

# 我国丘陵山地农业气候 研究及其进展\*

张养才

(气象科学研究院)

## 提 要

近年来,我国各地开展了大量不同时空尺度的丘陵山地农业气候考察及作物气候生态适应性试验,取得了大量具有代表性的可靠数据。通过山区“带”、“层”、“形”、“态”的综合研究,把气候与农业、地带性和非地带性紧密结合起来,揭示了丘陵山地不同层次、地形类型农业气候资源的相似性和差异性。本文简要介绍和评述所取得的研究成果。

我国丘陵山地农业气候研究工作,在20世纪70年代后得到比较广泛的开展。随着全国自然资源综合考察和农业区划工作的深入,丘陵山地农业气候研究工作,越来越为人们关注。1980年13个学会在株州联合召开了“热带、亚热带丘陵山地建设与生态平衡学术讨论会”。1982年起,国家气象局先后组织了我国热带、亚热带丘陵山区农业气候资源及其合理利用的研究,进一步促进了我国丘陵山地农业气候资源的研究。1983年中国气象学会在湖北省十堰市召开了“我国亚热带丘陵山区农业气候资源学术交流会”,有力地推动各地开展不同时空尺度的山区农业气候考察,深入研究丘陵山地农业气候资源特征、规律及其合理开发利用途径。

### 一、丘陵山地光、热、水农业气候

#### 资源空间分布特征研究

山体不仅对空气水平运动有阻碍作用,而且因地形起伏,对太阳辐射、水分条件有再分配的作用。翁笃鸣等指出,我国冬季由于受西风带影响,在南—北或东北—西南走

向的高大山脉的东坡或东南坡,气温直减率大于西坡或西北坡,夏季在偏南气流影响下,东西走向山脉的气温直减率分布为南坡小、北坡大<sup>[1]</sup>;沈国权等分析东北—西南走向的雪峰山的温度和降水状况,指出年平均气温直减率东坡大于西坡,11—(次年)3月月平均最低气温常因逆温影响使线性关系遭到破坏,最大降水高度东、西坡分别出现在810m与1020m,迎风面的东坡,降水量超过西坡<sup>[2]</sup>;张养才等研究秦巴山区温度场结构,指出海拔高度(h)、纬度( $\varphi$ )、经度

( $\lambda$ )三因子影响温度场是  $\frac{\partial T}{\partial h} > \frac{\partial T}{\partial \varphi} >$

$> \frac{\partial T}{\partial \lambda}$ <sup>[3]</sup>;倪国裕等指出神农架气温直减

率夏季最大,冬季最小,春秋居中,年降水量递增率南坡1000m以下,平均为25.9mm/100m,山腰(1000—1700m)速增带的递增率为118.8mm/100m,北坡1650—2300m之间递增率达154.7mm/100m<sup>[4]</sup>;沈国权等指出亚热带东部山区降水量随海拔增高呈递增的趋势,并归纳有三种主要形式:(1)线性

\*致谢:沈国权副研究员给本文提出宝贵意见,作者谨在此致以谢意。

型, (2) 抛物线型, (3) 低山降水量增加缓慢, 中高山区迅速递增的新类型<sup>[5]</sup>; 姜效泉等指出亚热带东部山系最大降水高度绝大多数分布在海拔800—1200m (表1)<sup>[6]</sup>; 马树庆分析长白山坡地、方位对雨量分布的影响也得到类似结果<sup>[7]</sup>。显然, 这不仅是山

表 1 各山系不同坡向最大降水高度的分布

山系	坡向	基带站年降水量(mm)	最大降水高度(m)
南岭中段	S	1295	670
井冈山	E	1323	1020
雪峰山	E	1185	1050
武夷山	SE	1909	900
天目山	S	1596	1010

山系	坡向	基带站年降水量(mm)	最大降水高度(m)
武夷山	N	1539	1610
武夷山	NW	1813	1040
天目山	N	1717	830
大别山段	N	1570	1160

体对气流的抬升、绕流及汇合作用, 而且还受冷暖锋面、气团和天气系统的特征所支配。郝晓权等指出, 亚热带东部山区气温直减率, 年平均最高气温的 > 年平均气温的 > 年平均最低气温的, 山区温度日较差随高度减少, 并揭示在25—27°N山区因副高影响出现相对高温伸展到1000—1200m高度的新概念 (图1)<sup>[8]</sup>; 张养才等指出山区光、热、水等受非地带性影响在垂直方向的变化

