

新一轮国土资源大调查土地资源监测调查工程系列成果

QUANGUO

NONGYONGDI FENDENG

ZUOWU SHENGCHAN QIANLI ZHISHU
YANJIU

全国农用地分等 作物生产潜力指数研究

邱维理 等◎编著

中国大地出版社

全国农用地分等 作物生产潜力指数研究

邱维理 谢 云 编著
章文波 张蕾娜

中国大地出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

全国农用地分等作物生产潜力指数研究 / 邱维理, 谢云, 章文波编著. —北京: 中国大地出版社, 2014. 1
ISBN 978-7-80246-614-2

I. ①全… II. ①邱… ②谢… ③章… III. ①作物 - 生产潜力 - 研究 - 中国 IV. ①F326. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 283034 号

责任编辑: 赵 芳 孙 灿

责任校对: 李 玫

出版发行: 中国大地出版社

社址邮编: 北京市海淀区学院路 31 号 100083

电 话: 010-82324508 (发行部) 010-82329125 (编辑部)

传 真: 010-82310759

网 址: www.chinalandpress.com

印 刷: 北京地大天成印务有限公司

开 本: 880mm × 1230mm $\frac{1}{32}$

印 张: 9.25

字 数: 270 千字

版 次: 2014 年 1 月北京第 1 版

印 次: 2014 年 1 月北京第 1 次印刷

审 图 号: GS (2013) 2734 号

书 号: ISBN 978-7-80246-614-2

定 价: 35.00 元

版权所有 · 侵权必究

前 言

农用地分等是支撑国土资源从数量管理向数量、质量并重管理跨越的一项基础性、战略性工作。作物的光温生产潜力指数和气候生产潜力指数则是全国农用地分等定级所必需的国家级参数。

农用地分等的基本目标是采用科学的方法对农用地的质量进行综合评定，并建立全国可比的等别序列。为此，《农用地分等规程》(TD/T 1004—2003)采用分等指数，定量刻画各种因素对耕地质量的综合影响。耕地的基本功能是为人类社会提供农产品，其生产能力或产量的高低是其质量好坏的度量标准。耕地的产量则是人类对农作物生物属性和自然环境条件的利用与改造的结果，因此，决定耕地质量的既有自然因素，也有人为因素，可以从“天”、“地”、“生”、“人”四个方面来认识。农用地分等作物生产潜力指数的研究，就是分析“天”这一最重要的控制性因素，为全国不同地区农用地分等成果统一可比，建立量化的基准面。

对耕地质量而言，“天”的因素即影响农作物生长的气候条件，包括光照、温度和降水等方面，其对耕地质量的综合影响分别表现为作物的光温生产潜力和气候生产潜力。我国地域辽阔，各地区气候条件差异显著。青藏高原海拔高，空气稀薄，光照条件好，作物光合生产潜力较大，但由于温度低，许多地区降水不足，所以，作物的光温生产潜力和气候生产潜力均较小。西北地区气候干旱，光照充分且比较温暖，作物的光合生产潜力和光温生产潜力均较大，但由于降水稀少，作物的气候生产潜力非常小。东部季风区虽然光照条件不如西北地区 and 青藏高原，但降水较充沛，特别是秦岭—淮河以南地区，热量条件优越，是作物气候生产潜力的高值区，也是我国优质耕地的集中分布区。

农用地分等作物生产潜力指数测算离不开各省（自治区、直辖

市)农用地分等技术组或项目组的大力支持。无论是作物播种日期和收获日期(生长季)等基础资料的调查、收集,还是作物生产潜力指数测算结果的检验、印证,都得到各省(自治区、直辖市)的帮助,参与其中的人员不下百人。在此,我们衷心地感谢在一线进行农用地分等工作的同志们。从1999年全国农用地分等工作启动,到2009年全国农用地分等国家级汇总完成,历时10年之久。在此期间,许多老师和研究生承担了本项目的许多繁琐工作,帮助收集或整理资料、编绘图件、编写并调试程序等。在此特别感谢刘慧平、蒋立红老师,白鸿叶、朱楠、李小英、刘同、孙建红、高晓飞、史艳泽、吕晋美、张灵燕、程涛、冯硕、司振中、李貌、卢岩君等同学为本项目付出的劳动。

