

# 哀牢山地农业气候资源利用 及其与我国东部的分异

马友鑫 张克映 刘玉洪

(中国科学院昆明生态研究所 昆明 650223)

**提要** 用 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温并结合最热、最冷月均温与极端低温将哀牢山脉北段划分为5个山地气候带、6个山地农业气候层,各带(层)的上限高度背风东坡比迎风西坡提高50—200m。因夏凉等限制,喜温作物种植的山地高度(气候)带比东部水平气候带明显降低,农业熟制也相应减少。

**关键词** 哀牢山地 迎风坡和背风坡 气候带划分 资源利用 农业特征

山地使得气候要素重新分配,其特点主要是水、热、风、光要素随海拔高度的增加而发生显著变化,具有明显的高度地带性。与山地生态气候环境相应的农林业结构也具有显著的高度地带性。不过这种山地气候的高度地带性只有在山体具有一定相对高度的条件下方能充分表现出来,而且在低纬区山地(哀牢山即是),其高度层带谱比中高纬山地又更为复杂。再加上坡向、坡度和小地形因子所造成的局地气候和小气候的差异,使得山地生态气候环境更为错综复杂。山地农林业布局和结构与山地生态气候环境紧密有关(还有土壤条件的高度地带性和微域差异性),其中以热量(温度)条件的海拔高度变化规律最为重要,其为山地农林气候带(层)的基础。

这里以哀牢山北段迎风的西南坡(简称西坡)和背风的东北坡(简称东坡)不同海拔高度的实测资料<sup>[1]</sup>(1982—1986年)为基础,结合实际农林业考察,对该山地农业气候带(层)进行划分,并且探讨其与我国东部水平气候带之间的农林特征差异。

## 1 山地农业气候带(层)划分

### 1.1 气候指标

哀牢山地处西南季风气候区,降水丰富,为湿润、半湿润区,但也存在季节性干旱。因此,在山地农业气候划分指标中,尤以温度最为重要,它是太阳辐射能与下垫面因子——海拔、地形、植被、土壤及水文等之间的平衡指标,比用太阳辐射量更具优越性。云南高原

• 国家自然科学基金资助项目。

山地的基带一般在 1000m 以上,具有显著的冬暖夏凉即年温差小的气候特点,与我国东部平原丘陵区冬冷夏热即年温差大的特点成为鲜明对比,反映在自然植被与农业生产上也存在明显的差异。

总热量指标一般以 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温作为气候带(层)划分指标,在云南西南季风山原区比东部东南季风平原区相应减少 300—500 $^{\circ}\text{C}$ <sup>[2]</sup>。由于云南山地“冬暖”,越冬条件一般不成为限制因子。但夏凉气候明显,影响喜温作物和经济果木抽穗、开花、成熟等生长发育。这既降低积温有效性,也限制了农林经济植物的栽培上限高度。

因此,根据哀牢山地农业生产实际情况,以 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为主导指标,最热与最冷月均温和极端低温为限制性指标,以及指示性植物等作辅助性指标,将哀牢山地中北段划分为 5 个山地气候带和 6 个山地农业气候层(表 1,图 1)。气候带与农业气候层在 1500(西坡)—1700m(东坡)以上二者相一致,只是低(南)亚热带较宽,且其低层较上层明显干热,因此分为 I 与 II 层, I 层相当于准热带或半热带。各个山地亚带(或层)的上限海拔高度东坡比西坡相应提高 50—200m,海拔愈降低,东西坡同一亚带(或层)高程相差愈渐加大。此为东坡焚风效应在山麓愈加显著所致<sup>[1]</sup>。