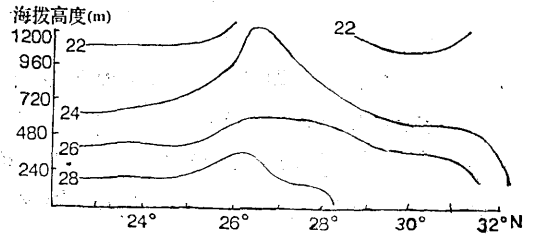


图 1 山区7月平均气温(°C)的空间分布

远超过地带性影响的水平变化 (表2), 同时认为山体位置、走向、海拔高度及植被对热量分布有明显影响 (图2)<sup>[2]</sup>。这都说

表 2 亚热带东部山区农业气候要素垂直变化率(每上升100m)(1983—1985年)

项目 坡向 山区	年平均气温 (°C)	积温(°C)			$\Sigma t \geq 10^\circ\text{C}$ 持续日数 (天)	4—10月 降水量 (mm)	4—10月 日照时数 (小时)	
		$\Sigma t \geq 10^\circ\text{C}$	$\Sigma t \geq 15^\circ\text{C}$	$\Sigma t \geq 20^\circ\text{C}$				
云开大山	南北	-0.69	-339.7	-296.5	-380.5	-9.1	62.6	-71.6
	南北	-0.63	-238.7	-256.8	-325.3	-4.4	141.2	-41.3
博平岭	南	-0.50	-250.5	-230.0	-250.1	-8.8	61.0	-20.0
南岭(中段)	南北	-0.61	-228.7	-321.0	-274.7	-6.0	40.9	10.9
	南北	-0.53	-205.5	-166.7	-218.1	-4.8	43.5	-6.5
雪峰山	西东	-0.50	-178.8	-174.3	-216.2	-5.6	40.2	-24.1
	西东	-0.53	-206.9	-186.1	-207.4	-6.9	29.2	-22.4
神农架	南北	-0.59	-240.3	-213.1	-272.1	-8.1	53.5	-13.2
	南北	-0.47	-154.1	-180.9	-291.5	-6.2	68.5	-9.4
大别山(东段)	南北	-0.46	-255.3	-178.3	-202.2	-4.8	37.7	-37.9
	南北	-0.35	-132.7	-131.2	-162.4	-4.4	35.2	1.9
大别山(西段)	南北	-0.50	-175.5	-169.1	-191.9	-4.9	31.8	-21.6
	南北	-0.49	-158.0	-144.8	-234.6	-5.0	12.5	-1.9

明非地带性影响随着海拔高度增加逐渐减弱, 温暖季节影响最显著。所以, 山区作物布局必须考虑海拔高度引起的生长期短和热量不足的严重问题。

山区太阳辐射、日照时数与地形、坡向

及云雾高度密切相关。周天增等分析我国亚热带东部山区年日照时数的垂直变化, 在22个剖面中具有线性变化的占64%, 抛物线变化的占36%, 线性变化的分布在北、南亚热带山区, 抛物线变化的则出现在雨日较多的亚

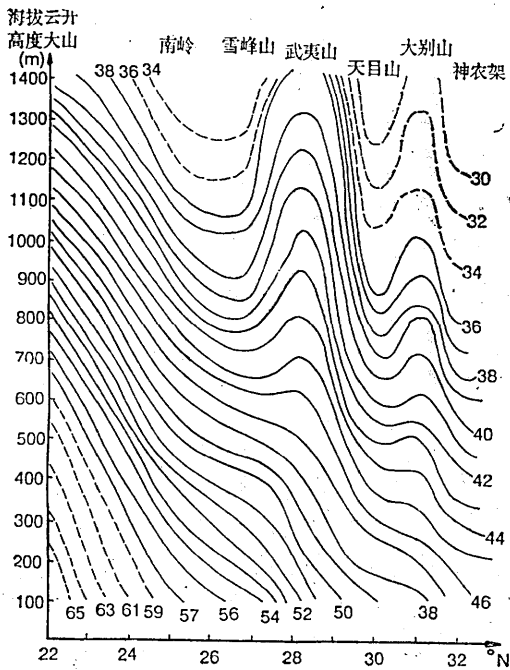


图 2 亚热带东部山区(北坡) $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的空间分布(1984—1985年)  
(等值线以100 $^{\circ}\text{C}$ 为单位)

