

种植者田间工作的天气指南

王仁煜博士著

(1982·5·)

北京农业大学物理气象系

一九八二年十一月

目 录

前 言	1
I. 空气资源	3
A. 辐射	3
B. 温度	19
C. 湿度	24
D. 风	28
E. 空气质量	32
II. 水资源	39
A. 水分收入	39
B. 水分丢失	44
C. 作物利用	44
D. 水质	53
III. 土地资源	57
A. 温度	57
B. 湿度	64
C. 土壤通气	64
D. 土壤质量	65
表目	74
图目	76
附录	78
1. 小气候仪器表	78
2. 作物所需要的温度	84
3. 单位和转换	86
4. 术语汇编	(略)
5. 文献索引	(略)
农业气象学研究的范围	90

种植者田间工作的天气指导

当心天气，天气不同于土地和水，它是容易变化的，而且，我们几乎不能控制它。天气变化可以给农民和种植者带来好运或者灾难。在世界的一些农业区域，特别是边远地方，当干旱或其它灾害性天气出现时，可能出现普遍的缺粮现象。因此，没有受灾的地区显然要承担更多的粮食生产。对受灾的地区来讲，这种情况下产生了粮食危机，但也为大多数生产区的种植者将该地变成生产率更高的、更繁荣的地区创造了一个机会。一方面，人们对土壤和水的特性以及其在栽培措施中的应用了解的很多；另一方面，大多数农民和种植者仅大体上知道天气的特性和它对作物的影响。他们必须知道每一种作物和不同品种在其重要的生长时期需要什么样的值得注意的天气要素。由此，建立起天气—作物的相互关系，并通过天气或作物的预报和控制方法加以完善。

多少世纪以来，人们无能为力地看着自然支配着作物的产量。即使目前大气科学的技术状况，人们也远不能准确地预报未来一个季节的天气，也不能在一个区域内有效地改变天气。因而，必须依赖于天气—作物相互关系的知识，特别是对作物反应特性的了解。

逐日和季节的天气观测是我们避免象冻害、病害和人为灾害这类问题的指南。这些天气观测可以进一步用于指导有效的田间管理，包括栽培措施，从各地气象台站获得的记录通常距离一些农田太远，以致不能给予具体农田地段以合适的情报。此外，台站没有能测量作物生长发育的许多必要的气候和土壤要素的装备。因此，种植者最感兴趣的是坚持他们自己有用的天气观测，并且逐渐了解其在农

田实践中的作用。

为了寻找较好的解决方法，在进行天气观测时，我们不仅需要当地农田的生物学数据，也需要气候知识。例如，为了取得满意的产值或产量，我们不仅必须减少如干旱、霜冻和病害这样的灾害，而且，我们也必须认识到要充分利用每天的空气资源。

由于要素间多种不同的相互作用，天气情报的利用可能是极为复杂的。辐射、温度、湿度和风都是不同的要素，但又相互影响。掌握这些作物—天气相互作用的关系要靠农学家和气候学家的密切合作，要重视现有知识的应用。

种植者注意下面的天气指导。我们将其分为三章，即：空气、水和土地资源。空气资源包括基本的天气要素和其对作物的影响，并贯串着预报和控制。第二章研究我们的水资源，特别是关于灌溉管理，也包括了对作物反应的研究以说明今天用之有效的技术。第三章讨论土壤资源。在这一章，描述了作物对土壤温度、湿度、通气的需要和土壤质地。

我们的目的是为读者提供一本有用的手册，它将用于为获得作物良好地生长发育而进行的重要天气和土壤参数的监测。

本手册将帮助读者在农田工作中利用空气、水和土地资源时作出可能最好的决策。三者当中，空气资源利用得最少所以它讲得最多。建议读者查阅一下附录，它提供了空气资源利用上的重要的最新的情报。更进一步的资料可以从文献索引中（附录5）中得到。同时，由于学科的多样性，也为读者方便，附录4中提供了一些术语名称。至于单位和符号，附录3中作了说明。

I 空气资源

空气的状态可以用其热与冷，干与湿，云或风等来表示。这些可以用一系列气候参数来定量表达，诸如，气温、湿度、雨量和辐射以及风速和风向。因为，产生天气的动力来之于天体源（主要是太阳辐射）并且受到地球表面的影响，它将太阳辐射转化成红外辐射，因此，我们从辐射开始讲起是合适的。

在观测空气资源时，这个指南提供两组主要的观测项目：辐射和大气。图1表明了各种环境参数对农事操作的重要性，列出参数的三个水平以表明它们的相对重要性。

水平	参数	解 释
1	最有用的	保证最好的决策必须要测量的环境参数，它们是最重要的。
2	有用的	如果可能，应该测量该类参数，然而，若无有用的仪器它也不是必不可少，这些是次重要的。
3	附加的	如果有用的话，可以包括这些参数，这些是有帮助的，但不重要。

