

高等农业院校試用教材

气象学与农业气象学

北京农业大学主編

农学类各专用

农业出版社

高等農業院校試用教材
气象学与农业气象学
北京農業大学主編

農 業 出 版 社 出 版

北京老局一号

(北京市書刊出版業營業許可證出字第 106 号)

新華書店北京發行所發行 各地新華書店經售

統一書号 15144.1108

1961 年 7 月北京初型	開本 787×1092 毫米
1961 年 7 月初版	三十二分之一
1961 年 11 月北京第二次印刷	字數 191 千字
印數 12,001—9,609	印張 八又八分之一
	定價 (5) 七角七分

編者的話

气象学与农业气象学是高等农业院校的一門专业基础課。本書的主要內容是闡述气象学基本原理及农业气象学的基本知識。

本書的主要組成部分，包括对农业有意义的主要气象因子（光、热、水分等）、天气与灾害性天气、中国气候及小气候、农业气候及农业气象服务等。根据最后审稿的意見，我們認為這本書比过去几年所用的講义，在質量上是有了一定的提高，反映在加强了与农业生产的联系，增加了农业气象学的内容。但這本書的内容还有一些不足之处，特别是需要进一步認真总结我国劳动人民在农业气象科学方面的經驗，进一步提高农业气象的科学理論，使之真正符合“中国的、群众的、科学的、先进的”要求。希兄弟院校师生，在教学过程中多多提出宝贵意見，以便使這本書能得到进一步的充实与改进。

這本書的編写，是由中华人民共和国农业部委托北京农业大学，組織参加农业气象講習班学习的西南农学院、西北农学院、华中农学院、华南农学院、貴州农学院、东北农学院的教师协作編写而成；其后又經過数次修改，最后由北京农业大学审定。

目 录

緒論	1
第一章 太阳輻射	6
第一节 太阳輻射的基本概念	6
第二节 太阳輻射在大气中的减弱	11
第三节 光照与植物生活	16
第四节 有效輻射	19
第五节 地面輻射平衡与热量平衡	22
第六节 太阳能在农业实践中的技术調节和利用	26
第二章 土壤和水的熱狀況	30
第一节 土壤溫度在农业上的意义	30
第二节 土壤的增热和冷却	31
第三节 土壤溫度的日变化和年变化	35
第四节 土壤的冻结和解冻	37
第五节 水的增热与冷却	38
第六节 調节田间土壤溫度的方法	40
第三章 空气的熱狀況	43
第一节 大气的增热与冷却过程	43
第二节 低層空气溫度的变化	46
第三节 气温的垂直分布及大气的垂直穩定度	50
第四节 气温对农业生产的意义	54
第四章 大气中的水分	57
第一节 水分在农业生产中的意义	57
第二节 空气湿度	58
第三节 水分的蒸发	62
第四节 大气中水汽的凝結	65
第五节 大气降水	69

第六节 土壤水分平衡	73
第七节 大气中的水分循环	75
第五章 气压与风	78
第一节 大气压力的概念	78
第二节 风的成因、影响风向和风速的作用力	81
第三节 低层大气中风的变化	81
第四节 大气环流	85
第五节 季风和地方风	87
第六节 风在农业上的意义	90
第六章 天气及天气预报	91
第一节 气团	91
第二节 锋	94
第三节 低气压与高气压	98
第四节 寒潮、台风、雷雨、梅雨	101
第五节 天气预报	108
第七章 灾害性天气及其防止	115
第一节 霜冻	116
第二节 干旱	129
第三节 水灾和涝灾	137
第四节 大风	142
第五节 冰雹	147
第八章 中国气候	149
第一节 气候的概念及其形成因子	149
第二节 我国气候的特征及气温、降水分布	154
第三节 影响我国气候的因子	169
第四节 二十四节气与农谚	174
第九章 小气候	187
第一节 小气候的基本概念	187
第二节 裸露地的小气候特征	190
第三节 地形与小气候	194
第四节 保护地的小气候	198

