

环境-作物模式及其在大面积 估产方面的应用

Felix N. Kogan

(密苏里大学)

1. 前 言

过去的十多年里,在环境-作物模式的研究方面,不同学科科学家们均给予了足够的重视。这种状况是由世界粮食危机的局面造成的。其触发条件有两个:一是由于世界人口的迅速增长导致人类对粮食需要量的增长;二是由于世界经济困难局面和大范围的气候异常引起农业产量增长缓慢。由于这些科学家的努力,大量环境-作物模式便在世界各地涌现出来。美国、苏联、加拿大、澳大利亚、荷兰、日本以及一些欧洲国家都作了大量的、成功的工作(Baier, 1977; WMO Tech. Note, 1982)。

模式的种类很多,从植物生长过程(光合作用,呼吸作用等)或植物器官(头、穗、叶等)

的模拟到每株植物或单位面积上产量的模拟。这里,我们专门总结一下产量模拟模式。重点讨论不同类型模式的应用问题,特别是在大面积作物估产方面的应用。

2. 模式建立概述

目前,根据研究学科的不同可把环境作物模式分为三类,它们是:模拟模式(回归、统计),生物-物理模式(生理学、物理-数学的),和遥感模式(物理学,遥感学)。这些类型都是根据不同原理建立的。

模拟模式的理论基础在于对作物与环境之间的相互作用用统计学加以描述。它是运用大量历史资料,综合运用生理学、气候学、土壤学、工艺学以及统计工具等多学科知识而获得的。模拟模式可分成三种形式,它们

产量之间的吻合程度来确定。必须计算出预报值与实测值之间的相关系数和均方差,它们是常用的评价模式准确性的统计方法。对于其它标准,此类统计方法不一定适用。无论如何,通过准确的预报模式,在大面积上用较低的成本在收获前提供此类产量预报,对于制定最有利的经济政策是相当有价值的。

4. 模式的基本优缺点

经过 20 多年建立模式和应用模式的经验积累,我们已经有能力鉴别模式的基本优点与缺点。这有助于我们深刻理解模式的性能和模式改善的前景。

模拟模式的最大优点在于它们能在大面积上作适当准确的产量估计,并且有好的时效。此外,模拟模式的建立和操作使用都相当简便,成本低而且短时间内就能建立起来。

模拟模式的主要缺点是其应用受到某一确定的地理区域条件和一定的环境参数范围的限制。这类模式的性能密切依赖于模式建立时所取的历史资料的长短与质量以及描述环境因子的完善程度。

生物-物理模式在理论上是非常有根据的,通常能在很宽的环境状态范围内使用,甚至在特定地区对那些非典型的很难遇到的情况也可使用。它们的性能与历史资料误差的关系不大。用这类模式可以模拟出一些假设状况,用以研究它们对产量的影响。应用这类模式,使假设环境状况处于最佳状态,则计算的就是作物最高产量。

遗憾的是,由于这类模式是在点上或在小区域内建立的,因此它们不易在大面积上使用,障碍之一就是这类方法需要非常密的环境因子观测网(Dogas 等,1981)。满足这个条件是很难的。另一个障碍是生物-物理模式在大面积上估计产量的准确率低。其原因很多,主要的是它们需要较高水平的经验,例如需对至少几十个模式参数进行参数化,以及应用于模式中的一些参数的观测误差(生物量、土壤湿度等),从生物量转化为实际产

量的不精确性,对植物基本过程(如营养过程等)描述得不完善,由于经常是在大面积上测量生物产量而不是测量伴随多种损失的实际产量等。此外,生物-物理模式是复杂的,研制和应用的费用都很高。

目前,遥感模式唯一的基本优点是它们有优越的空间分辨力,有可能在大面积上应用。但是,目前遥感模式的精确度还不高,这对作物产量评定有较大影响。其精度不高的原因一方面在于空间探测和对作物冠层物理特征的遥感技术不完善,另一方面还在于由植物生物量转化为谷物产量的评定方法不完善。后一个问题十分重要,特别是在目前推广矮小群体的粮食作物的时候。这类作物生物量小而收获率高(潜在产量高)。再有,遥感模式所能得到的卫星图片的数量会受到无云的卫星过顶数的限制。目前,对于 Landsat 卫星,这种无云情况一个季节中只能有几次,但对 Metsat 卫星会多得多。如果应用添加的 Landsat 卫星,能增加获得图片的数量,但成本很高。

5. 模式应用的评价

环境-作物模式可能的应用范围可归纳成如下三方面:

