

张福春 丘宝剑编著



县级农业气候分析和区划

气象出版社

县级农业气候分析和区划

张 福 春
丘 宝 剑 编著

气象出版社

内 容 简 介

本书探讨如何以县气象站的资料为基础,利用地理学、物候学等取得非常规气候资料的方法,推断全县不同地形、不同下垫面的气候状况,揭露其时空分布规律以及与农业生产的关系,从而比较好地作出县级农业气候区划。主要内容有:气候与农业的关系;农业气候资源及其利用;农业气象灾害及其防御;不同下垫面的气候差异;非常规气候资料的取得;农业气候要素的订正延长和推算;县级农业气候区划和手册。

本书可供基层气象台站人员、农业区划人员、农业科技人员以及县、社的农业领导干部参考。

县级农业气候分析和区划

张福春 丘宝剑 编著

责任编辑 张国秀

* * *

气 象 出 版 社 出 版

(北京西郊白石桥路46号)

北京印刷一厂印刷 新华书店北京发行所发行

* * *

开本: 787×1092 1/32 印张: 9.75 字数: 228 千字

1984年5月第一版 1984年5月第一次印刷

印数: 1—10,000 统一书号: 13194·0167

定价: 1.30 元

前 言

当前，我国有70%的县在进行农业区划，有几十万人参加这一工作^[1]。农业气候区划是农业区划的重要组成部分。在国家气象局主持下，1979年在秦皇岛，1981年在武昌，两次召开会议，布置和研究全国和省、县级的农业气候区划工作。现在，全国和各省、市、自治区都已先后做了各自的简明农业气候区划，所有的县、旗也都正在做县级农业气候区划。

我国自1929年竺可桢先生发表“中国气候区域论”^[2]以来，进行气候区划已有五十余年的历史，可分为三个发展阶段：(1)解放前，主要是个人自发进行的；(2)解放后，主要由国家科学研究机关有组织地进行，是主动为生产部门服务的；(3)近几年，是应生产部门要求进行的，参加的部门广泛得多，不但有科研部门，而且也有生产部门。

现在，全国有很多人在做农业气候区划，更多的人要读这种区划，希望知道气候区划是怎么做出来的，怎么应用。因此，我们写《县级农业气候分析和区划》这样一本书，对有关人员也许是有益的。

县级农业气候分析和区划属于农业地形气候学研究的范畴。世界气象组织的技术报告认为：“农业地形气候学是探讨在一个比较均匀一致的大气候带内，由于地形、土壤和植被的影响而引起的局地气候差异，以及这些差异对农业的影响”^[3]。就其尺度来说，它介于大气候学和小气候学之间，相当于地方气候学。

这方面的工作，我国解放以来的三十多年是做得不少的。其中一些成就和外国同类成就相比，也毫不逊色。例如，我国橡

胶种到金沙江畔的北纬 26° 、海拔1500米的地方；水稻种到北纬 53° 的黑龙江漠河，海拔2600米的云南宁蒗；小麦种到海拔4460米的西藏浪卡子县；青稞种到海拔4750米的西藏申扎县。这些都是世界罕见的。虽不一定都有经济意义，但它说明了我国农业地形气候学的应用有较高的水平。

现在我国每一个县一般有一个气象站（简称县站）。只有极少数的县还有一、二个航空、水利、工业或林业等部门所设的站和若干个观测时间较短、项目较少的气象哨。我国的土地面积为960万平方公里，有两千多个县，平均每—县站辖地约4000平方公里，而各县面积大小不一，小的几百平方公里，大的几万平方公里。我国的山地丘陵面积大，多数县地形复杂、气候多样，而且气象站多设在城郊、谷底、山顶，所能代表的面积有限。用这样的资料进行全国的、省的气候区划，由于面积广、站点多，问题还不很大；进行县级气候区划，用单站的资料代表全县，不仅在山区县不恰当，即使在平原县，也感到不合适、不够用了。