第五节	护田林带对农田小气候的影响	208
第六节	农业“八字宪法”的小气候效应	206
第十章	农业气候	218
第一节	农业气候研究的任务和方法	218
第二节	农业气候调查	223
第三节	农作物气候条件的鉴定	227
第四节	气候的农业鉴定方法	231
第五节	气候资源在社会主义农业中的利用	239
第十一章	农业气象服务	245
第一节	农业气象服务的目的、任务和主要形式	245
第二节	农业气象预报	247
第三节	农业气象情报	250

緒 論

气象学与农业气象学的 对象、任务和研究方法

一、气象学的对象、任务和研究方法

气象学定义 地球外表包圍着一層厚厚的气体，也就是地球大气。在地球大气中，不断地进行着各种物理过程，例如大气的增热和冷却过程，蒸发、凝結等。在各种过程中发生着各种物理现象，例如风、云、雨、霧和光、声、电的现象等。气象学就是研究大气的物理特性及研究大气中所发生的物理过程和其中物理现象的科学。

大气的状态及大气内所发生的过程，可以用各种气象要素的綜合情况表示，而这些气象要素可以是定性的，或者是定量的。主要的气象要素有：太阳輻射；空气温度和土壤温度；空气湿度；蒸发、凝結和降水；气压和风；各种天气现象(霧、雷暴、雪暴等)；等等。

气象学是一門內容非常广泛的科学。其主要部門有气象学、天气学和大气物理学。

气象学的任务 (1)研究大气状态，从定性和定量两方面說明它的特性；(2)解釋这些现象并找出其控制它們发展的規律；(3)根据所掌握的規律，預报与推測未来大气的发展过程；(4)气象学的根本任务，則在于控制自然和改造自然，也就是控制、战胜自然灾

害和按照人类的意志改造气候条件，以保证社会主义和共产主义建设事业的飞跃发展。

气象学的研究方法 毛主席在“实践论”一书中指出：“人的认识，主要地依赖于物质的生产活动，逐渐地了解自然的现象、自然的性质、自然的规律性、人和自然的关系；……”^①。气象学正如其他科学一样，必须遵照这一辩证唯物论的认识论，确定自己的研究方法。

因此，在气象学的研究方法中便首先确定了应用观测法。观测工作包括定性的和定量的，而它又是由定性观测发展到定量观测。我国劳动人民，在长期的生产实践中，根据对天气和自然界生命现象的观测，早在一千多年前就制定了闻名于世的二十四节气。如今通过全国各地大量的气象服务台站，使用仪器观测所得到的资料，为气象学的研究工作，建立了更为有利的基础。

在气象学上，除了对大气物理性质和物理过程进行直接的观测之外，同时也用作实验的方法。实验的方法，可以帮助我们更详细的认识现象的本质。实验工作可以在实验室内进行，也可以在自然的条件下进行。例如在当前人工控制天气的研究中，便同时应用人工云雾室、室内实验和大气中人工降水实验的方法。人工气候室的建立，为进行室内实验打下了基础。

将观测结果和实验研究所取得的材料，根据物理学上的一些规律及用适当的数学方法，便可以处理大气物理过程的研究问题。这就是理论分析研究法。

气象学研究的实验法和理论研究法，已在我国被广泛的应用着。然而应该认识到，直接的观测工作是气象学研究工作的主要基础。

^① “实践论”，毛泽东选集，第一卷，人民出版社1955年版，第271页。

二、农业气象学的对象、任务和研究方法

农业气象学定义 农业气象学是把气象、气候和水文条件与农业生产对象和农业生产过程视为相互作用的、不可分割的统一体,是研究那些对农业有意义的气象条件、气候条件和水文条件的一门科学。

因此农业气象学研究的对象一方面是生物有机体生存的气象和气候条件;另一方面是植物和家畜本身。

农业气象学的基本任务是研究农业生产的气象和气候条件(或者是农业气象和农业气候条件)形成的规律;同时根据农业对象的要求来鉴定这些条件,特别是鉴定气候和天气对农作物的生长、发育状况和产量的影响,为控制和改造不利的、利用和创造有利的农业气象条件提出具体途径和措施。

