

国家气象局展览办公室

我国农业气候资源及区划

测绘出版社

我国农业气候资源及区划

国家气象局展览办公室

测绘出版社

内 容 提 要

本书主要综述了近几年来我国农业气候资源分析和区划工作取得的新进展。全书共分三章，第一章论述我国气候的特点及其对农业的影响，分别介绍光、热、水等农业气候要素的地理分布和时间变化及简要评价。第二章，介绍我国农业上常见的干旱、雨涝、低温、台风、干热风 and 冰雹等天气灾害的成因、时空变化规律及防御措施。第三章，扼要综述近年来国内各类农业气候区划取得的成果。包括全国、省、县级综合农业气候区划，林业、畜牧业和粮、棉、油、茶及一些经济作物的农业气候区划，太阳能和风能利用区划等等，并对合理利用农业气候资源若干问题进行了探讨。

本书内容与农业生产联系紧密，并附有大量实用的图表和资料。可供农业和农业气象工作者、大专院校师生及农业区划管理干部参考。

2R6/02

我国农业气候资源及区划

国家气象局展览办公室

*

测绘出版社出版

测绘出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16·印张 12·字数 267 千字

1986 年 7 月第一版·1986 年 7 月第一次印刷

印数 0,001—3,450 册·定价 2.90 元

统一书号：13039·新 438

前 言

农业生产与自然环境条件的关系十分密切。农作物和家畜等的生长、发育和繁殖，每时每刻都受周围环境条件的影响。特别是光、热、水、气、土等因素，与农业的产量和质量有着不可分割的联系。自然环境条件在地域上的差异和时间、季节上的变化，深刻地影响到农业生产的各个环节，使其具有强烈的地域性和季节性。这也是农业生产的一大特点。我国疆域辽阔，地形复杂，气候类型多种多样，使农业的地域性和季节性特点更为突出。因此，认识我国气候的特点和变化规律，正确评价各地的农业气候资源，对于合理利用和改善农业环境条件，建立良性生态系统，因地因时制宜地发展农、林、牧、渔各业，提高经济效益，加速农业现代化建设，具有十分重要的意义。

最近几年，为配合全国农业自然资源调查和农业区划，广大气象和农业气象工作者，在调查研究的基础上，开展了农业气候资源分析和区划工作。到1984年底，全国绝大多数的省、自治区和直辖市及四分之三以上的县（旗）已完成了初步的农业气候区划，许多成果用于生产实践，取得了良好效果。但这是一项长期的科学实践，要求在取得已有成绩的基础上，不断提高和完善，使之在生产上发挥更大作用。因此，及时总结和交流经验就十分必要。自“全国农业资源和区划展览”开馆以来，来自全国各地农业战线领导岗位和从事专业、科研、教学工作的许多同志，纷纷向我们索要农业气候资源和区划方面的材料，并提议将这些材料汇编成册，公开出版，以资交流。为满足广大同志的要求，我们在展览内容的基础上，组织专人搜集一些新的资料和科研成果，编写了这本小册子，供从事农业、气象、农业气象工作，及有关科研、教学工作的同志参考。

本书共分三章。第一章，我国的农业气候资源。介绍我国气候的特点，农业气候资源的概况，光、热、水等气候要素的地理分布和变化特点，并对各地气候条件作简要评价。第二章，我国农业的天气灾害，着重介绍我国常见的旱、涝、低温、台风、干热风 and 冰雹等灾害性天气的成因，发生、发展规律，季节和地区分布特点，防御措施等。第三章，农业气候资源利用和区划。介绍全国农业气候区划初步意见，省级、县级农业气候区划，林业、畜牧业和粮、棉、油、茶、烟、糖料、蚕桑、油桐、柑桔以及热带经济作物的农业气候区划，气候能源——太阳能、风能利用区划等。并对合理利用我国农业气候资源若干问题作了探讨。各章的执笔人是：第一章，李伟光；第二章，王仲方；第三章，李世奎。书中插图由李森、曲声浦草绘。全书经陈少峰、崔读昌审定。谨致谢意。

此书参考和摘录了各有关方面的成果和资料，并得到了许多同志的支持和帮助。在此谨向有关单位和个人致谢。由于时间仓促，难免有错讹之处，恳请读者不吝赐教。

编 者

1985年5月

目 录

第一章 我国的农业气候资源	(1)
一、我国气候的特点.....	(1)
二、中国气候区划.....	(3)
三、农业气候资源概述.....	(4)
四、光能资源.....	(6)
五、热量资源.....	(16)
六、水分资源.....	(38)
第二章 我国农业的天气灾害	(61)
一、干旱.....	(61)
二、雨涝.....	(67)
三、低温灾害.....	(70)
四、台风.....	(77)
五、干热风.....	(80)
六、冰雹.....	(82)
第三章 农业气候资源利用和区划	(87)
一、全国和区域的综合农业气候区划.....	(88)
二、省、县级农业气候区划.....	(104)
三、种植业、林业、牧业气候区划.....	(125)
四、粮、棉、油作物气候区划.....	(139)
五、烟草、糖料作物气候区划.....	(148)
六、特种经济作物和果树气候区划.....	(153)
七、气候能源利用区划.....	(165)
八、对合理利用我国气候资源若干问题的探讨.....	(170)

