

新疆农业气候资源 及区划

徐德源 主编



气象出版社

新疆农业气候资源及区划

徐德源 主 编

气象出版社

内 容 简 介

本书是在研究新疆农业气候条件和农业生产实际的基础上,总结了20多年农业气象研究成果后写成的。全书共分八章。书中首先对全疆农业气候资源和农业气象灾害进行了深入探讨;进而从大农业出发,以农林牧业与气候的关系为基础,按照各种作物、瓜果、蚕桑、林木和家畜气候特性,对20多种粮食作物、经济作物、油料作物、瓜果、林木和牧业进行了农业气候区划,系统地反映了新疆农业气候生态条件,在此基础上,进行了全疆综合农业气候区划和评述。这是我国迄今为止最为详细的省级区划。最后,对农业气候资源的利用与保护问题提出了一些建议。

本书资料丰富,针对性强,结合生产比较紧密,为农林牧业生产布局、引种育种和栽培(饲养)管理提供了科学依据,可供农业、林业、畜牧、气象、地理、生态等有关专业的科技人员和大专院校师生参考使用。

新疆农业气候资源及区划

徐德源 主 编

责任编辑 张国秀

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

新疆新华印刷三厂印刷

气象出版社发行 全国各地新华书店经售

* * *

1989年12月第一版 1989年12月第一次印刷

开本: 787×1092 1/16 字数: 520千字

印数: 1—1000 印张: 20.875

ISBN7—5029—0358—5/P·0201

定价: 29.90元

序

新疆位于祖国的西北边陲、欧亚大陆的腹地。远离海洋，四面环山。天山横亘中间，把新疆分成南疆和北疆两大部分。区内由较多的大、小盆地组成，主要的是两大盆地：南疆的塔里木盆地，北疆的准噶尔盆地。

新疆干旱少雨，属灌溉农业区。农业、工业等方面的用水，多来源河流，而河流的形成和发育，则主要靠山上的冰、雪融化和较大降水形成的径流。目前，农业、工业以至人口的分布，基本上沿着盆地周围由山区而平原流动的大小500多条河流。新疆土地面积占全国的 $1/6$ 。由于所处经、纬度和海拔高低、周围环境的不同，在气候方面，不仅新疆和兄弟省、市、自治区相比具有独特的特点，就是新疆境内，南疆、北疆也迥异，地州市县之间及其内部亦有明显差别。农、林、牧业生产与气候密切相关。正确地评价农业气候资源，合理地进行农业气候区划，是合理布局、有效地指导农、林、牧业生产的重要基础。

新疆气象局，十分重视农业气候的调查研究。1980—1983年，在各地州市县开展农业气候资源调查和农业区划工作的基础上，参考利用有关资料，并进行了补点调查，整编了各地气候资料，完成了科研成果《新疆农业气候资源及区划》。经1984年区内、外20多位专家评议鉴定认为：该成果内容丰富，针对性强，“对指导生产实用意义大，为开发新疆、进行新疆大农业发展的战略部署，提供了很有价值的科学依据”，其中的“葡萄、蚕桑气候区划，在自治区首次完成”，“畜牧业气候区划开始填补了我国这方面工作的空白”。由于科学性、实用性强，“达到了国内同类研究的先进水平”。1985年荣获全国农业区划委员会农业区划成果优秀成果二等奖。这些成果对新疆农业资源调查和农业区划工作也起到了比较明显地促进作用。

为了适应新疆社会主义经济建设发展的需要，新疆气象局徐德源等同志，根据1984年上述成果鉴定会上专家们所提意见和近几年对新疆农业气候资源和区划研究的新见解，以及1984年以来新疆农业生产发展的实际情况，经过一年的努力，对科研成果《新疆农业气候资源及区划》的内容进行了较大修改和补充。现在和读者见面的一书，是在上述研究成果的基础上总结20多年新疆农业气候条件与农业生产实践关系的研究成果上写成的。其特点是对全疆农业气候资源和农业气象灾害进行了全面、深入地研究和探索，并以农、林、牧业为基础，按照地域分异规律和各种农作物、瓜果、蚕桑、林木、家畜气候特征，对20多种农作物、林木和家畜，从全疆角度进行了综合农业气候区划和评述，系统反映了新疆农业气候生态条件和农业气候与农业生产之间的关系。本书资料丰富、翔实，具有更高的科学价值和实用价值，为农林牧业生产布局，引种育种和栽培（饲养）、管理提供了科学依据，可供从事农业、林业、畜牧、气象、地理、生态等有关专业的领导、科技人员和大专院校师生参考使用。

当前我国农业资源调查和农业区划工作继续深入发展。相信自治区农业气象科技工作者会再接再厉，奋发前进，为把新疆尽快建成全国重要的棉花、甜菜糖业、瓜果和畜牧业等商品生产基地，更好地开发新疆、建设新疆，不断提供具有较高水平的科研新成果，作出更大地贡献。

新疆维吾尔自治区农业区划委员会副主任 冯兆昆

1989年3月12日

前 言

新疆农业气候资源调查和农业气候区划研究工作是从1978年开始的。它是新疆农业自然资源调查和农业区划研究工作的一部分,是为实现农业现代化服务的一项重要基础性工作。其任务是对气候进行农业鉴定,揭示农业气候的地域差异,论述气候对农业生产的有利与不利方面,为合理利用农业气候资源,避免农业气象灾害提供农业气候依据。