农业气象学的具体任务 (1)鉴定过去、现在和将来的天气条件对农作物(或牲畜)生长、发育状况和产量、品质的影响,并确定它们之间的定量关系,即确定农业气象指标,以便为及时地采取合理的农业技术措施提出依据,以保证获得丰收;(2)根据农业生产的要求,研究田间小气候和制定改善田间小气候的措施及研究农业“八字宪法”实施后的农业气象效应;(3)研究对农业有害的天气现象(霜冻、干旱、大风和暴雨等)及其对农作物(或牲畜)的影响,并确定出农业气象指标,和制定防止这些灾害性天气的措施;(4)研究地区的农业气象条件,充分利用各地区的农业气候资源,进行农业气候区划,合理的配置农业生产;(5)研究农业生产发展中提出的农业气象问题,如研究农业机械化、水利化、电气化的农业气象服务问题,以及防风林,大型水库的农业气象效应问题等。

4

农业气象学的研究方法 农业气象学的基本研究方法，也是观测法、实验法和理论分析法。但由于农业气象学是研究植物(或其他的农业对象)与气候条件和天气条件间的互相作用，所以它也有自己独特的研究方法。

在农业气象学上，为了找出天气和气候对农作物(或牲畜)生长、发育和产量的影响，从而对农业生产的农业气象条件作出正确的鉴定，广泛的应用着所谓联合观测法(也叫平行观测法)。即一方面进行气象要素和农业气象要素状况和变化的观测；同时又进行田间农作物生长、发育状况的观测。我国农民在生产实践中，所积累的“看天、看地、看庄稼”的观测方法，也就是我们现在所指的联合观测法。

为了使同一作物或同一作物的同一发育期，处在不同的气候、天气条件下，以便更迅速的取得研究成果，可以采取人工控制小气候条件的方法。此外，苏联农业气象工作多年的经验，肯定了地理播种法、分期播种法和小气候播种法，在农业气象研究中的重要性。这些方法在我国也被广泛的采用了。1958年以来在我国具体条件下，为了更加多、快、好、省地开展农业气象研究工作，在实践中发展了以上这些研究方法。广泛的采用了在自然条件下存在的同一作物品种的不同播种期、不同的地理条件、不同小气候条件下的观测和试验研究的方法，即所谓自然地理分期播种法及自然分期播种法，取得了很大的成绩。

在我国，劳动人民有着极为丰富的生产和与自然作斗争的经验，特别通过1958年以来农业大跃进中的创造，使我国农业气象研究工作在实践中总结出了一整套“四结合、过两关”的原则和方法。在应用这样一整套的研究原则和方法中确定，以总结群众经验为中心，通过对农民和农业工作者的调查、访问，结合历年气象记录资料，细致分析，反复对证，得出指标；然后在农业气象服务过

程中,再通过实况观测、試驗研究以及实践的考驗,使所确定的指标更加完善。这也就是“認識从实践始,经过实践得到了理論的認識,还須再回到实践去”^①的認識过程。

① “实践論”,毛泽东选集,第一卷,人民出版社1955年版,第281頁。

第一章 太陽輻射

太陽供給地球大量的光和熱，而我們的任務就是控制和利用這些太陽能。例如，合理密植、間作套種，千方百計地提高單位面積產量；廣泛營造森林，充分發揮綠色植物特有的功能，力爭攝取每一分太陽能，為社會主義、共產主義建設服務。

太陽能也是形成天氣和氣候的最重要的因子。由於地面受熱不均，引起了各種天氣現象和各種氣候類型的差異。在本章中，主要是討論有關太陽輻射、地面輻射和大氣輻射的基本特性，以及它們之間的關係，並討論太陽輻射在農業生產中的作用。

第一節 太陽輻射的基本概念

太陽不停息的以電磁波的形式向四周的空間輻射巨大的能量。太陽能量的放射以及太陽能量的本身都稱為太陽輻射。太陽輻射在被所遇到的物質吸收後，就轉變為其他形式的能——熱能、光電能及化學能等。

太陽每一秒鐘可放出的能量，相當於燃燒將近 116,000 億噸煤所放出的熱量。但我們地球所得到的，只是太陽向外放出能量的二十億分之一。這些能量，相當於 2,000 億匹馬力。由於地球從其他途徑所獲得的能量極其微小，因此我們可以認為，太陽輻射是地球上唯一的能量來源。