热带中部高大山区,这是由于大气低层水汽和云量的多变性,使到达地面的总辐射量在垂直方向出现增减不一[10]。

山区农业气候各分量在水平方向或垂直方向并非完全遵循递减或递增规律,往往在某高度、坡地及水平地段出现比周围冷或暖、干燥或湿润等不同气候生态环境类型。王善型等分析冬季低温 $2' \times 2'$ (经纬距)小网格温度场,找出歙县冬季冷暖区域的分布[11]。据湖南省考察,在南岭、罗霄山、雪峰山、武陵山有各类暖区107个,其中一级暖区面积占全省3.39%,二级暖区占全省面积的6.84%[12]。年降水量小网格图上,亚热带东部山区的南岭、武夷山、戴云山、鹞峰山和神农架为闭合高值多雨区,降水量中心分别达2200—2400mm,湘江、赣江流域、鄱阳湖和洞庭湖区是低值少雨区,降水量中心分别为1250—1500mm和1250—1600mm[6];郝晓权等统计亚热带东部10大山

区25个剖面旬平均最低气温随高度增加出现的逆温旬:500m以下逆温旬频次为45.9%,500—1000m为38.2%,1000m以上仅有12.5%,500m以下逆温最大强度达 $3.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ [8];武夷山区东南坡和西北坡,在海拔1000m以下分别出现2—3个逆温层,日最低气温出现的逆温日数平均占全年日数的1/3,日平均气温的逆温日数平均在90天左右,逆温主要出现在秋冬季节[13]。山区“逆温层”、“暖区”、“暖带”、“湿区”等,从农业气候学角度来说,构成了特殊的生态环境,对调整农业生产布局有十分重要的意义。

## 二、山区农业气候区划的分层、分类研究

全国各省、地、县气象部门完成的农业气候区划,多数是以种植业为主的水平方向的综合区划,山区气候要素在垂直方向的变化过程与水平方向的有本质上的区别。光、热、水条件匹配及单因子的季节分配存在很大差异,且坡向、盆地、谷地、山塬等地形及森林植被景观构成了不同气候生态环境类型。因此,山区农业气候垂直分层、分类是农业气候区划的深化和发展。

对于山区垂直方向的农业气候分层,各地的研究颇多,方法各异,大致可归纳为以下四种:

(1)主导因素法:李文利用年平均气温为一级指标,多年极端最低气温为2级指标,双季稻本田安全生长活动积温为3级指标,将海拔400—1500m的汤川山区划分出三个不同类型气候层、两个亚层和两个小层[14];卢其尧利用 $10^{\circ}\text{C}$ 积温为主导指标,将长江中下游的山地垂直方向划分出三个温度带,以年极端低温多年平均值和垂直递减率重现期,划分了山区柑桔冻害垂直带[15][16];谢庆梓以 $10^{\circ}\text{C}$ 积温为主导指标,

划分了武夷山区栽种茶树的层次[17]。此外，各地根据10℃积温及其持续日数随高度的变化，提出不同属性品种组合的单、双季稻种植的高度带[18]。

(2)多因子迭加法：张养才等针对武夷山南北坡农林牧业生产状况，采用10℃积温，4—10月降水量、最暖月平均气温和极端最低气温为指标，经迭加将武夷山南北坡划分出4—5个农业气候层[19]。

(3)农业气候生态法：刘建清调查了四川省凉山适生的生物群落、土壤分布、作物熟制等，制作了凉山垂直农业气候区划[20]。

(4)模糊聚类分析法：沈国权等应用模糊数学方法，对山区农业气候资源进行综合评判，根据综合评判指数值划分亚热带东部山区不同农业气候资源层[5]；马乃孚等用自然正交函数展开，划分了大别山、神农架山区因海拔高度、坡向等引起的不同农业气候层[21]；张养才等根据亚热带东部山区农业气候特征，确定立体农业气候分层原则，提出南、中、北亚热带东部山区农业气候资源的分层指标系统，运用聚类分析最小原则，建立多因子综合影响的分层模式，定量计算了南、中、北亚热带东部山区1000m以下各坡向不同类型的垂直农业气候层(图3)。由图3可以看出：(i)在同一气候带内，各山区不同坡向的农业气候资源不尽相同，但在不同海拔高度可能存在相似的农业气候资源；(ii)不同山区在垂直方向出现的农业气候资源层次结构、特征受水平气候带(基带)和坡向明显的影响；(iii)垂直方向农业气候变量的变化远大于水平方向的，深刻地反映了山区垂直方向农业气候资源丰富多样[22]。