本书写作的分工如下:第一章,邱维理;第二章,谢云、邱维理;第三章,邱维理;第四章,章文波;第五章,邱维理、谢云。全书由邱维理统稿。

由于能力和时间有限,还有各种其他原因,本项目成果的分析研究比较仓促,挖掘深度很有限,也难免存在错误和遗漏之处,敬请读者和相关领域专家批评指正。

作 者

2013年10月

目 录

第一章 绪论	1
一、作物生产潜力	1
二、作物生产潜力指数在农用地分等中的意义	3
第二章 作物生产潜力指数测算方法研究	5
一、作物生产潜力测算方法综述	5
(一) 国外作物生产力估算模型及其发展	5
(二) 作物生产力模型在国内的发展与应用	7
(三) 主要作物生产潜力模型的特点	9
(四) 典型作物生产力估算模型比较	13
(五) 测算模型的选择	15
二、农用地分等作物生产潜力指数测算	20
(一) 资料的准备	20
(二) 测算步骤与方法	20
三、生产潜力指数测算资料收集与结果整理	25
(一) 资料收集与整理	25
(二) 影响因素分析与质量控制	27
(三) 作物生产潜力指数测算结果整理	28
(四) 作物生产潜力指数速查表的使用	29
四、作物生产潜力指数的补充修订方法	30
(一) 插值补充修订	30
(二) 灌溉条件订正	31
(三) 地形影响订正	32
第三章 作物生产潜力指数分布规律	34
一、全国农业气候资源分布特征	34
(一) 光温资源分布特征	34
(二) 光温水资源分布特征	36

二、水稻生产潜力指数分布特征	38
(一) 双季稻的光温生产潜力指数	38
(二) 一季稻的光温生产潜力指数	40
三、小麦生产潜力指数分布特征	42
(一) 冬小麦生产潜力指数	42
(二) 春小麦生产潜力指数	45
四、玉米生产潜力指数分布特征	47
(一) 春玉米生产潜力指数	47
(二) 夏玉米生产潜力指数	48
五、其他作物生产潜力指数分布特征	50
(一) 薯类作物生产潜力指数	50
(二) 油料作物生产潜力指数	53
(三) 谷子、甘蔗、棉花的生产潜力指数	55
第四章 潜力测算数据库系统管理软件	59
一、系统设计目标	59
二、系统组织结构和功能	60
(一) 农用地生产潜力计算	60
(二) 数据库组织和维护管理	62
(三) 生产潜力空间分析	63
三、系统维护与更新	65
第五章 作物生产潜力指数的更新	66
一、作物生产潜力测算方法的优化	66
(一) 测算方法的改进	66
(二) 计算参数的更新	66
二、气候变化对作物生产潜力的影响	69
(一) 气候变化的特征	69
(二) 农用地资源利用对气候变化的响应	69
(三) 气候变化对作物生产潜力测算的影响	70
附录1 作物生产潜力测算参数	72
附录2 全国各省农用地分等作物生产潜力指数速查表	80
参考文献	281
审定说明	288

第一章 绪 论

农用地分等是国土资源管理的一项基础性工作。农作物的光温生产潜力指数和气候生产潜力指数是“全国农用地分等、定级”所必需的国家级参数，是实现农用地分等成果在全国范围内具有可比性的关键环节。

一、作物生产潜力

农用地的基本功能是生产粮食，粮食产量水平的高低是农用地质量的直观表现，但作物的实际产量受到许多因素的影响，可以概括为作物因素（品种）、农业技术条件与田间管理水平、土壤条件（养分）、气候条件（光、热、降水）等。这些因素都可能成为作物产量的限制性因子。

作物的实际产量可以视为现实条件下各因素综合作用的结果，假设全部或部分因素处于最适宜状态时，作物可能达到的最高产量即为作物的“生产潜力”（Potential Productivity），也就是通过理论分析和测算得到的理论产量。