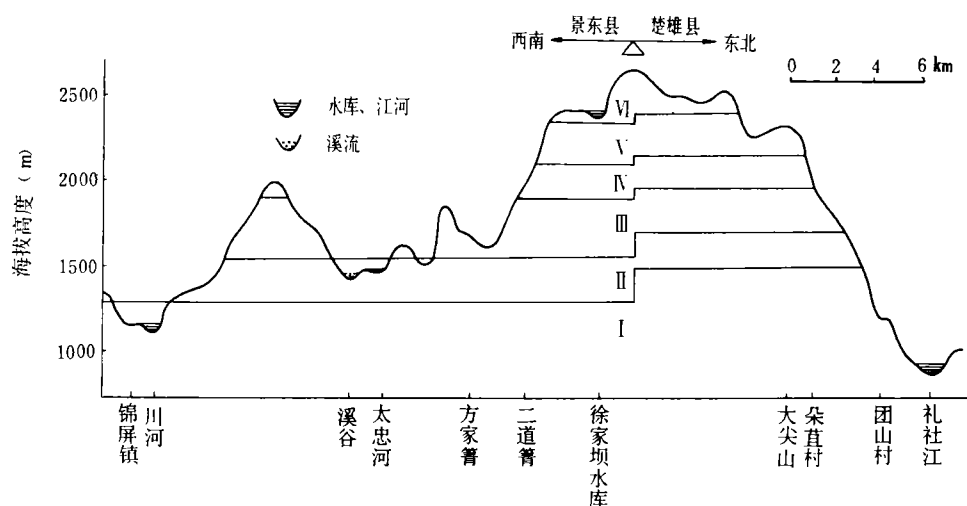


图 1 哀牢山地农业气候分层示意图(东北—西南向剖面图)

Fig. 1 Agro-climatic strata in the Ailao mountainous area

## 1.2 各农业气候带(层)评述

I、山麓河谷喜温作物干热层:该层主要为川河和礼社江冲积河漫滩或山间盆地和丘陵组成。东坡分布常绿阔叶林、云南松林及低海拔的稀树灌草丛;西坡则为季风常绿阔叶林、思茅松林。土层厚度和有机质含量适中,光热资源丰富,生长期 $> 360\text{d}$ ,此间光合有效辐射 $> 2500\text{MJ}/\text{m}^2$ , $\geq 18^{\circ}\text{C}$ 积温约 4500 $^{\circ}\text{C}$ ,一年可种稻—豆—麦三熟,东坡 1500m 和西坡 1200m 以下地区可种植双季稻,但有低温冷害的风险。本层是主要产粮区,既是水稻、小

表 1 哀牢山北段高度气候带(层)与气候指标

Table 1 Altitudinal climatic belts and their climatic indices in the northern section of the Ailao Mountainous area

气候带	农业气候层	坡向与海拔(m)	≥10℃积温	平均气温 (℃)		极端低 温(℃)	无霜期 (d)	降水量		年均相对 湿度(%)	年总辐射 (MJ/m <sup>2</sup> )
				最热月	最冷月			全年(mm)	干季占年%		
中温带	高山林牧冷凉 潮湿层(Ⅲ)	西坡 2350—2700	1900—3200	13—16	2—5	—9— —7	175—250	1750—2000	≥16	≥80	4200—4400
		东坡 2400—2700						1500—2000	≥17		
低(南)温带	中高山喜凉作 物凉湿层(Ⅴ)	西坡 2100—2350	3200—4200	16—18	5—8	—7— —5	250—300	1650—1750	≥16	≥78	4400—4600
		东坡 2150—2400						1400—1500			
高(北)亚热带	中山喜凉作物 温湿层(Ⅳ)	西坡 1900—2100	4200—5000	18—19	8—9	—5— —4	300—325	1550—1650	≥15	≥78	4600—4700
		东坡 1950—2150		18—20				1300—1400			
中亚热带	中低山温凉作物 暖湿层(Ⅱ)	西坡 1550—1900	5000—6000	19—21	9—10	—4— 0—2	325—310	1400—1550	≥14	≥73	4700—5000
		东坡 1700—1950		20—22	9—11			1200—1300			
低(南)亚热带	低山喜温作物 暖热半湿层(Ⅰ)	西坡 1300—1550	6000—6500	21—23	10—11	0—1	310—295	1300—1400	≥13	≥73	5000—5100
		东坡 1500—1700		22—23	11—12			1150—1200			
	山麓河谷喜温 作物干热层(Ⅰ)	西坡 1100—1300	6500—7200	23—24	11—12	1—2	295—325	1150—1300	≥10	≥73	5100—5200
		东坡 950—1500		23—26	12—13			1000—1150			

