

农业气象学

J.Seemann Y.I.Chirkov

J.Lomas B.Primault



气象出版社

农业气象学

J. Seemann Y. I. Chirkov

J. Lomas B. Primault

芥来福、王馥棠、刘树泽 译校

气象出版社

2R05/03

内 容 简 介

本书从生态学的观点出发,较详细地介绍了农业气象学的物理学和气象学原理,以及应用农业气象学的基本内容和研究方法。应用部分的主要内容包括农业气候、畜牧气候、果园气候、土壤气候、温室气候、农业气象预报、农田灌溉、植物病虫害、农产品的运输和贮藏气候以及农业气候学在规划中的应用等。

本书可供农业气象和有关农业科研人员、气象台站的专业人员以及有关院校的师生参考。

J. Seemann Y. I. Chirkov

J. Lomas B. Primault

AGROMETEOROLOGY

Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

1979

农 业 气 象 学

J. Seemann Y. I. Chirkov

J. Lomas B. Primault

元来福 王馥棠 刘树泽译校

责任编辑:张国秀

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

北京丰台岳各庄印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

开本: 787×1092 1/32 印张: 13.75 字数: 299千字

1984年11月第一版 1984年11月第一次印刷

印数: 1—10,000

统一书号: 13194·0168 定价: 2.55元

译 者 的 话

农业气象作为一门科学始于本世纪二十年代，是在生物生态学和气候学的基础上发展起来的。由于农业气象学是一门介于农业和气象之间的边缘学科，同时对它的基础理论和研究方法，研究还不够充分，所以，它在各国的发展很不平衡。近年来由于气候异常给农业生产造成很大损失，农业气象工作受到有关国际组织和各国政府的重视，因而发展较快，取得一些成果，为农业生产的发展做出了一定的贡献。

世界气象组织农业气象委员会为了培养农业气象人员和促进农业气象学的发展，特邀请 J. Seemann (西德)、Y. I. Chirkov (苏联)、J. Lomas (以色列) 和 B. Primault (瑞士) 四位农业气象学家合著了一本农业气象学，并向其所属会员国推荐此书。

鉴于本书系由四位不同国籍的农业气象学家所著，所以它有别于美国、苏联、日本等国先后出版的农业气象学。它既不是农业气象学教科书，也不是系统的农业气象学专著，而是具有专题论文集的性质，在各专题之间并没有必然的联系。

因为世界气象组织和其他有关国际组织已分别出版了《水稻与气候》、《小麦农业气象学》、《玉米农业气象学》、《干旱与农业》、《天气与动物病害》、《作物产量对水分的反应》等专著，所以，本书着重论述了两方面的问题：一是农业气象学的物理学和气象学原理，二是应用农业气象学，主要是农业气候学。

尽管本书只涉及到部分农业气象问题，而且个别专题论述还不够深入，但其中也包括了一些在我国研究甚少或尚未开始研究的农业气象问题，例如畜牧气候、农业气候改良和灌溉气候、农产品的运输和贮藏气候等。

鉴于我国农业气象工作者对西方国家的农业气象工作了解较少，所以我们把它翻译成中文。借此可以熟悉和掌握这些国家的农业气象研究方法、概况和水平，取其所长，为我所用，以促进我国农业气象科学技术的发展，为发展农业生产做出更大的贡献。

本书前言，第一部分引言，第二部分中的：12. 风的测定，13. 农业气象学测量技术与研究的未来发展，第三部分中的：2. 农业气象统计学与模式，15. 干旱、干热风、尘暴和冰雹，17. 专业预报，18. 农业气象预报方法，19. 最低温度预报，20. 昆虫流行病学与其他病害，21. 植物的水分需求，22. 农产品的运输和贮藏气候，23. 农业气候学在规划中的应用和 24. 农业气候学在作物布局中的应用由王馥棠译，元来福校。

第二部分中的：1. 太阳辐射，2. 光的生物学效应，3. 净辐射，4. 辐射测量技术，5. 热量平衡，6. 土壤热通量，7. 大气中的热量输送，8. 测量技术，9. 空气质量输送（动量输送），10. 风和 11. 空气的质点输送由刘树泽译，元来福、王馥棠校。