第一章 我国的农业气候资源

一、我国气候的特点

我国位于亚洲大陆东南部，东临太平洋，西部深入欧亚大陆腹地，西南部是“世界屋脊”——青藏高原。幅员辽阔，东西高差悬殊，地形复杂。特殊的地理条件，使我国的气候具有以下特点：

(一) 气候类型多，气候资源丰富

我国的疆域，北自漠河以北的黑龙江江心，南至南沙群岛的曾母暗沙，跨纬度 50° ；东自黑龙江与乌苏里江汇合处，西至帕米尔高原，跨经度 62° ，国土面积约 960 万平方公里。全国共分九个气候带和一个高原气候区域，每个气候带又包含多个不同类型的气候区。气候类型之多，为世界各国所少见。动、植物资源丰富，种类繁多，为农业的全面发展提供了极为有利的条件。

我国大部分国土位于北纬 $20^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 之间的中纬度地带，光、热条件优越。全年太阳辐射总量大多在 $100\sim 200$ 千卡/厘米²（1 千卡 = 4.1868 千焦耳）之间。西藏为 $160\sim 240$ 千卡/厘米²，仅次于太阳辐射最强的撒哈拉沙漠。黄河流域和西北地区 $120\sim 160$ 千卡/厘米²，高于世界上平均温度相近的地方。长江流域 $85\sim 120$ 千卡/厘米²，优于日本和西欧。我国绝大部分地区夏半年温度较高，适宜于种植高产喜温的作物。亚热带、热带的面积广，热量资源丰富，复种指数高，一年两熟和三熟的比例大。优越的光、热条件，为我国农业的发展展示了广阔的前景。

(二) 东南部季风影响强烈，西北部大陆性极强

由于我国背靠世界最大的亚欧大陆，滨临世界最大的太平洋，靠海的东南部受东亚季风影响强烈，具有明显的季风气候特色，夏季炎热多雨，冬季严寒干燥；深入内陆的西北部，海洋暖湿气流不易到达，呈现极强的干旱少雨，日照充足的大陆性气候。温度的冬夏差异和昼夜变化很大。“早穿皮袍午穿纱，怀抱火炉吃西瓜”就是对这种大陆性气候的生动写照。400 毫米年降水量等值线大致从大兴安岭西麓南下、经太行山山麓向西南延伸至青海、那曲、泽当至拉萨附近。自东北斜贯西南，正好把全国分为东南、西北两半。东南部为湿润、半湿润区，年降水量 $400\sim 2000$ 毫米，干燥度低于 1.5（秦岭淮河以南小于 1.0）。季风气候的最大优点是雨热同期，全年降水量的 80% 以上集中于作物生长期，风调雨顺，相得益彰。全国 90% 以上的农业和森林都分布在这里，成为我国主要的农业区，也

表 1-1

中国九个气候带的区划指标及大致位置

气候带	北温带	中温带	南温带	北亚热带	中亚热带	南亚热带	北热带	中热带	南热带
$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温及其天数	$< 1600^{\circ}\text{C}$ 1700 $^{\circ}\text{C}$	1600~1700 $^{\circ}\text{C}$ 至 3100~3400 $^{\circ}\text{C}$	3100~3400 $^{\circ}\text{C}$ 至 4250~4500 $^{\circ}\text{C}$	4250~4500 $^{\circ}\text{C}$ 至 5000~5300 $^{\circ}\text{C}$	5000~5300 $^{\circ}\text{C}$ 至 6000 $^{\circ}\text{C}$	6500~8000 $^{\circ}\text{C}$ 6000~7000 $^{\circ}\text{C}$	8000~9000 $^{\circ}\text{C}$ $> 7500^{\circ}\text{C}$	9000~10000 $^{\circ}\text{C}$	$> 10000^{\circ}\text{C}$
最冷月平均气温	$< -30^{\circ}\text{C}$	100~160天 -30°C ~ -10°C	160~220天 -10°C ~ 0°C	220~240天 0°C ~ 4°C	240~300天 4°C ~ 10°C	300~350天 10°C ~ 15°C	350~365天 15°C ~ 19°C	365天 19°C ~ 26°C	$> 26^{\circ}\text{C}$
年极端最低气温	$< -48^{\circ}\text{C}$	-48°C ~ -30°C	-30°C ~ -20°C	-20°C ~ -10°C	-10°C ~ -5°C	-5°C ~ 2°C	2°C ~ 6°C	6°C ~ 20°C	$> 20^{\circ}\text{C}$
年降水量	400~800 mm	1000~2000 mm				1400~2000 mm			$> 1000\text{ mm}$
适种作物	大豆、高粱、甜菜、春小麦、荞麦、马铃薯	麦、棉、玉米、苹果、梨	水稻一年二熟、油菜、甘蔗、茶叶、柑桔、毛竹、油桐	水稻一年三熟、橡胶、咖啡、椰子	各种热带植物、椰子、木瓜	雷州半岛、湛江以南、台湾、云南南部	10°N 以南南海诸岛		
位置	黑龙江、内蒙、甘肃北部、新疆北部	长城以南向西到新疆南部	34°N 以南地区与秦岭淮河一线相当						