麦、甘蔗适宜栽培区,也是茶叶、芒果、柑桔等喜热经济林木的适生层;冬温较高(最冷月均温 $>11$ 或 $12^{\circ}\text{C}$ ),适宜发展冬作栽培。主要问题有:夏旱或插花性干旱以及雨季来临迟早制约农业生产,尤以水利设施差、焚风效应强的东坡为烈;春季少雨干旱则是影响水稻插秧、经济林木生长的经常性限制因子。从目前农业气候资源潜力来看,提高复种指数、推广生育期短而优质高产品种、采用薄膜育秧、兴修水利工程是今后工作重点;此外,尚可因地制宜地发展多熟制和特种经济林果(如芭蕉、番木瓜、龙眼、芒果、紫胶等)和渔业,以繁荣坝区经济。

Ⅱ、低山喜温作物暖热半湿润层:此为低山丘陵区,东坡主要为半湿性常绿阔叶林、云南松林,西坡为季风常绿阔叶林、思茅松林,坡地为山地黄红壤带,土层浅,肥力差,但阶地土层较深、肥沃;光热资源较好, $\geq 18^{\circ}\text{C}$ 积温在 $3500^{\circ}\text{C}$ 以上,生长期 $350-360\text{d}$ ,此间光合有效辐射 $>2500\text{MJ}/\text{m}^2$ 。山间盆地为水稻(一年两熟)和甘蔗种植区;丘陵地带宜发展旱粮作物,可二年五熟,也是香蕉、芒果、甘蔗、大叶种茶等喜热植物适宜栽培高度。在丘陵坡地上宜发展茶叶、柑桔、核桃、紫胶等经济林果,可因地制宜地建立经济林果生态园。夏季热量不足、春旱、有效灌溉面积少是影响该层农业生产发展的主要原因。

Ⅲ、中低山温凉作物暖湿层:这里土壤、植被类型及土层厚度、肥力与Ⅱ层相近,但海拔升高、坡度偏大、地形起伏明显。 $\geq 18^{\circ}\text{C}$ 积温 $\geq 2500^{\circ}\text{C}$ ,生长期在 $310\text{d}$ 以上,期间光合有效辐射 $>2300\text{MJ}/\text{m}^2$ 。本层温湿相宜,可发展玉米、豆类、麦等温凉作物,利用荒山草坡扩大茶叶、核桃、桃、梨种植面积;同时,本层也是水稻适宜区,但有时受9月阴雨低温影响,产量受到一定制约,因此,要选育抗低温品种。本层一年可种植玉米(或水稻)与麦(或豆类)二熟区,是水稻、花生等作物适宜生长上限区,也是喜凉作物马铃薯适宜栽培的下限区。

Ⅳ、中山喜凉作物温湿层:该层地形起伏较大,东西坡植被仍同Ⅲ层。本层以黄棕壤为主,土层较上述各层深厚,有机质含量较高。气候温凉,雨量丰沛,夏季热量不足,影响喜温作物(玉米、大豆)灌浆成熟,对喜凉作物(马铃薯等)温度嫌高,使其发育不良,是温凉作物过渡层和粮食低产层。粮食作物主要以玉米为主,并可发展油菜、小麦(一年二熟)以及茶叶、核桃、花椒、烟草等。本层也是粮林交错地带,应注意保护建设水源涵养林,利用荒山草坡建立山区林牧结构生态牧场。低温、倒春寒、大风是本层主要自然灾害,应加强水土流失的整治工作。

Ⅴ、中高山喜凉作物凉湿层:这里主要分布湿性常绿阔叶林,因此一般丘陵平地土层深厚,有机质含量高,但坡地因水土流失较重,土壤瘠薄。本层雨量丰富,日照锐减,生长期光合有效辐射减至 $1200\text{MJ}/\text{m}^2$ , $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 积温在 $1200^{\circ}\text{C}$ 以上,基本上不能满足象玉米等喜温作物正常生长发育,适宜栽培小麦、马铃薯、青稞、蚕豆等喜凉作物,可二年三熟。 $2200-2300\text{m}$ 是玉米、大叶种茶栽培上限,核桃、小麦、蚕豆等有时受倒春寒影响而减产。但草场资源丰富,适宜围栏或放养畜牧业。本层主要为森林覆盖,其生态环境稳定与否深刻影响低海拔地区农业生产及经济发展。