上述的主导因素法、迭加法、农业气候生态法是定性或半经验性的，尚不能确切地反映山区立体农业生态环境之间的差异和内在联系。模糊聚类分析法一般可以定量综合表征垂直方向不同农业气候层特征，并有明

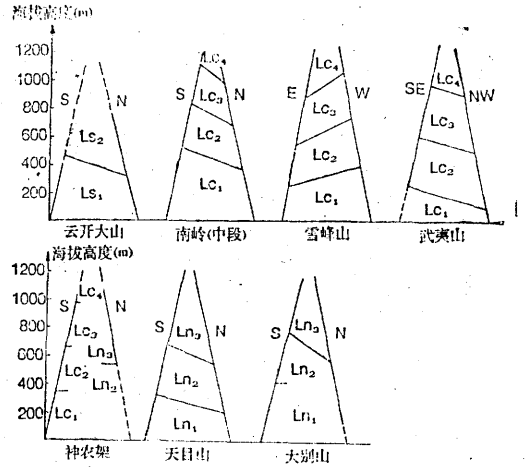


图3 亚热带东部山区垂直农业气候分层图

(图中山体两侧字母表示坡向)

确的农业意义，目前正逐步得到重视和应用。

农业气候生态环境类型作为评价山区农业气候资源的单元，可以理解是山区农业气候研究中三级区划。江爱良针对植物能否避免冻害的不同地形类型，划分出四种生态环境类型(表3)[23]；陈遵鼎等根据不同植被景观类型的山地，划分出帽山型、秃山型、混作型、层带型，并对非定常型农业气候生态类型研究作了有益的尝试[24]；张养才等通过武夷山区南北坡盆地地形农业气候考察，分别建立盆地、谷地日最低气温空间分布模式[25]；沈雪芳等指出亚热带东部山区农业气象灾害在中层相对较轻，有害高温和干旱出现在300m和500m以下，暴雨、低温冷害主要在海拔800—1000m以上山地[26]。由此可见，深刻认识不同环境类型

表3 小区外围地形的四种类型和植物寒害的关系

小区外围地形的类型	对于北方冷空气的阻滞作用		对于本地暗夜径流的排出难易		寒潮(阴冷期)的平均气温		辐射冷(晴冷夜)的最低气温		植物寒(冻)害情况	
	明显	易	较高	较低	较高	较低	较轻	较重	平流型寒害	辐射型寒害
难进易出	明显	易	较高	较高	较高	较高	较轻	较轻	无或较轻	无或较轻
易进易出	不明显	易	较低	较高	较高	较高	较重	较轻	较重	较轻
难进难出	明显	难	较高	较低	较低	较轻	较轻	较重	较轻	较重
易进难出	不明显	难	较低	较低	较低	较重	较重	较重	较重	较重

的农业气候资源规律,对合理开发山区中小尺度类型农业气候资源具有重要的指导作用。

综上所述,近年来开展对山区带(基带)、层(立体分层)、地(地形)、态(环境生态)的综合研究,建立立体分层的地带性原则,把气候与农业、地带性和非地带性紧密结合起来,充分揭示了不同类型农业气候资源特征、规律和开发利用途径。这在山区农业气候研究中是一个突破,具有开创意义。