根据生理学原理和自然界物理学定律，将这些数字（1，2或3）填入图1。例如，在土壤或水分浸蚀的情况中，其浸蚀的强度依风力和雨量而定，因此，这两者都填上“1”。融雪导致径流并将影响浸蚀的程度，因此，填入数字“2”。标记“3”用于气温和蒸散的测量。

附录1列出了测量每个环境参数的仪器。

A. 辐射

没有大量的光和热的形式的能量从太阳不断地投射到地球上，

生命就不能存在。这些能量占一天地球有用的总能量的99.95%。然而，只有少于1%的阳光，特别是绿紫和短红波长区的光，被植物的叶绿素吸收。用于二氧化碳和水转化成碳水化合物的过程。将二氧化碳转化为有机化合物的过程称为光合作用，其逆过程称为呼吸作用。地球表面所吸收的部分阳光加热地面，反过来又加热空气，蒸发水分最后以红外辐射形式跑出地球，这就调节了地球上的气候。

注意两类主要辐射：射入辐射和射出辐射。

射入辐射主要包括直接太阳辐射和天空辐射，加上月亮的辐射和返回地球的红外辐射。射出辐射由作物和土壤表面的红外辐射以及少量的从这些表面的反射散射太阳辐射组成。这两类辐射不仅支配了植被所有的生理过程，而且加热或冷却了农田因此而影响了整个的小气候。

影响植物对阳光的反应有三个基本的特征，它们是光照时间、光强和光质。光照时间是以小时来表示的日照长度，光强是在一定时间垂直投射到地面的光量，光质简单地说就是它的颜色，颜色决定于波长。光质包括红外和紫外波长，这些是不可见光。

1. 光照时间

植物生长发育所必须的日照时数叫做它的光周期。植物对光长的反应称为光周期现象。这是植物“知道”什么时候开始营养生长，开花、结果或结籽的机制。已对许多作物的光周期现象进行了深入地研究，光周期上的变化也已商业性地成功地应用到对种植者有利的改变发育时序方面来。

光周期有三种基本的类型。一是长日性植物，它需要低限以上的日长时数（大约14到18小时）才能促进开花和结果，一是短

日性植物，它需要低限以上的连续的黑暗时数（大约14至16小时）才能顺利地发育，半日性日长的植物如甘蔗要求12小时的光长。选出的一些作物的光周期列于表1，并指明了促进开花的数值。这里长日的和短日的类型又进一步分为“需要的”和“有利的”，例如，列为“短日有利”的植物当日长缩短到8至10小时将开始开花，但反应不敏感；另一方面，一个“需要短日”的植物在同样时间开花，但它的反应一定是较迅速的。除这三类型的光周期外，一些植物不管日长的长短整齐地开花，叫做中性植物。换句话说，在任何的光周期下，植物都能形成它们的花芽。然而，与植物‘光合作用’有关的光照强度影响到植物的生长而不是它的发育。

在实际情况下，表1中所列的数据由于环境温度的影响而要进行修正，温度的这种影响称为温周期现象。这意味着一些作物当它们处于不同的温度范围时，光周期会发生改变。表2是一些作物在这方面反应的一览表。同时，对某些作物种类来讲，开花时间可能是长日性的，结果时可能是短日性的，这在表3中加以说明。

在不合适的纬度或季节种植作物可能因日长的变化而造成农民的经济损失，因他既不能满足市场要求的期限，也不能完全收获他的作物。长日植物的要求通过延长日照时数来满足，而短日植物的要求通过缩短日长来满足。事实上，延长日长通常太昂贵而不能被多数生产者所接受。业已发现在半夜给予例如30分钟的短的光周期可取得延长日长3至5小时的同样效果。为了更经济起见，在短光周期中采用断续的照光将达到同样的目的。对一个短日植物来讲，完全遮荫或将作物种植在一个特定的季节或者能满足必需要求的纬度都可以促进开花，这些方法将降低投入能量的成本，并取得同样

的生理效果。

日照时间必须要实测，而日长可以通过 Smithsonian 气象表或一本历书查到。测定日照时间的仪器叫作日射计，康泼培尔—司托克斯日射计是世界标准仪器，用于 Sierra—Misco 公司的目录中。