是我国人口稠密的最重要的经济区。尤其是这里的广大亚热带地区与世界同类地区绝然不同。从全球范围来看,亚热带处于高压控制下,干旱少雨,大多地区是荒漠和干草原,唯独我国因受益于雨热同期,使江南广大地区成为生机勃勃的渔米之乡。由于受季风影响,我国东南部夏半年的温度显著高于同纬度其他国家和地区,因而一年生喜温作物如水稻玉米等的北界大大向北推进。西北部为半干旱和干旱区,年降水量在400毫米以下,有些地方不到100毫米,甚至只有几毫米,干燥度在1.5以上,有的甚至超过20.0。这里虽然光、温条件不错,但因水分不足,限制了农业的发展。半干旱地区尚可种植旱作物,但产量低而不稳。干旱区除局部地方能利用高山雨、雪水或地下水发展农业外,绝大部分地区不宜于作物的生长。干旱和半干旱区的耕地面积只占全国耕地面积的10%,但那里有广阔的草场,是我国的重要牧业区。

(三) 温度和降水的年际变化大, 气象灾害多

季风气候也给我国带来不利的一面,主要是它的不稳定性。由于夏季风各年的强弱、进退时间和影响范围等都不尽相同,甚至有些年份差别很大,因此降水在年际和年内各季的分配变化很大,最大与最小年降水量差别可达数倍之多,一般年变率在15~25%。温度的年际变化也很大。冬季温度与世界同纬度地区相比明显偏低,越冬作物和热带、亚热带多年生植物的北界向南推移。旱、涝、低温冷害、台风等农业气象灾害经常发生,对农业生产有较大影响。据初步估计,即使在正常年景,我国的受灾面积也不下四亿亩,严重减产的约有一亿亩左右。因此,防御农业气象灾害也是发展我国农业的重要一环。

二、中国气候区划

中国气候区划主要采用1951~1960年600多个气象站的资料,按照 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温、最冷月平均气温和年极端最低气温等指标,把我国从北到南划分为九个气候带(划带指标见表1-1)和一个高原气候区域。

高原气候区划(指青藏高原),是中国科学院自然资源综合考察委员会提供的(其分区指标见表1-2)。中国气候区划图见图1-1。

高原气候区域的划带指标

表 1-2

气候带	高原寒带	高原亚寒带	高原温带	亚热带山地	热带北缘山地
$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温天数	不出现	< 50 天	50~180天	> 180 天	> 350 天
最热月平均气温	$< 6^{\circ}\text{C}$	$6 \sim 11.9^{\circ}\text{C}$	$12 \sim 17.9^{\circ}\text{C}$	$18 \sim 24^{\circ}\text{C}$	$> 24^{\circ}\text{C}$
适种作物和熟制	无农作物栽培	牧业为主, 有天然森林	农业一年一熟 或二年三熟	一年二熟,种植 水稻、茶、桔	热带经济植物

三、农业气候资源概述

(一) 农业生产与气候的关系

农业生产绝大部分是在露天进行,受自然条件影响很大,其中气候和土壤是两个最基本最重要的条件。而土壤的形成和发育,土壤中水热状况、微生物的活动和繁衍,在很大程度上受气候条件的制约。农作物的产量是作物、气候、土壤三者综合作用的结果。

气候对农业的地理分布影响十分显著。我国幅员辽阔,地跨热带、亚热带、温带。地形复杂,气候资源丰富多样,各地的农业生产也呈现出极其复杂和多样性。大体说:南岭以南广大地区,处于热带和南亚热带,水热资源丰富,一般不出现霜冻,四季长青,水稻一年可三熟。盛产香蕉、荔枝、菠萝、龙眼、橡胶、咖啡、可可等热带水果和经济作物。南岭以北至长江以南广大地区,属中亚热带和北亚热带,气候温和,雨量较充沛,水稻一年两熟是著名的渔米之乡,盛产茶叶、蚕丝、柑桔、毛竹、油桐等亚热带经济作物。黄河中下游和华北平原,属南温带,四季分明,年降水量在500~700毫米,以旱作为主,一年一熟或两年三熟。主要作物有小麦、玉米、棉花、花生、烟草、谷子等,是麦、棉、玉米的主要产区。东北、西北、内蒙等地,属中温带和北温带,冬季长夏季短,年降水量除沿海部分地区外,大部在600毫米以下,农业一年一熟,主要作物为高粱、大豆、玉米、谷子、春小麦、马铃薯等。这里有一半以上地区降水量低于400毫米,是我国主要的牧区。