- 作物产量预报与评价
- 作物生产的管理
- 提高我们对环境-作物互相作用的认识。

考虑到目前环境作物模式的水平、模式应用的主要要求、模式的优缺点以及模式在以上三方面应用的效果,一般比较倾向于使用以上三种模式。

应该强调,并没有哪一种模式特别适合于所有上述三个应用范围。模拟模式至少是在目前最适合于大面积产量预报。这主要因为它对所要求的上述特性做了最好的综合,特别是在预报准确性、预报时效、空间分辨率和成本方面。此外,它不需要过密的气候站网来获得空间平均的天气变量。在测量(或估

计)作物产量方面所达到的历史精度和目前的精度通常相当于取有限个气象站的空间平均气象精度。模拟模式的基本优越性之一就在于它们能在作物收获前很好地预报作物产量。

遗憾的是,模拟模式在作物生产管理和认识作物与环境之间相互作用两方面不很有用。这两方面,生物物理模式的潜力要更大一些。但对于大面积作物产量预报,生物物理模式不及模拟模式好。

人们认为,为了大范围评价农业生产,尤其是鉴别极端干旱方面,遥感模式很有潜力。但从预报时效要求看,它们是不如模拟模式的。在作物生产管理和加深对作物-环境系统的认识两方面,遥感模式也不如生物物理模式有效。

6. 模拟模式用于大面积作物产量模拟的实例

到目前为止,人们已经积累了一些模拟模式用于大面积作物产量预报的好经验。这里提供的模式是我们近来研究建立的,它们属于多重回归类型。其原理是将产量序列划分成两个分量,即由生产技术和气候对作物的影响决定的趋势产量和由于天气逐年变化所决定的气象产量(Obukhov, 1949; Thompson, 1969)。趋势产量由一个产量序列的时间函数来近似表示,气象产量表示实际产量与趋势产量的偏差,可以由降雨量和温度两个主要气象变量的函数来近似表示。已经建立了一种专门的方法,应用于更好地近似模拟最近几年产量序列的趋势,并根据特殊的气象指标将气象资料进行压缩(Kogan, 1981b)。

在自然条件不同的苏联五个经济区(西南区,白俄罗斯,伏尔加-维亚特卡,北高加索和哈萨克),及美国的北达科塔州,我们用模式对大麦产量做了预测。采用历史资料,其中产量取单位收获面积上的平均地区大麦产量,气象资料取地区平均月平均温度和全月

降雨量。苏联各区资料年限从1971到1978年,美国从1970到1981年。在苏联最小的经济区(伏尔加-维亚特卡)常年大麦播种面积为1.2百万公顷,最大区(哈萨克)为5.6百万公顷。美国北达科塔州大麦面积为1百万公顷左右。

模式趋势产量所依据的资料,苏联各区是从1945年开始,美国北达科塔从1950年开始。估算产量与趋势产量的偏差,苏联是根据整个生长季(4~7月份)和生长季以前(头年和1~3月份)气候影响的加权累积效应来确定,美国只用生长季(3~8月)的气候资料确定。

运用自展("bootstrap")技术对所建立的模拟模式独立地进行了评价。这个技术是在上一个基础时期建立模式,然后把该模式应用于下一年的资料。应用1971—1978和1970—1981年两个时期的资料,分别对美、苏的模式做独立检验。用实测产量同模拟产量的相关分析对模式作了检验,其结果如图1。结果表明,所建立的模式在不同地理位置、不同气候和土壤条件、不同农业生产状况的地区上表现了非常相似的预报准确率。这表明,对于大面积作物产量预报,模拟模式具有良好的潜力。

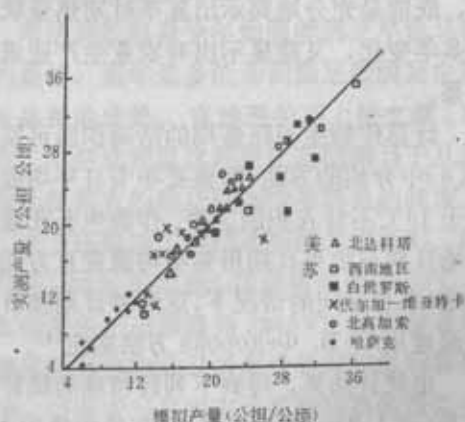


图1 大面积大麦产量实测值与独立模拟值的相关分析。时期:苏联各区:1971—1978年,美国北达科塔州:1970—1981年

马树庆译自美国气象学会1983年农林气象会议文集 万木校