2. 强度

低水平的辐射强度对光合作用速度有重要的影响。当光强从低到高增加时，植物相应增加其发育速度。在某个特定的强度时，植物达到光饱和，且发育过程几乎维持一个常数甚至可以减慢。已经确定了许多作物的光饱和水平，它大约变动在 3,000 呎烛光（如喜光的棉花）到 1,000 呎烛光（如耐荫的植物）。这两个例子列在表 4。呎荧光是测量光强的一个单位。通常正午时阳光强度范围在 10,000 到 14,000 呎烛光。几种作物的饱和光强列于表 5。一旦超过光饱和界限，植物不再以其合适的水平生长而且产量可能减低。这些在表 6 中予以说明，表中不同光强和光周期的处理表明对七种蔬菜的生理有影响。

当强光伴随有高温、低湿时，植物的器官往往受到伤害。这可导致落叶、落花、落果。作为这方面的一个补救，作物可以沿着斜坡种植或者采用间混套作的措施。风障和化学雾的使用也取得了不同程度的成功。美洲印第安人在烟草叶上施用白色粉末增加反射率，减低热量，所以叶片维持饱满状态，并有一个高的叶灼指数（见附录 N），这种方法大大地改善了叶片质量。

测定太阳辐射强度的仪器是辐射强度计，直接辐射强度计，净辐射计和测定光合有效辐射（PAR）的量子感应器。光合有效辐

射 (PAR) 是辐射光谱的一部分, 它能有效地控制植物的光合作用过程。Sierra—Misco 公司辐射仪器, 包括 4010 型黑白辐射强度计, 它有一个迅速的感应 (3 至 4 秒) 而且是灵敏的, (7.5 mv/ly/min), 同时输出值是线性的 (每分钟在 0—2 ly 中有 $\pm 1\%$ 误差)。这个新型的辐射强度计测定一个水平面上来自天空 (日光) 的和直射太阳辐射 (阳光) 的总辐射。由于它包括了穿过半园形罩 (Schott WG7 玻璃) 的全部的太阳光, 波长范围 ($280—2800 \text{ nm}$), 所以该记录器可用于农作的许多方面。其应用的例子如对蒸散、土壤温度以及生物量的估算等。其数据也为温室设计提供了重要的参数。详细情况请看附录 5 的文献索引 (例如王, 1972 a, 和 Monteith, 1975), 此外, 它也是标定辐射的标准仪器。

要从辐射强度计读取准确读数, 仪器必须要安装在一个牢固的, 没有任何遮挡阳光的水平面上, 玻璃罩必须经常清洁。

3. 质量

达到地球表面的太阳光质由红外光、可见光和紫外光谱组成。作物的生长发育不仅受不同的光谱影响而且受光谱内不同的波段影响。例如, 表 7 和图 2 表示了番茄对可见光区不同波段的反应的差异。

实际上, 光质随着云、雾、雨量和烟雾的存在以及太阳的位置而变化, 间混套作有时也可以显著地改变光质, 例如, 荸荠通常作为一个间混套种作物种在稻田中。其它的措施有人工雾、喷灌、露天烧火, 浓烟罐和化学喷雾。在人工环境中, 如温室, 已经广泛实行了光质控制。已经发现紫光比其它光能促进作物更好地生长, 因

此紫玻璃已广泛用于温室（也许“绿室”（温室）应重新命名为“紫室”！），测定光质的仪器与测定光强的仪器相似并配有不同颜色的玻璃罩。

图 1. 田间工作所需要的气候情报

环境 问题 和 农业措施	水分保持			土壤和 空气保护			环境灾害 (预测和控制)			作物生产			辐 射 能
	灌溉	覆盖	防护林带, 风障	土壤或水分浸蚀	作物选择, 土地评价	过度放牧	植物毒素	冻结温度, 霜冻	森林火灾	洪水	干旱	疾病	
环境 参数	—	—	—	—	1	2	—	—	—	—	—	3	1
	—	3	—	—	2	—	—	1	3	—	3	2	2
	1	3	2	—	2	—	—	1	2	1	2	—	1
	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	2	2
1. 光合有效辐射 (PAR)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
2. 红外辐射 IR 光	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
3. 净辐射	1	3	2	—	2	—	—	1	2	1	2	—	1
4. 总辐射	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	2	2