气候条件直接影响当地的种植制度、栽培措施,以及引种、育种方向的选定。如发展双季稻首先由水热条件决定,提高复种指数也是由当地的气候条件所决定的。在华北、西北地区春旱严重,为保证农业稳产丰收,需要采取一系列增墒、保墒的耕作措施,如早秋耕、秋深耕、耙、镇压,早春顶凌耙地,雨后及时中耕等,以收到伏雨春用和减少蒸发的效果。从外地引入作物品种时,必须考虑作物品种对光温水条件的要求及其对当地气候条件的适宜程度,才能避免盲目性,取得预期的效果。培育良种也应从趋利避害出发,培育抗逆性强、丰产性能好的品种。

气候对农作物的生育、产量和品质的形成影响很大。作物在其生长发育和产量形成过程中,需要一定的热量,适宜的水分和充足的阳光。这些气候要素配合得越好,则越有利于高产。如青藏高原河谷农区,小麦生育期间光温配合的好,太阳辐射强,白天温度处于光合作用适宜的温度范围,又无高于30°C的高温,光合效率高。1978年青海香日德农场小麦产量每亩高达2026.1斤。华北小麦成熟期天气晴朗干燥,有利于籽粒蛋白质的积累,蛋白质含量高,品质较好。而南方小麦成熟期多阴雨,湿度大,成熟缓慢,淀粉含量高,蛋白质含量低。我国北方稻米品质优于南方,南方晚稻品质优于早稻,与水稻籽粒形成时的气候条件有密切关系。又如东北的大豆含脂肪高,西北地区的甜菜含糖量高,新疆的哈密瓜大而香甜,吐鲁蕃的葡萄驰名中外,渤海湾的苹果,黄岩的蜜桔,广州的荔枝,杭州的龙井茶,安徽祁门红茶,六安瓜片均以品质优良而享有盛誉,这些品质优良的产品都与产地的气候条件密切相关。

然而农业生产是在人类的参与下进行的。在人们充分认识和掌握了农业生产对象与外界环境条件之间的依存规律，并充分认识当地气候变化的特点时，就能采取提高农业生产的对策，如合理布局农业，改革耕作制度，改进栽培技术，兴修水利，营造护田林，地膜栽培，薄膜育秧，塑料大棚和温室栽培蔬菜等等，都是为了合理利用气候资源，趋利避害，达到增产的目的。

（二）农业气候资源的概念

一般所说的资源是指能被人类利用的自然物质和自然能量，如石油、煤、金属矿、河流、海洋、土地、森林等，从农业的观点看，气候也是重要的资源，称之为农业气候资源。也称为“气候肥力”。它是农业自然资源的重要内容之一。包括太阳辐射、热量、降水、风、二氧化碳等等。具体是指生长期（包括无霜期）的长短、总热量和降水的多少及其年内和年际间的分配和变化，太阳辐射强度，质量及其年内变化特点、日照时数等等，其数量的多寡及其配合情况，形成了各种农业气候资源类型，这些农业气候资源类型在一定程度上决定了农业生产的结构和布局类型，如农、林、牧、副、渔比重，作物的种类和品种，种植方式，栽培管理措施，相应的耕作制度等。这些最终将影响产量的高低及其产品质量的优劣。

（三）农业气候资源的特点

农业气候资源与土地、矿山等资源相比，其特点概括如下：

1. 具有年、日周期的循环性

一个地区每年的积温、降水量、太阳辐射和日照时数的数量是有限的，但植物所利用的光能，降水等，是年复一年，周而复始，永无穷尽的。

2. 时间分布上的不稳定性 and 空间分布的不均衡性

由于我国南北方纬度差异大，东西距海远近不同，以及地形、地势、土壤、植被等特性，造成大范围的光、热、水资源的区域分异，季节分配上的差异性。此外，气候年际间的变化引起产量的波动。有的年份光热水配合的好，可获得丰收，有的年份光热水配合不好，即某一因素过多或不足给农业生产造成不利的影响。只有光热水都满足作物生育要求时，才是良好的农业气候资源。可见气候条件既是农业的重要资源，又会给农业带来不利影响和灾害。

3. 气候要素之间相互制约性

光热水各因素中，一个要素的变化会引起另一要素的变化。如雨日多则光照弱，温度偏低；降水少，光照充足，温度高。雨水不足则限制光温发挥作用，温度低也限制光和水的利用。只有光热水配合适宜时，对农作物的生长发育最有利。

4. 农业气候资源和土地、生物资源互相作用

气候、土壤、植物构成一个整体。若没有肥沃的土壤与优良的作物品种，也就发挥不

出农业气候资源的优越性，产量也难提高。因此，只有不断培肥地力，改良品种，因时因地因作物制宜，开展多种经营，使气候——土壤——作物三者协调，使恶性循环转化为良性循环，才能达到高产、稳产、优质的效果。