但是，县站的气象资料是非常宝贵的，它是在国家气象局的集中领导下，用比较精密的观测仪器和经过严格训练的观测人员，按全国统一的观测规范和制度经长期连续观测取得的。在时间上，它可以和过去的观测相比较，在空间上，它可以和邻县以至全国站点的观测相比较。因此，县站资料应作为衡量全县各地气候的标尺。进行县级农业气候分析和区划，首先要认真做好县站气象资料的整理和分析工作。

本书试图对我国农业地形气候学研究的丰硕成果作一扼要介绍，使当前在县以下从事农业科技、农业区划和农业生产工作的广大人员，能够以县气象站的宝贵资料为基础，采用地理学和物候学等方法，推断全县的气候，合理地利用当地的气候资源，有效地防御可能出现的气象灾害，为农业现代化作出贡献。

全书共分七章。

第一章论述气候与农业的关系，包括县级农业气候的鉴定、指标和若干应用问题；并介绍外国农业地形气候学的研究和应用情况，以便和我国的情况相比较。

第二章论述农业气候资源，即光能、热量、水分、太阳能和风能资源。

第三章论述农业气象灾害，着重对我国常见的旱、涝、寒、热、风、雹灾害的出现情况、鉴定方法、防御措施等进行论述。

第四章论述各种地面状况下的气候差异，例如山丘、水域、城市、森林等对气候的影响及其变化规律，这有助于粗略地、定性地掌握全县的气候特点。

第五章介绍取得各种气候资料的非常规方法，例如临时仪器观测、气候调查与考察、物候学和树木年轮学的方法等，既可取得定性的资料，也可取得部分定量的资料。

第六章介绍以县站观测或临时观测的资料为基础，对各气候要素在时间上延长、在空间上推算的各种方法，以便对全县的气候有一个比较具体的了解。

第七章讨论一个县的气候与农业关系研究结果的表达方法，例如进行农业气候区划、编写农业气候手册、气候志的方法。

中国科学院学部委员、国家气象局顾问程纯枢同志和北京农业大学副教授郑剑非同志对本书进行了审阅，并提出了许多宝贵意见；阮逸苓、沈念祖同志完成了插图的清绘工作，在此一并表示衷心的感谢。

由于作者学识有限，错误在所难免，望读者批评指正。

目 录

前言

第一章 气候与农业的关系	1
第一节 农业气候分析	1
第二节 农业气候的若干应用问题	7
第三节 农业地形气候学的研究和应用	24
第二章 农业气候资源及其利用	40
第一节 光能资源	40
第二节 热量资源	46
第三节 水分资源	71
第四节 水分与温度的配合和调节	77
第五节 太阳能和风能资源	78
第三章 农业气象灾害及其防御	83
第一节 旱灾	83
第二节 涝灾	85
第三节 寒害	86
第四节 热害	93
第五节 风灾	94
第六节 雹灾	95
第四章 不同下垫面的气候差异	97
第一节 地形对气候的影响	97
第二节 城市对气候的影响	114
第三节 水域的气候效应	119
第四节 防护林对气候的影响	128

第五节 农田和裸地的气候差异	139
第六节 绿洲与沙漠的气候差异	145
第五章 非常规气候资料的取得	149
第一节 临时仪器观测法	149
第二节 物候学方法	156
第三节 树木年轮法	178
第四节 综合性的农业气候调查	188
第六章 农业气候要素的订正延长和推算	192
第一节 温度的推算	193
第二节 降水量的推算	227
第三节 风向风速的推算	238
第四节 日照和辐射的推算	248
第五节 主要地貌类型的目测及其高度的测量和计算	267
第七章 县级农业气候区划和手册	273
第一节 县级农业气候区划	273
第二节 县级农业气候手册	296
参考文献	300

