

WMO农业气象 培训教材

(《气象》1986年增刊Ⅲ)

气象编辑部

编者的话

这本《WMO 农业气象培训教材》（适用于二、三级农业气象人员），是受国家气象局专业气象司农业气象处委托，由《气象》编辑部组织翻译出版的。现作为《气象》增刊Ⅲ正式出版发行。

本教材序言、前言、第1章、第10章及附录均由元来福译，陆同文校；第2章由毛光伶译，第3章为陆同文译，第4章为彭治班译，均由元来福校；第5章由胡圣昌译，陆同文校；第6章由毛光伶译，第7章由邱杏琳译，第8章由王宝荣译，第9章由吴义华译，均由元来福校。

这本增刊由汪文修负责编辑，陆同文作了最后审定。

气象编辑部

1987年3月

序 言

农业气象委员会曾多次表示需要培训各级农业气象专业人员的教材。世界气象组织（WMO）执委会根据教育和培训专家组的建议，同意以“气象和业务水文人员教育和培训指南”中所列出的教学大纲为基础，为编写这些教材做出必要的安排。

本教材主要是为培训二级农业气象人员而编写的，不过，其中有些部分也适用于三级农业气象人员。这本教材是由 R. W. Gloyne 博士根据 J. Lomas 先生以前的初稿修订而成的。我向完成这部卓越著作的两位专家表示衷心的感谢。

我确信，这本书对于培训学生和教师都是非常有用的。

秘书长 A. C. Wiin-Nielsen

前 言

本教材遵循 WMO 以前的训练出版物（蓝皮系列）和 W·Lowry 教授所著下列三级和四级气象人员气候学教学讲义大纲中所采用的一般编写方法和安排。由于经常引用这些出版物和其他出版物，所以把它编成系列参考文献列于附录 IV。这里只列举四种主要文献：

1. 地球科学, Vol. I (WMO-No. 266), 缩写成 ES, 下同;

2. 气象学, Vol. II (WMO-No. 266), 缩写成 GM II, 下同;

3. 四级气象人员气候学教学讲义大纲(WMO-No. 327), 缩写成 CL IV, 下同;

4. 三级气象人员气候学教学讲义大纲(WMO-No. 335), 缩写成 CL III, 下同。

本教材是为满足二级农业气象人员的需要而编写的，其中某些部分也适用于三级农业气象人员。它介绍了诸如附录 IV 所列许多参考文献的理论和关键问题的研究情况。索引和文中一些较新的论点均用星号（*）标出。

本教材是根据 J. Lomas 先生以前主要为满足三级农业气象人员要求而准备的部分初稿编写的。其中第 10 章有关蒸发和土壤水分测量与生物观测部分未做大的变动。此外，涉及冰雹的部分，霜冻的大部分，有关风障的某些部分，以及地面热量交换几个问题中的许多资料均取自上述初稿。

根据 Lowry 教授的经验，我们在确定或设计每章后面的练习方面付出很多精力，因为这些问题不仅仅限于该章的练习，而是包含着更丰富的内容。许多问题都出自实际调

查，至少是利用了实际调查资料；另一些问题则是针对正文或参考文献中所讨论的重点提出的。这些问题大致可分为如下两类：

(1)根据前文直接提出的问题。

(2)较困难回答和（或）具有更多内含的问题。

在构思这些问题时，故意考虑了一些内容广泛的气候规律问题。

第2、3和4章主要是农业气象学的物理学基础，第5—10章都是应用问题。希望将“理论”和“实践”两部分结合起来学习，不必严格遵循章节顺序，在讲授每章节的论点时，要指出对其他章节论点的重要性。