新疆农业气候资源调查和农业气候区划研究工作,分两个阶段完成。1978—1980年应新疆维吾尔自治区农业区划和规划的需要,利用当时所掌握的材料于1980年撰写出《新疆简明农业气候区划》,达到了为新疆农业区划和规划提供依据和服务的目的,曾获国家气象局颁发的农业气候资源和农业气候区划优秀成果三等奖。1980—1983年,在全疆各地、州气象部门开展农业气候资源和农业气候区划工作的基础上,我们又对农业气候资源和农业气候问题不清楚的地方进行了补点调查,对各地气候资料进行了整编,并对新疆20多年的农业气象研究成果进行了全面总结。按计划完成了农业气候资源、农业气象灾害、农作物气候生态条件及区划、果树与林业气候区划、畜牧气候区划以及综合农业气候区划六个方面的研究任务,并分别撰写出论文,分五册铅印,内部出版了《新疆农业气候资源及区划》一书。1984年新疆农业区划委员会组织有关专家对本项研究成果进行了鉴定。专家们认为该成果达到了国内同类研究的先进水平,盼能早日正式出版。新疆农业自然资源和农业区划简报评价这项成果是“生产者的良师,科技者的益友”。1985年本研究成果获全国农业区划委员会颁发的农业区划优秀成果二等奖。

1988年,我们用了一年的时间,根据1984年鉴定会上专家们提出的意见和近几年对新疆农业气候资源和区划研究的新认识,以及新疆农牧业生产的发展实际,对《新疆农业气候资源及区划》一书又进行了较大修改和内容补充。修改后,本书共分八章:第一章,农业气候资源。论述了光、热、水和风能资源的特点及其时空分布规律。第二章,农业气象灾害。结合新疆农业生产分别研究了干热风、冻害、霜冻、大风、风沙、雨害、冰雹等气象灾害的指标、危害程度和发生规律,并提出一些防御对策。第三章,作物与气候。就新疆主要粮食作物、经济作物和油料作物的生长发育及品质和产量与气候条件的关系进行了分析,指出了各地气候条件的适宜程度及分区情况,为作物的合理布局提供了气候依据。第四章,瓜果、蚕桑与气候。分析了新疆瓜果生产的气候优势和生产中存在的气候问题,对瓜果栽培区进行了适宜性区划。第五章,林业与气候。通过分析林木生长与气候条件的关系,提出了不同气候地区适宜发展的树种,在此基础上进行了林业气候分区。第六章,牧业与气候。论述了新疆主要草场类型形成的气候条件,产草量和牧草品质与气候条件的关系,气候条件对牧事活动和畜产品的影响,以及畜病、灾害与气象,牧业气候区划等。第七章,农业气候区划。提出了区划的原则、指标和分区系统,把全疆划分为三个气候带,八个农业气候区,22个农业气候

地区，对每个农业气候地区的分区评述均着眼于大农业，突出农业气候特点与合理利用资源的途径。第八章，农业气候资源的利用与保护。这一章是从农业发展战略的角度出发，立足于趋利避害，发挥气候资源优势，提出了合理利用新疆农业气候资源的若干建议和保护、改善农业气候资源的意见。

新疆农业气候资源调查及区划研究工作能够顺利开展并取得成果，是和新疆维吾尔自治区农业区划委员会、自治区气象局的大力支持、关心和帮助分不开的。借本书正式出版的机会，对参加鉴定本项研究成果并提出宝贵修改意见的专家深表感谢。

本书在编写过程中，曾参考了大量文献和资料，引用的文献和资料已在有关部分列出，我们向原作者表示衷心感谢。

由于编写水平所限，本书不足、不妥、甚至错误之处，敬请读者赐教。

本书由徐德源主编。各章节执笔人如下：第一章第一、二节，徐德源；第三、四节，桑修诚。第二章第一节，申明华；第二节，郑维；第三节，郑维、王勇；第四、五、六节，季红岩；第七节，王珍。第三章第一节，王润之；第二节，朱茂如；第三节，王润之、王安美、任水莲；第四节，徐德源；第五节，石智德；第六节，石智德、许昌燊；第七节，戚鹤年；第八、九、十、十一节，郭兴章。第四章第一、二节，王素娟；第三节，季红岩；第四节，朱茂如；第五节，季红岩；第六节，郭兴章。第五章，徐德炎；第六章第一节，徐德源；第二节，林柯；第三节，徐德源、薛建钢；第四节，薛建钢，孙浩；第五节，孙浩；第六节，徐德源。第七章及第八章，徐德源。

本书绘图工作由魏存英完成。

目 录

序.....	(i)
前 言.....	(ii)
第一章 农业气候资源.....	(1)
第一节 光资源.....	(1)
第二节 热量资源.....	(15)
第三节 水分资源.....	(39)
第四节 风能资源.....	(62)
参考文献.....	(73)
第二章 农业气象灾害.....	(74)
第一节 干热风.....	(74)
第二节 冻 害.....	(81)
第三节 霜 冻.....	(91)
第四节 大 风.....	(98)
第五节 风 沙.....	(103)
第六节 雨 害.....	(107)
第七节 冰 雹.....	(111)
参考文献.....	(118)
第三章 作物与气候.....	(119)
第一节 小 麦.....	(119)
第二节 水 稻.....	(131)
第三节 玉 米.....	(137)
第四节 棉 花.....	(147)
第五节 甜 菜.....	(157)
第六节 啤酒花.....	(165)
第七节 大 豆.....	(169)
第八节 油 菜.....	(175)
第九节 油 葵.....	(180)
第十节 花 生.....	(187)
第十一节 红 花.....	(191)
参考文献.....	(195)
第四章 瓜果、蚕桑与气候.....	(197)
第一节 葡 萄.....	(197)
第二节 苹 果.....	(206)

