

气象科学技术集刊

(农 业 气 象)

中央气象局气象科学研究所编

3

气象出版社

1982

气象科学技术集刊

(农业气象)

中央气象局气象科学研究院编

3

气象出版社

1982

内 容 简 介

本集刊选自近年来农业气象方面的部分研究成果共 18 篇, 内容包括: 农业气候资源分析、利用和区划, 农业气象预报方法, 灾害性天气对农作物危害的指标、规律及其防御方法, 模糊数学在农业气象上的应用等。

本集刊可供农业、气象部门的领导, 广大科技人员和科研工作者以及有关院校师生参考。

气象科学技术集刊 (3)

中央气象局气象科学研究院编

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 1/16 印张: 7.375 字数: 182千字 印数: 5,000

1982 年 6 月第 1 版 1982 年 6 月第 1 次印刷

科技新书目: 33—99 统一书号: 13194·0078

定价: 0.83 元

前 言

本集刊是我院天气气候研究所农业气象研究室近年来的部分研究成果。共 18 篇。

其中农业气候区划是根据实地考察,结合农、林、牧对气候条件的要求,用年降水量为指标,划出我国旱作农业(包括林业)与灌溉农业和牧业的分界线。对用光照温度综合指标进行水稻农业气候区划也作了初步尝试。在农业气候资源的分析和利用中,还结合了热带作物和其他作物对气候条件的要求,提出合理利用气候资源的建议。产量预报研究是近几年来开展的新课题,本集刊中的产量预报方法研究(一),仅对某些基本问题提出了初浅的看法以供讨论。对于农业气象灾害,分析了低温、高温、春旱、大风等对农作物生长发育的影响并得出危害指标,研究其发生规律及防御措施,为趋利避害和稳产、高产提供参考依据。关于大气环流、垂直运动对粘虫的起飞、降落、迁飞的研究,以及模糊数学在农业气象中的应用等,都是一些新的探讨方法,也取得了较好的效果。

由于水平所限,缺点和错误在所难免,敬请读者提出批评、指正。

编 者

一九八一年七月

目 录

对全国农业气候区划的初步探讨	李世奎、王石立 (1)
西北地区农业气候特征和区划	郝春光、李世奎、王石立 (9)
用光温综合指标作水稻气候区划个例	蓝鸿第、章庆辰、陈玉琼 (16)
我国粘虫地域分布的气候分区	赵圣菊 (20)
气候变迁与水稻熟制演变关系的探讨	张养才 (26)
我国热作生产的气候资源利用	章庆辰、高素华 (32)
长江中下游地区双季稻稳产高产的农业气候问题研究	张养才 (36)
河北栾城县夏玉米农业气候分析	李伟光、梅爱武 (45)
河北栾城县两茬平播农业气候分析	李伟光、梅爱武 (52)
产量预报方法研究(一)——总论与趋势产量	王馥棠、陈京玲 (60)
我国“三北”地区风力资源及风蚀沙害	李世奎、王石立 (70)
长江中下游地区后季稻抽穗开花期低温危害指标初步分析	雷克森、赵圣菊、太华杰、张养才 (78)
长江中下游地区后季稻抽穗开花期低温危害气候规律的分析	张养才、赵圣菊、太华杰、雷克森 (84)
夏季高温对早稻抽穗开花危害的试验	太华杰、雷克森 (89)
杂交水稻开花期低温危害指标变化原因的探讨	全国杂交稻气象科研协作组 (92)
内蒙古东部春旱与干土层关系的探讨	李世奎 (97)
模糊相似优先选择法在粘虫气候分区中的应用	赵圣菊 (101)
模糊数学在农业气象中的初步应用	高素华、陈京玲、王馥棠 (105)

COLLECTED PAPERS OF METEOROLOGICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY

Agrometeorology

CONTENTS

A Preliminary Investigation on Agroclimatic Delimitation in China.....	 <i>Li Shi-kui and Wang Shi-li</i> (1)
The Agroclimatic Features and Delimitation in Northwest Region of China.....	 <i>Hao Chun-guang, Li Shi-kui and Wang Shi-li</i> (9)
An Example on Climatic Delimitation of Rice Crop by Photothermal Complex Index.....	 <i>Lan Hong-di, Zhang Qing-chen and Chen Yu-qiong</i> (16)
A Climatic Delimitation of <i>Leucania Separata</i> Walker along its District Distribution in China.....	 <i>Zhao Sheng-ju</i> (20)
An Investigation of the Sequential Relation Between Climatic Change and Rice Cropping System.....	 <i>Zhang Yang-cai</i> (26)
The use of Climatic Resources in Tropic Crop Production in China.....	 <i>Zhang Qian-chen and Gao Su-hua</i> (32)
A study on Agroclimatic Problems in Relation to High and Steady Yield of Two Rice Cropping in the Middle and Lower Regions of the Yangtze River Basin.....	 <i>Zhang Yang-cai</i> (36)
An Agroclimatic Analysis of Summer Corn in Luan Cheng County of Hebei Province.....	 <i>Li Wei-guang et al.</i> (45)
An Agroclimatic Analysis of Two Cropping System in Luan Cheng County of Hebei Province.....	 <i>Li Wei-guang et al.</i> (52)
A study on Yield Forecasting Method (1)—The general and time trend yield	 <i>Wang Fu-tang et al.</i> (60)
The Wind Resource and Erosion Damage over Sanbei Regions in China.....	 <i>Li Shi-kui and Wang Shi-li</i> (70)
An Analysis on Cold Calamity Index in the Blooming and Heading Stages of the Second Rice Cropping in the Middle and Lower Regions of Yangtze River Basin	 <i>Lei Ke-miao, Zhao Sheng-ju, Tai Hua-jie and Zhang Yang-cai</i> (78)
A Climatic Analysis on Cold Calamity in the Blooming and Heading Stages of the Second Rice Cropping in the Middle and Lower Regions of the Yangtze River Basin.....	 <i>Zhang Yang-cai, Zhao Sheng-ju, Tai Hua-jie and Lei ke-miao</i> (84)
An Experiment in Summer High Temperature Damage to Blooming and Heading of the First Rice Cropping.....	 <i>Tai Hua-jie and Lei Ke-miao</i> (89)
An Investigation on the Variation of Low Temperature Damage Index in the Blooming stage of Hybrid Rice.....	 <i>Group for National Research of Hybrid Rice</i> (92)
An Investigation on the Correlation Between Spring Drought and Dry Soil Deepness in East of Internal Mongolia.....	 <i>Li Shi-kui</i> (97)
Application of Fuzzy Analogic and Optimum Seeking Method to Climatic Delimitation of <i>Leucania Separata</i> Walker.....	 <i>Zhao Sheng-ju</i> (101)
Preliminary Application of Fuzzy Theories in Agrometeorology.....	 <i>Gao Su-hua, Chen Jing-lin and Wang Fu-tang</i> (105)

对全国农业气候区划的初步探讨

李世奎 王石立

正确评价我国的农业自然条件和自然资源,是规划和指导农业生产的重要前提。农业气候资源也是其中基本的一项。本文着重讨论带有全国性农业布局方向、区域界限、资源的开发和合理利用等问题,并就其中具有争议的突出问题进行初步探讨。主要有:(1)我国三大自然区农业气候资源特点的显著差异,因为这涉及到大农业布局方向。本文从农业气候角度论证和确定了这三大区的界限,特别是北部的农、牧、林界限。(2)从农业气候方面确定灌溉农业和旱作农业的过渡界限,东部季风区的南方和北方农业气候界限(也是亚热带和暖温带的分界),南亚热带界限,典型热带作物(橡胶、胡椒)的北界,青藏牧农与少牧无农区的分界等。

一、区划原则和方法

1. 根据农、林、牧业对光、热、水条件配合程度的适应及抗逆“弹性”的不同,找出由某气象要素所引起的光、热、水配合失调而造成的农业类型结构的不同及产品数量、质量有明显差异的地域性过渡情形,进行三大区的划分,以讨论生产类型和经营方向。

2. 从宏观上看,年降水量 400 毫米通过的地带应引起注意,它可作为农业类型差异或交错过渡的重要判据之一。无论从农业自然资源的演变还是生产活动带来的生态循环正反两方面的经验教训,都能说明这一点。它从东部季风区的北部一直向西南延伸到青藏高原南端,各段都有其重要的分界意义。其北段是大兴安岭林区和呼伦贝尔草原的交界,中段是大兴安岭东南麓丘陵平原,为风旱交织造成的农牧交错过渡带,到黄土高原,则为人类活动引起水土流失严重,造成生态恶性循环,急需治理的地方。而到青藏高原,此等值线将高原分为农业自然资源显然不同的两部分,即东部植被稍好,为以牧为主、农牧结合的地方;西部则为纯牧区。另外,年降水量小于 400 毫米的地区,林木(尤其是速生乔木)生长已受到一定影响。