因此，充分合理的利用农业气候资源就是要因地制宜，从农业生态系统的观点出发，既要提高对农业气候资源的利用率，发展以粮为主的多种经营，多熟种植，又要建立积极的生态平衡，否则，将会引起失调和失误。正如古人所说：“顺天时，量地力，用力少而成功多。任情反道，劳而无获”（见《齐民要术》）。

四、光 能 资 源

太阳光能是重要的农业气候资源，它是最基本的气候因素，是绿色植物进行光合作用的能量源泉，也是热量的主要来源。植物体总干物质中，有90~95%是通过光合作用合成的，只有5~10%来自根部吸收的养分。因此，太阳光能的多少与农作物产量和品质关系极大。

（一）太 阳 辐 射

1. 光照强度与光合作用

光照强度是指单位水平面积上单位时间内所接收到的太阳辐射能（直接辐射和天空散射辐射的总量）。单位面积多用平方厘米或平方米，单位时间多用分，有时也用日、月、季或年，能量单位以卡或千卡表示，在农业气象研究中通常用的是照度计，它所测量的是可见光的光照强度，其单位是米烛光（又叫勒克司），就平均情况而言，1卡的热约等于7.5万米烛光。1克的水温度升高1°C需要1卡（4.1868焦耳）的热。到达地面的阳光，包括直射光和散射光两部分，而直射光强度，又因大气污浊程度、云量的多寡等气象条件的不同而异，同时还因纬度、海拔、季节等的不同而有差别。许多作物的高产纪录往往出现在西藏、青海、新疆、东北等地，这是与当地作物生育期间光照强度较强分不开的。

绿色植物吸收太阳光能，把二氧化碳和水合成有机物质（碳水化合物）并放出氧气的这个生理过程，称为光合作用。绿色植物通过光合作用所合成的有机物质，可作为人类或全部动物界的食物（如粮食、蔬菜、油、糖和牧草、饲料、鱼饵等），也可作为某些工业的原料（如棉、麻、橡胶、糖料等）。换句话说，今天人类所吃的食物和某些工业原料，都是直接或间接地来自光合作用。光照强度的大小，直接影响作物光合作用的强弱。在一定的光照强度范围内，光合作用的速度随着光照强度的增加而增加，当增加到一定强度以后，光照强度再增加，光合作用速度也不增加，这种现象叫做光饱和现象，这个光的临界点叫做光饱和点。绿色植物只有处在光饱和点的光照下才能发挥最大的制造与积累干物质的能力，超过光饱和点以上的光照强度，对光合作用是不起作用的。夏季晴朗的中午，太阳光照强度可达10万米烛光，但在阴天只有1~2万米烛光，甚至还要低，会限制光合作用。当植物进行光合作用时，还进行呼吸作用，消耗有机物质。当光合作用制造的有机物质和呼吸作用所消耗的有机物质相等时的光照强度，叫做光补偿点。光照强度达此点时

就不能积累干物质，低于补偿点时，消耗大于积累。几种主要作物单叶饱和点和补偿点（见表1-3）。

几种作物的单叶饱和点、补偿点（米烛光）

表 1-3

作物 指标	小 麦	棉 花	水 稻	烟 草
光饱和点	24000~30000	50000~80000	40000~50000	2800~4000
光补偿点	200~400	750左右	600~700	500~1000

表1-3所指是单叶的情况下，对于群体则不适用。实际上，光饱和点与补偿点随叶面积系数、CO₂含量、温度、土壤有效水分等许多因素而变化。

2. 太阳辐射分布

我国年太阳辐射量变化在80~240千卡/厘米²·年的范围内，一般西部多于东部，高原多于平原。在我国西部100°E以西，40°N以南多于40度以北，在东部100°E以东，35°N以南少于35度以北。140千卡/厘米²·年的等值线，从大兴安岭西麓向西南至云南和西藏交界处，此线西北部一般大于140千卡/厘米²·年；而东南部都低于140千卡/厘米²·年。这是因为我国东南部受海洋性气候影响，降水多，阴天多，晴天少。西北部受大陆性气候影响，降水少，阴天少，晴天多，从而影响到地面太阳辐射总量的收入。

青藏高原是我国年太阳辐射总量最高地区，绝大部分地区在160千卡/厘米²·年以上，高原西南部达200千卡/厘米²·年，其中雅鲁藏布江中上游河谷和冈底斯山脉一带高达220千卡/厘米²·年，最高达240千卡/厘米²·年。自塔里木盆地经河西走廊至内蒙古高原西部，是我国另一辐射高值区域，达150千卡/厘米²·年以上。

在我国东部（100°E以东）以35°N为界，分为南北两部分，此线以北的年总辐射值高于南部。由于冬半年在蒙古高压控制下，晴天多，日照多，而当冷空气南下时，在华中、华南一带形成阴雨天气，夏半年东南季风和西南季风对我国东部的影响也是由南向北逐渐减弱。因此，南方年总辐射值低于北方。

