

农业气象监测 与作物收成预报

STATIONS		JUN			JUILLET			AOÛT			S
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
MATAM 1978	P _N	10	17	23	36	44	49	68	70	64	50
	P _a	0	23	11	33	46	17	41	10	6	23
	d _a	0	2	1	2	5	2	5	1	1	3
	PET	65	62	59	53	51	52	46	43	47	43
	K _{cr}				0.3	0.4	0.5	0.8	1.0	1.0	1.0
	WR				16	20	26	37	43	47	43
	PoWR				17	26	-9	4	-33	-41	-19
	R _s				17	43	34	38	5	0	0
	S/D				0	0	0	0	0	-36	-19
	I				100	100	100	100	100	87	80
ZIGUINCHOR 1978	P _N	23	40	62	118	121	124	176	180	176	130
	P _a	46	35	115	104	100	202	218	56	149	81
	d _a	3	4	6	6	5	7	9	5	7	5
	PET	52	48	44	41	38	21	35	34	38	37
	K _{cr}	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0	1.0	1.0
	WR	16	14	18	17	19	29	28	34	38	37
	PoWR	30	21	97	87	81	173	190	22	111	44

agrometeorological crop monitoring and forecasting

by
m. frère and g.f. popov
plant production and protection division

本书中所用名称及其材料的编写方式不意味着联合国粮农组织对于任何国家、领土、城市或地区或其当局的法律地位或对于其边界的划分，表示任何意见。

M-10

ISBN 92-5-500807-2

本书版权属于联合国粮农组织。如未得版权所有者书面许可，不得以任何方法或程序全部或部分复制本书。申请这种许可应按下列地址写信给联合国粮农组织出版处长，并说明复印的目的和份数。Via delle Terme di Caracalla-00100, Rome, ITALY.

目 录

	页 次
前 言	1
第一章：根据农业气象作出预报的重要性	2
第二章：作物预报方法概要	4
第三章：以农业气象情报为依据的作物预报法	8
第四章：生长期按自然生长划分的农艺概念	21
第五章：该项方法的应用实例回顾	23
第六章：以农业气象情报为依据，组织作物监测和预报体系	35
结 论	39
参考文献	40
附 件：估计空水面潜在蒸发蒸腾和蒸散量的Penman法	41

前 言

1971至1973年间,萨赫勒地区国家受到严重干旱的袭击。此后,粮农组织与世界粮食计划署在该地区作物生长期进行了一项系统的雨量监测,以便及早发现可能发生严重影响作物生长的不正常雨量和分布情况。

1974年11月,联合国世界粮食会议建议粮农组织成立全球粮农情报早期警报体系,目的是以发展中国家为重点,在全世界进行作物监测和收成预报工作。该体系使用了现有的农业、统计、经济和气象等方面的情报。本书探讨的这项方法,也是对全球粮农情报早期预报体系的投入之一。

1976年,根据“正常”雨量编制了简易雨量监测报告,其中包括一项对作物累计水份平衡的估计,并刊行了简要说明,于1976年广为散发(Frère和Popov, 1976年)。接着,植物生产及保护处收到了许多国家的申请,要求在本国引用作物生态及遗传资源科提出的那个方法。因此,又向埃塞俄比亚、阿尔及利亚、坦桑尼亚、加纳、多哥、尼日利亚和海地等国派出了考察组,还有许多其它国家,如孟加拉国、印度尼西亚、委内瑞拉和苏丹等,亦对这项农业气象作物监测与预报方法表示具有兴趣。

本书的目的是要介绍这项方法及在许多不同环境下,种植不同作物所取得的若干成果。根据迄今取得的经验,在水成为农业生产主要障碍的国家里,可以对这项方法的后果作出良好的估计。显然,在许多情况下,采用此法还应鼓励全面收集各种具有内在联系的生物数据(产量和物候学),当这些资料连同农业气象数据一起列出时,可以逐步编制出全面的数量模式。目前这项方法的主要优点是可以立即开始工作,不需要什么先进的设备,甚至还没有详细的产量和生物数据也没有关系。