3. 鉴于我国地理条件比较复杂,农业气候条件的多样性以及农业部门各业要求条件和存在问题不同,各区级指标可以不同。

4. 区界划分采用 1—2 种主导指标,并适当考虑具有地带性的其它自然条件(如植被、土壤、地貌等)。区级界限表示过渡带,因考虑到农业适应气候的“弹性”以及气候本身的时空变化特点,为避免定界简单化,有的过渡带采用指标出现的频率 80%、50%、20%来标明。

5. 据我们分析热量特征得知^[1],在热量指标选择方面,秦岭、淮河以北用积温较好,以南则用越冬期低温为好。

区划的最终形式反映在界线上,而界线是由选择的指标确定的。本区划提出的区界指标尚不完整,因此有待补充。

二、区划系统

附图和附表给出了全国区划情况。

1. 第一级——农业气候大区

(1) 农业气候类型大区划分的基本考虑

光、温、水三要素需综合考虑。只要它们的组合不同,对农业类型的利弊也就会不同。三要素中任一要素异常,都会引起农业气候资源的比例失调。由于各业忍受外界条件的下限“弹性”不同,一定的光、温、水条件的匹配关系总是与一定的农业生产类型相适应的。我国地域辽阔,季风气候显著,农业气候条件多样,生长季节、热量特征、降水变化和光照强度在内陆、高原、沿海和平川各有差异。从宏观上看,在光、温、水匹配关系开始发生显著变化的地方总表现出水文、植被、土壤、地貌等农业自然条件的差别,以至引起农业生产部门类型结构的分异。而这种类型界线如何定法,研究者往往各有己见,有的认为提农、牧、林三者结合为妥,有的认为要以某业为主,但争论的焦点大都集中在界线上。在这三大片交错地区存在着一大片土地资源的利用方向问题。这些界线有时定得过偏例如,我国北部近二十年来向内蒙古干旱、半干旱草原垦荒种植,引起农牧矛盾尖锐化和自然生态平衡逐渐恶化;华南地区橡胶树北移引起严重冻害等事实,都说明这些界线问题需要深入讨论。

第一级大区	亚区
I 东部季风型农业气候大区	I ₁ 北亚区 I ₂ 南亚区
II 蒙、甘、新干旱型农业气候大区	II ₁ 主牧旱作亚区 II ₂ 主牧灌溉农作亚区
III 青藏高寒型农业气候大区	III ₁ 主牧兼农业亚区 III ₂ 无农作亚区

综上所述,我们认为:① 必须根据农业气候资源条件的匹配关系来划分农业气候类型大区。一个地区的农业气候生产潜力主要是由光、温、水条件组合的结果。仅仅考虑单要素所估算出的生产潜力,则不足以说明资源具备大面积生产的现实意义。② 一定的农业生产类型总是与一定的农业气候资源组合相适应的。从这个观点出发,提某业为主的农业生产类型是适宜的。这样可澄清土地资源利用方向的混乱,明确作物布局方向。但在界线过渡区有的可提多业结合,如农、牧、林结合等。③ 在光、温、水条件组合中,可有一个要素起主导作用。如东部季风型与内蒙古、甘肃、新疆干旱型的分界,以水分为主导因子;它与青藏高寒型之间的分界,则以热量为主导因子。这是我们选分型主导指标的依据。

(2) 划分农业气候型的综合指标(水、热、光匹配状况)和界线判断的主导指标如下:

大区 I ——东部季风型农业气候大区。

分界线的主导指标是,北部以年降水量 400 毫米出现频率 50—20%(即有 50—20%年份的年降水量达到 400 毫米)为农、牧、林交错过渡区(见附图)。西部以 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 3000°C (相当于 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 持续日数的 150 天)为界并与大区 III 相接。本区地处我国东半部,主要受夏季风影响,温高雨足,夏季南北气温差异小,年干燥度 0.5—1.5,年辐射量 90—140 千卡/平方厘米。热量和降水由南到北逐渐递减,东西差异不大。降水变率比大区 II 小。热、水、光配合条件较好,对作物、果树、林木生长都较有利,是我国主要产粮农业区。牧业主要以饲养为主,在一些山岭地区也有放牧业和成片的森林。总的说来,本区具备农、林、牧、副、渔综合发展的优越条件。