教师们要注意第9章（9.4，9.5节）的内容和附录IV，后者列出了一些补充学习和应用方面的材料，可借以论证与某个具体地区的需要和利益有特殊关系的问题。

R.W. Gloyne

目 录

编者的话	(1)
序	(3)
前言	(4)
第 1 章 农业气象学——范围和目的	(5)
第 2 章 物理气候学——对农业特别重要的一些问题	(11)
第 3 章 土壤热量平衡——土壤温度	(38)
第 4 章 农业中的水分和水分循环	(57)
第 5 章 地形和表土特征对于大气最低层特性的影响——地形气候(中气候)和小气候	(100)
第 6 章 管理实践和处理方法对小气候的影响以及对农业生产的间接影响	(130)
第 7 章 有害于农业产量的气象灾害	(180)
第 8 章 雪和积雪——冰和冻土	(243)
第 9 章 实用农业气象学——个例研究	(260)
第 10 章 农业气象观测和仪器	(293)
附录	(348)

第1章 农业气象学——目的和范围

1.1 目的

农业气象学的主要目的是推广并充分利用我们现有大气科学及其与粮食生产过程有关的某些知识，最大限度地提高粮食产量；另一个几乎具有同等重要意义的目的，是最大限度地增加木材和其他林业产品、某些植物纤维（如棉花、亚麻、波罗麻）、天然橡胶和畜产品（如肉、皮革）的产量。

农业气象学与自然资源保护有十分密切的关系，为了防止不利的耕作习惯对环境的影响或破坏，它可以约束某一特定地点和时间的某一特定土地资源利用方式。在考虑土地利用、资源开发和农业技术措施等问题时，农业气象学家可以而且应该提出自己的建议。在半干旱地区开垦草地所得到的短期效益，可能要付出昂贵的代价，这就是土壤长期遭受侵蚀（风蚀和水蚀）的危害，农业气象学家必须考虑这些具有各种不同时间尺度的过程。

1.2 范围

农业气象学的范围包括：

(1) 地球（自然）科学——特别是大气物理学（即气象学和气候学），还有土壤学和水文学。

(2) 某些生物科学——特别是植物学，动物生理学和病理学以及有关的农业技术。

更详细的说明见 WMO 农业气象业务指南中的有关章节（WMO-No.134）。其中包括：

农业气象学是研究气象和水文因子与广义农业（包括园

艺、畜牧业和林业)之间相互作用的科学。其目的在于发现并确定这些关系,进而把大气科学知识用于农业生产实践。对它有意义的空间范围,是从植物和树根最深的土层起,通过作物和树木以及动物在其中生长的近地面大气层;直到对高空生物学有意义的最大高度。这个高度的具体标准,由种子、孢子、花粉和昆虫的有效传播高度来确定。

除自然气候及其地区变化外,农业气象学还涉及到人工影响环境(例如通过设置风障、营造护田林带、灌溉、温室等影响局部环境);贮藏气候条件(不管是在室内还是在田间土窖内);畜舍和农业建筑物内的环境条件以及通过陆、海、空运输农产品期间的环境条件。

顺便强调指出,在审议改变土地利用计划问题时,考虑气象因子是非常重要的。特别是在较发达的温带地区,由于城市的扩展、公路的扩建和延伸,以及娱乐场所的修建,均给农业用地造成很大的压力。农业气象学家应尽一切努力去评价并确定每个地点的农业气候问题,以减少占用生产潜力最大的农业用地,至少应设法让公众了解并承认因侵占农业用地而导致损失的 actual 价值。

这本指南(教材)考虑了天气与农业之间的关系,除农业企业外,可分成六大部分:土壤;植物;畜牧业;作物和动物病虫;农业建筑物和设施;农事活动和人工影响局部气象和水文规律。现在从农业气象观点出发,就这六个部分做如下简要介绍。本章以及其他章节中经常参考并引用 WMO 的主要出版物,主要是各种专题技术报告。