### 三、农林经济作物气候生态

#### 适应研究与开发山区气候资源优势

近年来,各地对山区农林经济作物高产优质的气候生态适应性开展了广泛研究。吴崇浩在井岗山区开展双季稻、杂交稻上山的试验,提出双季稻栽培的上限高度为600m,杂交稻栽种高度在1000m以下<sup>[18]</sup>;黄寿波研究提出南方山区海拔500—1000m的南向缓坡地或山谷地,云雾多、空气湿度大、气温日较差小和盛夏温度不高等是盛产优质名茶的农业气候生态环境<sup>[27]</sup>;张养才研究亚热带山体、水域、平原和盆地等不同地形气候柑桔生产潜力与合理开发气候资源途径<sup>[28]</sup>;余优森等指出,渭北黄土高原海拔1000—1500m高度为元帅系苹果品质优质层<sup>[29]</sup>;周天增等研究中华猕猴桃果实生长量、裂果、日灼与气象条件的关系,提出海拔500—1000m为中华猕猴桃的适宜发展层<sup>[30]</sup>;黄昌鹗研究了杉木树高和胸径进入速生期的气候条件,提出武夷山区东南坡杉木生长最适海拔高度在300—800m,东北坡最适高度在400—800m以上<sup>[31]</sup>;邓荣华等研究确定平均气温15—25℃为毛竹生长适温范围,提出武夷山南坡的600—1100m、北坡的900—1100m是毛竹最适生长的优势层<sup>[32]</sup>;姚介仁等分析水稻、茶、油茶、油桐、柑桔等亚热带经济林果的优质高产气候生态条件,提

出在亚热带东部山区种植的适宜高度<sup>[33]</sup>;霍治国等建立不同山区、坡向、高度的作物气候生产力估算模式,计算云开山、雪峰山、大别山及神农架山区的水稻、小麦、玉米气候生产力。

开展山区农林经济作物高产优质的气候生态适应性研究,揭示具有经济栽培价值的气候优势区域和高度,把丰富的气候资源优势逐步转化为商品优势和经济优势,是振兴山区经济的十分重要的措施。

### 四、重视开发性研究,促进

#### 农业气象适用技术发展

近几年来,各地把研究丘陵山地农业气候资源特征、规律、模式与开发利用资源紧密结合,取得明显的经济、生态、社会效益。刘宝枢等在天目山区进行三年番茄种植试验,提出海拔高度600—1000m为夏秋番茄种植适宜高度,并研究了不同高度番茄最佳栽培期,成果已推广,获得明显的经济、社会效益<sup>[35]</sup>;王相文等针对大别山北坡农业气候资源特征,从杭州引种翠峰茶树(系国家级良种)到大别山金寨、霍山等县种植,通过试种证明,在800m以上山地不适应,500m以下低山丘陵,特别是大型水库附近,表现出良好的生物学性状和经济性态,经鉴定茶叶品质特优,当地已作为良种茶树繁育推广<sup>[36]</sup>;倪国裕等在神农架北坡保康县,建立林特产气象科技开发基地,对黑木耳、香菇进行物候观测和人工气候箱模拟试验,揭示黑木耳最佳生长量及爆发性生长规律的气象条件,利用促控小气候条件,有效控制了其生产周期,产量为自然条件下的3—5倍<sup>[37]</sup>。此外,武夷山、雪峰山、南岭、云开山区根据农业气候资源特征,积极调整山区耕作制度、作物布局和品种搭配,促进粮食大幅度增产。

总之,当前全国山地面积大的省、地、县(市)都积极进行资源的开发性研究,推行农

业气象适用技术,为振兴山区经济作贡献。

## 五、山区农业气候研究方 法及其新技术应用

复杂的丘陵山区,各地自然条件、气候资源、社会经济基础、生产水平差异很大,不同山区所要求开发利用的农业气候资源问题也不一样,因此,围绕研究任务,制订正确的技术路线,采用多种测试手段,获取具有代表性的气候、物候资料,运用现代计算技术,利用非常规观测资料对周围地区或无资料的相似生态环境地区的推算,是提高山区农业气候研究水平的根本途径。傅抱璞考虑地理位置、大地形、海拔高度及小地形的影响,对山地温度、界限温度和积温进行较系统的推算,提出求算无测站地区气温的综合分离法<sup>[38]</sup>;袁育枝、梁敬等提出利用地理地形因子,建立回归方程的方法,推算山区热量分布规律<sup>[39][40]</sup>;沈国权利用修正的气候学方程,取格距为10',在大比例地形图上读小网格点高度,推算了湖南省小网格地面温度、雨量场<sup>[41][42]</sup>。这些方法对分析气象站点稀少的丘陵山地水热资源规律还是很有意义的。《我国热带、亚热带丘陵山区农业气候资源及其合理利用》研究课题协作组,统一布设山区气象、物候站点,开展农业地形考察和作物气候生态适应性试验,取得了大量具有代表性、规范化的可靠数据,建立了山区农业气候数据库及应用软件;课题协作组分省、分区建立光、热、水气候学方程,进行了地形订正,使用10'×10'的小网格法(个别县使用2'×2'小网格)估算无资料地区的光、热、水资源量值,其分析精度,年、月平均气温在0.2℃以内,日照时数和降水量在平原地区误差<5%;山区<8%,形成了一套研究山区农业气候的方法。从宏观上和微观上揭示了丘陵山地不同层次、地形类型农业气候资源的相似性

