

哀牢山地农作物物候期和产量随高度与坡向的分布特征^{*}

刘玉洪 张克映 马友鑫 李佑荣

(中国科学院昆明生态研究所, 昆明 650223)

摘要 根据哀牢山东西坡农业考察资料并结合该山地气候资料, 研讨山地农作物物候期和产量随海拔高度与坡向的分布特征。

关键词: 哀牢山; 农作物; 物候期; 产量; 垂直分布

为揭示哀牢山地农林作物随高度的分布和变化特征, 我们在 1987 年 4~5 月对哀牢山北段西坡至东坡的不同海拔高度(950~2600m) 类型区, 进行了为期月余的实地考察和深入访问, 了解山地各类农作物和经济林木的生长期与产量随海拔高度的变化规律。山地的各种农事活动规律是当地农民根据生态环境即气候、土壤和水源条件在长期生产活动中自然选择的结果, 对山地农林的因地制宜布局具有一定的合理性。本文是调查资料经整理并结合山地气候资料进行分析的部分结果。

1 自然条件概况

哀牢山西坡山麓的景东川河两岸(海拔高度 1100~1300m) 和东坡山麓的礼社江两岸(约 900~1200m), 地势比较平缓, 其它为中山或高山地带, 地势或陡或缓的坡地, 间或有山间谷地。农耕地主要分布在 2100m 以下, 其上多为中山湿性常绿阔叶林带, 西坡水稻田主要靠川河、太忠河及徐家坝水库(海拔约 2450m) 的灌溉, 基本可满足需要, 水利条件较好; 而东坡气候较干燥, 自然植被破坏严重, 亦无水库供水, 水利条件差, 大部水田只能靠箐沟溪流的有限供水, 因此雷响田居多, 旱地农事活动更受气候干湿条件的制约。

哀牢山北段山地气候资源丰富, 东西坡从山麓至山顶部可划分为 5 个山地气候带(山地南亚热带至中温带) 和 6 个山地农业气候层。由于生物—气候因素, 使得山地土壤类型也有明显带状分布, 从山麓至山顶分布有: (1) 砖红壤化红壤(1300m 以下); (2) 山地黄红壤(1300~1900m); (3) 山地黄棕壤(1900~2600m); (4) 山地棕壤(2600m 以上)。这种气候和土壤的垂直分布特征, 对山地农林作物海拔高度的分布规律产生深刻的影响。

2 作物与海拔高度

2.1 作物种类

水稻、玉米、小麦、花生、油菜、烟草、马铃薯、花椒、茶叶、桃、李、梨、苹果等作物广布于我国热带、亚热带和温带地区, 但在哀牢山地其中多数作物仅分布于海拔 2100m 以下, 其上除少量的马铃薯和花椒以外, 主要为亚热带常绿阔叶林带。这种亚热带自然植被带与作物栽培带的不一致现象乃是西南高原山地生态气候特征——冬暖与夏凉的产物。

由图 1 看出, 喜凉的春粮作物(马铃薯、豌豆、冬小麦) 分布上限高度(东坡 2100~2400m, 西坡 1950~2450m) 比喜光温的夏粮作物(水稻、玉米、黄豆, 东坡 2000~2150m, 西坡 1900~1950m) 的分布上限均有提高。花

^{*} 国家自然科学基金资助项目。沙丽清对成稿多有帮助, 谨致谢意。

收稿日期: 1995-09-04

生限于习惯只在 1200m 以下有种植; 泛热带作物可分布到 1800 ~ 1900m, 香蕉要求热量条件较高, 只生长在 1200 ~ 1300m 以下。这些作物上限高度东坡比西坡相应提高 100 ~ 200m 或以上, 反映出同海拔高度东坡温度高于西坡。但甘蔗需水量多, 东坡降水偏少且水利条件差, 因此仅限于低谷河畔种植, 而西坡降水多且灌溉条件好, 在 1400m 仍有种植。