第 一 章

根据农业气象监测进行作物预报的重要性

过去三十年间,农业生产的变化表明,在大多数发达国家里,单产和总产量取得了巨大发展,虽然这一增长在某种程度上为减少耕地面积所抵消。这一发展的结果是,在此期间,发达国家粮食产量增长约50%。

可是,在发展中国家,生产增长缓慢得多,许多国家的人口,却因医疗卫生的改善而大幅度地上升。农村地区大量人口流入城市,加上饮食习惯的相应变化,这种现象更加日趋恶化。结果是需进口的某些商品的消费量扩大了,如热带国家食用的面粉。另外,粮食生产年年有变化,所以总是要由余粮地区向缺粮地区运粮来弥补。而且过去十年因气候变化经历了若干次严重干旱时期,有时同时在好几个产区发生。这就更加加剧了当前世界各区域间存在的粮食生产不平衡状况。

鉴于这种形势,预报作物收成,特别是粮食作物收成的数量和质量,日益显得更为必要了,因为粮食仍是世界绝大部分地区的主要食物来源。预报极为重要,它有助于生产国予先了解收成大小以及可能出口的数量。对粮食进口国来说,预报也很重要,以便预计本国的收成,然后根据自己的进口能力来决定当年度应进口的粮食数量。当然,对本国的各个地区也可采用相同的措施。

最后,预报对国际机构和捐助机构来说,也是很重要的,它们可以予先了解粮食供应的可能性与需求量,便于尽可能合理地协调和组织粮食紧急援助计划,尤其是针对那些最不发达国家,因为它们总是无法得到硬通货来购买粮食。该项行动的一个范例就是粮农组织特别救济行动办事处自1973年以来采取的紧急措施,以缓和萨赫勒地区受旱国家的粮食危机。此后,在该区域和其它易受旱地区于作物生长季节进行了早期收成形势的估计。

这项工作肯定已取得了成绩,在导致发生粮食危机的严重局势即将来到以前,可以及早发现并及时采取适当的措施。显然,今后这项作物预报任务主要应由各国

自己来承担并列为本国粮食安全计划的基本部分。本书目的是介绍一项不需要拥有解释数据先进设备的方法，通过这项方法可以对未来收成作出很好的估计。

第 二 章

作物预报方法概要

2.1 前 言

作物收成每年总有波动,这种现象在图一可以看到,图内列出了历年来丰、欠收成的变化。可是,过去几十年间,曾十分强调努力提高农业产量,其途径是选好作物、施肥和广泛利用廉价能源的改良耕作技术。

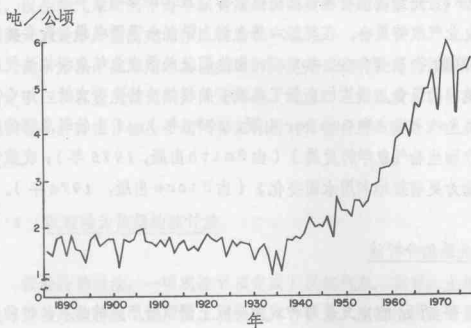
重新重视气候对作物生长与发育的影响,特别是有关气候与产量的关系问题,那还只是较近的事。采用的办法并不一样,所以,在这类研究中使用的词汇也存在着相当混乱的现象。最近有篇文章(Baier, 1979年)曾试图把作物与气候关系研究中使用的方法基本列为以下三种:

1. 作物生长模拟法;
2. 作物——气候分析法;
3. 以经验为依据的统计法。

2.2 作物生长模拟法

作物生长模拟法的定义可以是一项突出植物生长过程中物理、化学和生理机能的简化反映。若植物的基本过程——干物质的产生和分配及与水的关系——得到严格模拟的话,植物对环境的复杂反应也是可以模拟的。因此在气候区之间,没有必要作出区别,因模拟法本身将突出生长的限制因素。在湿润气候下,加上低温和低辐射水平,模拟法一般将表明产量对受到总辐射量增加的最大反应。相反,在干热气候下,雨量增加与分布均匀亦可从产量增长中反映出来。