在大气—作物—土壤这一开放系统中，影响作物生长的环境因素主要为光照、热量、水分和养分，依据限制性因子的不同可以分别定义作物的光合生产潜力、光温生产潜力、气候生产潜力、土地生产潜力等。

光合生产潜力（Radiation Production Potential, RPP）是在热量、水分、二氧化碳、土壤养分等外界环境条件和作物的群体结构、长势及农业技术措施等都处于最适宜状态时，由作物的光合效率所形成的作物群体的最高产量。即假定影响作物生长发育的环境因素中除光照外，热量、水分和养分三个因素处于理想状态，不影响产量形成，光照成为作物生长的唯一决定性因素条件下的可能产量。显然，光合生

产潜力是一个理论值,在实际生产中是不可能实现的,尽管光合有效辐射是作物产量形成中的首要因素,但作物生长需要一个适宜的温度或热量条件。喜温作物和喜凉作物对温度的要求是不同的。

光温生产潜力 (Thermal Production Potential, TPP) 是在农业生产条件得到充分保证,水分、二氧化碳供应充足,其他环境条件适宜情况下,理想作物群体在当地光照、热量资源条件下,所能达到的最高产量。光温生产潜力可以在作物光合生产潜力的基础上进行温度影响订正而获得。由于光照和热量条件在现实生产中是最难以大范围改变的环境因素,所以,光温生产潜力近似于高投入水平下特定作物可能达到的产量上限。

气候生产潜力 (Climatic Production Potential, CPP) 指农业生产条件、土壤养分和作物因素均处于最适宜状态时,在当地实际光、热、水等气候因素作用下,单位面积内农作物群体所能达到的最高产量。气候生产潜力可以在作物光温生产潜力的基础上进行水分影响订正获得,也称光温水生产潜力。此处所考虑的水分因子是降水对产量形成的贡献。所以,气候生产潜力也是优化管理及自然降水条件下一个地区可能达到的作物产量上限。气候生产潜力接近于该地区最优质土壤条件下的作物产量。

土地生产潜力 (Land Production Potential, LPP) 指农业生产条件和作物因素均处于最适宜状态时,在当地实际光、热、水、土壤养分等自然因素 (气候、土壤等) 作用下,单位面积内农作物群体所能达到的最高产量,即在气候生产潜力的基础上,考虑土壤条件 (土层有效厚度、土壤肥力等) 对作物产量的影响,所做的进一步修订。影响土壤性质的因素多种多样,因地制宜,在农用地分等中,专门设计了因素法和样地法进行土壤对作物产量的影响订正。土地生产潜力考虑的是一地作物生长的气候、土壤等自然条件的综合影响,因此,也就是在最优管理条件下丰产年实际可能达到的作物产量,也称土地自然生产潜力。

从光、热、水、土等方面对作物产量的估算,都只是假设条件下的理论值。对于具体地块,经过多因素修订获得的土地生产潜力,就

是土地在当地自然条件下的生产潜力或理论产量。理论产量与实际产量之间的差别,与土地使用者的农业技术与管理水平有关,亦即农用地分等技术环节中的土地利用水平,用土地利用系数表示。

二、作物生产潜力指数在农用地分等中的意义

农用地分等的任务即根据农用地的自然属性和经济属性,对农用地的质量优劣进行综合评定,划分出农用地的等别,建立在全国范围内具有可比性的质量体系。农用地分等的基本技术思路是,将影响土地质量的各个因素进行量化,以分等指数作为划分等别的依据(图1-1)。由于影响因素复杂,目前条件下准确刻画土地的质量还存在难度,因此,农用地分等更注重分析各个地区之间土地质量的相对差距及其规律。