太陽輻射光譜 根據光譜分析，太陽光譜是由不同波長組成的連續光譜。它到達地面的波長是在 $0.17-5.3\mu$ 範圍內，並可將它分為三個區域：紫外光譜區（紫外綫），波長小於 0.4μ ；可見光譜

区(可見光),波长在 $0.4-0.76\mu$ 範圍內;紅外線光譜区(紅外線), 波长大于 0.76μ 。

各光譜区域内所具有的能量不相等。根据計算,在地球外沿 輻射能量的 46.8% 位于可見光中;46.5% 位于紅外線中;紫外綫 仅占有 6.7% 的能量,而总的来看,約有 99% 的太阳能量,分布在 $0.17-4\mu$ 波长範圍內。具有最大的能量的光譜,是 0.475μ 的波 长,即在藍綠光区内,太阳輻射光譜的能量分布情况,可以參看图 1 所示。

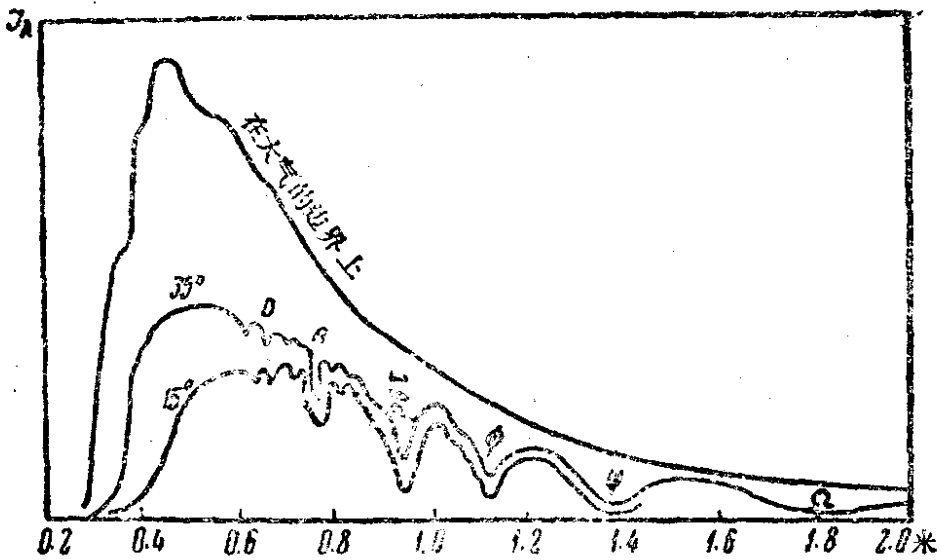


图 1 太阳光譜的能量分布

研究太阳輻射光譜組成,使我們更深刻的掌握太阳能更有效的为农业生产服务。例如,太阳光譜的不同部分,它們对植物生活各自起着不同的作用。在可見光譜的照射下,綠色植物进行光合作用,制造有机物質;紫外綫亦具有很大的生物学意义,它能抑制作物的徒长、杀死病菌孢子等,同时对种子萌发能力和种子品質影响也很大,我国农民历年来的經驗,在播种前进行晒种,以提高发芽效率,就是很好的証明;而紅外線只是产生热效应,供給植物热量。

太阳輻射强度 太阳輻射被植物体吸收后,即轉变为热能而

产生热效应。其强度是以垂直于太阳光下，一平方厘米的黑体表面上，在一分鐘內，吸收全部投射于其上的太阳能，而获得的热量多少来测定。其单位是卡/厘米²·分。当地球与太阳的距离为日地平均距离时，在大气上各所测得的太阳辐射强度为 1.90 卡/厘米²·分^①。这个数值，称为太阳常数，并以 I 表示。但是，我們在地面上测得的太阳辐射强度，总是要小于太阳常数。这是因为太阳辐射，在透过很厚的一層大气时，被削弱一部分的缘故（見本章第二节）。

在不考虑大气的影响情况下，当太阳光斜射到水平面时，則該水平面上所接受的太阳辐射能的多少，便决定于太阳在水平面上的投射角——太阳高度角 h_{\odot} 。根据太阳高度角 h_{\odot} 和辐射强度 I ，就可以計算出 1 分鐘內，投射在一平方厘米的水平面的太阳辐射能 I' 。