第一章 气候与农业的关系

第一节 农业气候分析

气候和农业的关系是非常密切的。一方面农业受气候的制约；另一方面，农业又反过来影响气候。

农业在很大程度上受气候的制约，一个地方究竟是发展农业，还是发展林业或者牧业，主要是由气候决定的。虽然地貌、水文、植被、土壤等其他自然因素也有关系，但气候在各自然因素中占主导地位。而且其他自然因素也直接或间接受气候的影响。

农业对气候的影响，指的是人类为了进行农、林、牧、副、渔等生产活动，有意和无意地对气候产生的影响。人类希望改善气候条件，使其有利于农业生产和人类生存。但有时却事与愿违，出现了一些使气候变坏的恶果。例如，修筑水库、引水灌溉、植树造林、设置风障、塑料薄膜覆盖等，可以多得几百毫米的降水量，即相当于经度向海洋移动几度的降水量；可以提高摄氏几度的温度，即相当于纬度降低几度的温度。但是，破坏森林却引起水土流失，毁坏草原却引起风沙和尘暴，排干湖沼却引起气候恶化。

气候和农业相互关系的研究，已经发展成为一门学科，称为农业气候学，其主要任务就是在发展农业中，能最充分地利用气候资源，最大限度地避免或减轻农业气象灾害，以最少的劳力和资金，获得稳定的、高产而优质的收成。

对于一个县来说，要完成这样的任务，首先必须做好如下两项基础工作：一是对当地的主要农业对象进行气候鉴定；二是对

当地的气候条件进行农业鉴定。

只有上述两项工作做好了，才能对该县进行农业气候分析和区划，编制农业气候图集和手册，以及对栽培什么作物和品种，采用什么种植制度和耕作方式，饲养什么牲畜和品种，采用什么农业技术措施，什么机具和型号、什么农业政策等，提出合理的建议。

一、农业的气候鉴定

农业的气候鉴定，就是弄清各种农业对象对气候的具体要求。农业对象极其繁多，广义的农业包括农、林、牧、副、渔等业，各业都有很多对象，例如不同的栽培植物和饲养动物。不仅不同的作物、牧草、树木、牛、羊、蚕、蜂、鱼等对气候有不同的要求，而且同一种植物或动物，不同发育期对气候的要求也不相同。

但是，对于一个县来说，没有必要对所有农业对象进行气候鉴定，在以种植业为主的县，弄清几种、十几种主要作物对气候的要求就可以了；在牧业县或林业县，弄清几种、十几种主要牧草、牲畜、树木等对气候的要求也就可以了，而且很多资料都是现成的，有赖于我们去调查、去收集。

农业气候鉴定通常采用以下几种方法：

1. 田间试验资料与气候资料对比分析法

通过各种试验，如平行观测法、分期播种法、地理播种法以及其他控制试验，对作物的生长发育和产量形成与气象条件的关系进行观测，积累一定数量的资料后，运用统计学方法建立它们之间的定量关系，求出农业气候指标。例如，气象部门于1979年曾组织南方稻区11个省市进行了杂交水稻的地理分期播种试验，取得了大量的汕优6号杂交水稻抽穗开花期受低温危害的空壳率

资料，并结合各地气象资料，分析得出汕优 6 号空壳率(P)与抽穗后 5 天平均气温 t 的关系式。

对于贵州安顺为：

$$P = 95 e^{-0.522(t-16.7)} + 5$$

对于湖南湘潭为：

$$P = 95 e^{-0.469(t-17.8)} + 5$$

根据上两式可计算出当空壳率达 20% 时的受害低温指标：安顺为 20.1℃，湘潭为 21.7℃。又如辽宁省冬小麦越冬冻害指标，就是在三年农业气象区域试验的基础上，由十几个点的资料分析得出的，通过试验资料，建立起越冬死亡率与 1 月份平均气温、极端最低气温、极端最低气温 $< -18^{\circ}\text{C}$ 日数的三元线性方程，确定死亡率 20% 为冬小麦的栽培北界，并用冬小麦越冬死亡率指标的地理分布去划区。