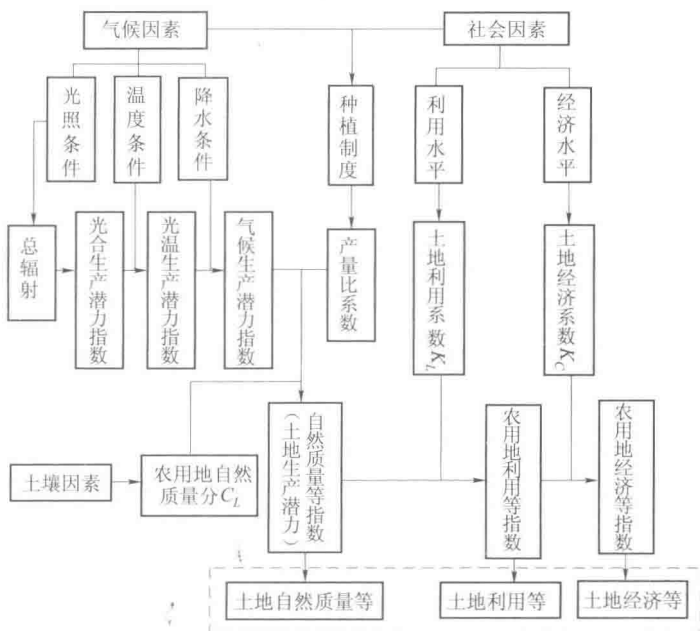


图 1-1 农用地分等因素及分等技术框架

农用地的基本功能就是为人类社会提供农产品，农用地产出农产品的数量和质量应是评价农用地质量优劣的依据。农用地产出农产品的数量表现为单位面积的产量，农产品的质量则与农作物的种类和品质有关。具体到一个地区，农作物的种类和产量既与当地的自然条件（主要是气候因素、土壤因素）有关，也与当地的社会经济条件（主要是种植习惯、土地利用水平、经济水平）有关。各种因素对农用地质量的影响及农用地分等的基本思路如图 1-1 所示。

在上述因素中，社会因素和土壤因素的区域差异大，可比性不强；气候因素的空间变化规律较为明显，是建立农用地分等指数可比性的基础。

一般而言，气候条件决定了一个地区农作物生长需要的光照条件、热量条件和水分条件。但是，人工灌溉技术的发展，使得作物生长所需要的水分条件不再只受气候因素影响，而灌溉发展状况的区域差别也很大，这就使得对农用地的光温生产潜力进行水分订正时，必须考虑不同地块之间的差别。

在设施农业发展的过程中，采用地膜覆盖、温室种植等技术，可以局部改善作物生长所需要的热量条件甚至光照条件，但从广域的大田农业来看，光照条件和热量条件受人为影响的程度仍很低，主要受自然条件控制。因此，作物的光温生产潜力是农用地分等的最基本参数。

《农用地质量分等规程》（GB/T 28407—2012）（以下简称《分等规程》）所采取的逐步订正的技术路线，使得农用地分等工作具有多层次、多成果、多用途的特点。因此，在农用地分等工作中进行作物生产潜力的测算，具有三方面重要意义：① 作物生产潜力是农用地质量的组成部分，体现了各地区农作物生长的气候资源条件的优劣程度；② 作物生产潜力是实现农用地分等成果全国可比的关键参数；③ 作物生产潜力测算过程体现了农用地分等成果多层次、多用途的特点。

第二章 作物生产潜力指数 测算方法研究

一、作物生产潜力测算方法综述

作物生产潜力测算是土地评价的基础工作之一，在国内外不同的土地评价体系中，所采用的评价方法亦不同，按照这些方法所依据的理论与条件，大致可以将评价方法归纳为五类：① 经验模型，基本依赖专家或当地农民的生产经验，没有确定的评价步骤；② 改进的经验模型，以已知的或假设的作物产出与土壤性状之间的关系为基础，系统化农民的经验，是常规土地评价中经常应用的方法；③ 调查法，通过访问农民、查阅农场的长期产量记录或产量统计资料，收集不同土壤类型的产量数据，构建相应的模型；④ 统计模型，通常以回归分析为基础，对产量数据与分类后的环境和管理因子进行分析；⑤ 机理模型，以自然科学理论特别是农学理论为基础，综合考虑影响作物生长的环境因子，其中动态模拟模型为最高级形式。机理模型在实际应用中常被简化。