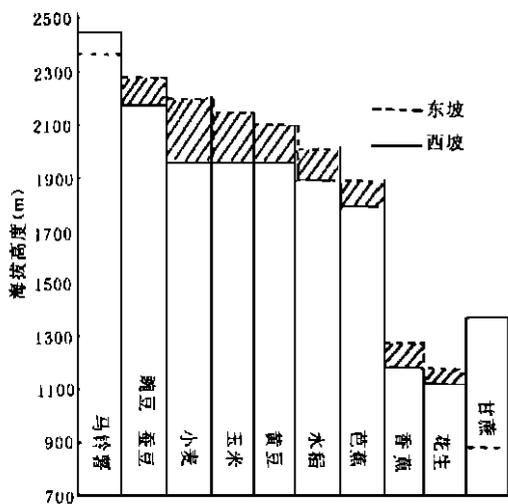


图 1 哀牢山东西坡作物分布高度

水稻种植面积占农耕地面积的比例(%), 西坡在 1500m 以下, 农耕地以水田为主, 占 50% ~ 70%, 在 1700m 中山区仅占 25%, 为山麓区的 1/2 至 1/3, 1700 ~ 1900m 处水田逐渐消失, 这与西坡水稻种植的上限高度一致。

表 1 说明哀牢山北段农林作物分布上限比我国东部低纬山地要明显偏高, 水稻约高出 700m, 茶叶与核桃高出 1000m 以上。

表 1 东西部山地农林作物分布高度比较 (单位: m)

作物	哀牢山北段	东部山地	差值
水单季	1900	1200(武夷山)	700
稻双季	1200	600(武夷山)	600
核桃	2200	1115(浙江天目山) 1100(浙江石丈岭)	约 1100
茶树	2450(云南大叶茶)	1300(武夷山)	1150

2.2 作物带与熟制

由主要栽培作物带与熟制在东西坡地的高度分布(图 2)看出, 在 1800m(西坡) ~ 1900m(东坡) 以上主要栽培喜凉的春粮作物, 其下则为喜温的夏粮作物; 另外, 作物带东高西低的差异随海拔高度降低而加大, 如一年三熟带东坡高出西坡 200m, 而一年两熟和一熟带东坡仅较西坡偏高约 100m。

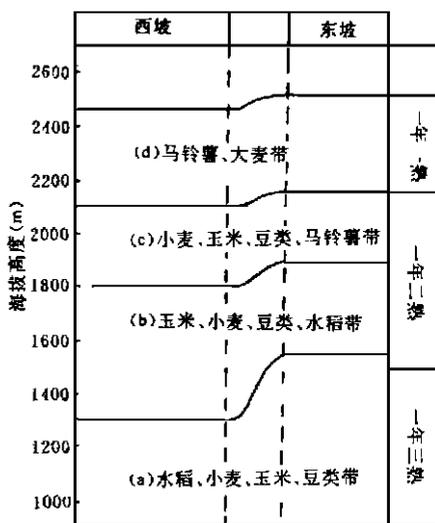


图 2 哀牢山作物带谱与熟制带分布

表 2 列出该山地作物熟制带的温度指标, 大致看来山地最热月均温 18 为一年一熟带与两熟带的界限指标, 23 为两熟带与三熟带的界限指标。

表 2 山地农业熟制与温度指标

熟制	平均气温()		10		18		22	
	最热月	最冷月	积温(· d)	日数(d)	积温(· d)	日数(d)	积温(· d)	日数(d)
一年一熟	14 ~ 18	4 ~ 8	2700 ~ 4200	200 ~ 270	0 ~ 500	0 ~ 25	0	0
一年两熟	18 ~ 23	8 ~ 11	4200 ~ 6500	270 ~ 365	500 ~ 4400	25 ~ 210	0 ~ 1800	0 ~ 70
一年三熟	> 23	> 11	> 6500	365	> 4400	> 210	> 1800	> 70