2. 盆栽或人工气候室栽种法

这种方法可对室内的温、湿、光、风等气象要素作一定的控制，不受天气的影响，能比较精确地查明作物对气候的要求，受害的机制。例如，某种作物究竟是长日照还是短日照植物，温度多么高、多么低受害，湿度多么低受旱凋萎等。但是，室内的气候条件和田间的气候条件终究不同，有时在室内试验所得到的结论，到田间未必能适用。

利用上述方法进行作物气候鉴定，是农业科学试验站、种子站或农业气象站的日常工作，不是从事县级农业气候分析和区划的人员能短期完成的。但下述方法比较容易见成效，能满足当前急需，应当较多地采用。

3. 调查访问和群众经验的气候分析法

例如，宁夏运用群众经验和农谚确定了小麦“青干”的农业气候指标。宁夏的永宁、中宁等灌区，小麦灌浆成熟阶段（6 月

下旬至7月上旬),如遇到较大降雨或连阴雨天气,土壤粘重,通气不良,根系生理机能减弱。天气转晴后,麦田热气上升,叶片蒸腾作用强烈,水分入不敷出,叶片干枯,子粒干瘪,产量下降,造成所谓“青干”现象。农谚“夏至后的雨,麦头上的霜”,“小暑前后的雨,秋天的霜”,都说明在宁夏灌区,6月下旬至7月上旬的降雨天气,是造成小麦青干的重要原因。当地群众还有“雨水湿透地皮或有积水,就可能发生青干”的经验,由此根据农谚与气象资料的统计分析确定,在6月下旬至7月上旬,日降雨量或过程降雨量达7—10毫米或以上,天气转晴后,出现温度稍高、湿度较低、风速较大的天气,就有可能发生“青干”现象。

4. 作物分布区域和分布界线的气候分析法

栽培作物分布的海拔上限,地理位置的北界和南界,往往是气候条件,如温度、水分、光周期等因子作用下形成的。分析界限附近的农业气候资料,就可以找出该作物分布上、下限温度指标、水分指标、光周期指标。据调查,黔北中稻和耐寒早粳的安全种植高度分别为1100米和1300米,分析气候资料发现,在这高度上 $>10^{\circ}\text{C}$ 初日至 $>22^{\circ}\text{C}$ 终日,80%保证率的积温分别为 2500°C 和 2100°C ;中熟粳稻安全种植高度为1400米,该高度上 $>10^{\circ}\text{C}$ 初日至 $>20^{\circ}\text{C}$ 终日80%保证率的积温为 2400°C 。而上述积温正好等于或接近各水稻品种从播种至齐穗期的积温。这证明作物栽培上界的调查分析,能得出符合作物生态特征的有关气候指标。

必须指出,农作物的分布区域和分布界线的现状,毕竟是在以往的农业技术水平和农业经济条件下逐步形成的,它也必然要随着生产的发展而发展。不能说一切过去形成的现状都已充分地利用了当地的气候资源。例如,我国过去不种橡胶,现在橡胶种植业已初具规模,大大地突破了传统的种植界限。因此在应用这一方法找指标时,必须周密考虑各种影响农作物分布现状的因子

和近期发展的可能性。

5. 作物产量与气象资料的对比分析法

这方法能揭示地区产量波动与气候变化的关系。可确定出反映农业丰、歉的有利气候指标或气候灾害指标。

历史产量和气象资料的对比分析，分简单的对比分析法和较复杂的对比分析法。

简单的对比分析法，是针对丰、歉年份对关键时期的气候作对比分析，得出丰、歉气候指标。复杂的对比分析法，就是采用数理统计方法（最常用的是相关分析法或回归分析法）研究产量与气候因子的定量关系，得出产量丰、歉变化的气候指标。在分析前必须确定作物生长的关键期和关键因素以及对大田产量资料进行处理，这些我们将在下节详述。