設有一水平地段 AB (图 2)，其面积为 s' 太阳以某高度角 h_{\odot} 投射在水平面上，引一垂直于太阳光的平面 CB ，其面积为 s 。

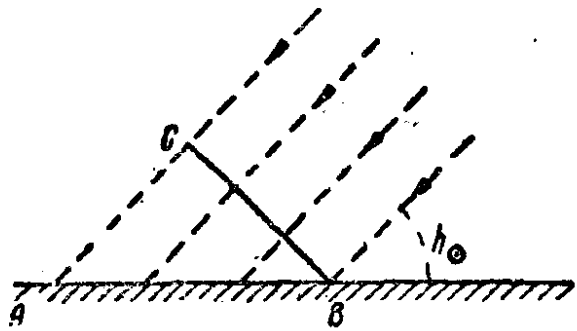


图 2 水平面上所受到的太阳辐射

到达水平面 AB 与垂直面 CB 上的辐射量分别等于

$$I's' \text{ 和 } Is。$$

显然这两个辐射量是相等的，即：

$$I's' = Is$$

由此
$$I' = I \cdot \frac{s}{s'}$$

但
$$\frac{s}{s'} = \frac{CB}{AB} = \sin h_{\odot}$$

所以
$$I' = I \sin h_{\odot}。$$

(1)

^① 根据 1956 年国际辐射会议的决定。

利用这个公式，就可以计算出水平面上的太阳辐射能的多少。

从这个公式中可以看出：水平面上所接受的太阳辐射能，随太阳高度角 h_{\odot} 的增大而增加。当 $h_{\odot} = 90^{\circ}$ 时， I' 的值最大。在一天中，中午太阳高度角最大，因此，中午时太阳辐射最强；日出和日落时，太阳高度角小，太阳辐射强度也小。而从不同的季节和纬度来看，在我国（指 $23.5^{\circ}N$ 以北）各地，夏季太阳高度角最大，冬季最小，随着纬度的增加，太阳高度角逐渐减小；但在北纬 23.5° 以南地区，一年有两次太阳垂直照射该地（即 $h_{\odot} = 90^{\circ}$ ）。

计算每日正午时的太阳高度角，可以采用公式(2)^①：

$$h_{\odot} = 90^{\circ} - \phi \pm \delta \quad (2)$$

式中 h_{\odot} 为太阳高度角； ϕ 为当地的地理纬度； δ 为赤纬，即太阳直射光线与赤道面所成的角度（当太阳直射北纬时， δ 为正；直射南纬时， δ 为负）。

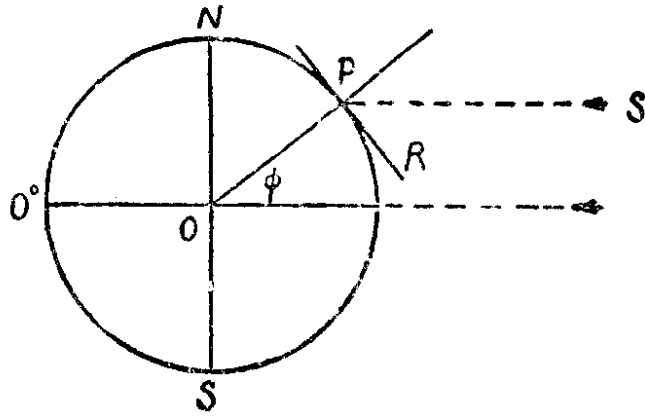
公式(2)，可用平面几何的方法求证。下面图解北京地区太阳高度角计算。在图3中， P 点（北京）所处纬度 $\phi = 40^{\circ}N$ ， PR 是过 P 点对圆的切线，即北京的地平线；虚线表示相互平行的太阳光线；点线是为了示意清楚而加入的辅助线条。

图a) 是表示春秋分时，太阳直射赤道 ($\delta = 0$) 时的情况。显然， P 点的太阳高度角 h_{\odot} 为 $\angle SPR$ ，即 $h_{\odot} = 90^{\circ} - 40^{\circ} = 50^{\circ}$ 。

