,另一部分从侧面绕过山岗,因此山岗向风面的下部,风速减弱,山岗顶部和两侧,风速加强;山岗的背风面,风速又减弱。1958年2月6日南京方山风速的分布是:向风面接近山顶部分,风速大于7米每秒,向风面山麓附近风速为3—4米每秒,背风面底部风速小于2米每秒,与风向垂直的两山腰部分为5—7米每秒^[16]。

在起伏地形中各个不同部位降水的差异,主要由于风速和坡地方位的影响所引起。据1958年2月6日在南京方山测定^[16],下垫面上的实际降水量是山顶最少,与风向垂直的两山侧接近底部的地方其次,而向风坡和背风坡的下部相对地最大。小地形中降水量的如此分布,与大地形降水分布是不同的。

地形对于降水的影响,近年曾有不少报道^[23-33]1],除了大尺度地形外,中小尺度地形也能通过制造中小尺度降水系统来影响降水分布^[32]。甚至有人认为^[30],局地小地形可以引起当地年雨量三分之一的距平。

坡地上的土壤湿度,在我国,一般是随着坡向由南向北增大,据观测^[16],0—20厘米土层的土壤湿度:北坡为29.8%,东坡27.6%,南坡19.5%,西坡28.0%,山顶26.0%,谷地33.3%。在陕西省观测也同样表明^[8],0—30厘米土层的土壤温度以北坡最大。起伏地形中的空气湿度分布,与天气条件有密切关系,在比较干燥的气候或天气条件下,一般是南坡空气湿度小,北坡空气湿度大。但是在比较湿润的气候或天气条件下,则恰好相反。在冬季晴天,南京方山1.5米高处南、北坡的日平均绝对湿度相差0.5—0.7毫巴,相对湿度相差2% (土壤较湿润)和17% (土壤较干燥)^[16]。

1) 林之光等:武夷山主峰地区降水气候特征,气象科技,2期,1982年。

二、地貌形态对小气候的影响

由于地貌形态(山谷、盆地、坡地和山顶等)不同,日照、辐射、通风和冷空气径流排泄情况也均不相同,因此影响小气候状况。地貌形态对日照时间与太阳辐射的影响,与周围地形对研究地点的遮蔽度密切有关。在北半球,如果南面和东、西两个方向的遮蔽程度愈大,则日照时间与太阳辐射减少得愈多,而实际日照时间和太阳辐射量还要受云雾等天气现象随地形分布特点的影响。

地貌形态对温度的影响,曾进行过不少研究^{[34-45][1-7]},其影响程度与天气型有关。在辐射型天气下,由周围山坡围绕的谷地或盆地,由于湍流交换弱,风速小,白天增温快,夜间冷却也快,而且周围山坡上的冷空气在夜间流向谷底(或盆底),可以形成“冷湖”。相反,在坡地的顶部或坡中,因为风速较大,湍流交换强,因此白天增温和夜间冷却都比较缓和。所以,谷地、盆地以及其它避风的低凹地,白天温度较高,夜间温度较低,温度振幅较大,辐射霜冻较重,而高凸地和迎风的坡地,白天温度较低,夜间温度较高,温度振幅较小,辐射霜冻较轻。早在五十年代,曾有人研究过地形与霜冻及橡胶树寒害的关系^[38-39]及橡胶寒害与宜林地选择问题^[40]。在浙江北部(30°N附近)某小丘陵地(相对高度150米左右)的上、中、下坡,不论是地面最低温度还是1.5米高处的最低气温,均以中坡最高,上坡其次,山麓最低^[12]。在广西龙北农场,在强烈的辐射冷却“夜间”(1963年1月14—15日),各时上坡(南)0.5米高处气温比谷底气温高4.5—10.4°C,同样在一般的辐射夜间(1962年2月20日),则比谷底高3.6—5.4°C,因此喜温作物(如柑桔、橡胶等)谷底或山麓受冻重,山坡受冻轻^[14]。又如1982年2月5日浙江缙云县某山坡的最低气温为-7.4°C,小山岗为-10.1°C,而盆地为-14.7°C,山坡比谷底高7.3°C^[41]。以上是辐射型天气的情况,但在冷平流天气下情况就有不同,例如在地形低洼和避风的地方,由于风速小,湍流交换弱,所以降温慢,昼夜温度比高凸和犯风的地方高。但温差不大,一般上下仅差0.5—0.7°C^[41]。由于柑桔等植物对低温非常敏感,因此柑桔冻害以盆底和山麓最重,山顶其次,中坡最轻,小山顶上柑桔冻害重与平流霜冻有关^[22]。