根据农业气候相似性,东部季风型农业气候大区 I 还可分成两个亚区,其分界线大致在秦岭、淮河一带。界线以北为北方旱作亚区 I₁,界线以南为南方水作亚区 I₂。这两个亚区的分界确定,主要是由于有下述几个重要农业气候指标在此分界线附近通过,且这两个亚区的水分供应和热量特征有明显差异:① 年干燥度和稻田干燥度^[2],

$$\text{稻田干燥度} = \frac{\text{水稻生长季内稻田腾发量}}{\text{水稻生长季内降水量}}$$

稻田干燥度在此分界线附近接近于 1, 这可作为一个水、旱分界线的判据指标。从生产实践上看, 水、旱田的比例在这一带有显著的转变。同时也说明在此线以南广大地区 I₂, 只要适当兴修水利, 就可以保证水分充分供应, 水田稻作为这个南亚区的主要农业。而北亚区 I₁ 由于干燥度大, 依靠稻田面积本身所接受的降水, 不能满足需要, 所以主要是旱作农业。北亚区年降水变率相当大, 为 20% 以上, 春季降水量只占年降水量的 10—20%, 而南亚区占 20—40%, 因此北亚区春旱较严重。② 最冷月平均气温 0°C 恰好通过这条界线, 极端最低气温多年平均值 -10°C 也在此线附近。这是某些越冬作物和许多植物在冬季有否停止生长期间的分界标志, 也是落叶树和常绿果树混交带的标志。③ $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温达 5500°C 的等值线与此界吻合, 因此它可以作为亚热带与暖温带交界的地带和典型亚热带植物的北界。④ 初、终霜冻日 (以地面最低温度 0°C 为准) 与日平均气温稳定通过 10°C 的终、始日期在这界线上较为吻合。在这界线上无霜冻期与 10°C 持续期基本一致。界线以北无霜冻期比 10°C 持续期要短, 而界线以南则相反 (图略)。这说明北亚区和南亚区 10°C 积温在农业上所能利用的有效程度是不一样的, 后者高于前者, 界线两边的热量特征也有差异。⑤ 日较差、年总辐射量 (120 千卡/平方厘米·年)、日照百分率 (50%)、年平均相对湿度 (75%)、春温上升快慢等都在这界线南北有显著差异, 南北两个亚区显然不同。这些要素都对产量形成、产品质量都有影响。

大区 II ——内蒙古、甘肃、新疆干旱型牧、农业气候大区。东南部以年降水量 400 毫米为区界主导指标, 即大区 I 的北界。西半部的南界以 $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温 3000°C (相当于其持续日数 150 天) 为主导指标, 与大区 III 的北界相接, 是甘肃、新疆与青藏高原的天然分界线。本区为我国西北干旱区, 由于水分锐减到旱作一季所需降水量 (可以把 200—250 毫米作为旱作农业下限值^[3]), 所以区内虽有相当充足的光照 (年总辐射量 140—170 千卡/平方厘米) 和夏季温暖的条件, 但由于水分的限制, 在没有灌溉条件的广大土地上, 旱作种植业仍退居到为辅的地位。而由耐旱能力较强的牧草所形成的大面积丰美草原和荒漠化草原却为发展放牧业提供了天然饲料。有名的呼伦贝尔草原和锡林格勒草原分布于本区东部, 是我国不可多得的一块丰美的畜牧业基地。驰名中外的宁夏滩羊皮和新疆细毛羊却盛产于本区中、西部气候干燥的荒漠草原。这里, 有灌溉条件的河套宁夏灌区、河西走廊灌区、新疆石河子灌区是荒漠滩上的绿洲, 这里丰硕的农产品说明本区光、热资源的农业生产潜力很可观, 正因有水源这个基本条件。可是广大地区严重缺水, 使光、热、水的匹配失调, 以致沙漠、戈壁遍布本大区的中、西部。东部半干旱草原, 即使有可垦的土地资源, 但由于干旱和大风吹蚀, 也不宜大片垦殖, 而应以保护牧场为主。一些为牧业服务的必要的农业饲料基地也应选择在水土条件略好的地块, 以防风蚀沙化。在东南部过渡界线的地区, 以往由于过度垦殖而引起沙化或水土流失严重的农地, 需要逐步恢复自然植被或人工植被即草场或植林, 并实行以牧为主的牧、农、林结合的经营方式。从农业气候看, 大区 II 东南部与大区 I 北部交界的年降水量 400 毫米等值线可作为区划农、牧界线的主要指标: ① 农、牧业分界线的提法观点明确, 它所表明的就是由以农为主转为以牧为主。这样的提法有利于领导部门布局生产、定方向、拿主意。② 年降水量是影响农、牧业类型差异的关键因素, 同时用它作指标又简明易懂, 便于使用, 所以可作划界的主导指标。年降水量与生长期各阶段雨量线趋势大致吻合, 在某一范围内与干燥度也有较一致的走向, 我们所讨论的这一界限更是如此。如年降水量 400 毫米, 相当于年干燥度 2.0, 并与 4—9 月降水量 350 毫米、4—6 月降水量 100 毫米、7—8 月降水量 200 毫米的等值线大致吻合。