1.2.1 土壤

风化作用是土壤形成的一个重要因素,因而也是决定土壤性质的一个重要因素。天气和气候不仅影响土壤的机械组

成和物理、化学特性，而且也影响其中有机物的含量以及土壤对热量和水分的保持和释放能力。降雨一方面可以增加土壤中的化学成分，另一方面又冲刷（滤掉）了土壤养分。

由于当地天气条件影响耕作、农业害虫控制、作物收获以及草原管理（载畜密度等），所以它对土壤的机械组成状况也有很大影响。

土壤侵蚀（包括水蚀和风蚀）是一个世界范围的大问题，显然受区域和局地天气因子的影响。除天气条件外，大范围土壤侵蚀在很大程度上取决于植被及其长势。

在天气具有明显季节性变化的地区，季节变化对土壤状况有决定性的影响，因而也影响农业计划的制定。例如地中海气候区的雨季开始和终止时间；许多温带地区上层土壤含水量超过田间持水量的时期；高纬度地区的冻土持续时间等对土壤状况和农事活动的安排也均有影响。

1.2.2 植物

植物在其生长的各个阶段，均受环境条件的影响，天气的影响还会延伸到播种之前和收获之后的时期。例如，播种的质量不仅取决于当年的气象条件，而且还与前些年的气象条件有关。某些种植场作物（如葡萄、果树和林木）的生产力还会受到好几个季节前天气条件的影响。森林树木是一个明显的长周期作物的例子，许多年或几十年前的天气状况对它的最终产量都可能产生影响。

收获后的作业，诸如牧草和其他谷物的晒干（晾干）均受季节性天气的影响，水果、蔬菜和其他农产品的贮存保鲜能力也受天气条件的影响。在森林和草原火险的出现和防御中，天气因子也起着重要的作用。

1.2.3 农业动物（畜牧业）

各个时期的天气和气候，除直接影响动物的生长和健康状况外（主要但并非全部是通过过热或过冷表现出来的），基本上是通过其饲料供应和当地的土壤影响畜牧业。天气和气候还影响动物的育种、幼畜的生长速度、产仔率和健康状况，因而也影响其地理分布。畜产品的产量和质量以及加工、贮存和运输也受天气气候的影响。

1.2.4 作物和动物病虫

天气和气候对作物和动物病虫有三个方面的影响。首先，天气影响动植物（即寄主）对病虫侵袭的抵御能力（抗感染性）；其次，是影响昆虫和病菌生物学，从而影响昆虫的习性、数量和活动能力，并影响病菌的分布范围及其毒性；第三，在许多情况下，病菌的流行（传播、空中传送）及其控制或根治也与大气介质的状况有关。

1.2.5 农业建筑物和设施

在规划农业建筑物，特别是设计畜舍和农产品仓库时，必须考虑气候条件。

农业机械的选择，它的保养以及农业机械和劳力的合理使用对天气因子都是很敏感的（见 Dalton, 1974），例如天气对收获机器的影响。

1.2.6 人工影响局部气象和水文状况

灌溉、风障和护田林带，积雪和蓄水以及土壤耕作措施，对局地环境诸如土壤湿度、风速和空气湿度等均有重要影响。利用温室和集约化畜舍可以最大限度地控制局部环境条件。尽管室内条件的变化与外部环境条件变化无多大关系，但是要实现内外条件完全分开，则需要消耗大量物资和能源。要使室内和室外的天气气候条件差别越大，则所消耗的物资和能源也就越多。

本节的重点是评价由人类活动促进或引起的气候变化与农业产量和产品质量之间的关系(例如,由于矿物燃料诸如煤和石油的消耗,引起大气中二氧化碳含量的变化对农业的影响)。

1.3 农业气象问题的类型

虽然很难从理论上为农业气象问题做出一个有逻辑推理的分类,但是, L. P. Smith (1970) 还是做了一个简便而实用的分类,其命名如下:

第一,是防御或避开不利于生产的因子(灾害性天气),把防灾放在首位是非常重要的,因为天灾经常发生,受灾的机率比丰收的机率多(有许多潜在灾害在很大程度上是可以避免的,通过人的干预至少可以减轻其危害)。这些灾害大都与气象条件有关,例如,动植物病虫害的发病率及其程度;大气、土壤、作物和动物的污染;土壤风化;环境条件对作物和动物的影响及其对各种农业作业(活动)的限制作用;霜冻出现频率及其强度和范围;森林和灌木火险;运输或贮藏过程中的损失等。图1.1展示了各种限制作物生产因子的影响(由美国波塔什研究所编制)。