盆地的大小及闭塞程度,谷地的宽阔度等都与温度强度有关。例如封闭的小盆地各月平均气温比平地低0.5—1.3°C,不封闭的小盆地约低0.2—1.0°C^[8],”U”字形谷底与“V”

1) 丽水地区气象台:丽水地区山地气候对柑桔的避冻作用,农业气象科学,第1期,1981年。

2) 丽水地区气象台农气组:山地气候对柑桔避冻作用的调查考察分析,浙江气象科技,第4期,1980年。

3) 浏阳县农业区划办公室:浏阳县金桔基地地形小气候的研究,农业气象科学,2卷2期,1982年。

4) 关寅生:九嶷山区垂直农业气候特点及其开发利用,农业气象科学,第1期,1981年。

5) 郑献章:利用地形小气候优势搞好春播育秧,浙江气象科技,第1期,1982年。

6) 张承胜:川北低山区地形对气温和降水的回归分析,中国地理学会山区综合开发学术会议论文,1983年。

7) 李西筠:长白山温泉谷地小气候,长白山地理系统论文集,东北师范大学地理系印,1981年。

8) 吴崇洁:江西山地丘陵温度、降水垂直变化规律及其在农业上的利用,江西省山地丘陵建设与生态平衡学术会议论文,1981年。

字形谷底的最低温度及金桔受冻情况均不相同¹⁾。

地貌形态对土壤和空气湿度的影响,据1957年3月下旬在南京方山观测^[16],土壤湿度谷底最大(33.3%),坡地居中(19.5—29.8%),山顶为最少。1956年7月在陕西榆林观测同样证实,在0—100厘米土层的平均土壤湿度,山顶小(9.8%)而谷底大(20.4%),同时可见,在干燥地区,地形对土壤湿度的影响也特别明显。

起伏地形中的空气、土壤湿度的分布与温度、风速有关。一般说来,低洼地的绝对湿度比高坡地大,而且前者的变化振幅比后者大。相对湿度通常是低凹地昼间低于高坡地,而夜间高于高坡地,且前者变化振幅大于后者。据1959年7月在万县一个山谷中观测^[16],谷地的绝对湿度全天高于山顶和坡地,其日平均值比山顶和坡地各大3.9和1.6毫巴,日较差比山顶和坡地各大3.6和1.2毫巴。至于相对湿度,则各地在昼间13时比山顶和坡地各低1%—3%,而夜间1时比山顶和坡地各高4%和5%,就日平均相对湿度而言,谷地比山顶和坡地各高6%和9%。相对湿度是谷地最大,坡地次之,而山顶最小,谷地与山顶之间可相差12%。

地貌形态对我国气象要素日变化的影响的研究^[46-47]表明,一般山顶站气温日变化极小,平均为 2.94°C ;而山谷站气温日变化很大,平均达 9.64°C 。山顶站降水日变化和平地相同,其风速日变化规律则与河谷、平地相反。河谷站相对湿度日变化和平地一样,即与气温日变化相反,但山顶站相对湿度日变化十分平缓。山顶日照日变化有双峰现象,山谷则为单峰型。关于地貌形态对各气象要素日变化的研究,我国是第一个比较系统地加以研究²⁾的国家。

三、外围地形对小气候的影响

周围的环境条件(主要是指地形)对小气候有很大的影响。研究地段附近(几公里到10公里范围内)的山体(相对高度为几十米到几百米)的屏障情况称该地段的外围地形。一般山体愈高大且连绵无明显缺口,则影响愈显著,山体离该地段的距离愈近,影响也愈明显。