第三部分中的：1. 农业气候学，3. 农业地形气候学，4. 土壤气候，5. 小气候与植物气候，6. 草地与牧场气候，7. 谷类作物气候，8. 树木、果园和森林气候，9. 农业气候改良，10. 温室气候，11. 空旷地和荫蔽地，12. 家畜的适宜气候，13. 畜舍气候，14. 植物气候（加热和冷却）和

16. 灌溉由元来福译，王馥棠校。

限于水平，译文定有不少错误，请读者批评指正。

译 者

前 言

农业气象学是一门比较年青的科学。农业气象工作是在本世纪廿年代开展起来的，当时，它是气候学工作的一部分。五十年代以来，它得到了充分的发展，并成为一门独立的学科。在这一发展过程中，农业气象学不仅获得了有关气象条件对农作物和家畜以及防御灾害影响的广泛了解，而且，还发展了新的咨询服务方法，这些方法在农业实践中得到了广泛的应用。

到目前为止，实际上还没有经过专门培训的农业气象学家。根据所受的教育来看，现今的农业气象学家大都来自学习普通气象学或农学以及有关生物学专业的人。因此，他们必须收集自己的农业气象工作知识，并从生物学和气象学资料中为自己综合出农业气象学。这往往是很不容易的，因为有关参考文献最广泛地散布在各种杂志上，部分文献在少数人能看懂的外文书刊里，因而难以收集。本综合性著作仅涉及到农业气象领域的很小一部分。在世界气象组织农业气象委员会会议上，培训问题被当作极重要的议题对待，尤其是农业气象学，不仅在发展中国家提高了农业生产率，而且，在农业水平已经很高的国家中也赢得了重要的声誉。

为了促进农业气象学的发展，必须培训或进一步发展农业气象教育，所以，在农业气象委员会的上一次会议上，作出了编写一本农业气象学的建议。该书应作为介绍当今农业气象学问题的导论。同意承担这一任务的四位作者现在提出这本书，它既不是教科书，也不是手册。它简单地由一系列

文章组成，每篇都涉及一个完整的农业气象问题。作者希望通过这种途径把有用的知识传授给所有那些想了解农业气象学的人。

J. Seemann

1979. 5

目 录

译者的话

前言

第一部分 引言

大气的生态学见解 Y. I. Chirkov(1)

第二部分 农业气象学的物理学与气象学原理

1. 太阳辐射 J. Seemann(5)
2. 光的生物学效应 J. Seemann(20)
3. 净辐射 J. Seemann(26)
4. 辐射测量技术 J. Seemann(31)
5. 热量平衡 J. Seemann(40)
6. 土壤热通量 J. Seemann(44)
7. 大气中的热量输送 J. Seemann(48)
8. 测量技术 J. Seemann(51)
9. 空气质量输送 (动量输送) B. Primault(59)
10. 风 B. Primault(80)
11. 空气的质点输送 B. Primault(95)
12. 风的测定 B. Primault(109)
13. 农业气象学测量技术与研究的未来发展 B. Primault(126)

第三部分 应用农业气象学

1. 农业气候学 J. Seemann(139)
2. 农业气象统计学与模式 J. Seemann(149)
3. 农业地形气候学 J. Seemann(163)
4. 土壤气候 Y. I. Chirkov(172)
5. 小气候与植物气候 Y. I. Chirkov(183)
6. 草地与牧场气候 Y. I. Chirkov(187)

7. 谷类作物气候 Y. I. Chirkov (190)
8. 树木、果园和森林气候 B. Primault (192)
9. 农业气候改良 Y. I. Chirkov (214)
10. 温室气候 J. Seemann (217)
11. 空旷地和荫蔽地 J. Seemann (236)
12. 家畜的适宜气候 B. Primault (241)
13. 畜舍气候 B. Primault (252)
14. 植物气候(加热和冷却) B. Primault (266)
15. 干旱、干热风、尘暴和冰雹 Y. I. Chirkov (282)
16. 灌溉 J. Lomas, J. Levin (288)
17. 专业预报 Y. I. Chirkov (355)
18. 农业气象预报方法 Y. I. Chirkov (356)
19. 最低温度预报 B. Primault (372)
20. 昆虫流行病学与其他病害 B. Primault (380)
21. 植物的水分需求 J. Seemann (391)
22. 农产品的运输和贮藏气候 J. Seemann (397)
23. 农业气候学在规划中的应用 B. Primault (406)
24. 农业气候学在作物布局中的应用 Y. I. Chirkov (422)