3 主要作物物候期与海拔高度

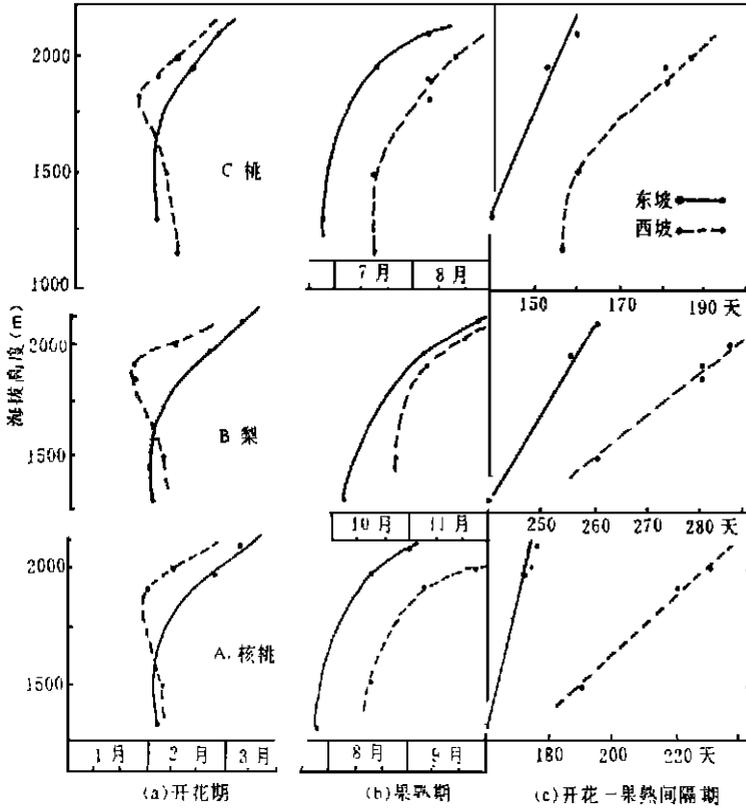


图3 哀牢山经济果木物候期随海拔高度的变化

温度降低近 1^o); 暖带与 2000m 高处的花期 (2 月上中旬) 相比, 高差仅 100 ~ 200m, 但花期提早 1 旬以上, 原因是暖带处比 2000m 高处无论平均温度和夜晨低温均同步提高 1 左右;

(2) 东坡花期由山麓(2 月上旬) 向坡中 (桃 2 月中旬至下旬, 梨和核桃 2 月下旬至 3 月上旬) 愈渐推迟, 而 1700m 以上花期延迟速率大为加快。这一特征与东坡越冬期低温分布基本一致。如 2000 ~ 2100m 之间, 每上升 100m 花期延迟约 4 ~ 5d, 其下部山麓 (1300 ~ 2000m) 不过 1 ~ 2d/100m (桃) 和 2 ~ 3d/100m (梨和核桃);

(3) 大致以 1600 ~ 1700m 为分界, 其上部西坡花期早于东坡两旬左右 (在暖带附

3.1 经济果木

由图 3 看出, 桃、梨和核桃等经济果木东西坡分布上限为 2100 ~ 2000m, 其开花期随高度的分布特征与越冬期温度特征十分一致:

(1) 越冬期 (11 ~ 1 月) 气温分布 (图 4) 表明, 西坡强逆温气候在花期的分布上反映最为显著。西坡最早的花期始现高度 (1800 ~ 1900m) 与西坡冬季夜晨 (最低温度) 逆温暖带高度 (约 7^o) 十分吻合。暖带处开花期 (1 月下旬) 比山麓 1500m 以下 (2 月上旬) 提前约 1 旬, 主要由于这里夜晨低温平均提高约 2^o (虽然平均近), 其下部花期东坡又略早于西坡, 这与越冬期东西坡地的温度在 1600 ~ 1700m 处发生转变的特征 (图 4) 基本一致。

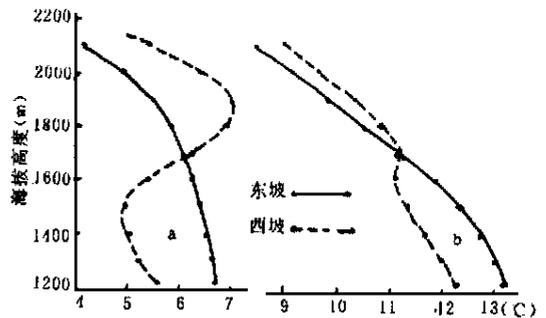


图4 11 ~ 1月平均最低气温(a) 与平均气温(b) 随海拔高度的分布

至于果熟期由于东坡平均温度偏高而提早,西坡均温偏低而推迟,如东坡 1300m 至 2100m,桃的果熟由 6 月上旬至 8 月上旬,西坡则推迟至 7 月上旬至 8 月中旬。因而开花—果熟间隔期东坡较西坡明显缩短,而且愈向海拔高处东坡愈渐显著。如梨的开花—果熟期,1500~2000m 间东坡(245~265d)比西坡(260~285d)缩短 15d(1500m)到 20d(2000m)。

3.2 农作物

东西坡地的作物播种(或栽插)期、成熟期及其间隔(生育)期随海拔高度呈现出有规律的递增或递减(图 5)。各作物生长期的物候梯度列于表 3。

为插秧下限温度,而插秧在 4 月下旬。其它作物类似。

表 3 作物各生长期的物候梯度(d/100m)