外围地形在冬季不同类型天气下有不同的作用^[14]。寒潮平流期,如果地段的北面有山体作为屏障,则可减弱平流,尤其是四面或三面(北、东、西)为群山包围的盆地,在寒潮平流期风速较小,降温比较缓和,因此农作物受平流型寒(冻)害威胁较小;反之,则使冻害加重。在寒潮辐射期(晴夜),如果地段的四周有山体环绕,冷空气径流容易形成“冷湖”,辐射冻害加重按植物所受冻害的不同情况,外围地形可分为四种类型:(1)难进易出型:寒潮平流期避风,寒潮辐射期冷径流易于排出,平流和辐射型冻害均轻。(2)难进难出型:寒潮平流期避风,寒潮辐射期冷径流排出困难,平流型冻害轻,辐射型冻害重。(3)易进易出型:寒潮平流期风速大,寒潮辐射期冷径流易于排出,平流型冻害重,辐射型冻害轻。(4)易进难出型:寒潮平流期风速大,寒潮辐射期冷径流难以排出,两种类型的冻害威胁都大。

外围地形对喜温作物(如橡胶、柑桔等)冬季寒(冻)害的影响,近年来不少人^[48-58]1-6)

1) 浏阳县农业区划办公室等:浏阳县金桔基地地形小气候的研究,农业气象科学,2卷2期,1982年。

2) 林之光:国内近年来山区气候研究的若干进展,气象科技,3期,1984年。

作过研究。例如浙江省纬度基本相近的温州、丽水、缙云三地, 由于外围地形不同, 其历年(1954—1980)的最低气温不同。例如, 温州北面的山体屏障良好, 近25年来, 最冷六年的年极端最低气温平均值为 -3.8°C , 丽水为北面山体屏障良好的开旷盆地, 其相应值为 -7.3°C , 缙云北面山体有明显缺口, 盆地狭窄, 其相应值为 -10.5°C ^[7]。浙江海盐县长川坝、澉浦乡, 由于外围地形不同, 同样品种和同年龄的柑桔树, 其1978—1979年冬季受冻情况完全不同^[52]。有人^[49]认为, 利用有利的外围地形的温暖小区发展喜温作物, 这是防御冻害的有效途径。例如1976—1977年冬季湖南桑植县, 根据气象站的资料年极端最低气温为 -10.2°C , 全县柑桔受冻严重, 柑桔产量较上年减产90%以上; 但该县的陈家河区, 为四面环山的盆地, 属“难进易出”型地形, 同年极端最低气温仅 -4.4°C , 柑桔生长正常。同样, 橡胶园的外围地形, 与橡胶树寒冻害的轻重也有明显影响, 因此选择“难进易出”型地形种植橡胶是广西橡胶树北移时应该注意的问题^[55]。

四、丘陵群体结构对小气候的影响

由于丘陵群体结构的不同, 也可以引起小气候的明显差别。丘陵群体结构主要指丘陵群体的疏密程度, 同时也包括丘陵群体的高度等。丘陵的高低与疏密, 对冬季晴夜冷径流的汇集和排泄状况有重大影响, 同时, 还影响平流期风速的大小。

从我国南方山区喜温作物受寒害程度和丘陵群体结构可以划为四类^[14]: (1) 疏散型低丘陵: 坡面小, 冷径流汇集面不大, 下方排路面积大, 因此霜冻较轻, 霜线较低, 但不能避风, 平流寒害较明显。(2) 密集型中高丘陵: 坡面长, 冷径流汇集面大, 山谷狭窄, 排路不畅, 因霜线较高, 平流型寒害避风较轻。(3) 疏密适中的中丘陵: 介于上述两者之间, 平流影响不大, 辐射影响也小, 适种喜温作物。(4) 疏密交错型: 有些中丘陵群体内部, 疏散与密集相互交错, 其中密集部分辐射霜冻时偏冷, 平流时会产生“漏斗效应”, 风速局部加大, 因而平流寒害也较重。上述四种丘陵群体因各地气候不同, 划分标准应有不同。据广西各县区调查^{[14] 8)}, 各类型的划分标准是: 疏散型丘陵平均谷宽(指谷底水田宽度)大于平均山高或山高的2倍。密集型丘陵是平均谷宽小于平均山高的三分之一或二分之一。疏密适中型丘陵平均谷宽大于平均山高三分之一或二分之一, 且小于平均山高或山高2倍。疏密交错型丘陵, 则分别按上述疏密标准衡量其中疏散和密集程度。

