

# 水分和温度应力\* 造成的玉米减产的估计

R. H. 肖

**作物不同发育阶段天气对产量的影响。**播种前：即使在播种前也有一些对产量产生影响的重要因子。例如，美国玉米带西部，土壤的底墒特别重要。7月和8月初是需水的高峰时期，正常降雨量不能充分满足作物的需水量，因而作物就利用土壤中的贮水。虽然，从伊利诺斯往东，一般来说，春季土壤的田间持水量比较大，土壤的贮水量对以后的产量并不产生多大影响，而在衣阿华州，由于夏季处于中等程度干旱的情况下，春季土壤的贮水量对产量就有较大的影响。作者曾测量到，4月中土壤水分每增加25毫米，产量就增加600—1000公斤/公顷。然而，春季土壤过湿，可使播种推迟。在许多地区，推迟播种会使产量减少，如表所示：

表衣阿华州不同播种期的玉米产量占最佳产量的%

播种日期						
5月	5月	5月	6月	6月	6月	7日
1	10	20	1	10	20	1
产量 (%)100	98	92	84	71	55	33

**播种到出苗**，天气是决定播种日期和出苗时间的主要因子。玉米大多在平均气温14—16℃时播种。玉米播种深度的土壤平均温度，大致是这个值。但是，玉米带的大部分地区，温度偏于太冷而不是太暖，因此，天气状况会对生长有重大影响，然而除此之外，对产量没有什么直接影响。

**玉米生长初期**：冻害对玉米产量的影响的资料比较少。生长初期，生长点在地面以下，不受冰冻的影响。作者曾对在地面以上部份被冻死的玉米进行了观测，发现一直到吐丝阶段，它们都和冻害以后才出苗的玉米没有很大的差别。随着作物慢慢长大，碰到的灾害就更多了。一旦生长点在地面以上，低温就可使作物冻死。部分叶面受冻害的损失，大致相当于冰雹伤害叶面而造成的损失。阿尼和厄珀（1973）对一块长到90厘米高时受到冻害的玉米田进行了考查。由于6月23日的冻害，作物有6斤或更多的叶子受害，结果其产量只有6000公斤/公顷，大约是未受冻害玉米产量（8500公斤/公顷）的71%。他们估算相应的冰雹灾害也可能减产10—20%。然而，这不是一个重复试验的结果，而仅仅

• Stress——它是一个环境科学的用词，其含意是由于自然、化学，精神社会或其它因素的影响而使生物体机能（或社会功能）处在一种生理（或社会）的紧张状态，即超过生物体（或社会）能够负载的能力。因此，应力这个词是所有环境因素影响的总称。Stress，也可译成压力。然而，这样就会引起某种误解，以为是指气象上常用的气压的压力。例如，我们若用水分压力就可能被理解为水汽压。所以借用物理学的名词应力来表示外来的压力。这词目前在环境科学中已广泛地应用。

译者

是受灾玉米田的观测结果。作者曾观测到近抽丝时间玉米遭受冻害的情景。抽丝阶段碰到冻害，玉米所受的灾害很重，大多数叶子被冻死，产量可能就少得可怜了。

作物生长初期的水分应力和产量之间的关系不大，除非天气坏到使作物死去。如果这个时期天气相对比较干，那么根系就能得到良好的发育。生长初期由水分应力受到的损害，可以由良好的根系发育而吸收更多的土壤水分所弥补。索尔特和古德（1967）指出，在作物初期阶段，水分应力对作物产量的影响很小或没有影响，其原因可能由于根扎得比较深的缘故。衣阿华州目前使用的土壤湿度计划中，预测5月和6月潮湿的年份，作物可提取100厘米深处的土壤水份，正常年份为了150厘米，干旱年为210厘米。土壤湿度的测量证明了这种情况。因为仲夏天气更重要，所以产量和这时期没有什么直接关系。