二、气候的农业鉴定

气候的农业鉴定，就一个县来说，就是对本县的气候条件，从农业的角度进行评价。阐明本县的气候适宜发展什么农业，利弊如何；栽种什么作物和品种，采用什么种植制度和方式，才能最充分地利用气候资源，减轻气象灾害；对当地的气候有无改善的可能，如何改善等。

气候对农业的影响是它的整体，至少也是几个要素的有机组合，各个要素都是不能缺少的，不能互相代替的。例如，热不能代替光，水也不能代替热，但是各个要素又不是同等重要的，有时某个要素，甚至它的某一关键数值，对作物的生命活动起着极为重要的作用，例如， 0°C 的温度。

因此对气候进行农业气候鉴定，也没有必要研究所有的气候要素。关系最大的只是光照、温度和水分。其他气候要素，例如云量、能见度、冻土深度等，对别的国民经济部门也许是重要的，

对农业却不怎么重要。冬季低温对于秋播越冬作物和多年生木本植物来说，是非常重要的；对于春播的一年生作物来说，就没有什么关系了。

对于一个县来说，整理和收集如下的气候资料是必要的：

(1) 全年太阳辐射总量、光合潜力、日照时数、逐日日长。

(2) 最热月、最冷月、全年平均气温、无霜期的初、终日期及无霜期日数，日平均气温 $> 0^{\circ}\text{C}$ ， $> 5^{\circ}\text{C}$ ， $> 10^{\circ}\text{C}$ 的初终日期、持续天数和积温，逐年极端最低气温及其平均值。

(3) 年、月降水量，可能蒸发量、实际蒸发量和干燥度。

(4) 旱灾、涝灾、寒害、热害、干热风、大风、冰雹等灾害的出现次数和时间，以及历史上的出现情况。

三、农业气候指标

农业气候指标，是以气候要素的某些数值来表达它们与农业对象之间关系的一种形式。如通过农业气候鉴定，得出的主要农业对象在不同生育期，对光照、温度和水分等的最适、上限、下限和致死数值等，就是农业气候指标。

农业气候指标与农业气象指标不同，基本差别在于气象和气候本身概念的不同，实际应用中容易混淆。农业气象指标常用于评定当年天气条件对农业的影响，在作当前生产计划、农业气象情报和预报时采用，其时间单位较短，一般为日、候或旬。农业气候指标用于评定农业气候资源和农业气候灾害，在作未来若干年的农业生产远景规划时采用，其时间单位较长，一般为月、季、甚至整个生长期的多年平均状况。

农业气候指标是研究农业气候问题、利用农业气候资源、防御农业气象灾害、进行农业气候区划、对农业技术措施进行气候论证等必须掌握的重要手段，所以要尽可能确定得恰当和准确。

确定的农业气候指标，常常由于资料的局限性（特别是用大田产量资料），处理方法不当，样本数不够，以及选用的数学模式不妥等原因，会使分析结果不准确，甚至是假象。这时，我们应实事求是地将其删去。一定要坚持检验，达不到显著性标准的坚决不用。另外，现在的农业气候指标一般是单因子的，往往不够全面，应该尽量使用多因子的综合指标，例如干热风、干燥度、大陆度等。

此外，在进行农业气候评价时，只采用指标的平均值是不够的，有时需计算个别年份的出现机率或保证率。

对于一个县来说，某些常用的农业气候指标可能不适用，需要进行验证和修正。

第二节 农业气候的若干应用问题

一、关键因子和关键时期的确定方法

由于作物的生育期和产量形成过程很长，各种气象因子无时不对其发生影响。但是，随着作物生育特性和地区气候特点的不同，对作物产量形成起决定作用的时期和气候因子，地区之间有一定的差异。因此，在建立产量与气候的统计模式以前，还必须研究影响产量形成的关键时期与关键气候因子。确定方法有：