在选择喜温作物的避寒环境时, 除注意外围屏障以外, 还必须进一步研究作物种植地段

1) 江爱良: 橡胶树寒害和橡胶树北移宜林地选择, 华南热带资源开发科学讨论会会刊, 1957年。

2) 江爱良: 华南橡胶树寒害问题, 1965年。

3) 杭州市农业气象试验站: 新安江水库及其下游部分桔园的小气候考察, 中国气象学会山地气候学术会议论文, 1981年。

4) 江爱良: 试论我国南方山地的气候资源和喜温作物的栽培问题, 浙江气象科技, 1期, 1980年。

5) 张君芝: 长江三峡的气候与柑桔, 农业气象科学, 1期, 1981年。

6) 江爱良: 外围地形(小)气候, 中国农业百科全书·农业气象学卷·农业小气候分支(初稿), 1983年。

7) 江爱良、陈尚漠: 农业地形气候学的研究及其在柑桔避冻栽培中的应用, 农业气象科学, 2卷1期, 1982年。

8) 江爱良: 丘陵群体(小)气候, 中国农业百科全书·农业气象学卷·农业小气候分支(初稿), 1983年。

的内部地形(丘陵群体)的避寒条件^[55]。丘陵群体之所以影响作物越冬好坏,主要由丘陵的高度与疏密度所致,若以平均相对高度小于25米为低丘陵,25—70米为中丘陵,70—200米为高丘陵,并以丘陵群体的平均谷宽大于平均高度为“疏散”,平均谷宽小于山高三分之一为“密集”,则可分疏散、密集、疏密适中、疏密交错四种。综合考虑高度与疏散度,可将丘陵群体分为四类。(1)疏散的低中丘陵:特点是避霜冻,平流期风速稍大,光照良好。

(2)密集中高丘陵:特点是平流期内风速小,平流低温不强,但辐射霜冻重,不宜种喜温作物。(3)疏密适中的中丘陵:平流期风速不大,辐射期低温不强,宜植喜温作物。(4)疏密交错的中丘陵:环境恶劣,霜害较重。

由于不同类型丘陵群体对冷平流的阻挡和排泄情况不同,因此种植喜温作物寒冻害完全不同^[14]。例如,在弱平流强辐射的年分(如1960—1961、1962—1963年冬季),橡胶树受3—5级的寒害率,密集的中、高丘陵分别为56.2、87.2%,而疏散型低丘陵仅5.0%和67.0%。在强(或中)平流弱辐射的年分(如1961—1962、1963—1964年冬季),橡胶树的寒害率,前者为2.7%和18.5%,后者为20.3%和50.3%。由此可见,以平流为主的年分,密集的中高丘陵寒害较轻;而辐射为主的年分,以疏散低丘陵寒害较轻。但总的情况来看,以疏密适中为好,疏密交错较差。

五、山区剖面观测和地形逆温的研究

中小尺度的山地,各个(小)气候因子随着海拔高度有规律地发生变化。武夷山主峰剖面观测^{[59]1)},得出降水、气温的垂直梯度与坡向、季节、天气类型和高度均有关系。浙江天目山和括苍山区也有这种规律性^{[60-61]2)}。秦岭太白山夏季小气候观测,得到了一些新的结果。例如,最低气温出现时间随海拔升高而提早,山脉顶部北坡的最高气温和平均气温反比同高度南坡为高等^[46]。根据长白山北坡光照、温度、降水、湿度和风等气象要素的垂直分布规律,可将长白山划分为五个垂直气候带^[62]。而各气象要素的垂直分布规律,与工、农、林业生产及垂直气候带的划分有着密切的关系^[63-72]。

在低山丘陵区,利用冬季逆温层种植喜温作物,这对防御喜温作物寒冻害有明显作用。近年来围绕防冻问题对逆温的发生规律进行过研究^{[73-75]1-10)}。在湖南省大庸县通过实地