（一）国外作物生产力估算模型及其发展

国外作物生产力模型发展较早，其中影响较大的几个模型是：

迈阿密模型（Miami Model）。该模型由 Lieth 于 1971 年在美国迈阿密讨论会上首次提出，是一个以年平均气温、年平均降水量为因素变量估算作物生物量的模型。该模型的最大优点是只考虑了两个参数，计算简单。但作物生产力的估算除受气温和降水影响外，还受作物本身生理特性及土壤等因素影响，因此该模型估算误差较大。

继 Miami Model 之后，1972 年 Lieth 和 Box 又提出了桑斯维特模型（Thornthwait Model），利用年实际蒸散量模拟陆地生物量。与

Miami Model 相比,该模型除了考虑气温和降水外,还考虑了太阳辐射、饱和差、气压和风速等气候因素的影响,但仍没有与特定作物相联系。

针对以上不足,Slabbers 提出了瓦赫宁根模型 (Wageningen Model),该模型利用 DeWit (1965) 理论,计算了标准作物生物量,并在此基础上分别进行了气候、作物种类、温度及经济系数订正。其优点是考虑了不同作物的品种特性、生育期长度等,能够反映不同作物的生产潜力,但考虑的作物种类较少,各部分订正比较粗略,订正水平较低。

与 Wageningen Model 相比,农业生态区模型 (Agro-Ecological Zones Project, 简称 AEZ 模型) 是对其的完善与发展。它是由 Kassam (1977) 提出的,后来被联合国粮农组织 (FAO) 引用。模型在计算标准作物生物量 (DeWit, 1965) 的基础上,进行了作物种类与温度、经济系数订正,还考虑了作物的生理特性,对叶面积指数、净干物质及水分进行了订正。在水分订正方面,充分考虑了大气-作物-土壤三方面因素,分灌溉和雨养两种情况,订正非常细致。在模拟作物全生育期时,以旬为时间单位分不同的生育期进行模拟,并提出了作物生长期长度的概念。它首先在非洲、南美洲等地应用并取得了一系列成果。20 世纪 80 年代,该模型引入我国,得到国内学者的广泛重视。

上述作物生产力估算模型主要是统计模型,以回归分析为基础,借助数学公式描述环境因子与作物生产力之间的关系。但作物生长过程中涉及诸多变量,各变量间又存在复杂的相互关系,仅靠经验公式难以呈现作物生长、发育及成熟的动态模拟过程。

随着计算机技术的发展,动态模拟作物生长机制的机理模型开始出现。20 世纪 80 年代开始,作物机理模型迅速从理论研究向实际应用方面发展,为作物生产力的估算提供了更好的方法。比较典型的模型有荷兰的 ARID CROP、美国的 CERES (Crop Environment Resource Synthesis) 及 EPIC (Erosion/Productivity Impact Calculator) 等 (Keulen, 1981; Ritchie, 1985; Jones, 1986; Williams, 1989)。

CERES 系列模型具有相似的模拟过程,用积温模拟发育阶段,根据叶片数、叶面积增长、光的截获及其利用、干物质在各个器官中的分配等模拟作物生长,这些模型已被广泛应用于不同环境条件下的作物估产 (Carberry et al., 1989; Hodges et al., 1987; Liu et al., 1989; 谢云, 2002)。随着应用要求的不断提高,作物生产力估算模型进入优化阶段。比较有代表性的有 CERES 家族模型,美国学者构建的 ALMANAC (Agriculture Land Management Alternatives with Numerical Assessment Criteria) 模型和荷兰学者构建的 WOFOST (World Food Study) 模型 (Kiniry, 1992; Hijmans, 1994)。其中 ALMANAC 模型是由美国学者 Kiniry (1992) 和 Williams 等 (1989) 在土壤侵蚀生产力模型 EPIC 基础上增加了作物生长的详细成分构建,是一种多作物通用评估模型。模型以日为步长,可同时模拟两种或两种以上作物的生长和产量状况。主要通过程序调用数据库进行模拟,以叶面积系数 LAI 和光能利用率的变化来模拟干物质的积累,以全生育期所形成的生物产量与一定的收获指数之积来计算最后的经济产量。该模型在美国和法国不同气候和土壤区对玉米、大豆、高粱等作物的模拟 (Kiniry et al., 1996, 1997, 1998; Xie et al., 2001) 及杂草影响下小麦生长 (Debaeke et al., 1997) 的模拟过程中都显示了较高的精度。