各种模拟法可以采用不同的间隔期限,例如,由于许多作物的机能过程足以日



图一：美国的玉米单产波动情况

为周期，采用小时为单位的间隔期是最可行的。再说，人们认为某个时候的一种现象在一小时内不会有什么大变化。这样就可以估计出若干种过程，如光合作用、每个小时的蒸发或呼吸，并按时累计，计算出日率，以便最后计算出整个生长期总的干物质产量或可收获的产量。目前，模拟计划应更多地被看作是研究作物机能的一种方法，而不是一项预报收成的最终办法。如模拟法能考虑到各种重大现象，且不包括一些错误假设的话，那么模拟法还是十分有益的。模拟法能使人们更好地了解作物与气候的关系，阐明为什么有些气候因素较其它因素对构成产量来说更为重要，提出一些在统计上具有重要意义的因素，并为一些重要的、但尚未得到充分了解的方法进行新的试验提供了基础。总之，模拟法不能代替统计法，而是统计法的一种补充。

一项植物与作物生长旺盛的范例是1971年由 de Wit、Brouwer 和 Pe-

nining de Vries 介绍的作物生长基础模拟器 (ELCROS)。

世界气象组织农业气象委员会,在其第六届会议上曾任命了两名报告员(美国的J·R·Haun和苏联的O·D·Sirotenko),由他们就关于农业气象模拟法提出报告。读者可参阅他们的报告。最近已出版了几本有关模拟法的优秀文献,如《作物的潜在产量》(由Wareing和Cooper出版,1971年);《生物气象学的发展,第三编:关于作物生物气象学的发展》(由Smith出版,1975年);农业气象学杂志专刊《植物为更有效地利用水而变化》(由Stone出版,1974年)。

2.3 作物与气候关系的分析法

作物与气候关系分析法的定义是两种或两种以上因素所产生的结果,每种因素代表着植物特定效应(如产量)与植物不同发育阶段某些可变量变化之间的简单功能关系。各种因素以数值表示的总效果彼此互有影响,但不是象线状回归方程那样,是额外附加的。这类方法不要求对作物与气候因素间的基本过程提出什么假设。因此,列入分析法的数据质量不是关键的,但所得之值更依赖已有的数据,且较模拟法中的数据粗略些。所以,当只掌握气象数据时,作物与气候关系分析法是分析作物对气候因素反应的研究渠道。在这些方法中采用了传统的统计方法,以数字来标出作物因素与气候或由气候产生的数据之间的关系。最适宜的单位时间是日,但也可考虑采用更长或更短的时间单位,只要在此时间内,作物的效应与所选定的气象变数差别不太大。

应用这一方法的典型实例是由Baier提出的作物与气候关系分析法(1973年)。该项方法的目标是分析三种农业气象变数对作物最终产量的日作用。分析也研究了作物的其它效应,如植物生长或繁殖发育阶段(渐趋成熟期)。作物对这三种投入变数每一种的效应是线形的(正或反面的)或方形的(凸或凹形的)。一年生作物在生长期间的效应随其发育而变化(生物气象时期,Robertson,1968年)。效应的特性不了解,也不是先前决定的。相反,可设想一支多项式的第四力

量，以生物气象时间作为单独变数足以调整每日的衡重因素，这些因素又与每个变数每天对最终产量所起的作用联系在一起的。

关于方法中应采用的功能关系的决定是以这种设想为依据的：作物产量基本上决定于三种农业气候变数，即太阳能、气温和土壤湿度（或蒸发蒸腾）。这三种变数的每一种，在作物生长期间每日作用对作物最终产量是产生着一种正或负的累计效果。