和差异性,把我国丘陵山地农业气候研究推向一个新的阶段。

近年来,山地农业气候研究中,除应用一般常规资料分析外,山西省气象科学研究所钱林清等开始应用陆地卫星图片目视解释太原气候区的尝试<sup>\*\*</sup>;顾卫、王长根等利用卫星图片影象的色调、纹理结构特征与生态气候型的对应关系,划分出农业气候类型图<sup>[43][44]</sup>;王茂新等应用LANDSAT-5的TM的CCT磁带及其图象资料,结合常规的地面、高空资料,对闽北山区的水热条件进行解释和评价<sup>[45]</sup>。随着卫星探测、遥感遥测仪器等新技术在山区农业气候研究中的应用,必将进一步推动山区农业气候研究的进展和提高研究的水平。

## 六、结语

我国丘陵山地农业气候研究,近10年取得了一批有实用价值的成果,其中有些成果填补了我国山地农业气候研究的空白,有些达到了或接近国际上80年代的先进水平。鉴于开发农业和创汇农业的发展,对丘陵山地农业气候的研究提出了更多、更高的要求。今后须加强研究丘陵山地农业生态系统结构、功能、合理开发与保护问题;研究生物气象资料的遥感技术方法;探索目前还了解不多的气候要素对大农业和生态系统的影响;提高农业地形气候的数值模拟和开展山地农业气候资源预测等,为区域开发、山区建设、调整农业结构、因地制宜建立专业化生产基地,发展山区多种经营和防灾减灾等方面作出应有的贡献。

## 参考文献

- [1] 翁笃鸣等,中国山地气温和水汽压垂直分布规律的初步研究,《亚热带丘陵山区农业气候资源研究论文集》,气象出版社,1988。
- [2] 沈国权等,雪峰山区的热量与水分资源垂直分析初报,同[1]。