第一部分 引言

大气的生态学见解

Y. I. Chirkov

农业与自然界的综合动力系统相联系，在这一系统中气象因子是最主导和最多变的。它们对农业生产过程与生产对象的作用，影响到广大的收获面、产品的数量、价格以及农事操作的效率。因此，正确地计算和测定各气象分量，并利用有关天气现象和气候资源的资料，对于有效地解决许多农业生产问题是很需要的。

在一个“土壤-作物-大气”系统中，土壤和大气是作物赖以生存的自然环境，因此带有生态上的特征反映。在大气中及其与下垫面互相作用的范围内，其发生的各种现象与过程的物理基础，可以用普通气象学的方法来研究，而作为动植物有机体生存环境的近地面层大气，却影响到这些有机体的发育过程与产量的形成，则用农业气象学的方法来研究。

研究天气气候对农业设施的影响是农业气象学的一个基本问题。为了建立作物产量的形成、生长和发育对气象因子依赖关系的定量表达式，必需研究各基本气象分量，以及发生在自由大气和与下垫面相互作用的近地层大气中，各种过程的演变规律。

各农业气象因子对有机体的影响是综合的，但是，决定植物有机体生存的各主要因子——空气、光、热和水分——则

是最重要的因子。这些生存因子不能相互取代。它们间的具体组合决定着有机体的生长、发育和生产率。其他气象分量仅起订正这些主要因子的作用，或加强或减弱。例如蒸发，即水分消耗可以作为近地面大气层中风力的函数，并随之而增强或减弱；云量可以改变照射到作物上的光质和光量等等。

这些订正因子，只有当它们的强度很大，即直接危害到有机体生育的时候，才能（自发地）变为重要因子。正因为如此，在农业气象学中建立生长和生产率模式时，要首先研究这些基本因子。