第三节 梨	(214)
第四节 甜 瓜	(220)
第五节 西 瓜	(224)
第六节 蚕 桑	(230)
参考文献	(236)
第五章 林业与气候	(237)
第一节 树木生长与气候	(237)
第二节 农田防护林的气候效应	(241)
第三节 林业气候区划	(249)
参考文献	(256)
第六章 牧业与气候	(257)
第一节 草场与气候	(257)
第二节 牧草与气候	(263)
第三节 家畜与气候	(272)
第四节 畜牧气象灾害	(286)
第五节 主要畜病与气象	(291)
第六节 牧业气候区划	(294)
参考文献	(299)
第七章 农业气候区划	(300)
第一节 区划原则和系统	(300)
第二节 分区评述	(304)
参考文献	(316)
第八章 农业气候资源的利用与保护	(317)
第一节 农业气候资源的开发利用	(317)
第二节 农业气候资源的保护和改善	(323)
参考文献	(326)

第一章 农业气候资源

资源，通常是指人类可以利用的自然物质和自然能量。如土地、生物（草场、森林、动物）和水等。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，包括太阳辐射、热量、降水和风等等。

第一节 光资源

太阳光是地球上生命活动的能量源泉，也是植物进行光合作用的唯一能源。它不仅以其热效应给动、植物一个适宜的环境温度条件，更重要的是，在光的作用下，绿色植物表现出光合效应，光形态效应和光周期效应。在农业气候分析中，主要研究太阳辐射的光合效应。农作物在土壤无机肥料和水分的参与下，利用日光能和空气中的 CO_2 ，形成根、茎、叶、子实等植物体，除去水分后，干物质量的90—95%都是靠光合作用形成的。因此，农业生产就是通过绿色植物的光合作用把太阳光能转化为潜能的过程。掌握一个地区光能资源的数量分布规律及其生产潜力，对充分利用一个地区的光资源，提高光能利用率，进一步挖掘生产潜力是有实际意义的。

一、太阳总辐射

（一）太阳总辐射的计算

到达地面的太阳总辐射（ Q ），是由太阳直接辐射（ S ）和天空散射辐射（ D ）所组成，即： $Q = S + D$ 。在全天有云的情况下， $S = 0$ ，则 $Q = D$ 。

太阳辐射量（光量），是以一定时间（年、月、日或作物生育期间、或某生育阶段）内投射到单位面积（平方厘米、亩、公顷等）上的能量表示。一般用焦耳/（厘米²·秒） $[\text{J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})]$ 表示，或兆焦耳/（米²·秒） $[\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})]$ 表示，也有用卡/（厘米²·分） $[\text{cal}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})]$ 表示，它们之间可以换算。

$$\text{即： } 1\text{cal} = 4.1868\text{J}$$

太阳辐射量的多少和强弱是由地理纬度、海拔高度、太阳高度、大气透明度、云量多少等因子决定的。新疆有太阳辐射观测的台站共10个，资料年代较长的有9个，即：阿勒泰、伊犁、乌鲁木齐、吐鲁番、哈密、库车、喀什、和田、若羌。其他没有观测资料的地区的太阳辐射值是用气候学方法计算出来的。气候学计算方法很多，公式有几十种之多，基本形式是^{〔1〕}：

$$Q = Q_0 f(S_1, \bar{n}) \quad (1.1)$$

式中： Q 为实际太阳总辐射量（月或日）； Q_0 为晴天总辐射量或天文辐射量或理想大气辐射量； $f(S_1, \bar{n})$ 为表征天空遮蔽程度的函数，其中 S_1 是日照百分率， $\bar{n}$ 是月平均总云量。

本文在计算总辐射时，考虑到新疆地形复杂，用天文辐射只能反映纬度而不能反映海拔

高度，用晴天总辐射，则计算公式中的水汽和灰尘含量系数 ($\bar{a}$, $\bar{p}$) 不易确定，理想大气总辐射既随地理纬度变化，又与测站的海拔高度有关。因此，我们选用理想大气辐射量 ($Q_{理}$) 来计算实际太阳总辐射。 S_1 是用器测的连续日照记录计算的，比 $\bar{n}$ 精确，同时， S_1 与 Q 有良好的线性关系，因此，我们用下式计算太阳总辐射：

$$Q_{总} = Q_{理} (a + bS_1) \quad (1.2)$$

式中： $Q_{总}$ 为太阳总辐射； $Q_{理}$ 为理想大气总辐射； S_1 为日照百分率； a 和 b 为随气候状况变化的回归系数。根据联合国粮农组织 (FAO) 的整理，温带寒冷区 $a=0.18$, $b=0.55$ ；热带干旱区 $a=0.25$, $b=0.45$ ；热带湿润区 $a=0.29$, $b=0.42$ 。新疆属温带干旱区， a 和 b 是根据 9 个站的实测资料计算求得的 (表 1.1)。全疆各地的 a, b 值是用表 1.1 中的系数外推的。 a, b 值的外推范围是：北疆北部和西部各地用阿勒泰的，伊犁河谷和北疆沿天山一带用伊犁的，乌鲁木齐地区用乌鲁木齐的，南疆北部用库车的，东部用若羌的，南部用和田的，西部用喀什的，东疆各地用哈密的。