作物	水稻	玉米	冬小麦	马铃薯
播种期	东坡 +2.7	-4.0	-2.1	+3.8
	西坡 +8.5	-4.6	-2.1	+2.0
成熟期	东坡 +6.9	-1.5	+3.7	+9.0
	西坡 +13.1	+4.4	+3.5	+5.1
生长发育期	东坡 +5.6	+2.9	+5.6	+4.4
	西坡 +8.6	+4.7	+6.0	+4.6

注:“+”为向高处推迟,“-”为向高处提早

西坡水源条件较东坡优越(徐家坝山地水库供水),因而水稻栽秧,玉米和马铃薯播种期都比东坡明显提早。唯有冬小麦东西坡播种期较一致。水稻和马铃薯播种期每上升 100m 东坡—西坡分别推迟 2.7~8.5d 和 3.8~2.0d;而玉米和冬小麦播种期则每上升 100m 提前 2~4d,原因是山地上部自然森林植被调节水分,雨季前后期土壤水分条件较好。

3.2.2 成熟期 东坡水分条件差,播种期虽有推迟,但同海拔高度的热量却高于西坡,因而作物成熟期东坡一般比西坡提早,如水稻提前 1 个月(1800m),玉米提早两旬以上(2000m 处),冬小麦提早 1 旬左右,马铃薯提前 1 旬至 1 月(2300~1900m)。当然东坡播种期推迟过长,则成熟期也比西坡推迟,如水稻 1300m 以下,玉米 1500m 以下即是。

由于山地温度的固有特征使得作物成熟期每上升 100m 在东—西坡均推迟:水稻 7~13d,冬小麦 3.5d 左右,马铃薯 9~5d;唯玉米西坡推迟 4.4d,而东坡则提早 1.5d。

3.2.3 生育期 东坡热量条件优越,无论喜温(水稻、玉米)或喜凉作物(冬小麦、马铃薯)在水分基本保证的前提下,东坡作物生育期都比西坡缩短,因而生育期梯度(d/100m)均是东坡小于西坡。

同一种作物生育期在其分布下限至上限的海拔高度坡面上,其生长发育期西坡要比

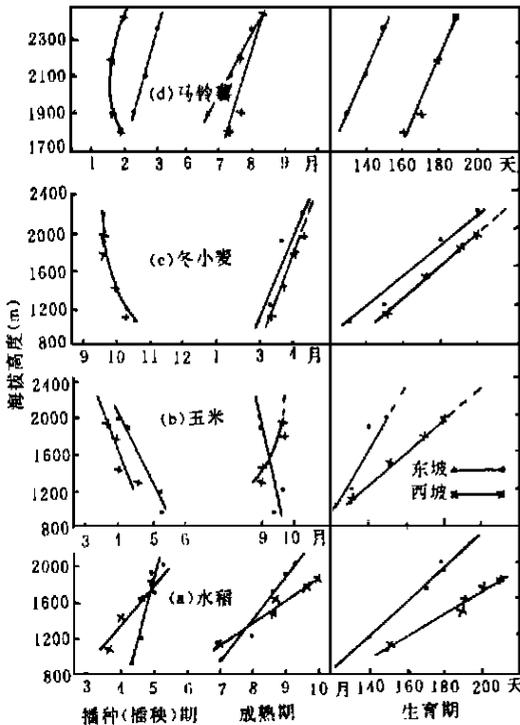


图 5 哀牢山东西坡主要作物物候期随海拔高度的变化

3.2.1 播种期 这里热量丰富,一般播种在气温稳定通过下限温度以后进行,如 1800m 东西坡分别在 3 月 13 日和 23 日达 15℃,即

东坡均有延长:如水稻半月至1个半月,玉米1候至1个月,冬小麦上下限均延长约半月,马铃薯延长达1个月以上,并且西东坡喜温作物生育期相差天数(N)与东西坡18以上持续天数差值($18 \sum n$)均随海拔升高而增加,玉米和水稻的 N 梯度为2.8d/100m和2.9d/100m,18 n 的梯度为2.8d/100m,两者甚为接近,经统计两者关系如下

$$\text{水稻: } 18n = 8.0 + 0.81N$$

$$r = 0.89$$

$$\text{玉米: } 18n = 3.4 + 0.77N$$

$$r = 0.88$$

即18以上持续相差1d,则玉米和水稻生育期相差即达0.8d左右。喜凉作物则随海拔升高而有减小的趋势,但其减少梯度甚小(冬小麦仅为0.8d/100m);另由表3看出,同一坡向的水稻比玉米生育期延长,而西坡的延长期(18~45d,平均32d)比东坡(7~32d,平均20d)更为显著,并且随海拔升高而加大。