我国东北地区北部，大致沿大小兴安岭山脉，自北向西南由110千卡/厘米²·年增至130千卡/厘米²·年，南部明显地自西向东减少。西辽河中游一带由于下垫面和地势等原因，形成了一个大于140千卡/厘米²·年的高值区。华北地区黄河中下游一带在120~140千卡/厘米²·年之间，大部地区在130千卡/厘米²·年左右，并自东向西北递增。

在年总辐射120千卡/厘米²·年等值线以南地区，其西部为一闭合低值区，110千卡/厘米²·年的等值域包括了四川、贵州、湖南、湖北西南部、江西西北部、广西北部 and 广东部分地区。四川盆地、秦巴山地、贵州及湘鄂西部是100千卡/厘米²·年以下的低值区。有两个低值中心，一个在四川盆地西南部，为80千卡/厘米²·年，一个在贵州北部，为90千卡/厘米²·年。主要是由于山脉和丘陵起伏地形阻滞作用，秋、冬常形成静止锋面，春季西南低涡活动频繁，夏季西南季风和东南季风侵入，阴雨多日照少所致。长江中下游

我国各地太阳辐射总量

地点	春季				夏季				秋	
	3月	4月	5月	季	6月	7月	8月	季	9月	10月
哈尔滨	10027	11835	13629	35491	14032	13608	12288	39928	9999	7430
沈阳	10885	13127	15326	39338	14333	13259	12457	40049	11223	8680
北京	11825	13754	16849	42428	16290	14072	13494	43856	12041	9654
石家庄	10799	12998	15677	39474	15461	13704	12588	41753	11253	9247
郑州	9494	10908	13474	33876	14063	13014	12456	39533	9726	8468
南京	8868	10145	11991	31004	12669	14442	14231	41342	9775	8990
杭州	7534	8840	10071	26445	10050	13886	13587	37523	9043	7964
武汉	8070	9643	11458	29171	12621	15350	14929	42900	10582	8721
南昌	7984	9418	10964	28366	11449	16253	15382	43084	11905	9391
长沙	6431	8172	9226	23829	10592	15261	14132	39985	10351	7799
广州	6575	7406	9854	23835	10327	13339	12247	35913	10854	10056
南宁	6695	8319	11728	26742	11833	13375	12731	37939	11832	9788
成都	7450	8781	10078	26309	10422	11826	11585	33833	7492	5673
昆明	13682	14533	13485	41700	9487	9881	10248	29616	9114	8224
呼和浩特	12191	14109	16818	43118	17008	15852	14716	47576	12167	10074
吐鲁番	11449	14080	16957	42486	17321	17546	15811	50678	12753	9866
哈密	12562	15221	18689	46472	18943	18772	17029	54744	14041	10986
西宁	12537	14492	16129	43158	16460	16339	15381	48180	12026	10668
银川	12124	14050	16664	42838	16963	16687	15125	48775	12362	10360
兰州	10698	12501	14335	37534	14698	14446	13557	42701	10238	8872
拉萨	16086	17557	20235	53878	19172	18164	17074	54410	15916	15844
察隅	8716	11063	10787	30566	8023	11153	11125	30301	9969	8169

(cal/cm²)

表 1-4

季		冬 季				年总辐射	年光合有效辐射	≥0°C 期间总辐射	≥10°C 期间总辐射
11月	季	12月	1月	2月	季				
4763	22192	3555	4382	6219	14156	111766	50295	81947	60691
5615	25518	4538	5201	6954	16693	121597	54719	95567	73371
6762	28457	5728	6548	7931	20207	134950	60727	113233	90747
6420	26920	5838	6553	7498	19889	128037	57616	109942	87675
6146	24340	5629	6021	6652	18302	116052	52223	104400	82519
6550	25315	6058	6247	6630	18935	116596	52468	109573	85367
6142	23149	5584	5537	5831	16952	104069	46831	100138	77369
6368	25671	5773	5825	6464	18062	115475	51964	111719	88280
7140	28436	6205	6059	6108	18372	118257	53215	113920	92355
5604	23754	5044	4954	4740	14738	102304	46037	99746	81157
8400	29310	7193	6741	5639	19573	108631	48884	108631	85541
7702	29322	6381	5838	5525	17744	111748	50286	111747	103121
4470	17635	4093	4589	4896	13578	91355	41110	91355	74124
8390	25728	8516	9261	9935	27712	124757	56140	124756	91966
7049	29290	5630	6315	8019	19964	139947	62976	105223	77096
6328	28947	4842	5494	7486	17822	139934	62970	121606	104896
7094	32121	5550	6325	8409	20284	153620	69129	127055	100811
8372	31066	7532	8068	9260	24860	147262	66268	110853	67806
7650	30372	6690	7343	8731	22764	144748	65137	114368	85760
6748	25858	5987	6574	7793	20354	126448	56901	103948	76125
12798	44558	11721	12020	12341	36082	188928	85018	151665	86220
8392	26530	7870	7278	8283	23431	110829	49873	110828	82598