表 1.1 新疆九个站的 a, b 系数值

地 区	系 数	春 (3—5月)	夏 (6—8月)	秋 (9—11月)	冬 (12—2月)
阿勒泰	a	0.3933	0.2635	0.3023	0.2440
	b	0.4276	0.5435	0.4965	0.7347
伊 犁	a	0.2357	0.2374	0.2532	0.2638
	b	0.6031	0.5918	0.5545	0.6396
乌鲁木齐	a	0.2606	0.2955	0.2236	0.2032
	b	0.5342	0.4758	0.5705	0.6516
吐鲁番	a	0.3202	0.3137	0.2828	0.3096
	b	0.4844	0.4745	0.5206	0.5255
哈 密	a	0.3132	0.3729	0.4777	0.4222
	b	0.5284	0.4067	0.3196	0.4438
库 车	a	0.3958	0.4060	0.4389	0.4387
	b	0.3781	0.3583	0.3453	0.3957
喀 什	a	0.3419	0.4063	0.3414	0.3217
	b	0.4198	0.3510	0.4429	0.4983
和 田	a	0.3905	0.4258	0.3104	0.3221
	b	0.3540	0.2731	0.5249	0.5483
若 羌	a	0.3438	0.3096	0.3558	0.3319
	b	0.4213	0.4646	0.4345	0.4916

最后，根据多年平均日照百分率和理想大气辐射资料⁽²⁾线性内插，用公式 1.2 计算出全疆 100 个站的太阳月总辐射值和年总辐射值¹⁾。计算误差月平均值为 1%，最大为 6%；年平均值为 0.8%，最大 1.4%，均在误差允许范围内。

1) 龚培兰，新疆太阳能资源的分析与区划 (手稿)，1988 年。

(二) 太阳总辐射的分布

1. 总辐射的年分布

新疆地处欧亚大陆中心，远离海洋，空气干燥，云量较少，晴天多，光资源十分充裕。年总辐射量达5000—6490兆焦耳/米²，比同纬度的华北和东北地区多620—840兆焦耳/(米²·年)，比长江流域中下游多1250—2090兆焦耳/(米²·年)，居全国第二。

太阳总辐射量东南部多在6000兆焦耳/(米²·年)以上，西北部多在5800兆焦耳/(米²·年)以下。形成这种差别的原因是，新疆的山体西高东低，南高北低，西来低层气流很难直入塔里木盆地，多从西部几个缺口入境，在西北部形成比较多的云和降水，使太阳辐射量减少；东南部则碧空少云，降水少，辐射量增大。哈密地区，太阳总辐射值近6400兆焦耳/(米²·年)，是新疆年总辐射值最大的地方。其所以如此，是因为自西向东移动的气流到达哈密地区后，受东部祁连山所阻分成两股，一股沿河西走廊进入甘肃境内，一股经库鲁克塔格低山区倒灌进入塔里木盆地，因此，哈密地区低层气流减弱散开，高层气流下沉，湿度和云量减少，晴天多，辐射量增加。进入塔里木盆地的气流到达盆地西南角，地势阻塞不能前进，迫使气流作上升运动把地面大量沙尘卷扬在空中，使这一带的浮尘、风沙日数增多，太阳总辐射减小，仅有5800兆焦耳/(米²·年)左右。

北疆地区，云量比南疆多，太阳总辐射为5200—5600兆焦耳/(米²·年)，其中，伊犁河谷、博尔塔拉谷地、塔城盆地、额尔齐斯河谷的总辐射量约5400兆焦耳/(米²·年)左右；准噶尔盆地中部的克拉玛依、车排子、炮台和莫索湾一带受地形影响，云量和风沙较多，太阳辐射总量减少到5200兆焦耳/(米²·年)以下，是新疆平原地区辐射量最小的地区。

太阳总辐射除上述地区差异外，还有一个明显的特点是，北疆山区因云量增加，日照减少，太阳总辐射量也随之减弱，如天山、阿尔泰山以及准噶尔西部山区的巴尔鲁克山和塔尔巴哈台山均小于5200兆焦耳/(米²·年)。南部昆仑山和阿尔金山北坡，是青藏高原太阳辐射高值区的边缘，总辐射量为6200兆焦耳/(米²·年)，且随海拔高度上升有增大的趋势(图1-1)。

2. 总辐射的季分布

(1) 冬季(12—2月)

冬季太阳高度角较低，白天时间短，辐射量最少，占全年的10—16%。冬季新疆处在强大的蒙古高压控制下，天气稳定，风沙、浮尘天气很少，总辐射的地区分布主要受纬度支配，由南向北递减，变化比较均匀。塔里木盆地南缘，为900兆焦耳/(米²·季)左右，至北疆北部仅为600兆焦耳/(米²·季)左右，南北相差300兆焦耳/(米²·季)。准噶尔盆地冬季多阴雾天气，太阳总辐射不到550兆焦耳/(米²·季)，是新疆的低值区。太阳总辐射的差异，反映在温度上则是南疆高于北疆，如1月平均气温，塔里木盆地比准噶尔盆地高出10℃多。

(2) 春季(3—5月)

春季是新疆的风沙季节，云量为全年之冠，太阳辐射量分布较为复杂。春季由于太阳高度角比较大，且白天时间逐渐延长，总辐射量大于秋季，为1490—1930兆焦耳/(米²·季)，占全年的28—33%，名列第二。东部地区多为1800—1900兆焦耳/(米²·季)；天山山区、塔里木盆地的西北缘和皮山一带由于云量和风沙的影响，为1500—1600兆焦耳/(米²·季)左右；其它地区为1600—1800兆焦耳/(米²·季)。