威利斯（1956）发现，在暖房中玉米的生长随土壤温度升高（16—24℃）而线性地增长。在农田中用加热电缆加热土壤时，他发现，10厘米深处的土壤温度升到23℃为止，产量随温度增高而增加，温度再升高产量就下降。一块未经加热、无遮蔽的、平均温度为23℃的土地获得的产量为7300公斤/公顷，而一块遮蔽、加热的、平均温度为27℃的农田，获得的产量为6800公斤/公顷。这种情况下，加热是有害的。不加热有覆盖，平均温度22℃的田块，获得产量7200公斤/公顷，而有覆盖，土壤温度经加热升高到23.5℃的田块获得产量8000公斤/公顷。伯罗斯发现，不加热但加以覆盖的田块的产量，比之加热，覆盖的田块的产量高。这可能是未加热的田块土壤中持水比较大的缘故。而且，他还指出，如果土壤湿度不是处在临界值，那么土壤温度的影响可能就更加重要。

赖克博斯特等（1975）如电缆加热土壤，进行模拟。这个试验在俄勒冈州科瓦利斯附近经营了4年多，整个生长季都进行加热。土壤温度：10厘米处增加1℃，25厘米处增加4℃，45厘米处增加6.5℃。深度为220厘米的，土壤剖面的日平均温度大约增加10℃。俄勒冈州尤金附近，6月的平均温度只有16.3℃，所以温度肯定低于适宜温度。4年多的试验期间，玉米产量从8.2公吨/公顷，增加到10.5公吨/公顷，但是获高产量的年份却是未经加热的年份。加热增加的产量很少，或不增加产量。我认为，这意味在较暖的年份加热是不需要的。

亚当斯（1970）报导在得克萨斯州，坦普尔，用干净的塑料薄膜覆盖，玉米产量增加1000公斤/公顷。尽管这个增加量是没有统计上的意义的，但是相信，这是由于玉米生长的头4—6个星期，生长迅速的结果。播种前后的平均气温是17.3℃。

范威格等（1959）研究了覆盖对玉米生长初期的影响。那些生长初期的温度低于最宜温度的地方（衣阿华州、明尼苏达州，俄亥俄州），覆盖使生长率减慢，但是，南卡罗纳州由于生长初期温度要高得多，因此覆盖造成的降温没有多大的影响。因而，必须以这个地区的平均温度来作为生长季初期的温度。

相关分析是可以了解这方面情况的另一途径。但是应当认识到，相关分析求得的是统计关系，而不是必然的因果关系。生长初期的天气和产量之间的相关性一般是很低的。沃利斯（1920）估算出，衣阿华州中部5月平均温度为15.6℃时可得到平均产量。罗斯（1936）发现，在玉米带中，5月平均温度在15℃以下的地方。温度与产量成正相关，但是5月平均

温度在16.1℃以上的地方，温度与产量成负相关。玉米带西部，产量和降水通常成正相关，然而沃利斯（1920）估计，5月降雨超过12.7厘米，就会造成玉米减产。

玉米带产量和夏季温度之间的平均关系，如图1所示（汤普森，1963）。假定6月份降雨量正常。6月玉米生长最适宜的温度为21—23℃，这和沃利斯（1920）引用的数字相似，也与6月的实际平均温度相近。汤普森（1966）得到的降雨量和玉米产量之间的关系如图2所示。产量与生长初期，6月的降雨量关系很小，当降雨量低于平均雨量时，产量略有增加，高于平