1) 林之光等:武夷山主峰地区降水气候特征,气象科技,2期,1982年。

2) 杭州大学地理系等:浙江省括苍山区农业气候资源与区划(铅印本),1984年。

3) 刘霖:南岳山冬季气温变化与柑桔栽培,气象科技情报(湖南),3期,1982年。

4) 郑献章:浙江缙云县山地桔园小气候考察,内部资料,1981年。

5) 江爱良、王利溥等:西双版纳温度随高度的变化,云南气象文选(1949—1979),1980年。

6) 周子康:浙江山地冬季地形逆温的若干特征,中国气象学会山地气候学术会议论文,1981年。

7) 龙国炳:桔园地形小气候的研究,中国地理学会气候学术会议论文,1980年。

8) 龙国炳:桔园上空逆温的探测,中国地理学会气候学术会议论文,1980年。

9) 宜溧山地林业气候研究组:宜溧山地冬季温度条件及其在柑桔栽培中的利用,中国气象学会山地气候学术会议论文,1981年。

10) 陈仲:福建省山地逆温的特征及其利用,中国气象学会亚热带丘陵山区农业气候资源利用学术讨论会论文,1983年。

11) 柯佳梁:四明山区逆温初析,浙江省气象学会1983年学术年会论文集,1985年。

12) 福建省气象局区划办等:福建省山区农业气候资源及其合理利用初步探讨,气象科技情报(湖南),4期,1982年。

考察和研究后认为^[74]：（1）冬季在各类地形和各种天气条件下，都有逆温存在，在低山丘陵地逆温的存在具有普遍性。（2）各种天气条件下逆温的程度不同，其中晴天逆温最明显，雪天次之，阴天、雨天极弱。（3）一天中夜间逆温开始形成至13时，在相对高度50—350米的地带形成逆温层，主要逆温范围出现在6—10时的90—210米的地带，逆温最强中心在7—9时，相对高度为150米上下的地方，最大时强度可达3°C每10米以上。（4）逆温强度可以用下式近似表示 $\gamma = 0.046\Delta T - 0.215$ ，式中 γ 为整层逆温总强度， ΔT 为前一天最高气温减去当天最低气温之差。浙江山区冬季地形逆温有以下特征¹⁾：（1）冬季夜间都有气温逆增现象，厚度可达400多米，在海拔200米处气温呈最高值。（2）日最低气温出现逆温的频率平均在50%左右，各座山与坡向之间差异不显著。（3）根据逆温的垂直结构不同，可将浙江山区冬季地形逆温分为单峰型，双峰型和无脚型三类，其中以单峰型为主。（4）逆温出现的频率和增温率与风速和云量有密切关系，微风、晴朗少云是形成冬季地形逆温的重要条件。

六、特殊地形小气候的研究

某些特殊的地形例如座北朝南或座南朝北的马蹄型地形，其小气候不同，因而农业利用价值也不同。例如浙江省海盐县澉浦乡，三面环山，山体的相对高度150米左右，为一个马蹄型地形，山体面积约10平方公里。据冬季测定^[12]：（1）在寒潮平流期，风速减弱1级左右，日平均气温升高0.5—1.0°C，日最低气温升高1.0—3.7°C，日最低地面温度升高1.2—3.9°C；在辐射期，由于冷径流容易排泄，最低气温略有升高。（2）马蹄型地形内一般是南坡比东、西坡暖和，坡地中部又比坡顶、坡脚暖和。（3）在马蹄型内侧种植温州密柑、黄皮桔等柑桔品种，历年来基本上无冻害，而与该地纬度相当的杭州、肖山等地，柑桔冻害严重。

座南朝北的马蹄型地形，按其冬季的越冬条件考察，小气候不但比座北朝南的马蹄型地形差，而且比空旷平地也差。据报道，浙江省的诸暨、武义等地，为一北面有明显缺口的山间盆地，因此在寒潮平流期风速较大，降温剧烈；而在辐射期，周围山坡的冷空气径流汇集形成深厚的冷湖，辐射降温也显著。历年的最低气温比平坦地形也低得多。例如诸暨、武义近25年内最冷5年的年极端最低气温平均值分别为-11.2°C和-10.5°C，而地理纬度比诸暨高1度多，比武义高约2度的嘉兴（平坦地形），最冷5年的年极端最低气温平均值仅-10.0°C，因此，在这种地形条件，在柑桔北缘地区一般不宜种植柑桔。

座北朝南的马蹄型地形，属于冷空气“难进易出型”地形，一般来说冬季越冬条件是对的，适宜种植喜温作物。但是，进出口的难易，还需要根据出口区地形决定，文献^[55]提出了鉴定这种地形越冬条件应注意的地方。