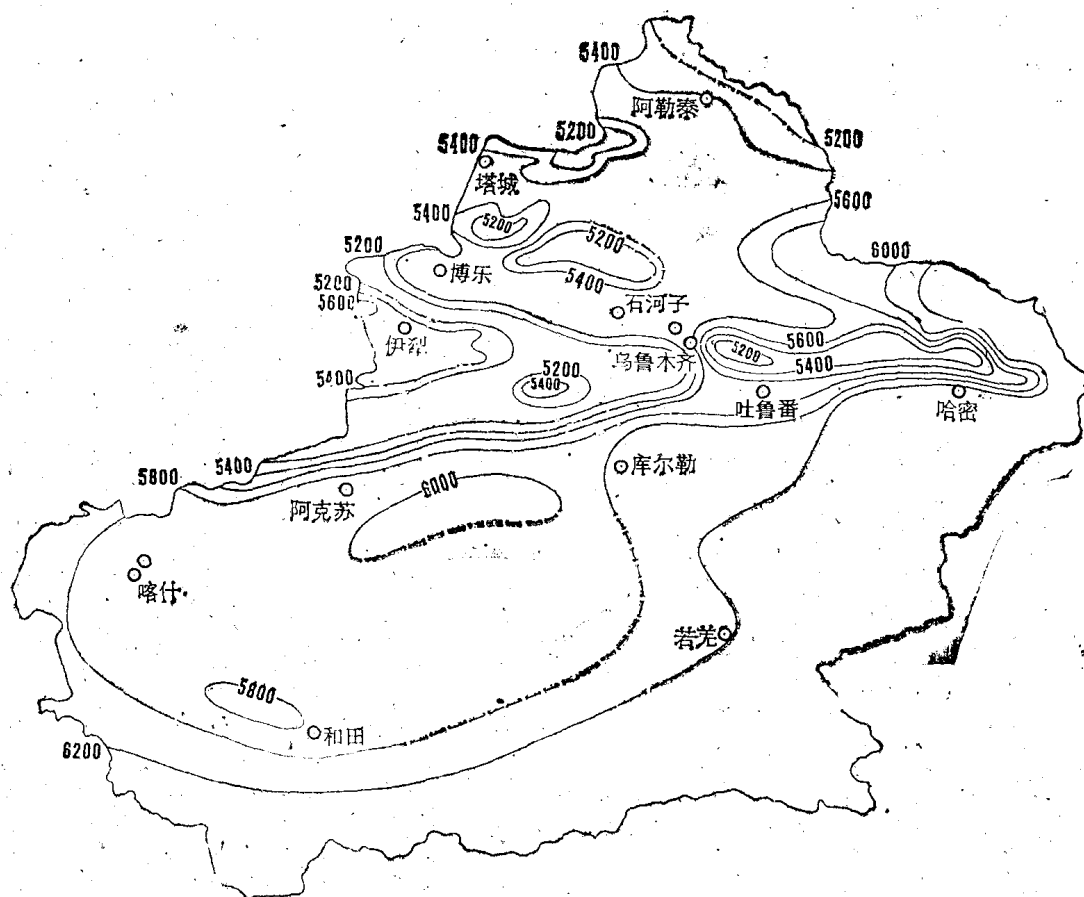


图1.1 年太阳总辐射量分布图 (兆焦耳/米²)

(3) 夏季 (6—8月)

夏季是全年总辐射量最多的季节, 为1800—2200兆焦耳/(米²·季), 占全年的32—39.6%。夏季太阳高度角大, 北部地区日照时间较南部地区长, 如6、7、8三个月阿勒泰的日照时数比和田多191小时, 而南北间的大气理想辐射量差异却不大。所以, 太阳总辐射的地区分布主要受云量和风沙天气所制约。南疆东部和吐鲁番、哈密盆地由于云量少, 大气透明度好, 总辐射量最大达2230兆焦耳/(米²·季)左右。天山山区夏季受高空急流控制, 云量较多, 太阳总辐射天山西沟仅1830兆焦耳/(米²·季); 昆仑山北麓皮山至于田一线是东、西风辐合区, 风沙和浮尘天气频繁, 是总辐射量最少的地区, 不足2000兆焦耳/(米²·季)。除此之外, 太阳辐射量南北疆差异不明显。夏季总辐射的这一分布特点, 反映在温度场上, 则是南北疆差异不显著: 7月平均气温, 塔里木盆地与北疆的艾比湖地区接近, 比准噶尔盆地仅高出约1°C左右。

(4) 秋季 (9—11月)

秋季是全年云量最少的季节, 风沙天气也比春、夏季显著减少, 大气透明度良好, 但因太阳高度角减小, 日照时间缩短, 太阳总辐射减少, 其分布基本上呈纬向, 由南向北较均匀地减少, 大致变化在1450—990兆焦耳/(米²·季)之间, 约占全年总辐射的23.5—18.0%。最大值在南疆南部民丰、安得河一带, 为1400—1450兆焦耳/(米²·季), 最小值出现在北疆北部阿勒泰, 为990兆焦耳/(米²·季)。

太阳总辐射的年变程呈单峰型，全年最低值各地均出现在12月，月总辐射量为82—286兆焦耳/（米²·月），南疆多于北疆；最高值在7月或6月，月总辐射值为600—760兆焦耳/（米²·月）。