第二,是正确运用气象知识,改进农业技术措施。有些(但不是全部)技术措施将用于克服上节所述的灾害。其中包括灌溉、防风或防寒障,防过强阳光的遮荫障,包括选择栽培地点在内的防霜措施,抗风蚀措施,根旁培土,用草或塑料遮盖植物,生长室或建筑物内的人工加热,畜舍建造与管理,贮藏和运输气候控制,作物喷药和动物疾病防治,施肥,作物轮作和土地管理制度。

当然,采取上述一切措施都是为了提高产量。因此,第

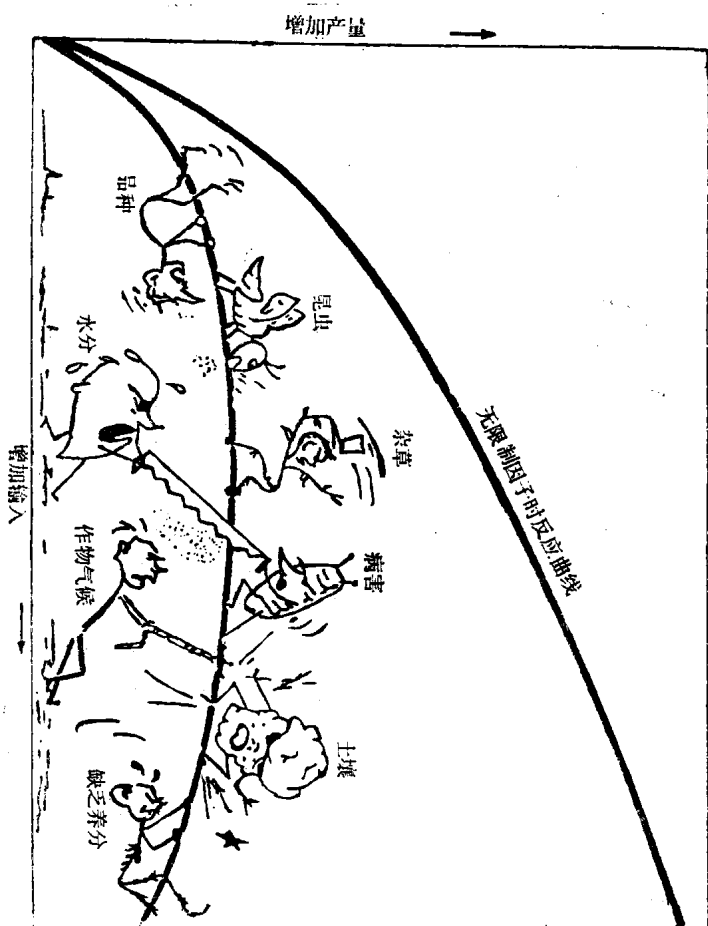


图1.1 各种限制作物因子的影响

三类问题必须包括全部生产因子，诸如涉及种子和幼苗生长的因子，影响产品质量的因子以及收获和收获后的加工条

件。畜牧业包括物理环境对受胎、怀胎和生产的影响以及对畜产品的增长和产量的影响（包括产量和质量）。

掌握天气对粮食产量影响方面的知识有两个好处：一是确定并采用较好的生产方式；二是能做产量预报，特别是有重要价值的粮食歉收“早期警报”。

农业气象学和农业气候学有助于把上述问题分成下述两类，即粮食生产战术问题和战略问题。它们由一系列决策过程组成，在这些决策过程中包括正确评价天气因素的影响。因此，必须正确阐明天气和气候与下列活动之间的关系：作物选择，农畜选择，农业机械的设计和大小，土壤耕作方法，农事活动安排和有利于形成良好农业经营方式的一切活动。特别是在战略问题上，应根据当地的农业气候特点，正确选择土地利用方式、生产计划和远景规划。