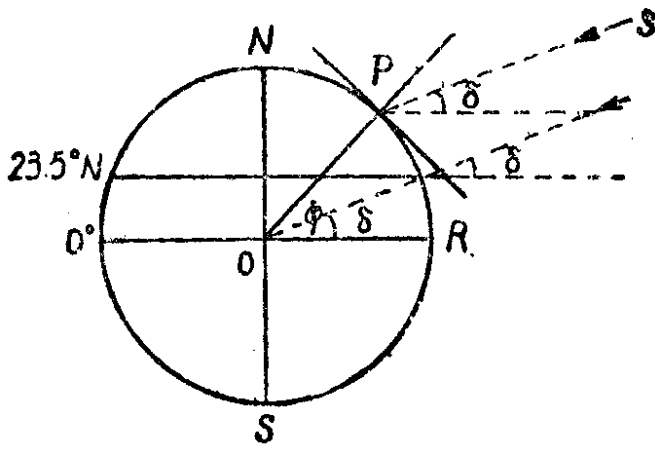
图b) 是表示夏至时，太阳直射北回归线 ($S = 23.5^{\circ}$) 时的情况。这时， P 点的太阳高度角 h_{\odot} 为 $\angle SPR$ ，即 $h_{\odot} = 90 - 40^{\circ} + 23.5^{\circ} = 73.5^{\circ}$ 。

图c) 是表示冬至时，太阳直射南回归线 ($\delta = -23.5^{\circ}$) 时的情况。这时， P 点的太阳高度角 h_{\odot} 为 $\angle SPR$ ，即 $h_{\odot} = 90^{\circ} - 40^{\circ} - 23.5^{\circ} = 26.5^{\circ}$ 。

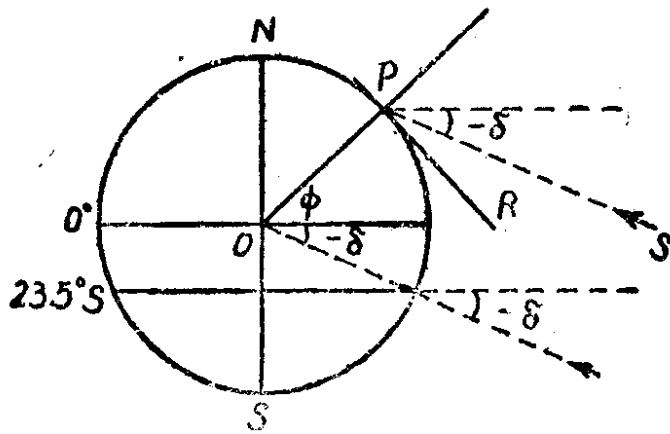
① 该公式不完全适合于南北回归线之间的地区。



a)



b)



c)

图 3 太阳高度角计算示意图

虽然我們无法改变太阳的高度角，但是我們可以改变地面的坡度，以調节太阳在水平面上的投射角。例如，劳动人民很早就注意到在向阳山坡要比平地暖和，所以把喜温作物种在向阳山坡上。如果我們改变地面的坡度，一般向南傾斜一度，便可以使該投射角增加一度。如劳动人民創造的壟作栽培，其根据之一就是如此。

第二节 太阳輻射在大气中的減弱

太阳輻射透过大气層时，发生了一系列的变化。其中一部分为大气吸收；一部分为大气中的气体分子和悬浮微粒散射；还有一部分为空中的云反射而返回宇宙空間。

一般說来，約有 43% 的太阳輻射因反射和散射的緣故而返回到宇宙空間去；14% 为大气直接吸收；16% 以散射輻射形式到达地面；而仅有 27% 的太阳輻射以直接輻射形式到达地面。由此可見，太阳輻射在大气中的減弱是很大的。

下面就引起太阳輻射在大气中減弱的几个因素分別叙述一下。

大气的吸收 太阳輻射在大气中減弱的主要原因之一，就是由于大气中某些組成物質对太阳輻射吸收的結果。

大气中的恒定气体(氧、氮等)对太阳輻射的吸收很小，而大气中的水汽对太阳輻射的吸收最大。此外，二氧化碳和臭氧等也吸收一部分輻射。

大气对太阳輻射的吸收是具有选择性的。太阳輻射中的短波部分，几乎可以全部透过大气，只有少量被大气吸收，而被吸收減弱最强的部分在可見光譜的紅光区和紅外線部分。水汽对太阳光