二、光合有效辐射

太阳光主要由红外光、可见光和紫外光三部分组成。波长>710纳米的红外线不能直接被作物的叶绿素所吸收，只能使土壤、水和空气增热，是热量的主要来源。波长<380纳米的紫外线，其波长较短部分，能抑制作物的生长，杀死病菌；波长较长部分，对作物有刺激作用，可促进种子发芽和果实成熟，并能提高蛋白质和维生素的含量。波长380—710纳米的可见光是作物进行光合作用，制造有机物质的主要来源，这一部分太阳光因对植物正常生长、发育和重要的生理过程有实际意义，故称光合有效辐射。

（一）光合有效辐射的计算

目前气象台站没有光合有效辐射的观测资料，只能间接计算，计算方法可以采用总辐射系数法¹⁾，直接辐射和散射辐射系数法⁽³⁾。由于 $Q = S + D$ ，而光合有效辐射在S和D中的比重不一样，所以我们采用直接辐射和散射辐射系数法，先计算光合有效辐射占太阳总辐射的比值，其计算式为：

$$Q_p = 0.43S + 0.57D \quad (1.3)$$

式中： Q_p 为光合有效辐射；S为直接辐射；D为散射辐射。光合有效辐射在S和D中的比重是随太阳高度而变的，在太阳高度不低于20°时，计算总误差不超过5%。我们用新疆9个辐射站的实测S和D资料，按公式1.3计算了它们的光合有效辐射值，其结果与太阳总辐射值进行比较，发现各地的光合有效辐射占太阳总辐射的48—51%（表1.2）。这与通常认为光合有效辐射占太阳总辐射50±3%是一致的。

表1.2 光合有效辐射占太阳总辐射的比值（%）

〔单位：MJ/（m²·a）〕

地 点	阿勒泰	伊 犁	乌鲁木齐	吐鲁番	哈 密	库 车	喀 什	和 田	若 羌
Q	5511.6	5484.7	5259.3	5755.0	6335.9	5876.6	5845.8	5851.8	6079.2
Q_p	2641.1	2625.7	2531.2	2833.0	3045.2	2943.4	2899.9	2995.8	3097.8
比值（%）	48	48	48	49	48	50	50	51	51

由表1.2可知，北疆光合有效辐射在总辐射中的比值为48%，南疆多为50%。南、北疆的这种差异，主要是由南疆各地散射辐射大于直接辐射所致（表1.3）。散射辐射量大，农作物所能利用的光合有效辐射量就多。南疆散射辐射量大，是因为塔里木盆地的腹部是一个缺少植被覆盖的浩瀚的大沙漠，降水稀少，下垫面极端干燥，每当地面风速达5—6米/秒以上时，即能扬起地表干而轻的微粒，造成频繁的浮尘天气，使到达地面的太阳直射光线常受大量微粒作用而减弱，散射辐射则因此增大。如果用1.3式计算全疆的光合有效辐射，则需分别计算各地的S和D，这种计算又是很复杂的。为了方便，我们根据表1.2中的比值用总辐射系数法计算。光合有效辐射占总辐射的比值系数随时间、地点的不同而变化，我们对南疆和吐

1) 黄秉维，自然条件与作物生产，农业现代化概念（光能与气候资源利用），中国农林科学院科技情报研究所，（3），（1978）。

鲁番盆地取0.50, 北疆和哈密盆地取0.48。即:

$$Q_{p南} = 0.50Q \quad (1.4)$$

$$Q_{p北} = 0.48Q \quad (1.5)$$

式中: Q 和 Q_p 分别为太阳总辐射和光合有效辐射。

用1.4式和1.5式, 算出新疆100个地区的光合有效辐射和不同界限温度的光合有效辐射。

表1.3 新疆各地太阳直接辐射(S)和散射辐射(D)

[单位: MJ/(m²·a)]

地 区	S	D	地 区	S	D
阿 勒 泰	3573	1938	吐 鲁 番	3289	2489
塔 城	3604	1828	哈 密	4033	2300
伊 犁	3540	1939	库 尔 勒	3078	3000
昭 苏	3421	1990	库 车	2916	2964
博 乐	3545	1898	拜 城	2886	2969
阿拉山口	3391	1900	阿 克 苏	2983	2993
石 河 子	3315	1888	喀 什	3068	2773
昌 吉	3351	1892	皮 山	2506	3239
奇 台	3639	1920	和 田	2611	3286
乌鲁木齐	3287	1961	若 羌	3148	3060

注: 阿勒泰等9个台站为实测值, 其他地区均为计算值。

(二) 光合有效辐射的分布

1. 年光合有效辐射

新疆的光合有效辐射从南到北大致变化在3000—2400兆焦耳/(米²·年)之间。南疆和东疆为2800—3100兆焦耳/(米²·年), 北疆为2600—2400兆焦耳/(米²·年)。我国华东、华南、黄河中下游地区在2300兆焦耳/(米²·年)左右, 东北可达2500兆焦耳/(米²·年)。所以, 就我国主要农业区来说, 新疆的光合有效辐射资源是相当丰富的。

从年光合有效辐射分布看, 2800兆焦耳/(米²·年)的等值线, 从哈密北部向西南沿博格达山和天山南麓伸延至南疆西部山区。此线以南都在2800兆焦耳/(米²·年)以上, 其中哈顺戈壁、库鲁克塔塔和昆仑山北麓、帕米尔高原西部可达3000兆焦耳/(米²·年)以上。北疆地区约在2600—2400兆焦耳/(米²·年)之间(图1.2)。