此外，为了解决山区小气候观测点少，观测时间短的缺点，不少学者研究了气象资料的推算和延长方法^[76-80]。文献^[77]较好地解决了风速短期观测资料延长为长期平均值的问题，因为山区不同地点的风向风速差异主要决定于当地地形情况和风的来向。在推算无观测

1) 周子康：浙江山地冬季地形逆温的若干特征，中国气象学会山地气候学术会议论文，1981年。

点气象要素值方面,有分离综合法、动力相似法和交换界限法等三种方法,这些方法解决了一部分从实践中提出来的问题。

总的来说,我国对地形小气候的研究虽然起步晚,但发展快,而且密切与生产结合。目前有些研究项目已经达到或接近世界先进水平¹⁻²⁾,但有些则差距较大,例如观测仪器设备条件差,使用的仪器大多是常规仪器,模拟实验很少,电子计算机也应用不多,这些都影响我国地形小气候研究水平的提高。不过,我国已经积累了近30年广泛开展地形小气候研究的丰富经验,为进行该项工作打下了良好的基础,如果我们能够继续努力,认真吸取国外的先进经验,注意运用新技术、新方法和改进探测手段,我国的地形小气候研究必能得到更快的发展。

参 考 文 献

- 〔1〕 傅抱璞:山地气候,科学出版社,1983年。
 - 〔2〕 么枕生等:西北黄土高原的小气候,科学出版社,1959年。
 - 〔3〕 傅抱璞:坡地对于日照和太阳辐射的影响,南京大学学报(自然科学),第2期,1958年。
 - 〔4〕 朱伯伦:不同地形遮蔽下光照条件的估算方法,气象,第7期,1983年。
 - 〔5〕 傅抱璞:坡地对日照和太阳辐射的影响,中国科学,第8期,1959年。
 - 〔6〕 黄润本:广东坡地辐射状况与农业生产,中山大学学报,第3期,1964年。
 - 〔7〕 傅抱璞:坡地方位对小气候的影响,气象学报,3(1),1962年。
 - 〔8〕 陈明荣:坡地与水平梯田湿润状况的气候分析,地理学报,35(4),1980年。
 - 〔9〕 傅抱璞:起伏地形中辐射平衡各分量的计算,气象学报,34(1)1964年。
 - 〔10〕 黄润本:广东地面热量平衡,地理学报,26(3),1960年。
 - 〔11〕 傅抱璞:论坡地上的太阳辐射总量,南京大学学报(自然科学),第2期,1958年。
 - 〔12〕 黄寿波等:试论马蹄型地形和水体构成的小区气候特征,农业气象,3(1),1982年。
 - 〔13〕 王菱、杨超武:西双版纳冬季地形小气候及其利用,农业气象,3(3),1982年。
 - 〔14〕 江爱良、李师融:地形小气候与橡胶树的避寒问题,农业气象,2(1),1981年。
 - 〔15〕 翁笃鸣等:大寨大队沟、梁、坡地的小气候分析,南京气象学院学报,第1期,1978年。
 - 〔16〕 傅抱璞:起伏地形中的小气候特点,地理学报,29(3)1963年。
 - 〔17〕 叶笃正,小地形对于气流的影响,气象学报,27(3),1956年。
 - 〔18〕 林之光:地形与气温,地理知识,7期,1980年。
 - 〔19〕 林之光:我国山区气候的研究,气象,1期,1981年。
 - 〔20〕 林之光:地形对我国冬季气温的主要影响,气象科学技术集刊,第1集,气象出版社,1981年。
 - 〔21〕 张福春:用物候方法调查中小区域的气候,气象,10期,1981年。
 - 〔22〕 黄寿波等:局地小气候在柑桔防冻栽培中的利用,中国柑桔冻害研究,农业出版社,1983年。
 - 〔23〕 史凤波:太行山和燕山山地年降水量的空间分布特征,气象,2期,1981年。
-
- 1) 傅抱璞:小气候学的展望,2000年的我国大气科学(预测研究文集),国家气象局气象科学技术情报研究所出版,1984年。
 - 2) 傅抱璞:小气候学展望,气象科技,6期,1984年。