(二) 作物生产力模型在国内的发展与应用

作物生产力模型在中国起步较晚,自 20 世纪 60 年代以来,气象学、农学及地理学等学科的研究者从不同角度先后提出了数十种估算作物生产力的模型 (蒋骏等, 1990)。竺可桢 (1964) 最早从气候学角度阐述了气候对生产力的影响,黄秉维 (1978) 全面考虑了作物群体对太阳能的利用率、反射、漏射、吸收、转化、消耗等多种因素,提出了光合生产潜力的定义,总结出了作物光合生产潜力的计算公式。在此基础上,众多学者如邓根云等 (1980)、孙惠南 (1985)、赵名茶 (1986)、李世奎 (1988) 等把作物、气候、土壤视为一个整体系统,考虑了其中各部分、各重要因素的相互作用和诸因子对作物生产力的影响,在光合生产潜力的基础上分别提出了温度、水分、土

壤等订正函数,计算了作物的光温生产潜力、气候生产潜力、土地生产潜力。从光合生产潜力、光温生产潜力,到气候生产潜力,再到土地生产潜力,是通过逐级订正进行的,形成了“倒金字塔形”的系统模型,即逐级订正模型。此后,沈思渊等(1991)、冷疏影(1992)、于荣环等(1997)、吴宜进等(1999)、侯西勇等(2001)许多学者也采用了光、温、水、土等逐级订正的方法来估算作物生产力。郭建平等(2002)、王素艳等(2003)根据不同区域实际情况,对逐级订正模型部分参数进行适当修订,并用于模拟特定区域作物气候生产潜力,促进了逐级订正模型的完善。

20世纪80年代,国内学者在构建作物生产力模型的同时,也借鉴和引进了国外作物生产力模型,其中AEZ模型受到国内学者的广泛重视(彭乃志,1997;黄明斌等,2000),“中国土地人口承载潜力”等许多重大课题采用了这种模型。

王石立等(1991)借鉴AEZ的建模思想提出了春小麦生长简化模拟模型。刘建栋等(2001)以黄淮海地区冬小麦和夏玉米为研究对象,对AEZ模型中的一些基本参数进行了修订。杜红悦等(2001)用模糊数学方法对AEZ模型进行了改进,并实现了在模型界面上调整参数的功能。陈惠等(2002)对AEZ模型中的水分订正进行了修订,考虑了水分过剩对作物气候生产潜力的影响等,逐渐完善了AEZ模型在国内的应用。

与此同时,基于作物生长机理过程的生产力模型得以迅速发展。韩湘玲(1991)、吴连海等(1991)首次尝试用数值方法评价作物生产力。王天铎(1996)利用数值方法探讨了黄淮海区域作物生产力分布状况。刘建栋等(1999)、于强等(1999)建立了黄淮海地区冬小麦、水稻等作物的气候生产潜力数值模式,并进行了模拟与验证,发现模拟结果与实际具有较好的一致性。李军等(1997,2002)利用ALMANAC模型和CERES模型在黄土高原地区进行作物生产力模拟验证,认为这两个模型在计算黄土高原地区的作物生产力方面具有较好的适用性。ARID CROP模型也曾应用在东北地区作物生产潜力的模拟上(刘建栋,2000)。另外,王宗明等(2002)则使用EPIC

模型计算了黄土高原地区的作物生产潜力,也取得了较好的研究结果。

(三) 主要作物生产潜力模型的特点

唐华俊等(1997)曾对国内外主要的作物生产潜力测算经典模型按照作物光合生产潜力测算模型、作物光温生产潜力测算模型、作物气候生产潜力测算模型三大类,分别进行系统的比较研究,分析了它们的优缺点及适用性(表2-1a~表2-1c)。