季节变化比较简单, 全年以7月或6月最多, 以12月最少。

2. 不同界限温度的光合有效辐射

植物的生长发育, 要在一定的温度条件下才能进行。因此, 只有在植物的生长期, 光合有效辐射才能为植物所利用。新疆各地全年光合有效辐射量尽管非常充足, 但因气候的大陆性非常强烈, 温度变化比较大, 全年有4到6个月的日平均气温在0℃以下, 太阳光不能被植物所利用, 为较准确地反映各种作物对光能的利用情况, 分别计算了不同界限温度的光

合有效辐射量。

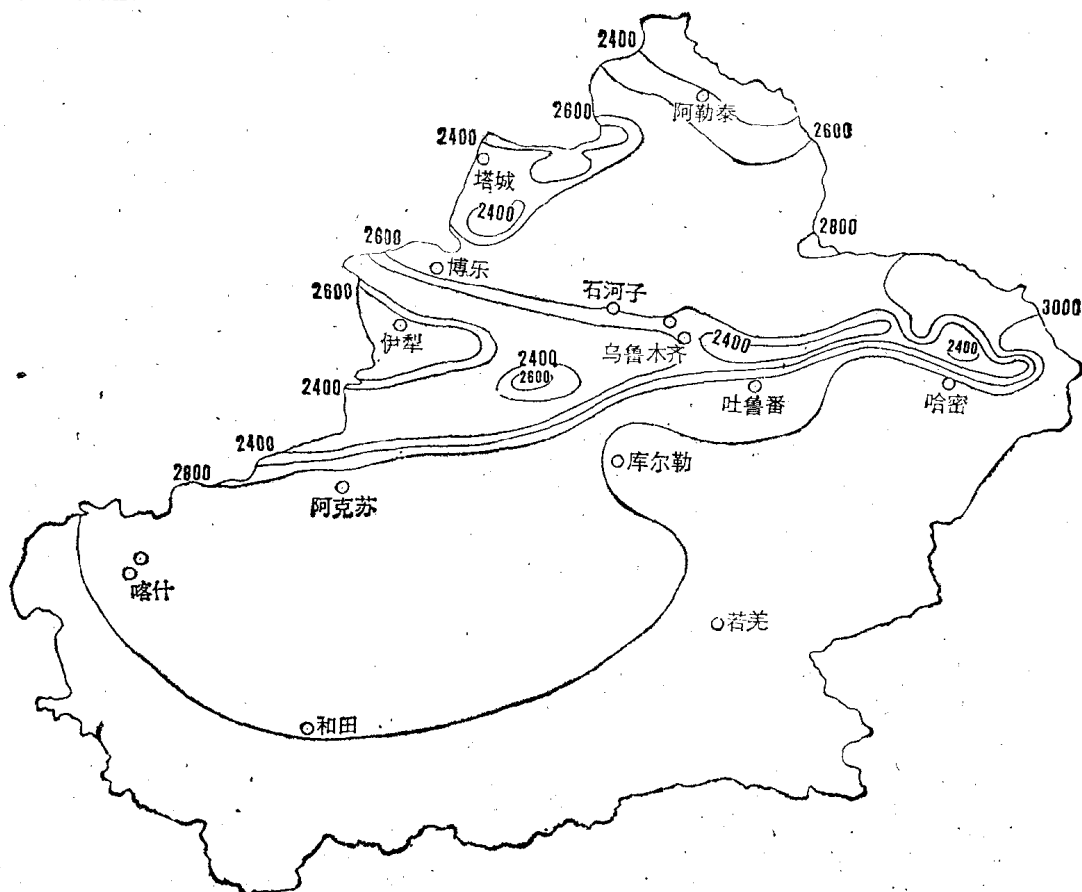


图1.2 年光合有效辐射量分布图 (兆焦耳/米²)

(1) 日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的光合有效辐射

$\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间的光合有效辐射,北疆北部为1880—2090兆焦耳/米²,准噶尔盆地、塔城盆地和伊犁河谷为2090—2300兆焦耳/米²;东疆和南疆约在2300—2510兆焦耳/米²以上,库尔勒地区可达2720兆焦耳/米²(表1.4)。

冬小麦秋末停止生长和春初返青虽然和 0°C 日期一致,但不能用 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间的光合有效辐射作为冬小麦可利用的光能。因为新疆冬季漫长,日平均气温 $< 0^{\circ}\text{C}$ 的时间,北疆一般为10月底或11月上旬至翌年3月中、下旬,长4—5个月,南疆一般为11月中、下旬至翌年2月中、下旬,长3个月。在此期间,北疆麦苗被雪层覆盖,南疆大部地区虽没有雪层,但麦苗地上部分也已枯萎,光合作用基本停止。春初,气温回升,冬麦返青,又开始营养物质的积累。因此,冬小麦光合有效辐射量是按冬前和冬后两个阶段之和计算的。第一阶段是出苗到秋末停止生长约1个半月的时间;第二阶段是春初冬麦返青到成熟约3个半月的时间。按此计算,冬小麦的光合有效辐射,北疆北部为920—1040兆焦耳/米²,准噶尔盆地、塔城盆地和伊犁河谷为1040—1170兆焦耳/米²,南疆喀什、和田、民丰一带,以及吐鲁番-哈密盆地可达1150—1380兆焦耳/米²。