Ⅵ、高山林牧冷凉潮湿层:该层地势趋缓,为山顶地带夷平面;分布湿性常绿阔叶林、苔藓矮林。本层下部土层较深厚、肥沃,上部土层变薄,有机质含量降低;云雾多,潮湿,雨量最丰,年雨日高达 $170\text{d}$ ,低温寡照,年温差最小,海洋性气候特征表现较明显。主要为森

林植被,间或有不连片的马铃薯或青稞栽植,一年一熟。目前,从自然资源保护价值来看,本层不宜农业开发利用,现有森林植被可很大程度地缓解低处各层带的生态环境的压力——减少山地水土流失,特别是涵养水源等。

## 2 哀牢山地与东部水平气候带的农林特征比较

### 2.1 农业熟制

由表 2 看出,我国西部山地(哀牢山)高度气候带与东部水平气候带的农林特征具有明显的差异。在哀牢山地喜温作物仅能分布到北亚热带(玉米、大豆)或中亚热带(水稻)比东部平原区(一直伸至中温带)分别降低二个或三个亚带。

表 2 哀牢山地与东部平原南北气候带的主要农林特征比较  
Table 2 Comparison of the main agricultural and forest characteristics of different climatic belts in the Ailao mountainous area and in the plain area of East

哀 牢 山 脉 中 北 段		气候带	东 部 平 原 区	
高度(m)	农 林 特 征		农 林 特 征	纬 度°N
西坡 2350—2700 东坡 2400—2700	一年一熟(马铃薯或青稞), 常绿阔叶林(苔藓矮林)	中温带	一年一熟(玉米、稻、大豆、 晚熟种或麦、马铃薯);针叶 阔叶混交林(东北三省大 部)	40—50
西坡 2100—2350 东坡 2150—2400	两年三熟(麦、马铃薯、蚕豆 等),常绿阔叶林	南温带	一年两熟(豫)或两年三熟 (玉米、稻——小麦);落叶 阔叶林(京、津、鲁、豫等地)	33—40
西坡 1900—2100 东坡 1950—2150	一年两熟(玉米或大豆—— 小麦或马铃薯)季风常绿阔 叶林	北亚热带	一年两或三熟(双季稻、棉 ——麦;)常绿阔叶——阔 叶混交林(苏、皖中南部,鄂 东等地)	30—33
西坡 1550—1900 东坡 1700—1950	一年两熟(玉米、水稻、大 豆、小麦),季风常绿阔叶林	中亚热带	一年两或三熟(双季稻、玉 米——麦、甘蔗);常绿阔叶 林(湘西、桂北等)	26—30
西坡 1100—1550 东坡 950—1700	高处二年五熟(稻、玉米 ——麦)低处一年三熟(双 季稻和稻、豆——麦);甘 蔗,常绿阔叶林	南亚热带	一年三熟(双季稻、甘蔗、油 菜或甘薯);季风常绿阔叶 林(奥、桂)	22—26

由表 2 同一气候带的农业熟制对比看出,除中温带山地与东部平原区相同(一年一熟)之外,南温带至南亚热带,山地比东部平原区的农业熟制相当或平均减少半熟即两年少一熟,有些地区则一年减少一熟,如东部平原的亚热带大部分可以一年三熟,而山地亚热带大部地区只可两熟,仅南亚热带的南部可三熟。

其主要原因是哀牢山地夏温强度比东部平原区明显减弱所致。如表 3 所示,与东部平原比较,哀牢山地最热月均温,中温带偏低 3—8℃,南温带与中、北亚热带偏低 7—8℃,南亚热带也偏低 2—5℃。其中最热月均温 18℃是喜温作物(玉米、水稻等)扬花、孕穗的必需温度强度。由表 3 可见,最热月 18℃均温是喜温作物在云南山地和高原的分布高度上限(至山地北亚热带和高原盆地的南温带)和东部平原区的北界(中温带)。因此最热月均温

18℃,也是一熟与二熟制的分界限。我国东北三省夏温虽比云南山地与高原偏高,但因“死冬”严寒所限,也只能一年一熟(早熟作物、马铃薯、春小麦、燕麦)。

表 3 哀牢山地、云南高原与东部平原的最热、最冷月均温与农业熟制的比较

Table 3 Comparison of the mean temperatures of the hottest and the coldest months and the agricultural cropping system in the Ailao Mountains area the Yunnan Plateau, and the plain area of East China