和东南沿海地区总辐射值在 110~120 千卡/厘米²·年之间, 南北差异不显著。南岭以南沿海地区总辐射又稍有增加的趋势, 达 120 千卡/厘米²·年以上。海南岛与台湾中部地区达 130~140 千卡/厘米²·年。见图 1-2。

总辐射收入有明显的季节变化。一般夏季总辐射收入最多, 冬季最少, 春季多于秋季。冬季在川黔及湘西一带形成低值中心, 西藏东南部为总辐射收入全国高值区。春季在长江中游和珠江之间, 由于锋面的活动, 阴雨天较多, 形成一个低值中心; 西藏东部和内蒙古为辐射收入的高值中心。秋季最低值在川黔之间。夏季在西南季风影响下的云南高原西部, 为全国总辐射收入的低值中心, 其它大部分地区从内蒙古到珠江流域都较高。

月总辐射最大和最小值出现的时间有明显的地区差异。我国广大地区月总辐射最大值一般出现在 4~8 月。西北干燥地区总辐射最大值出现在六月, 长江以南出现在七月。如南京、武汉、福州等地, 受副热带高压的控制, 天气晴朗, 太阳辐射强, 而七月份以前为雨季。受西南季风影响的云南地区和雅鲁藏布江谷地, 最大值出现在 3~5 月。如腾冲、拉萨出现在四月。内蒙古东部、华北北部和东北南部的最大值出现在五月。如北京、沈阳、集宁等地夏季因受东南气流影响, 故在夏季到来之前的干燥季节出现最大值。

我国各地总辐射最低值多出现在太阳高度最低的 12 月份。但在我国南部地区的南昌、长沙和广西等地, 由于二月份总云量和低云量都比 12 月份多, 因而二月份出现最低值。表 1-4 给出我国各地月、季、年和年光合有效辐射及日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间的太阳辐射总量。

3. 日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间的太阳辐射分布

日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的持续日数是喜温作物的生长期或活跃生长期, 农作物干物质绝大部分在此时期形成。

从图 1-3 可见, 此时期的太阳辐射量除了受纬度、云量影响外, 还和日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的持续日数的多少有关。

华南是全国的高值区, 在 90~120 千卡/厘米²之间, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的持续日数, 多数地区在 300 天以上。最高中心在海南岛西南和台湾中南部达 120~130 千卡/厘米²之间。新疆地区和甘肃西北部, 因受地形影响, 大部地区在 90 千卡/厘米²以上, 其中塔里木盆地达 100 千卡/厘米²以上, 是我国第二个高值区。巴颜喀拉山地区是全国最低值区, 辐射总量低于 20 千卡/厘米², 最低的青海玛多地区仅 4 千卡/厘米², 是日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的持续日数最少的地区, 仅有八天。另一低值区在祁连山南麓的托勒、门源附近, 辐射总量低于 50 千卡/厘米², $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的持续日数少于 100 天。东北在 60~80 千卡/厘米²之间, 华北约 90 千卡/厘米²以上, 长江中下游约 80 千卡/厘米²左右。

4. 光合生产潜力估算

农作物总干物质中, 有 90~95% 是由光合作用形成的, 只有 5~10% 来自土壤养分。因此, 农作物产量的高低最终取决于单位面积上收获物里蓄积的化学潜能的数量。植物进行光合作用只能利用太阳辐射中波长为 380~710 毫微米范围的可见光部分, 即通常所说的光能, 或称生理辐射。根据植物光合作用过程的反应得出光合作用的最大效率为 22.4%。根据试验资料, 光合作用中消耗于呼吸作用的物质与其它损失, 占光合作用中所形成物质

的 20~30%，如以 30% 计，则吸收光能在光合作用中用于形成有机物质的理论有效系数应为： $0.224 - (0.224 \times 0.30) = 0.1568$ ，即 15.68%。如果再把大田反射、植株间漏光、接茬耗光与植物衰老期利用率的下降低等计算在内，在最终形成产量中的生理辐射的能量利用率可为 10%，这是希望达到的理论数值，即在水、热、养分得到保证时可能达到的产量上限。

光合潜力是指在二氧化碳含量正常，其它环境因素（水分、温度、养分等）处于最适状态，理想的作物群体充分利用光能所形成的最高产量。通常用光能利用率或太阳辐射能利用率来表示。即在一定时期内，单位面积上作物收获物中包含的能量（ ΣB ），与同时期内单位面积上的可见光能量或太阳辐射能（ EQ ）之比称为光能利用率或太阳能利用率（ $E\%$ ）。则：

$$E(\%) = \frac{\Sigma B}{\Sigma Q} \times 100\%$$

一般合成一克干物质需要 4.25 千卡的热。上式可改写成：

$$E(\%) = \frac{500YH}{\Sigma Q \times 666.7 \times 10^4} \times 100\%$$

式中：Y：为生物产量；

H：为燃烧一克干物质释放的能量一般取 4.25 千卡/克；

500 为 1 斤 = 500 克， 666.7×10^4 是一亩换算为平方厘米。

根据每形成一克干物质需要 4.25 千卡的热量。假如作物生长发育所要求的生活条件，特别是热、水、养分等条件都能满足要求时，则作物总干物质的产量（包括根、茎、叶及籽实，通称生物产量），将和各地区太阳辐射总量成比例。我国西部地区太阳光能普遍多于东部地区，如果水、肥等有充分保证，则西部地区的增产潜力将会大于东部地区。目前我国光能利用率还是比较低的，全国全年太阳光能利用率平均值只有 0.4%，但因地区而有很大的差异（见表 1-5）。