\* \* 钱林清等,应用陆地卫星像片开发山区气候资源,1981年,铅印。

- [3] 张养才等, 秦巴山区地面温度场结构与农业气候资源利用的研究, 同[1].
- [4] 倪国裕等, 神农架山地的若干气候特征, 同[1].
- [5] 沈国权等, 我国亚热带东部丘陵山区农业气候资源垂直分布特征分析, 同[1].
- [6] 姜效泉等, 亚热带东部丘陵山区水分资源与评价, 《中国亚热带东部丘陵山区农业气候资源研究》, 科学出版社, 1989.
- [7] 马树庆, 长白山坡地方位对雨量分布的影响, 地理科学, Vol. 9, No. 3, 1989.
- [8] 郝晓权等, 亚热带东部丘陵山区热量资源特征分析及其合理利用, 同[6].
- [9] 张养才等, 亚热带东部丘陵山区农业气候资源综合特征与农业布局, 同[6].
- [10] 周天增等, 亚热带东部丘陵山区光能资源分布特征, 同[6].
- [11] 王善型等, 安徽省歙县冬季温度场小网格分布及柑桔适生区探讨, 《大别山区农业气候资源论文集》, 气象出版社, 1989.
- [12] 沈国权等, 亚热带东部丘陵山区农业气候资源及农业发展利用研究, 同[6].
- [13] 张养才等, 武夷山区逆温特征的农业气候研究, 《国际农业气象学术讨论会论文集》, 1988.
- [14] 李文, 山区垂直农业气候区——农业气候层和环境类型, 《山地气候论文集》, 气象出版社, 1984.
- [15] 卢其尧, 长江中下游地区垂直农业气候温度带的划分, 同[14].
- [16] 卢其尧, 我国南方地区柑桔冻害垂直带的划分, 《气候论文集》, 南京大学出版社, 1985.
- [17] 谢庆梓, 武夷山区茶叶气候生态环境及其合理开发的初步分析, 《武夷山区农业气候资源论文集》, 气象出版社, 1987.
- [18] 吴崇浩, 井冈山水稻生产的几个农业气象问题, 农业气象, No. 4, 1980.
- [19] 张养才等, 武夷山南北坡地农业气候资源特征的探讨, 同[17].
- [20] 刘建清, 气候生态的观点在凉山区垂直农业气候区划中的应用, 农业气象, No. 1, 1984.
- [21] 马乃孚等, 自然正交函数在大别山与神农架气候资源对比分析中的应用, 同[1].
- [22] 张养才等, 丘陵山地农业气候资源垂直分层模式的研究, 科学通报, Vol. 33, No. 24, 1988.
- [23] 江爱良, 南方山地气候和热带作物、亚热带作物的种植问题, 同[14].
- [24] 陈遵庸等, 福建山区农业地形气候的初步研究, 《热带、亚热带山地丘陵建设与生态平衡学术论文集》, 科学普及出版社, 1982.
- [25] 张养才等, 武夷山区农业气候资源开发与经济效益的研究, 地理科学, Vol. 9, No. 2, 1989.
- [26] 沈雪芳等, 亚热带东部丘陵山区农业气象灾害分布特征研究, 同[6].
- [27] 黄寿波, 我国主要高山名茶产区的生态气候, 地理科学, Vol. 5, No. 2, 1986.
- [28] 张养才, 我国亚热带地区柑桔气候生产潜力的探讨, 自然资源, No. 2, 1986.
- [29] 余优森等, 渭北黄土高原苹果优质气候层带分析, 自然资源学报, Vol. 33, No. 24, 1988.
- [30] 周天增等, 河南省西峡县中华猕猴桃气候生态考察初报, 同[1].
- [31] 黄昌聪, 武夷山区杉木气候适应性及其布局的初步分析, 同[17].
- [32] 邓荣华等, 武夷山区毛竹气候生态条件分析, 同[17].
- [33] 姚介仁等, 亚热带东部丘陵山区林木物候的观测分析, 同[6].
- [34] 霍治国等, 亚热带东部丘陵山区作物气候生产力研究, 气象科学研究院院刊, Vol. 4, No. 3, 1989.
- [35] 刘宝枢等, 亚热带山区气候资源利用研究, 农业气象, Vol. 8, No. 4, 1987.
- [36] 王相文等, 翠峰茶树引种及其气候生态适应性研究, 同[11].
- [37] 倪国裕等, 自然条件黑木耳最佳生长量的研究, 同[11].
- [38] 傅抱璞, 关于山地气候资料的推算问题, 同[14].
- [39] 袁育枝, 山地热量资源的客观估量方法, 气象, No. 2, 1982.
- [40] 梁敬等, 山地热量的估算方法, 气象, No. 10, 1981.
- [41] 沈国权, 考虑宏观地形的小网格温度场分析方法和应用, 气象, No. 6, 1984.
- [42] 沈国权, 小网格雨量场的估算分析, 气象, No. 9, 1986.
- [43] 顾卫等, 从遥感影像资料中提取区域农业气候信息的方法探讨, 同[13].
- [44] 王长根, 遥感技术在赤峰市农业气候资源研究中的应用, 同[13].
- [45] 王茂新等, 用第二代陆地卫星的热红外资料解译亚热带丘陵山区热量资源的方法, 气象, No. 3, 1987.

# The agroclimatic studies on mountainy and hilly regions in China and their progress

Zhang Yangcai

(Academy of Meteorological science)

## **Abstract**

In the recent years, the agroclimatic investigations have been made at various temporal and spatial scales in mountainy and hilly regions, and so have the adaptability tests on the plant ecoclimate. A large quantity of reliable and representative data have been obtained. Through the synthetic studies on "belt", "layer", "topography" and "ecological-type" in mountainy and hilly regions have been taken, climate with agriculture, zone with non-zone to show the similarities and differences of agroclimatic resources at various layers and with different topography types in mountainy and hilly regions. A general review is given here on the above studies.