气候带	最热月均温(℃)			最冷月均温(℃)			农业熟制(熟/年)		
	山地	高原	平原	山地	高原	平原	山地	高原	平原
中温带	13—16	14—18	16—24	2—5	0—2	—28——6	1/1	1/1	1/1
南温带	16—18	18—20	24—26	5—8	2—6	—6—0	3/Ⅱ	2/Ⅱ	3/Ⅱ—2/Ⅰ
北亚热带	18—20	20—22	26—28	8—9	6—8	0—2	2/Ⅰ	2/Ⅰ	2/Ⅰ—3/Ⅰ
中亚热带	20—23	22—24	28—30	9—11	8—10	2—10	2/Ⅰ	2/Ⅰ—5/Ⅱ	2/Ⅰ—3/Ⅰ
南亚热带	23—26	24—26	28	11— <sup>12</sup> <sub>13</sub>	10—12	10—12	2/Ⅰ—3/Ⅰ	5/Ⅱ—3/Ⅰ	3/Ⅰ

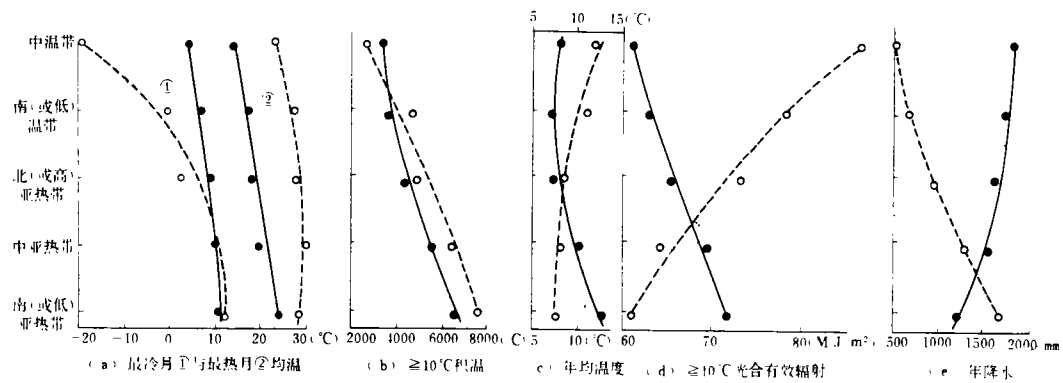


图 2 云南山地(哀牢山北段)高度气候带(——)与我国东部南北水平气候带(----)生态气候要素变化规律比较  
(东部分别以哈尔滨、郑州、合肥、福州和广州为代表站)  
Fig. 2 Comparison of ecological climatic elements between the altitudinal climatic belts in the Ailao mountains and horizontal climatic belts in the plain area of East China

以上仅就最热与最冷月均温而言,由图 2 看出,温度年较差与≥10℃积温在同一气候带一般是东部平原区大于哀牢山地。但年平均温度与≥10℃光合有效辐射是山地中下部北—中亚热带大于东部平原区,而山地中上部其它气候带则相反,明显比东部平原区减小。这是哀牢山地由山麓至山顶降水递增(1200—1800mm),而东部平原区由南向北降水递减(1700—500mm)所致。这种山地高度气候带与平原水平气候带,尽管总热量(积温)基本一致,但其它生态气候要素的不一致,也将导致农业生产的差异。如≥10℃以上的积温与光合有效辐射乘积(简称“有效光温积”,即≥10℃ΣQ·t),在农地水分基本保证时,它能基本反映生态气候资源的丰欠。由表 4 看出,东部平原区各气候带的有效光温积比哀

牢山地平均增加约  $622\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{GJ}/\text{m}^2$ ,因此在农业熟制上前者显得优越,并在同一农作的单产上也将具有更多的气候生产潜力,产量有所提高。

表 4  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 光温积( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{GJ}/\text{m}^2$ )比较

Table 4 Comparison of  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}\Sigma Q\cdot t(^{\circ}\text{C}\cdot\text{GJ}/\text{m}^2)$  between Ailao mountainous area and the plain area of East China

气候带	东部平原	哀牢山地	差
中温带	2370	1710	660
南温带	3650	2400	1250
北亚热带	3580	3010	570
中亚热带	4160	3770	390
南亚热带	4670	4430	240