- (24) 袁育枝: 河北山地降水的垂直分布, 气象, 10期, 1979年。
- (25) 林之光: 我国的地形性夜雨, 气象, 6期, 1982年。
- (26) 章淹: 地形对降水的作用, 气象, 2期, 1983年。
- (27) 郭康: 气流两次爬坡和太行山东坡雨量分布特点, 气象, 3期, 1981年。
- (28) 林敬凡、胡秀英: 地形对不同历时暴雨的影响, 气象, 5期, 1981年。
- (29) 白文欣: 从冀南平原少雨看地形的影响, 气象, 2期, 1982年。
- (30) 赵洪声: 云南年雨量空间结构的趋势面分析, 气象, 8期, 1982年。
- (31) 张延亭: 山地地形对台风降水的影响, 气象, 6期, 1982年。
- (32) 梁慧平、陈志东: 地形涡旋与降水, 气象, 8期, 1982年。
- (33) 林之光: 降水量的观测误差及其对研究山区降水分布规律的影响, 气象, 11期, 1983年。
- (34) 章文才、江爱良: 中国柑桔冻害研究, 农业出版社, 1983年。
- (35) 翁笃鸣等: 小气候与农田小气候, 农业出版社, 1982年。
- (36) 北京农业大学主编, 农业气象, 农业出版社, 1981年。
- (37) 乐天宇等: 小气候的改善与管理, 农业出版社, 1982年。
- (38) 吕炯: 地形与霜冻, 地理学报, 22(2), 1956年。
- (39) 吕炯: 华南橡胶幼树区寒害问题, 科学出版社, 1965年。
- (40) 江爱良: 广西橡胶寒害及宜林地调查报告, 热带作物, 第16期, 1956年。
- (41) 卢晓星: 丽水地区山地气候对柑桔避冻作用的研究, 农业气候资源分析与利用, 福建科技出版社, 1982年。
- (42) 王菱: 横断山脉的地形气候利用与橡胶树北移, 地理研究, 4(1) 1985年。
- (43) 江爱良、陈尚漠等: 湖南省的地形气候和柑桔的合理布局问题, 农业现代化研究, 3期, 1981年。
- (44) 林之光等: 天山天池山谷风的气候研究, 地理研究, 4(1), 1985年。
- (45) 傅抱璞: 河谷内的风速, 气象学报, 33(4), 1963年。
- (46) 傅抱璞等: 秦岭太白山夏季小气候特点, 地理学报, 1期, 1982年。
- (47) 林之光: 地形对温压湿风降水和日照时数日变化影响的研究, 地理学报, 4期, 1981年。
- (48) 江爱良: 柑桔的生态气候和我国亚热带山区柑桔栽培问题, 生态学报, 1(3), 1981年。
- (49) 王道藩: 发展柑桔生产的地形小气候资源探讨, 中国农业科学, 3期, 1981年。
- (50) 王道藩、张力田: 两湖柑桔寒冻的气候特征与防御措施的小气候效应, 中国柑桔, 1期, 1982年。
- (51) 王道藩、黄绍石: 桑植县山区柑桔小气候资源的利用探讨, 湖南农业科技, 5期, 1979年。
- (52) 黄寿波: 山体和地域对附近小区气候及柑桔冻害的影响, 农业气候资源分析和利用, 福建科技出版社, 1982年。
- (53) 黄寿波: 利用地形、水域小气候条件种植柑桔的实例, 气象, 9期, 1983年。
- (54) 杭建淳: 地形、水域小气候效应与柑桔生产, 气象, 11期, 1982年。
- (55) 李师融: 广西橡胶树北移的农业气候和地形气候的研究, 热带地理, 4期, 1983年。
- (56) 江爱良: 橡胶树北移的几个农业气象问题, 农业气象, 4(1), 1983年。
- (57) 张声彝: 我国南方橡胶种植的寒害问题, 热带地理, 第1期, 1983年。
- (58) 江爱良: 地形对我国华南东、西部地区活动面温度的影响及其农业生产的意义, 热带地