很明显，正确的长期（10年或以上）气候“预报”，可以为合理地解决土地和资源利用问题提供可能性。通过认真研究过去的气候变化，考虑气候要素特别是其极值可能出现的范围和周期，由此得出的长期气候预报是非常有价值的。如果能说明可能发生和已经发生极值的统计关系和风险分析结果，将会进一步完善所提出的建议。

常规的天气预报在农业上是很有用的，如果经常提供这样一些可靠的或大部分是可用的预报，那么就能了解未来天气的影响。只要承认预报有用，就必须采取某些可以采取的措施，或利用有利的天气条件，或减轻不利天气条件的影响。农业上面临的一些灾害性天气，农场主往往是无力采取行动的，例如，一架飞机为躲开雹暴可以改变航线，而大面积的农作物却无法搬动或遮盖起来。

对各类农业气象问题来说，都需要了解物理环境条件的

影响。要了解这些影响，必须更多地了解一些基本的生物学过程。因此，必须有一部分科学家就这个问题进行一些基本的研究。不能希望一个生物学家同时又是一个气象专家，反之亦然。边缘学科的发展一般来说是比较缓慢的，但是农业气象学的长处之一是，它在未充分了解一些基础研究的结果之前，就能取得一些有价值的进展，其结果不但有一定的准确性，而且具有使用价值。

参 考 文 献

- DALTON, G. E. (1974) The effect of weather on the choice and operation of harvesting machinery in the United Kingdom. *Weather* 29, pp.252-260.
- SMITH, L. P. (1970) The aims and extent of agricultural meteorology. *Agr. Meteorol.* 7, pp. 193-196.

练 习 题

A.1 简要说明农业气象学的范围。列出你们国家或地区气象局为当地农民、种植者和预报员（以及农业科学工作者或咨询人员等）提供的主要服务项目一览表。

A.2 你对“人工气候”有些什么样的认识；如何区分人工气候和“自然气候”？

B.1*

(1) 列出你们国家或地区的几种（例如4种）主要农业计划类型。

注意：“农业”总应包括园艺业和林业，广义农业还应包括某些相关的加工工业，诸如黄油和乳酪加工业，农产

品，特别是易腐烂农产品的贮藏和运输。

(2) 从每种类型中选一个具体例子（例如，畜牧业方面的牛或绵羊或家禽，作物方面的小麦或玉米或糖用甜菜或马铃薯；园艺方面的大果树或灌木果树或柑桔类或蔬菜类作物）。

考虑你们国家或地区属于何种气候，选择什么样的农业最合适，有什么样的特殊天气灾害（即具体农业活动对“天气的敏感性”）。

B.2* 下表给出了两个位于不同气候区气象站的长期月平均温度。

		月平均温度 (°C)							
气象站	海拔高度 (m)	月							
		1	2	3	4	5	6	7	
埃斯克代米尔	242	1.4	1.8	3.6	5.8	8.9	11.7	13.3	
温尼伯	240	-17.4	-15.3	-4.3	3.4	11.3	16.5	20.3	
		8	9	10	11	12			
		13.0	10.8	7.6	4.6	2.8			
		18.6	12.7	6.0	-4.9	-13.4			

(1) 绘出温度的年变化曲线（见下述注）。

(2) 确定平均温度为 6°C 或以上时期的长度（即“生长季”）。

(3) 假定日平均温度每升高100米的递减率为 6°C ，通过向上或向下移动曲线（或重新制作坐标，计算海拔100、200、400、1000和2000米气象站点生长季的长度（日数）。

这两种不同气候随高度变化的农业含义是什么？

注意：当所计算的生长季持续日数相差只有几天时，应把时间坐标放大，以便确定其初终日期。

绘图时应保留各月的日数变化。点绘月平均温度应以每月的中日坐标为准，即相应于年内的顺序日数：

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
16日	45日	75日	105日	136日	166日	197日	228日	258日
10月	11月	12月						
289日	319日	350日						