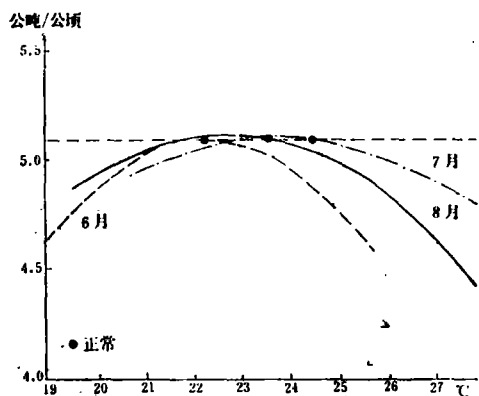


图1 玉米带5个州玉米产量和夏温的关系（汤普森，1963）

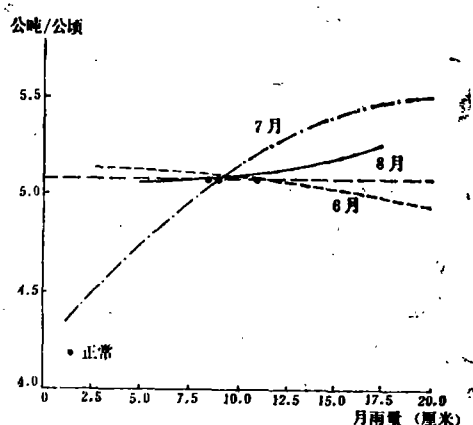


图2 5个玉米带州玉米产量和夏雨之间的关系（汤普森，1966）

均降雨量时略为减少。然而，在个别年份，它们之间的关系取决于生长季开始时的土壤湿度，以及6月以后所遇到的天气。索菲等（1973）也发现，生长早期水份过多、和温度比较低是造成南大西洋沿岸平原农田减产的重要因素。肖（1974）提出了根据作物各发育阶段加权的应力指数。低指数时，即应力很小时，产量的幅度很宽。肖（1974）发现，5月和6月5一呎剖面出现渗透作用时，该年份的产量，普遍比没有出现渗透作用的年份低。图3表明，许多年份，过湿可使产量受影响，尽管产量减少的主要原因是由于水分不足。过湿造成的减产，可能是由于播种推迟、烂根以及缺氮等几个因子引起的。

**生长后期到抽雄：**在玉米带的大多数地区，生长后期包括7月的大部份时间，即使在某些地区，生长初期可一直延伸到7月初。抽雄和吐丝发生在7月中—7月末，吐丝的早晚取决于季节，季节很晚的年份，8月才吐丝。一般，7月的温度和产量为负相关。汤普森发现，7月平均温度24℃左右（假定7月的降雨量，以及其它月份的温度和雨量都正常）比最适宜的

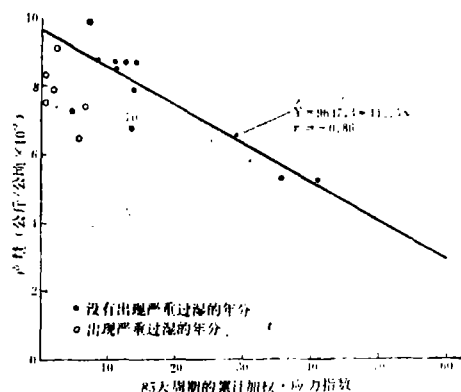


图3 衣阿华州，马歇尔敦附近加权的应力指数和玉米产量之间的关系

温度(图1)略高些。温度在这个温度以上,产量急剧减少。7月的适宜温度明显地受到7月雨量的影响(图4)的这个事实,着重说明了大部份时期内雨量和温度间的相当依赖。7月少雨,温度比正常温度低些是适宜的,而7月多雨,温度在适宜温度以上不会减少产量。在统计上,人

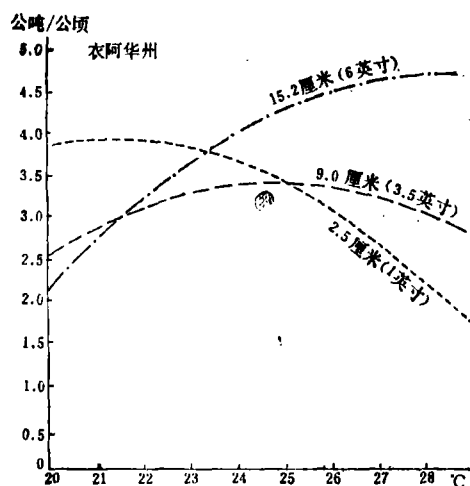


图4 衣阿华州玉米产量和各个等级降水条件下7月温度之间的关系(汤普森, 1963)

们可以分别考查降雨和温度对玉米产量的影响,但是在农田条件下,要把它们分开几乎是不可能的。

有指导的灌溉试验未必能消除全部水分应力。最近我对一位植物生理学家谈到这一点,他欣然同意。夏季他曾经在北卡罗来纳州暖房中从事过他的博士论文的研究。他的陈述是“在营养栽培中生长着的我的作物,几乎每天都枯萎”。在异常高温条件下,由于蒸腾强烈而经常出现一些水分应力。如象1980年堪萨斯州所遇到的异常高温,无疑与其伴随着的是异常高的蒸散率,甚至或许不会被灌溉所弥补。