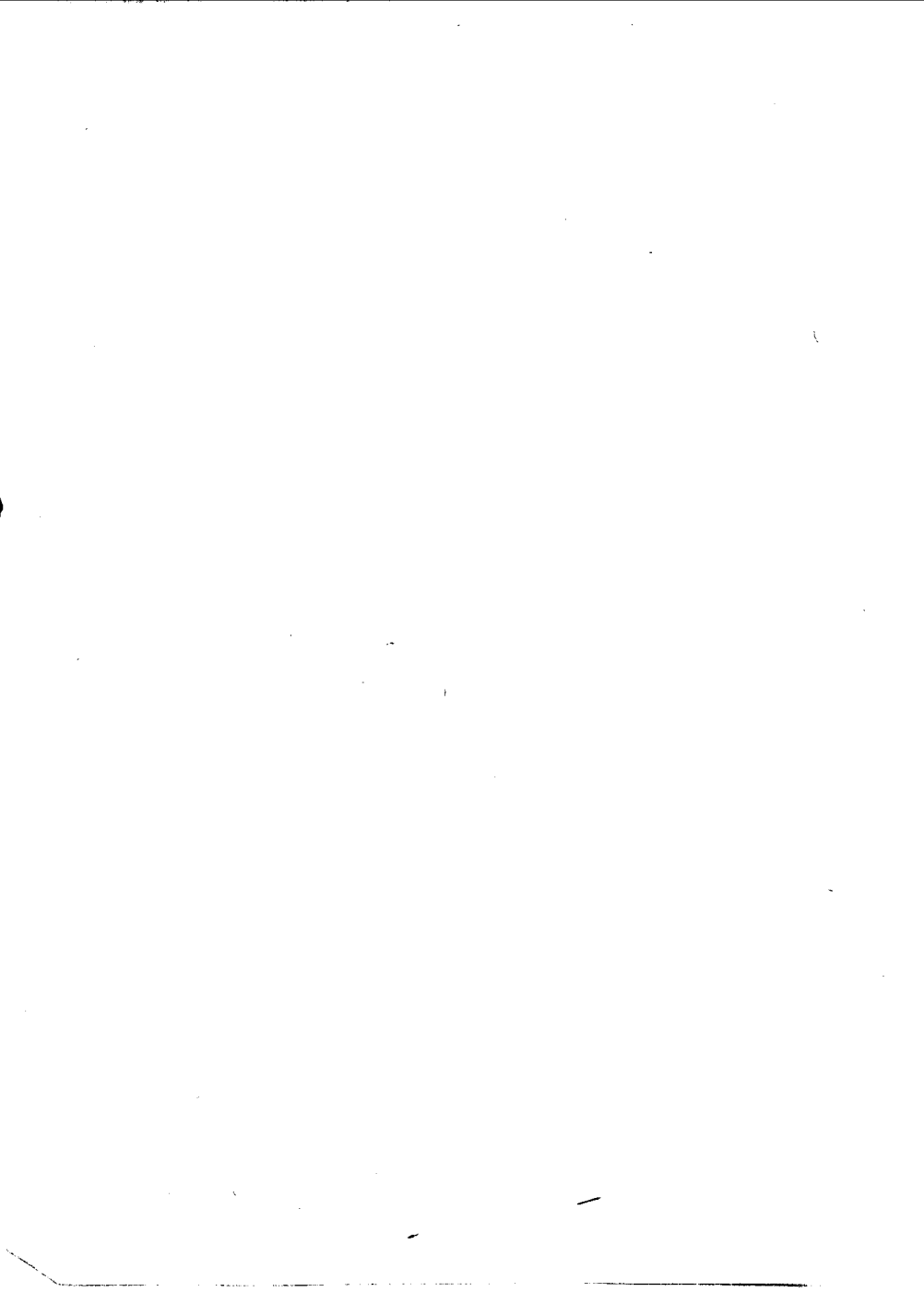
气象因子的时空变化是多种多样的。当天气晴朗的时候，射向地球表面的阳光通量随地区的变化，比近地面层空气温度的变化小得多。在较暖的季节里，降水的分布特点很不一致，因此，可以观测到，土壤中有效水分的变化是很大的。所以，用取自固定气象站网的资料，来估计农田、园圃和草地的气象条件是不够的。这些资料仅仅提供一个近似的描述。人们必须了解受下垫面地形和特征影响的近地面层气象条件的变化规律。换句话说，必须考虑农田小气候和幼小作物的植物气候。这一点可以作为作物栽培农技措施的农业气候基础，并且，也与农田、草地和园圃小气候最佳化为目的而采取的改造措施有关。

在推导作物发育与气象因子关系的数学表达式时，从生态学观点来看（近地面层大气），就必须给这一关系提供生态学的含意，也就是说，在作物的生物学特性及其对各种气象条件的反应基础上进行推导。因此，发展气象模式的必要条件是，推导有物理和生物学基础的作物生长、发育与气象因子关系的数学表达式，同时要研究这些因子在各种土壤 -

气候区具体年份里的表现方法，以便定量地鉴定个别的气候，即满足作物对光、热和水分要求的能力。

目前，由于作物和天气平行观测资料的积累，又考虑到计算机技术的效率日益提高，正在研究各种多因子关系，它将能更充分地表达气象条件对作物生产率的综合影响。

本书所列举的是基本农业气象资料，它提供了一个当代研究的概况，及其为提高世界农业生产率而更有效地利用气候资源的情况。



第二部分 农业气象学的物理学与气象学原理

1. 太阳辐射

J. Seemann

1.1 大气效应

农业气象学主要是研究大气最低层的气象条件。在这一层中土壤表面和植被表面上接受的太阳辐射能量进行转换，这对各种气象现象的发生有最直接的影响。因此，太阳辐射作为一个气象参数对农业气象学来说具有特殊的重要意义。