1. 方差分析法

将产量资料经过处理，分成不同年景，如丰年、平年、歉年之后，可以把不同年景当作不同的试验条件，并以群众经验为线索，以作物生物学特性为依据，用方差分析法来推断不同年景下，某时段的有关气候因素有无明显差异。也就是说，推断不同年景下该气候要素是否属于同一正态母体。经过方差分析，如果不同年景下某一气候要素无明显差异，可以认为，不同年景的产量差

异不是由于这个因素的影响所造成。经逐个因子检查，可找到影响产量的关键因子与关键期。王书裕成功地采用方差分析方法确定了影响吉林省粮豆产量的关键因子与关键时期。他利用各地气象站的资料，分别分析了丰、平、歉年平均气温、降水量、日照等要素的方差，并规定如下判据：

$$F_{\text{实}} > F_{0.01} \quad \text{差异极显著}$$

$$F_{0.01} \geq F_{\text{实}} > F_{0.05} \quad \text{差异显著}$$

$$F_{0.05} \geq F_{\text{实}} > F_{0.10} \quad \text{差异不太显著}$$

$$F_{\text{实}} \leq F_{0.10} \quad \text{差异不明显}$$

分析结果认为影响吉林粮豆产量的关键因子是温度，尤其是9月份的温度，所以9月份是影响产量高低的关键时期。

2. 相关分析法

就是求气候产量和有关时段某一要素之间的相关系数。如果相关系数达到一定信度，则该气候要素就是影响产量的关键因子，该时段就为关键期。如山东菏泽地区气象台用相关分析法确定，大豆产量与8月份降水量有较大的正相关，和8月份温度有较大的负相关。所以关键期是8月份。

二、大田作物产量资料的处理

大田产量资料不同于田间试验资料。这种产量的逐年波动，不仅受气候条件逐年变化的影响，而且还受生产水平波动的影响，如水肥条件的改善、品种的改良、技术水平的提高等人为影响。社会生产水平的变化在十年、二十年时间里，就可以有较明显的上升或下降趋势，而气象要素的变化在不太长的时段里，看不出明显上升或下降趋势，只会在平均值附近上下摆动。因此实际产量可看成有两部分组成：(1)在平均气候条件下，由于生产水平等人为影响而形成的产量时间趋势项；(2)由于气候波动引起的所谓气

候波动产量，即

实际产量 = 产量的时间趋势项 + 气候波动产量

为了更好地显示气候条件对产量的影响，确定它们之间的定量关系，必须消除非气候因素的影响，也就是说必须对产量的时间趋势项进行模拟，然后把它分离出来。产量时间趋势项的模拟方法有：滑动平均法、直线模拟、曲线模拟、正交多项式模拟、分段直线模拟等^[4]。

1. 滑动平均法

把产量序列作滑动平均，其新序列即为产量的时间趋势。实际上它是一种滤波方法，如做三年滑动平均，就会把三年以下的波动都给平滑掉。若把各对应年的产量与三年滑动平均值相减，所得的新序列就为三年以下周期的振动。滑动平均的优点是做法简单，物理意义清楚。缺点是，时间序列在作滑动平均后，序列头尾总要损失一些样本，同时把周期较短的气候波动的影响也给去掉了，从而减少了部分气候波动的信息。

2. 直线模拟

即一元线性回归模拟，其公式为

$$y = a + bx$$

式中， y 为模拟的趋势产量， x 为时间序列的序号， a ， b 为系数。这种方法比较简单，但是它把除气象因子以外的各种因素对产量的影响，都简化成线性函数关系，这是比较粗略的，有可能把对产量起非线性影响的因子忽略掉。

3. 曲线模拟

把产量资料用多元回归或指数形式模拟，如

$$y = de^{bx} \quad (b > 0, x > 0)$$

对上式两边取对数，有

$$\ln y = \ln d + bx$$