表2-1a 作物光合生产潜力测算模型及特点

模型	主要参数或资料	特点及适用范围
黄秉维模式	Q 太阳总辐射, Q_0 天文辐射量, S_1 日照百分率	考虑作物光能利用率,适于估算作物生长盛期的光合潜力,用于全生育期时误差较大。在光强特别高的天数不多的情况下,误差在可接受范围内。是粗略估算一地作物生产潜力的简单、实用方法
李世奎模式	Q_i 辐射能, Q_0 天文辐射量, S_1 日照百分率, L_0 最大叶面积指数, L_i 实际叶面积指数	出发点与黄秉维模式一样,改进之处在于引入叶面积指数(LAI),可以区别对待不同作物和不同生育期。但没有考虑不同生育期作物的叶面积指数不同,光合效率也是不同的。此外,对大面积范围内的叶面积指数缺乏统计和测定
于沪宁—赵丰收模式	α 反射率, β 漏射率, γ 光饱和限制, Q 辐射能, Q_0 天文辐射量, S_1 日照百分率	从作物光合作用的生理过程入手,分析不同阶段的光合效率和限制因素,是一个进步。但仍然停留在理论上,在模型的实际运算中对大部分参数在短期内无法大面积试验和测定,依然采用前人研究的固定取值

表 2-1b 作物光温生产潜力测算模型及特点

模型	主要参数或资料	特点及适用范围
孙惠南模式	P_f 光合潜力, Q 太阳总辐射, $n/365$ 温度有效系数, n 无霜期天数	从生物、物理意义、资料的可获得性、一致性等方面对比分析了各种温度指标, 最终采用以无霜期在全年所占的比例值作为温度订正函数指标, 简便、实用。结果相当于土壤肥沃灌溉农区的生产潜力, 可应用于大区级估计。但该方法笼统、模糊, 未区分不同作物对不同温度区间敏感性差异, 未能按生育期调整, 与其他采用分段或连续函数的温度订正系数相比有很大的差距
李世奎模式	喜温作物光合作用有效温度范围 $[6^{\circ}\text{C}, 44^{\circ}\text{C}]$, 最适温度范围 $[28^{\circ}\text{C}, 32^{\circ}\text{C}]$, 喜凉作物最适温度局限于较小范围 (如小麦, 20°C)	将作物划分成喜温和喜凉两大类, 采用离散型分段函数形式, 分别确定温度订正函数, 符合不同温度区间作物光合效率不同的规律。但是, 各种作物的性状和性能不同, 该模式应分别给出各主要农作物具体的温度订正函数。此外, 模式在采用莱亨泊公式作为喜温作物订正函数时, 没有按中国的实际修订, 也会产生一定偏差
于沪宁—赵丰收模式	F_t 光合速率, t 环境温度	在大量试验的基础上, 通过数理分析建立的统计模型。采用长谷川史郎、奥田明男应用实验资料求得的作物相对光合速率 (F_t) 与环境温度 (t) 的关系式, 是一种“黑箱”方法。但引用此算式有两个问题未作说明: ① 这类统计模式具有地区相关性, 未经检验和修订, 会产生偏差; ② 该温度订正函数将 C3 和 C4 两类作物置于同一函数下, 隐含两类作物有相同的温度敏感性, 与 C3 和 C4 作物的性状不符
AEZ 模型	R_{sc} 晴天最大有效短波辐射, R_e 实测短波辐射, n/N 日照百分率, y_m 干物质生产率, y_0 全阴天既定地点标准作物的总干物质产量, y_c 全晴天既定地点标准作物的总干物质产量, CL 叶面积订正系数, CN 净干物质订正系数, HI 收获指数	综合考虑了影响作物生长及其产量的主要气候因素, 依据作物本身的特点考虑了生长期长度。是一套成功的评价方法, 适用于大面积作物生产力估算, 应用广泛。但该方法主要来自热带地区的实践, 许多作物参数都来自这些地区。对相关指数或参数的修正是该方法在不同地区应用的关键。中国自然条件复杂, 具有作物种类繁多、种植制度多样、复种指数高、灌溉面积大, 土地改良投入大等特点。国内学者在应用 AEZ 方法时已经意识到这些问题并对其中一些参数作出订正, 但大部分参数的订正需建立在科学、系统、长期的试验与测定的基础上