我国高产地块的光能利用率

表 1-5

地 区	作 物	产量(斤/亩)	生长期内太阳辐射总量(kcal/cm ²)	光能利用率(%)
华北平原	小麦	1000	74.6	1.2
华北平原	小麦+玉米	2000~2500	113.8	1.4~1.7
江苏、苏州地区	水稻+小麦	2500~3000	117.5	1.7~2.0
全 国				0.4

从光能利用率估算生产潜力，是国内外农学和农业气象学者十分关注的问题。中国著名的气候学家和农业气象的创始人竺可桢在 1964 年曾指出，长江流域单季稻光能利用率

为1%则亩产可达941斤,并引用了叶诸沛从土地肥力来计算单季水稻最高产量为2494斤/亩,效率约2.5%,以及汤佩松从植物生理眼光来计算华北水稻最高产量为2500斤/亩,效率约为2.6%。据龙斯玉的计算,我国广东高产栽培试验中一年的生理辐射最高利用率已达5.1%,如全国达到这一水平,则全国粮食平均产量将增加到2500斤/亩以上。中央气象局气象科学研究所农气室等估算了我国不同熟区几个地方的光能潜力和理想产量(表1-6)。

我国不同熟区光合潜力及理想产量

表 1-6

地 名	熟 区	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 初、终期 (月/日)	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间 总 辐 射 量 (kcal/cm ²)	主要作物	光合潜力 (斤/亩)	理想产量 (斤/亩)
哈尔滨	I	5/6~9/28	64.94	玉米、大豆、春小麦	8052.6	3221.0
长 春	I	5/2~9/29	68.12	玉米、大豆、高粱	8446.6	3378.7
沈 阳	I	4/20~10/7	73.98	玉米、水稻	9173.6	3669.4
太 原	I	4/17~10/10	82.12	玉米、高粱	10182.9	4073.2
延 安	I	4/20~10/8	74.37	谷子、土豆	9221.9	3688.8
兰 州	I	4/18~10/12	83.50	玉米、谷子、春小麦	10354.0	4141.6
锦 州	II ₁	4/19~10/13	79.47	玉米、冬小麦	9854.3	3941.8
北 京	II ₂	4/16~10/21	89.03	玉米、冬小麦	11039.7	4415.8
石家庄	II ₂	4/3~10/23	90.70	玉米、冬小麦	11246.8	4498.8
郑 州	II ₂	4/1~11/2	89.63	玉米、冬小麦	11114.2	4445.7
西 安	II ₂	4/3~10/26	74.24	玉米、冬小麦	9205.8	3682.4
南 京	III ₁	3/31~11/13	87.13	双季稻	10804.1	4321.6
贵 阳	III ₁	3/23~11/13	76.95	一季稻、玉米	9541.8	3816.8
杭 州	III ₁	3/31~11/18	83.22	冬双季稻、冬小麦	10319.3	4127.8
武 汉	III ₁	3/25~11/15	94.28	双季稻、冬小麦	11690.7	4676.3
南 昌	III ₁	3/21~11/20	87.97	双季稻、冬小麦	10908.3	4363.4
长 沙	III ₁	3/22~11/19	83.97	双季稻、冬小麦	10411.0	4164.0
广 州	III ₂	1/31~12/28	107.30	双季稻、冬小麦	13305.8	5322.4
南 宁	III ₂	2/12~12/27	105.13	双季稻、冬小麦	13036.2	5214.5

世界高产地块的光能利用率为5%(光合有效辐射利用率为10%),我国高产地块最高光能利用率为2.5%(光合有效辐射利用率为5%),全国平均只有0.4%,由此可见,现实生产中的光能利用率和可能利用的光能之间还有很大差距,增产潜力是十分巨大的,农业生产的远景是广阔的。

限制光能利用率的自然因素主要有:作物生长初期覆盖度小;作物群体内光分布不合理;光能转化率低;中高纬度地区受冬季低温限制;不良的水分供应与大气条件使叶子的气孔关闭,影响CO₂的有效性与植物的其它功能;光合作用受空气中CO₂含量的限制;土壤肥力水平低;自然灾害的影响等等。

提高光能利用率的途径很多。一是合理密植,也就是在空间上增加足够的叶面积,以便尽可能多地截获太阳能,更有效的进行光合作用;二是进行间作套种,也就是通过作物