另由表 3 还可看出,哀牢山地与高原盆地比较,也具有相对的冬暖夏凉特征。同一气候带山地比高原盆地最冷月均温相应提高  $1\text{--}3\text{ }^{\circ}\text{C}$  和最热月均温降低  $1\text{--}2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。后者使得山地农业熟制比高原盆地相当或两年减少一熟。

2.2 自然植被

以常绿阔叶林自然植被来说明,在哀牢山由山麓一直分布至山顶(南亚热带至中温带)(表 2),而我国东部平原区大致以秦岭—淮河为其分布北界,即只北伸至北亚热带(常绿阔叶落叶混交林)。由表 3 可知,常绿阔叶林大致以最冷月均温  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  左右为其北界。这一“死冬”(  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  )指标在哀牢山地直至山顶中温带亦未达标,因而常绿阔叶林一直上爬,只是山顶处地形雨多而潮湿且风大,而发育成苔藓常绿阔叶矮林,而在东部平原区的北亚热带成为常绿阔叶、落叶混交林。

3 结 语

(1)哀牢山脉中北段由山麓至山顶可划分为 5 个山地气候带(从山地南亚热带至中温带),其中山地南亚热带按农业差异又分为高、低两层,共 6 个山地农业气候层。

(2)各山地气候带(层)的上限海拔高度背风坡(东北坡)较迎风坡(西南坡)高  $50\text{--}200\text{m}$ ,愈向山麓随焚风效应加强,而差异愈渐增大。

(3)哀牢山地与我国东部平原区(或同海拔的云南高原盆地)相比具有明显的冬暖夏凉气候特征。同一气候带的农业熟制,前者比后者一般约两年减少一熟。喜温作物种植在哀牢山地上爬至中、北亚热带,比在东部平原区(北伸至中温带)降低  $2\text{--}3$  个气候带。

参 考 文 献

1 张克映、马友鑫、李佑荣等. 哀牢山过山气流的气候效应. 地理研究, 1992, 11(3): 65—70.  
2 丘宝剑. 我国亚热带划分中的一些问题. 地理研究, 1984, 3(1): 66—76.

# UTILIZATION OF AGROCLIMATIC RESOURCES IN THE AILAO MOUNTAINS AREA AND ITS DIFFERENCE FROM THE PLAIN AREA OF EAST CHINA

Ma Youxin Zhang Keying Liu Yuhong

(*Kunming Institute of Ecology, Chinese Academy of Sciences*)

## Abstract

The Ailao Mountains lie in the middle part of Yunnan Province, and have a NNW-SSE strike which is almost perpendicular to the wind direction of the southwest monsoon. Researches on their climatic effects are very conspicuous. In this paper, the climatic data measured and the agricultural experiences investigated on the spot at different altitudes on the windward (SW) and leeward (NE) slopes in the northern part of the Ailao Mountains area are used as a basis for discussing the division of climatic belts of this area and the difference in agricultural characteristics between this area and the plain area of East China. ① The northern part of the Ailao Mountains area is divided into five mountain climatic belts (from the mountain south subtropics to the mountain middle temperate zone) and six mountain agro-climatic strata according to the accumulated temperature of  $\geq 10^{\circ}\text{C}$ , the hottest and coldest month temperatures, the extreme minimum temperature and the plant indicators. The upper-limit altitudes of various belts (strata) are 50m to 200m higher on the leeward slope than on the windward slope. This difference is increasing with the enhancement of the foehn effect toward the mountain foot. The utilization of agroclimatic resources and some noteworthy problems of agricultural production of the various belts (strata) on the two slopes are discussed in detail. ② Compared with the plain area of East China, the climatic of the Ailao Mountains area is clearly characterized by warm winter and cool summer. Owing to the limit of cool summer, the mountain altitudinal belt where the thermophilic crops are planted is 2 to 3 climatic belts lower in comparison with the corresponding horizontal belt in the plain area of East China. In the same climatic belt, the agricultural cropping system of the plain area of East China generally has one more harvest within two years than that of the Ailao Mountain area. The differences of vegetation in the same belt of the mountain and the plain are also discussed.

**Key words:** Ailao mountains, windward and leeward slopes, climatic belt division, resources utilization, agricultural characteristics