3.3 农作物产量

由图6看出,同海拔高度上水稻、玉米和冬小麦的产量均是东坡高于西坡,这是东坡热量(强度)较西坡更为丰富的反映,尤其在雨季东坡降水适量减少而光、热增加,这有益于喜光温的水稻、玉米生长发育。越冬期东坡低温偏低则有利于冬小麦完成春化阶段。而马铃薯产量则是西坡(湿润)高于东坡。

水稻产量由山麓至1600~1700m呈线性下降,每上升100m单产下降58kg/666.7m²(东坡)至68kg/666.7m²(西坡),再升高下降更快。原因是其上部18以上积温与持续期锐减,影响子粒灌浆与成熟,如东坡1700~2000m的18以上持续期递减由16d/100m加大至24d/100m。

同一海拔高度水稻产量东坡高于西坡100(<1400m)至150kg/666.7m²(1700~1800m),即愈向高处两坡产量差异愈显著,这与东西坡18积温差值的分布趋势一致。在水稻种植上限2000~1800m处(东西坡)产量不过200~100kg/666.7m²,仅及山麓产量(400~500kg/666.7m²)的1/4~2/5。

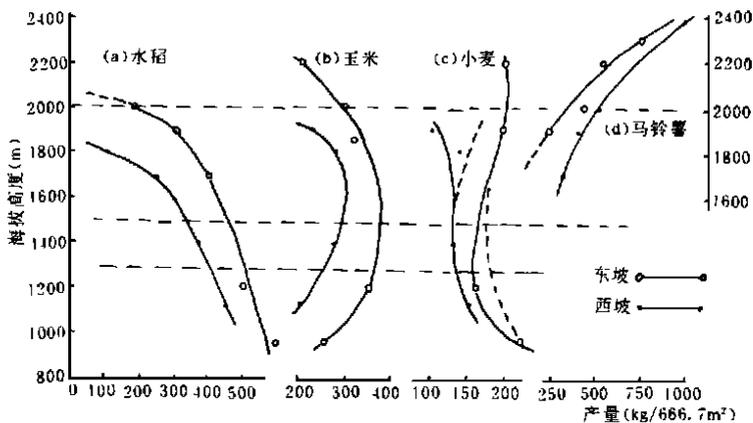


图6 哀牢山农作物产量随海拔高度的变化

玉米产量随高度呈抛物线型变化,在1500~1700m高度因温湿相宜,生育期延长利于有机质累积,成为高产地带(东西坡约400~300kg/666.7m²)。而在低热河谷产量下

降,1800m以上产量更为低下,前者因高温高湿静风闷热,玉米速生徒长;后者因18有效高温不足,不利于子粒灌浆,加之风害增多。

在西坡近山顶 2450m 处试种表明,在玉米开花和授粉期的 8 月,平均气温仅 14.9℃, 18℃ 的必要高温条件严重不足,尽管生物产量较高,但经济产量不过 35kg/666.7m²。

冬小麦在春季正处于灌浆—成熟期,对低温很敏感,因此其产量随海拔分布与“倒春寒”之间相关密切。将表 4 与图 6(c) 对比可看出,冬小麦产量偏低的高度恰与 48h 最大降温量的高度(东坡约 1200~1300m,西坡约 1800~1900m)相一致。1986 年 3 月一次最强倒春寒,48h 降温达 10~15℃,小麦产量大减,核桃严重落果。图 6(c) 中的断线表示无倒春寒危害的小麦产量趋势。东坡丰富的光、温资源使其产量比西坡有所增高。至于山麓河谷产量相对明显增高的原因,则是土肥(冲积土)和水足(灌溉)所致。

表 4 3~5 月冷平流入侵 48h 的降温量(℃)

坡向	西坡				东坡		
	1162	1480	1830	2450	1740	1270	950
t(℃)	4.3	3.9	5.6	5.1	6.6	6.9	5.4