表1 植物开花的光周期反应

品种	光周期类型 和光长	品种	光周期类型 和光长
水果和蔬菜作物		蕃茄	N, I, S
洋葱	S, N	芜菁	I
菜豆(利马豆)	N, S	禾本科	
线豆	N, S	春大麦	I
甜菜	I	冬大麦	L(>12小时)
白菜	I	旱叶草	S(<18小时)
菊苣	L	剪股颖	K(>16小时)
胡萝卜	N	一年生早熟禾草	N
芹菜	N	肯塔基早熟草	I
黄瓜	N	雀麦	L(>12.5小时)
苜蓿	L(>11小时)	须芒草	S(12-14.5小时)
莴苣	I	藜草	L(>12.5小时)
葱	I, S, N	云草	L(>13小时)
豌豆	N, I	玉米	N, S
胡椒	N, S	羊茅	L
马铃薯	I, S, N	石松	L(>9小时)
萝卜	L	燕麦	L(>9小时)
菠菜	L(>13小时)	鸭茅	L(>12小时)
草莓	S(<10小时)	夏稻	N
全年生草莓	I, N	冬稻	S(<12小时)
甘薯	S	春黑麦	I

续上表:

冬黑麦	I	草木犀	L
意大利黑麦草	L (>11 小时)	烟草	N
多年生早黑麦草	L (>9 小时)	烟草, Havana	I
多年生晚黑麦草	L (>13 小时)	菸草, Md Mammoth	S (<14 小时)
高粱	I	春巢菜	I
苏丹	S	观赏植物	
甘蔗	S	锦葵	L (>12 小时)
var. 28 NG		紫菀	I
292 甘蔗	IM (12-14 小时)	杜鹃花	N
梯牧干草	L (>12 小时)	风仙花	N
梯牧干草	L (14.5 小时)	秋海棠	N
春小麦	I	苔藓植物	S (<12 小时)
冬小麦	L (>12 小时)	仙人掌	S
冰草	L (>10 小时)	菊花 (Chrysanthemum	
豆科作物和其它大田作物		frutescens)	L
苜蓿	I	菊花 (C. indicum)	S
甜菜	L	瓜叶菊	I
三叶草	I	波斯菊属	S
红三叶草	L (>12 小时)	大波斯菊	S (<14 小时)
棉花	N, S	橘子	N
胡枝子	S (<13.5 小时)	毛地黄属	I
大豆, 菜和杜鹃花	S, s	倒挂金钟属	N
大豆, Mandell	S	子属	N

续上表:

老鹳草属	N	福寿考属	L
冬青属	N	大戟属植物	S (<12.5 小时)
高凉菜属	S (<12 小时)	鼠尾草	S
翠雀属	L	景天属	L (>13 小时)
番杏属	S	金鱼草属	I
兰花	S	德国紫罗兰	I
翼蓼	N	灰叶属	IM (10—13.2 小时)
矮牵牛属	I	堇菜属	S (<11 小时)
八仙花属	N		

说明:

L—需要长日, I—长日有利,

S—需要短日, S—短日有利

N—中性, IM—半日性

多于1个的分类符号表示有品种的差异。首先进行一般的分类, 然后按开花的光周期分类, 标于园括弧中。

(>12 小时应理解为等于或大于12 小时, <12 小时应理解为等于或小于12 小时。)

(引自 J. H. Chang 1968)

表2. 一些植物的温周期反应.

以下植株的干重	温度和光周期			
	低温 (68° F)		高温 (86° F)	
	≤10小时	≥15小时	≤10小时	≥15小时
玉米抽雄阶段	0. 77	2. 64	1. 37	3. 52
成熟玉米植株	219. 68	478. 19	174. 14	250. 29
具翅豆 (SL3)	8. 63	10. 28	8. 90	9. 88
具翅豆 (SL7)	8. 10	14. 01	10. 62	11. 01
具翅豆 (SL11)	8. 57	13. 44	10. 25	11. 01
成熟的烟草植株	13. 5	33. 9	41. 6	36. 2
春小麦抽穗天数				
早播种				
Sonora	77	44	61	33
Devuli	77	44	51	31
Tokwe	70	48	59	43
晚播种				
Cajeme 71	63	44	61	34
Mexico 120	65	47	61	36
Odzi	64	52	63	35

表3. 植物开花和结果的光周期反应

代表性品种	开 花	结 果
草莓, cineraria	短 日	长 日
春白菊, 春大麦	长 日	长 日
假龙头花, 紫波菊	长 日	短 日
大豆, 大波斯菊	短 日	短 日
天蓝绣球(草夹竹桃)	长 日	中 日 型
晚稻种	短 日	中 日 型
Osticum 菊	中 日 型	短 日
菠菜, 小麦	中 日 型	长 日
胡椒, 早稻, 荞麦	中 日 型	中 日 型

引自 Eguchi 1937

表4. 阳性植物和阴性植物

分 类	作 物
阳 性 作 物	糖槭、美国红杉、法国梧桐 铁杉、挪威云杉 红栎树(栎)、榉木、冷杉、紫杉
阴 性 作 物	欧洲赤松、山杨(类) 黑杨类、松柏、大果乐、落叶松、苹果 桦、鹅掌楸