生长后期到抽雄时期出现水分应力会造成产量下降。一些研究人员都曾对这个

问题作过研究。典型的情况是,出现应力时玉米在有限的根区生长,除非当出现应力时保持良好的灌溉。他们的结果概括在图5(肖,1977)。图中的阴影区是产量减少的幅度,阴影区中间的一条线表示减少的平均产量。这张图适用于持续几天的严重应力时期。各个研究者规定的严重应力强度虽各不相同,但一般为持续4—6天。应力的强度在某种程度上,取决于试验期间大气对蒸散的需求。我们的研究表明,当大气高需求时,就容易出现强度很大的应力,在低需求时就不易出现严重应力。应力的强度还受土壤肥力的影响。如果水分应力和肥力应力同时出现,如像典型的大田条件那样,那末产量减少比较大。如果不发生肥力应力,它在试验期间也许偶然碰到短时段的应力时期并限制生根的容积,那么产量的损失就很小。在自然的大田条件下,水分应力与某种程度的肥力应力通常是同时出现的,因为植物通常只吸收浅层土壤中的水分,而植物的养份也往往在这儿更集中。在生长阶段后期,中等严重程度的水分应力,每天可减少3%左右的产量。肖(1978)从他的土壤—水分次序表中找到了一些指标:几个持续5天的十分严重的应力似乎有加大有害的作用,如果它恰恰发生在玉米吐丝之前,会由于妨碍授粉而造成较大的减产。

过湿也会影响产量,但减产量与土壤中含氮量水平紧密相关。里特和比尔(1969)在玉米长到76厘米高时,向玉米灌了几英寸水,进行了地面积水试验。土壤的类型是渗透能力随深度增加的土壤。土壤中氮肥低水平时,积水24小时,产量减少14%,积水96小时,减产增加到30%;土壤氮肥高水平时,即使积水96小时,减产也很少。吐丝前后出现积水,土壤氮肥高水平时,产量不减,但低氮水平

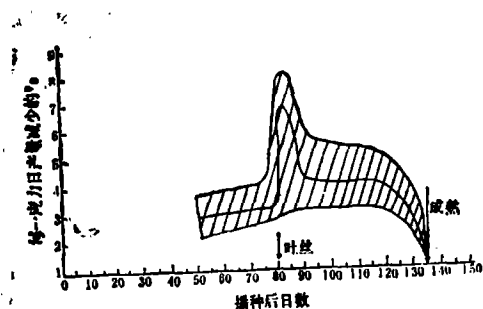


图5 作物播后的日数和每一个水分应力日造成减产的%

时，积水96小时，产量减少16%。

**抽雄、吐丝和授粉时期：**当受胎的胚数确定以后，抽雄、吐丝和授粉时期是最易受应力影响的时期。减产的程度取决于应力的强度，及其出现在哪个发育阶段。如果在抽雄以前出现相当严重的应力，那么就会不长穗状雄花，不授粉。克拉森和肖（1970b）发现，如果已有6%玉米吐丝时出现水分应力，那么每一应力日玉米产量只减少3%，但如果已有73%的玉米吐丝，则每一水分应力日减产7%。依据图5，这种状况好像在同时出现水分应力和肥力应力时是典型的。肖（1949）、杜普莱西斯和田其克雷斯（1967），以及伯布塞尔和埃蒂姆斯（1973）发现，开花以前和开花期间出现应力，会使花粉散发和吐丝之间的时间推后。应力严重时，吐丝可能推迟到花粉全部或大部份散发以后，因而增加光秆和籽粒不饱满的玉米芯的数目。我的工作已指出，吐丝前后出现持续10天的十分严重的应力将使玉米颗粒无收。

**受胎到生理成熟：**在长玉米粒的阶段，仍有可能出现产量重大减少。在授粉以后3—4个星期，每一水分应力可使产量减少4%多，但是当玉米逐渐接近成熟，减产量将减小（图5）。如果水分应

力又混和了肥力应力，这种情况在大田条件下是经常出现的，那么减产就比较大。

在玉米带中，7月末或8月初开始长粒。玉米带中，8月的平均温度高于最优产量所需的温度。汤普森（图1）估计，假定其它因子如常，则最适宜的温度约比正常温度低1℃。邦德瓦勒等（1970）发现，在8月上半月，降雨比温度重要，而在下半月则温度比降雨重要。彼得斯等（1971），在一个未经重复的试验中发现，从开花到成熟，夜间温度29.4℃比16.6℃时所得的产量减少差不多达40%。较高的温度可以引起水分应力。汤普森的分析（1963）表明，8月降雨的影响比较小。在干年，土壤底墒很小，可以出现比较大的水分应力，除非有充足的雨量。在湿年，或假如土壤底墒比较大，8月雨量太多是不利的。虽然它不会直接减少产量，但它可因收获上的困难而减产。降雨可能对排水能力差的土壤影响更大。7月末和8月份温度比较低，就会减少大气对作物的需求，出现水分应力的机会就少，因而获得较高的产量。