马铃薯产量分布另具特征,因其性喜气候温凉和湿润才利于茎块膨大,故雨湿的西坡产量高于干热的东坡,在 1800~2200m 之间两坡产量相差 200~300kg/666.7m²;其产量随海拔升高而增加。如西坡 2400m 处产量(1000kg/666.7m²)为 1800m 处的 3 倍,在 1700~1800m 以下因温度偏高(7 月均温在 20℃ 以上)对块茎生长不利,产量降低。

对比农作物产量随高度分布(图 6)可看出,东坡 1800~2000m 和西坡 1700~1900m 既是夏粮喜温作物的分布上限低产带,也是春粮喜凉作物如马铃薯的低产带。

4 初步结论

4.1 哀牢山北段经济果木和农作物一般分布的海拔上限在 2000~2200m,其中春粮作物(1950~2450m)高于夏粮作物(1900~2150m);作物分布上限东坡比西坡一般偏高 100~200m。但受制水分条件的作物如甘蔗

则西坡偏高。

4.2 在西坡冬干季节地形逆温显著,其暖带高度 1800~1900m 处越冬低温比同高度的东坡提高 1℃ 以上,比同坡地 1500m 处提高约 2℃。这里桃、梨和核桃开花期以及马铃薯播种期比其上下高处(1500m、2000m)提早约 1 旬,比同海拔东坡提早 1~2 旬;1600m 以下西坡的冷湖效应使开花期略迟于东坡;果熟期均是干热的东坡比雨湿的西坡提前 1~2 旬以上。

4.3 哀牢山地作物播栽期主要受制于西坡近山顶水库的供水条件而非温度条件,因此作物播栽期均是西坡比东坡提早(玉米、水稻和马铃薯)或相当(冬小麦)。但由于东坡温高光足,故其成熟期一般早于西坡,即作物的生长发育期干热的东坡明显地比雨湿的西坡缩短,而且愈向高处东西坡差异愈显著,因此生育期梯度(d/100m)均是西坡大于东坡。

4.4 该山地农作物产量在 1600m(东坡)~1400m(西坡)以下为高产地带,这与夏季出现 22℃ 高温的上限高度一致;在 1800~2000m(东坡)与 1700~1900m(西坡)为夏、春粮作物低产带,其上限(2000~2100m)又是一年两熟与一年一熟的中间过渡带。这与夏季 18℃ 均温的上限高度一致。

4.5 夏粮作物如水稻、玉米在海拔 1700~1800m 以上,在扬花灌浆期因 18℃ 积温不足及风寒影响而成低产带;春粮作物如冬小麦在扬花灌浆期最忌倒春寒危害,东西坡低产带分布海拔高度与春季冷空气入侵时 48h 最大降温的高度一致,马铃薯在 1800~2000m 以上的湿凉带产量增高。

参考文献

- 1 张克映,马友鑫,刘玉洪,李佑荣.哀牢山(西南季风)山地焚风效应的农业意义.山地研究,1993,11(2)
- 2 张克映,张一平,刘玉洪,李佑荣.哀牢山降水垂直分布特征.地理科学,1994,14(2)
- 3 张克映,刘玉洪,马友鑫.哀牢山逆温特征.山地研

Distribution Patterns of Crop Phenology and Yield with Elevation and Slope Orientation in Ailao Mountain Area

Liu Yuhong Zhang Keying Ma Youxin Li Yourong

(Institute of Ecology of Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223)

Abstract

Based on the survey data from the eastern and western slopes of Ailao Mountain and the local climatic information, the distribution patterns of phenology and yield with elevation and slope orientation were analysed for crops grown in the area.

Key words: Ailao mountain; Crops; Phenology; Yields; Vertical distribution

(上接第4页)

Efficient Use of Light and Temperature Resources in Ecosystems of Crops and Fruit Trees

Measurement and Estimation of Light Penetration through Tree Crown

Zhou Yunhua

(Institute of Geograph, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

Zhang Qiuying Zhang Xiaojie Ju Huiliang

(Hebei University)

Abstract

Light (0.4~0.7 μ m) Penetration through individual peach, pear and apple tree crowns was measured with quantum sensors. Results from the 2-year experiment showed that for all the 3 fruit tree species and for normal years light penetration, τ_a , can be expressed with an empirical formula, $\tau_a = 7.85N^{-0.88}$, where N is the days counted from April 1. Varieties and ages of the trees have little impact on τ_a . The effect of phenological stages on τ_a can be removed by simply adjusting the formula according to phenological stages.

Key words: Ecosystems of crops and fruit trees; Use of resources of light and temperature; Light penetration through crowns