2.4 以经验为依据的统计法

按经验的做法，一项或若干项变数（反映气象、因素、土壤特性或一种趋向）是与作物某些特性（如产量）相关的。“独立”变数往往是雨量或气温，或“派生”的农业气象数据，如土壤缺乏水份或大气湿度的指数。这些等式中的衡重系数，必然是按经验使用诸如标准统计法来取得的。统计法不易阐明因果关系，但却是一项很实用的估计或予测收成的方法。这些以经验为依据的统计法中的系数和估计数，其可靠性在很大程度上取决于方法的设计及投入数据的代表性。如果土壤气候条件及耕作制与代表这块地上的投入数据是相一致的，且土壤和地形在等式中的衡重也是恰当的，可以设想系数与估计数对某地区作物生长状况或产量的予计是 valuable 的。

由于该项方法十分简单，故粮农组织提出的那个方法在第三章中（介绍）难以在这项分类中作出确切的排列。不能把它叫作模拟法，因这变数虽是综合性的，可却是独一无二的，而且因为作物的变化（如各发育期）是作为某地点和作物常数的。另一方面，以旬为周期的方法意味着它考虑了对各时期特定气候的影响，所以又与以经验为依据的全面统计法不一样。

因此，我们认为粮农组织制订的这个方法，尽管简单，还是可以列入 Baier 称之为作物与气候分析法一类内。

第 三 章

以农业气象情报为依据的作物予报法

3.1 目 标

本章介绍的予报法是由粮农组织植物生产及保护处作物生态及遗传资源科制订的。该方法早先依赖当前雨量数据和计算作物需水量的气候情报，把这两种数据加以综合，取得作物的水份平衡。

这个方法虽然比简单地估量当前雨量及把它与“正常”雨量作比较的方法要精确些，但它仍是相当简单的，不需采用先进的复杂设备。它的根据是少量的当前数据，再用上若干可以在“作业”阶段以前收集到的作物生长期以外的气候数据。最后，这方法的设计是要通过逐期报导和现有的有关地区作物生产率数据，作出产量估计的准备。随着收获时期的接近，估产的确切性也将得到提高。

3.2 该项方法的基本原则

该项方法的依据是某一作物整个生长期内逐旬的累计水份平衡。有几个月最后一旬也可能是八、九、十或十一天；按此再算出蒸发蒸腾量。有些国家喜欢以周为期，这样组织工作更方便些，这也是可以的，粮农组织曾为此准备了周报表。可是，这方法也有若干不便之处，因每月内的每周日期是变动的，每年要对作物生长期作出比较就有些困难。因此，为方便起见，下列说明均以旬为周期。

水份平衡是指作物得到的雨量与作物及土壤流失水量之间的差额。在计算中亦应考虑到土壤的持水量。

按照专门的公式来计算水份平衡，图二列举了萨赫勒区不同地点收集来的实际数据计算的例子。

还须指出，这项方法主要是供发展中国家使用，那里的雨育农业普遍存在的困难是作物用水不足。因此，这项方法与左右作物生长的气温不直接有关。可是，仔细阅读第五章提到采用此法试验的几个国家实例，显然，气温实际上以三种间接方式介入了这一作物水份平衡估计法。在整个生长期內（其长短一般直接决定于气温），首先应注意的是气温的效果。例如，在哥伦比亚自海平面至海拔2500公尺的地方，玉米的生长期由150至300天不等。以同样方法和小麦品种“Siete Cerros”，在差别很大的条件下作试验，生长周期为74至177天。气温直接对潜在的蒸腾蒸发量产生影响，从而影响整个水份平衡。最后，在某些气候区，绝对湿度特别是如霜冻之类，可能也是重要的。

3.3 水份平衡的计算步骤

下面详细列出累计水份平衡计算的各项步骤及计算表中的各种符号（图二）。

3.3.1 正常雨量 (P_N)

该符号表示有关站台气候数据中正常的旬雨量。如只有月数据，可以按图表程序或用微型计算机把它们折算成旬数据（图三）。该图列出了海地角气象站（海地）用计算机快速算出的一个实例。表一表明了原来的月数据和获得的旬数据。