9月作物接近成熟，到9月末大部份玉米已达到生理成熟。在干年，9月出现水分应力仍然可使产量减少。一个潮湿的9月，可以有二个作用，首先，它可使下个季的土壤墒情大大增加。其次，如果9月太湿，会造成收获上的困难。一旦作物生理成熟，天气只是因为增加收获上的损失而影响产量。

在生理成熟之前出现冰冻，由于叶子受到冻害，就不再进行光合作用，可使最后产量减少。产量减少的程度取决于冰冻出现在相对于生理成熟的什么时候。因为接近成熟时，某些干物质仍可以从玉米秆转移到玉米粒去，而冰冻出现得早或作物成熟晚都可能使玉米遭受冻害。玉米成熟晚

# 微型计算机技术在地理学中的应用

Ph. 勒卡庞蒂埃

计算机是地理工作者的有益工具,在数理统计、地图编制、航空象片判读等方面,计算机发挥了它的逻辑思维功能。同它所贡献的产品来比较,工具这个作用一般被看成次要的;然而,产品的质量又很大程度上取决于生产工具的好坏。这就是为什么无数科学研究成果的出现大都依赖于特殊的工具。遗憾的是,地理学家们对发展自己的工具却无动于衷,即使不是出于蔑视的话,至少也是极大的冷漠。在多种学科相互交叉的情况下,他们一味满足于按照自己的方法来利用别人的工具。偶尔,他们也插手设计或改进自己的工具,但那无非是临时摆摆弄弄,或者是业余时的消遣而已。

计算机的实用价值充分体现在这一点上:它是一种相当灵活机动、适应性很强的工具,应用于地理学研究中只需预备文件、编制的程序和专门的硬件。也许因为它不过是工具罢了,故才对它不抱应有的热情,只有为数不多的地理学家去尝试它的好处,同它所能提供的实际应用可能性相比,它在地理学研究中的应用还是一鳞半爪的,只沾上一点边。面对这样一种工具,无知和甘居落后使地理学在其他善于接受思想与技术改革的学科面前大为逊色,希望能借这一期“地理学纪事”专刊的机会,发出扭转传统倾向的信号。让我们审视一下地理工作者所面临的繁重任务,认识到掌握计算机技术的必要性与迫切性,特别是应当把微型计算机的普及应用提高到首要的地位。下面就来谈谈微型机在地理学中的应用大致包括哪些范围。

**一、信息存取** 计算机是一种处理信息的机器,但它必须在足够的条件下才能生效,而微型机却可以在许多方面弥补其不足。

1. 测试仪器和自然地理 近年来,在测试仪器方面取得了很大的进展:有了扩散技术和真空贮藏技术,使微处理机能够适用于多种多样的传感器(应力计、温度变阻发送器、湿度或近程电容检测器等),从而改进了放大电路(线性、输入阻抗)的质量,并能制造出精密而廉价的模拟—数字转换器。因此,在重新调整全套测试设备时,就可以利用微处理机来管理自动机和解决一些信号线性化的问题。可以用半导体(互补金属—氧化物—半导体工艺)存贮器来保存数字形式的信息,在计算机使用时直接互换。这样就取代了磁鼓式记录器,不但节省时间而且也获得更高的精度(乐观地假设能在一周记录的 $30 \times 8$ 米的图表上精确到三分之一毫米,规定每10分钟测定一次,一星期测定1008次;所得的信息就能存放在一个1 K字节的简单存贮器里)。

在自然地理学方面,更有微型机的用武之地。比如对形形色色过程的解释,均要依靠尽可能准确的测定。由此可见,在实地建立自动测站乃是一项当务之急,以便补充遥

---

与吐丝以前的天气事件有很大的关系。

Humid, Temperate Climates》,

沈建柱译自:《Crop Reactions to  
water and Temperature stresses in

Colorado, 1983, 王德辉校