垂直投射到大气上界的太阳总辐射，平均为 1.94 卡/厘米²·分(太阳辐射常数)。地面大约只能接收其中的 43%，有 42% 由大气层直接反射到宇宙空间，大约 15% 被大气中的空气分子、水滴和尘埃质点所吸收或散射。被吸收的和散射的太阳辐射之和称之为大气中的太阳辐射削弱。吸收和散射所损失的辐射能量，取决于太阳光线路径在大气中的长度、大气状况及其水汽含量和尘埃混浊度。大气有效透射率，可用朗伯 (Lambert) 定律确定，它适用所有辐射过滤器。因此，垂直照射到地球表面上的日照强度是：

$$I_m = I_0 \cdot q^m$$

式中， I_0 代表太阳辐射常数； q 为 I 层的透射率 (太阳高度角为 90°)； m 代表所通过的大气总厚度。如果用消光系数 $a = \ln q$ 代替透射率 q ，则上式可改写成：

$$I_m = I_0 \cdot e^{-a \cdot m}$$

透过辐射的整个大气厚度，可近似地用气压 b 和太阳高度 h 求出：

$$m = \frac{b}{760} \cdot \frac{1}{\sin h}$$

表 1 和表 2 给出了在标准大气压 ($b=760$ 毫巴) 下几个太阳高度角的大气厚度(m) 值。

表 1 大气厚度(m)与太阳高度角(h)的关系

h	5°	10°	15°	20°	30°	45°	60°	90°
海拔高度=0m	10.40	5.60	3.82	2.90	2.00	1.41	1.15	1.00
海拔高度=500m	9.80	5.28	3.60	2.73	1.88	1.34	1.08	0.94

表 2 总辐射透射率和削光系数与纯干空气的绝对空气质量的关 系

绝对空气(质量 Ap)	0.5	1	2	3	4	6	8	10
透射率 q	0.900	0.905	0.914	0.921	0.927	0.935	0.941	0.946
削光系数 $a = \ln q$	0.105	0.099	0.089	0.082	0.076	0.0671	0.0600	0.055

专门用以测量吸收太阳辐射的有以下几种气体：水汽、臭氧(O_3)和氧(O_2)。人们常以水汽凝结(雨水)后形成的液体水柱高度 W (厘米) 来度量水汽的总含量，其相应的水汽分压(水银柱高度 e ，毫米) 值如下：

e (毫米)	2.0	5.5	7.3	8.5	9.4	11.0	12.0
W (厘米)	0.1	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0

在不同太阳高度角的情况下，水汽、臭氧和氧对直接太阳辐射的削弱值(%) 如下：

大气中的尘埃和其他杂质所造成的混浊度叫做气溶胶。

太阳高度角	90°	60°	30°	10°	5°
水(W=1厘米)	6.8%	7.3%	8.7%	12.4%	14.8%
臭氧(2毫米)和氧	2.1%	2.1%	2.8%	4.5%	5.7%

大气中的气溶胶导致明显的混浊度，并且进一步削弱透过大气的太阳辐射。最初，常用林克(Linke)混浊度系数来测量混浊度。该混浊度系数值适合于乡村条件，夏季比冬季大。

平均来说，林克(1953年)提出各混浊度系数值(T)如下：

高山 $T=1.90$ ；平地 $T=2.75$ ；

大城市 $T=3.75$ ；工业区 $T=5.00$ 。

由于大气的影晌，太阳辐射以平行辐射(也叫直接辐射)和散射辐射(也叫天空辐射)两种方式到达地面。

1.2 测量系统

一般来说，单位时间内照射到单位面积上的太阳能，是以每分钟每平方厘米克-卡表示(卡/厘米²·分)的。近年来，在辐射测量中引用一个新的测量单位焦耳以代替卡。在某些情况下，特别是在一些具有技术内容的出版物中也常用瓦特。表3中一并列举这三种测量单位。为了在它们中间做进一步的换算，要记住，860千卡相当于一千瓦小时，这是十分有益的。

表3 太阳能测量单位

	卡/厘米 ² ·分	焦耳/厘米 ² ·分	瓦/厘米 ²
卡/厘米 ² ·分	1	4.1868	0.069
焦耳/厘米 ² ·分	0.238	1	0.00165
瓦/厘米 ²	14.3	60.6	1