③ 年降水量从 400 毫米开始,由东南向西北降水量迅速递减,但热量的东西差异不大。这说明大区 I 受惠于夏季风的雨热适宜匹配状况开始出现地带性的减弱,加之地表水和地下水缺乏,农业供水状况也逐渐恶化,水份成了最突出的矛盾。取代的农业气候条件匹配类型是因水分不足而引起的光、温、水配合失调越来越加剧。气候也由半湿润过渡为半干旱至干旱。自然资源也相应地发生了地带性的类型变化,由具有一定肥力、适宜耕作的黑土或黑钙土和深色栗钙土渐变成土层浅薄、保水力弱和沙性大的浅栗钙土、棕钙土,直至荒漠。可是从东部界线起,半干旱条件下的栗钙土上却适宜生长根茎型禾草,不仅产量高,而且质量好。(如呼伦贝尔草原鲜草量年最高可达 1.2—1.5 万公斤/公顷,是我国载畜量最大的牧业基地。在这条界线的西北,自然资源只有利于牧业,而不利种植农作物。因此,把农、牧界线的东部放在呼盟高原的东缘及大兴安岭东南麓昭、哲盟)沿线较适宜。④ 从考察统计分析这一地区历年旱作粮食产量变化得知^[3],其产量依赖天然降水很明显。当年降水量低于 350—400 毫米时,旱作欠收;低至 200—250 毫米的会发生干旱毁种现象或产量低达 50—100 斤/亩以下。因此,我们把降水量 400 毫米作为旱作农业基本指标。把年降水量 200~250 毫米作为灌溉农业与旱作农业的分界指标。根据考察分析结果引述如下:在昭、哲盟,一般当年降水量 < 300 毫米的多为欠收年,400 毫米以上多为丰收年,300—400 毫米的为平年。锡盟南部及乌盟后山地区年降水量达 300 毫米可获较高产量,< 200 毫米的欠收,< 100 毫米的严重减产。大青山以南黄土丘陵区年降水量达 400 毫米以上的为丰年,< 300 毫米的多为欠年,300—400 毫米的为平年。在伊盟高原年降水量 > 400 毫米的多为丰年,< 250 毫米的为欠年。⑤ 由于春季降水极少,故春播要依靠土壤底墒。但通过内蒙古考察得知,本区东部半干旱地区的栗钙土地带,土质比较松,土层薄,易风干和风蚀,春季干土层深约 10—15 厘米,影响春播。⑥ 就大风风蚀沙化问题,据我们对内蒙古的考察结果得知,由于土质松、干旱,开垦后的地表裸露,所以在春季大风期日平均风速 ≥ 5 米/秒(3—6 月)的累积值达 200 米/秒的地区有明显风蚀沙化产生。据统计,这条界线在许多地方与年降水量 400 毫米界线相差不大。⑦ 从自然景观上看¹⁾,旱地—森林与天然放牧场的分界线大致与 400 毫米雨量线吻合。用在五十年代未进行大量垦伐时的农牧界线与 1958 年盲目开垦后引起的沙化作对比,结果也说明垦前的界线可作参考。⑧ 辅助指标:黄土高原的暴雨引起水土流失严重区,按照年雨量 400 + 30 毫米进行订正。3 月 20—6 月 20 日春风期的日平均风速 ≥ 5 米/秒的累积风速 ≥ 200 米/秒的地区,也按照 400 + 30 毫米订正。⑨ 400 毫米年降水量界线大都属“三北”防护林的重要考虑位置。大区 II 东南界线,也就是农、牧过渡南界,大致通过以下地方:呼盟高原东部的大兴安岭西麓沿阿尔山、乌兰浩特以西、鲁北、赤峰、围场以北、张家口坝上、大同、集宁、大青山、包头偏东、东胜偏东、榆林、环县、兰州至西宁以东。