- 理, 第4期, 1983年。
- 〔59〕 林之光: 武夷山区气温垂直梯度的研究, 气象, 4期, 1983年。
- 〔60〕 黄寿波: 浙江山地气温的分布规律及植茶垂直热量带的初步划分, 浙江农业大学学报, 9(1), 1983年。
- 〔61〕 黄寿波: 浙皖山地主要垂直气候特征及茶树栽培适宜高度的探讨, 茶叶, 4期, 1982年。
- 〔62〕 杨美华: 长白山的气候特征及北坡垂直气候带, 气候学报, 8期, 1981年。
- 〔63〕 黄寿波: 皖浙闽主要名茶气候生态特征分析, 茶业通报, 2期, 1984年。
- 〔64〕 黄寿波: 我国主要高山名茶的气候生态分析, 地理科学, 1985年。
- 〔65〕 毕伯钧: 土豆高山留种的农业气候条件分析, 气象, 4期, 1977年。
- 〔66〕 毕伯钧: 辽东山地气象要素垂直分布与垂直农林带, 地理研究, 1(3), 1982年。
- 〔67〕 吕德康: 云南南部热量指标随海拔高度的变化规律及垂直——水平气候带(热量)的划分, 地理学报, 37(4), 1982年。
- 〔68〕 周子康: 浙江省天目山区稻作热量气候垂直带和稻作制度, 农业气候资源分析和利用, 福建科技出版社, 1982年。
- 〔69〕 任天京: 湖南山地气候若干特征及其利用, 1982年。
- 〔70〕 李 文: 福建山区林果稻生产的若干气候问题, 出处同上, 1982年。
- 〔71〕 中央气象局××工厂考察组: 山区××工厂考察报告, 全国应用气候会议论文集, 科学出版社, 1977年。
- 〔72〕 湖南省气象局气象台资料室: 山区××工厂建厂后气象考察报告, 全国应用气候会议论文集, 科学出版社, 1977年。
- 〔73〕 林茂: 地面逆温与植物倒置, 气象, 1期, 1977年。
- 〔74〕 曹植槐、车光裕: 冬季山地逆温层在柑桔避冻上的利用, 农业气象, 4(1), 1983年。
- 〔75〕 云南省热作物区划组: 如何正确利用逆温层植胶, 农业气象, 3(2), 1982年。
- 〔76〕 翁笃鸣等: 山区若干气候要素的推算问题, 农业气候资源分析和利用, 福建科技出版社, 1987年。
- 〔77〕 傅抱璞: 关于山地气候资料的延长和推算问题, 气象学报, 11期, 1982年。
- 〔78〕 梁敬、朱家龙: 山区热量资源的估算方法, 气象, 10期, 1981年。
- 〔79〕 袁育枝: 山地热量资源的宏观估算方法, 气象, 6期, 1982年。
- 〔80〕 陈万隆等: 中区域山地温度和降水推算方法若干讨论, 南京气象学院学报, 1期, 1980年。

ADVANCE IN THE INVESTIGATION OF THE TOPOGRAPHICAL MICROCLIMATE IN CHINA (SUM UP)

Huang Shoubo

(Zhejiang Agricultural University)

Abstract

Mountainous and hilly regions cover a vast area of China. The mountainous topography is complex and various. Much differences in their landforms, altitudes, direction and slope resulted in much differences in the topographic microclimate, which would control the distribution of vegetations and soils, and thus it is not suitable to grow temperature demanded crops (such as citrus and tea plants) in the unfavourable microclimatic conditions at the north and the middle sub-tropical areas in China. This paper summarizes the investigation on the survey of the topographic microclimate in China since mid-1950's. The primary content is as follows.

(1) The influence of slope orientation (direction and slope) on the microclimate. The main character of the microclimate in the mountainous and hilly region in the changes of sunshine, radiant flux, temperature, precipitation and other meteorological elements with the slope orientation.

(2) The influence of undulating country (top of a mountain, mountain slope, mountain valley) on the microclimate.

(3) The influence of surrounding topography in a small scale region on the microclimate. Four types of the surrounding topography are studied according to their influences on minimum temperature and wind speed for both radiational and advectional weathers.

(4) The influence of composition among hills on the microclimate.

(5) A study of the topography inversion. Some regularities of the vertical distributions of the meteorological elements in the major mountainous and hilly region in China were found out.

(6) The influence of special topography (such as a horseshoe shape topography) on the microclimate.

As a result, we must select different species of crops and plants to suit the various microclimate conditions respectively, and to develop the diversified agriculture and forest in the mountainous and hilly regions in China.