在山前地带、坡地和山间盆地,由于小麦生育期间的温度条件较低,生长期延长许多,能够利用的光合有效辐射量相应增大。

(2) 日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间的光合有效辐射。

表1.4 不同界限温度期间的的光合有效辐射

站 名	光合有效辐射 (MJ/m ²)			站 名	光合有效辐射 (MJ/m ²)		
	≥0℃	5℃—初霜冻	≥10℃		≥0℃	5℃—初霜冻	≥10℃
阿勒泰	2047	1763	1566	三塘湖	2479	2123	1980
哈巴河	2068	1758	1545	哈 密	2529	2186	2005
富 蕴	2026	1566	1545	吐鲁番	2671	2450	2319
福 海	1993	1746	1566	鄯 善	2663	2378	2190
塔 城	2169	1834	1591	焉 耆	2700	2311	2089
和布克赛尔	1934	1587	1382	库尔勒	2751	2474	2244
托 里	1993	1650	1428	若 羌	2604	2294	2114
乌 苏	2169	1961	1725	库 车	2571	2336	2064
温 泉	2085	1788	1528	拜 城	2345	2052	1830
博 乐	2206	1926	1704	阿克苏	2324	2081	1871
伊 犁	2315	1989	1779	阿拉尔	2450	2261	2035
新 源	2119	1846	1545	阿图什	2537	2370	2102
昭 苏	1876	1394	971	喀 什	2554	2345	2089
石河子	2215	1901	1742	乌 恰	2248	1867	1474
昌 吉	2152	1846	1671	塔什库尔干	2223	1537	1122
奇 台	2186	1876	1721	莎 车	2633	2395	2110
乌鲁木齐	2123	1851	1691	和 田	2600	2357	2148
伊 吾	1964	1624	1352	民 丰	2650	2265	2098

各种喜温作物,如棉花、玉米、水稻、高粱以及瓜果、葡萄等,其生长发育要求温度条件比较高,一般都在日平均气温10℃以上的条件下完成生命周期,因此,≥10℃期间的的光合有效辐射是喜温作物可利用的光能。

≥10℃期间的的光合有效辐射量无论南疆,还是北疆都是由盆地向山区递减,等值线呈环状分布。塔里木盆地和吐鲁番-哈密盆地光合有效辐射达2090兆焦耳/米²以上,其中,吐鲁番盆地达2300兆焦耳/米²,为全疆之冠。北疆除山区外,多为1460—1670兆焦耳/米²,其中伊犁河谷和准噶尔盆地南缘,可超过1670兆焦耳/米²。

(3) 日平均气温≥5℃至日最低气温≤0℃的期间的的光合有效辐射。

日平均气温≥5℃至日最低气温≤0℃天数能够反映多种作物和一年两熟作物的生长期。这个期间的的光合有效辐射量,东疆和南疆广大地区均>2090兆焦耳/米²,其中吐鲁番盆地和塔里木盆地可达2300兆焦耳/米²;北疆伊犁河谷西部、博尔塔拉谷地以及准噶尔盆地在1880兆焦耳/米²以上,其它地区均小于此数。

三、光温生产潜力

(一) 光能利用率

照射到农田上的光合有效辐射,在光合作用过程中由于呼吸作用、反射、漏射和落在非光合器官上的能量等损失以后,被植物吸收利用的只是其中很小的一部分。这一部分能量常用光能利用率 E (%) 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),与同时期内投入单位面积上的太阳辐射能 (ΣQ) 之比。其通式为:

$$E(\%) = \frac{\Sigma B}{\Sigma Q} \times 100\% \quad (1.6)$$

如果生物学产量 (Y) 以公斤/亩计,合成 1 克干物质需要 17794 焦耳的热量,则其计算式为:

$$E(\%) = \frac{1000 \cdot H \cdot Y}{\Sigma Q \times 666.7} \times 100\% = 2.67 \times \frac{Y}{\Sigma Q} \times \%$$

式中: Y 为生物学产量; H 为燃烧 1 克干物质释放的能量,不同作物的 H 值不同,平均取 0.017794 兆焦耳/克; 1 公斤 = 1000 克; 1 亩 = 666.7 米²; ΣQ 为太阳辐射总量或光合有效辐射总量,单位为兆焦耳。本文在光能利用率和光温生产潜力计算时均用光合有效辐射值。

例:1976 年乌鲁木齐县板房沟乡 1.98 亩春小麦单产达 840.1 公斤,经济系数按 0.35 计,生物学产量为 2400.3 公斤,小麦生育期间的光合有效辐射为 1628.7 兆焦耳/米²,其光合有效辐射利用率为:

$$E(\%) = 2.67 \times \frac{2400.3}{1628.7} \times \% = 3.93\%$$

在最理想的条件下,光合有效辐射利用率最高可达 10% (三碳植物) 到 14% (四碳植物)。在我国,因作物品种、耕作制度、环境条件和农业技术水平的限制,光合有效辐射利用率远远没有达到这个水平,目前平均不到 1%。新疆不同地区光合有效辐射利用率见表 1.5。

表 1.5 新疆不同地区粮食作物的光能利用率

地 区	作 物	产 量 (kg/亩)	生长期光能 (MJ/m ²)		光能利用率 (%)	
			Q _P	Q	Q _P	Q
吐鲁番	小 麦	154	1256	2512	0.93	0.47
	小麦 + 高粱	342	2302	4605	1.13	0.57
哈密和南疆	小 麦	183	1381	2763	1.0	0.50
	玉 米	212.2	2093	4186	0.76	0.39
	小麦 + 玉米	395.2	2302	4605	1.3	0.65
北 疆	小 麦	212	1172	2344	1.38	0.69
	玉 米	306.6	1674	3349	1.4	0.7

注: ①表中产量是根据新疆1986年农业统计年报计算的平均数。

②作物经济系数均取0.35。