正常雨量说明雨季起始日“正常”，它的持续期也“正常”。正常雨量也说明当与这一时期的正常雨量相比，目前的雨量是“正常”的。

一月 110	42 34 34	四月 90	29 30 31	七月 44	18 13 13	十月 219	62 74 83
二月 106	35 36 35	五月 147	46 54 47	八月 45	12 13 20	十一月 298	98 106 94
三月 97	33 33 31	六月 90	36 30 24	九月 109	27 35 47	十二月 186	73 61 52

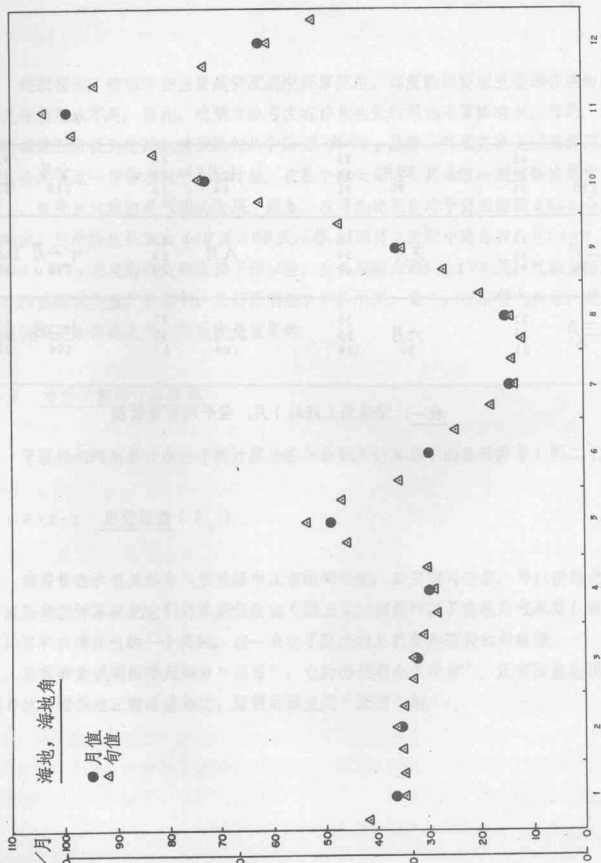
表一：海地角（海地）月、旬平均雨量数据

毫米/旬

毫米/月

海地，海地角

● 月值
▲ 旬值



图三：海地海地角的月、旬平均雨量

3.3.2 当前的雨量 (P_A)

当前雨量是指每旬如1至10号、11至20号和21号至月末降下的总水量。雨量以接近毫米的整数计算，取消了毫米以下的小数，因小数对农业无多大意义。另一方面，降下的雨水渗入土壤并保证了土壤水分的贮存达到某站所选定的水平（见下面3.3.8节）。渗入土壤的水，当超过界限时就渗入深层，这项水量未计入水分平衡。还设想雨水是降落在地面的，因而没有侧面径流。

3.3.3 降雨日数

每旬观察降雨日数，可以更好地了解这时期内雨量的分布状况。例如，在一、二天内下雨150毫米，这意味着下暴雨，是无效的雨，可能还有损于作物，而在八天内降下相同的雨量对作物就有利。同样，一天降30毫米雨，意味着该旬稍有干旱，尤其是在上旬初和中旬末下雨，更是这样。因此，如在一旬内只有一个雨日，应当标明它的具体确切日期。

3.3.4 潜在的蒸发蒸腾量 (PET)

在这项研究中作为参考用的潜在的蒸发蒸腾量是指可能通过统一的、短而密的草被蒸发掉的最大限量水份，这类土地的贮水量如Penman所下定义那样（1948年），供给土壤的水是不受限制的，计算法按附件介绍的方法进行。这份附件是粮农组织在过去十年中采用Penman公式所取得的经验。在干热的气候条件下计算空气动力值所作的若干微小变动，一般说来，在这项工作中是不适用的，因为一般在生长季节内，在更潮湿环境条件下耕种的是雨育作物。

通过气温、气压或相对的空气湿度、日照时间和风力等气候纪录，可以计算出