大区 II 东部年降水量 400 毫米到西部的塔里木盆地减少为 10 毫米左右;干燥度由 2.0 增至 16.0,水分条件的地理变化是全国最显著的地区。从自然景观、资源类型看,在年降水量 200—250 毫米等值线上还有一条明显的分界线,既是旱作农业与灌溉农业的气候分界(可称半干旱和干旱气候的分界),又是高禾草与小禾草、小半灌丛草场的分界。这条界线通过的地点大致是:阿巴嘎旗、温都尔庙、百灵庙、包头偏西、鄂托克旗、盐池、同心、海原、靖远北部直至乌鞘岭。此界线又可把本大区 II 分为两个亚区,即内蒙古东部半干旱牧农亚区 II₁ 和内蒙古西部、宁夏、甘肃、新疆干旱牧农亚区 II₂。前者牧业以牛、马为主(与禾草类型牧场有关)在农业

1) 参阅《中国自然地理图集》。

方面,可选择水土条件好的山间盆地作为牧业服务的旱作农业或精饲料和青饲料基地;后者牧业以羊、骆驼为主(与灌木为主的牧场有关)种植业和植树都必须靠灌溉条件来保证。

大区Ⅲ——青藏高寒型农业气候大区。青藏高原海拔较高,热量比其周围邻区显著降低,成为全国冷中心,以至无农、牧业。这里云量少,大气透明度好,太阳辐射为全国最多(年总辐射量达160—220千卡/平方厘米),而年降水量由高原东南缘的几百毫米向西北递减到几十毫米。其农业气候资源特征是热、水资源不足,变化急剧,限制了农牧业对光能资源的利用。在这一地区光、热、水的匹配失调,尤以热量不足为突出矛盾。 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ (因 0°C 开始日期与冬小麦及牧草返青期大致吻合)积温 3000°C (相当于持续日数150天)等值线划出的范围与青藏高原大体一致,这种热量约相当于一季中稻和晚熟玉米成熟的上限。高原上以喜凉作物和牧草为主。其中以 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 1000°C 或最热月平均气温 6°C 为界,分为有、无农业两个亚区。 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 $<1000^{\circ}\text{C}$ 的地区为高原寒带(因粮食作物籽粒不能成熟,牧草也矮小稀少),即为无农业亚区,其中 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 $<500^{\circ}\text{C}$ 的地区为基本无人区,难以开发利用, $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 $3000-1000^{\circ}\text{C}$ 地区为以牧为主的牧、农业亚区。其中积温 2000°C 以上者可种冬小麦。此处的牧、农业均以喜凉、耐寒品种为主。在土地利用方面,除山间河谷阳坡分布有少量的农业外,其它都为牧业用地,但牧草产量较低,载畜量不高。在那曲附近草甸还长有冬虫夏草,是一种贵重药材,也是牛羊的高质饲料。

应当提出的是:① 本区太阳辐射对温度的补偿作用如何估价;② 高原温度日较差大,温度低,在相同的积温下作物有较长的生育期,其热量特征与平原有明显不同。这是否与高原小麦高产的典型例有关,在区划中怎样考虑进去;③ 本文将西藏南部 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 $>3000^{\circ}\text{C}$ 的地区划入了I型东部季风型农业气候大区,这样作是否合适,这些都有待进一步研究。

2. 第二级——农业气候带

这一级主要考虑具有较强地带性的热量带及其能够反映农业生产的熟制、地域分布、越冬状况、产量品种质量等方面的热量特征值,以便供生产规划部门在研究作物布局、茬口安排、种植制度、机械化作业、引种、播种,产量品质估测等方面的问题时参考。

我国最热的地区, $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温高达 9000°C ,最冷的地区却不足 1000°C 。东部大部份地区,具有熟制多样,复种指数较高的特点。以下仅就东部季风型农业气候大区讨论有实际意义的几条界限(见附图)。

(1) 长城沿线农业气候界(A带南界)。

指标: $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温为 3800°C ,即参照年极端最低气温平均 -24°C ,西段指标约偏高些。界限依次通过丹东、鞍山、黑山、朝阳、承德、延庆、怀来等地,然后沿太行山南下,到阳泉再向北拐,经过忻县、河曲、延安、西峰镇、兰州、岷县偏东等处。

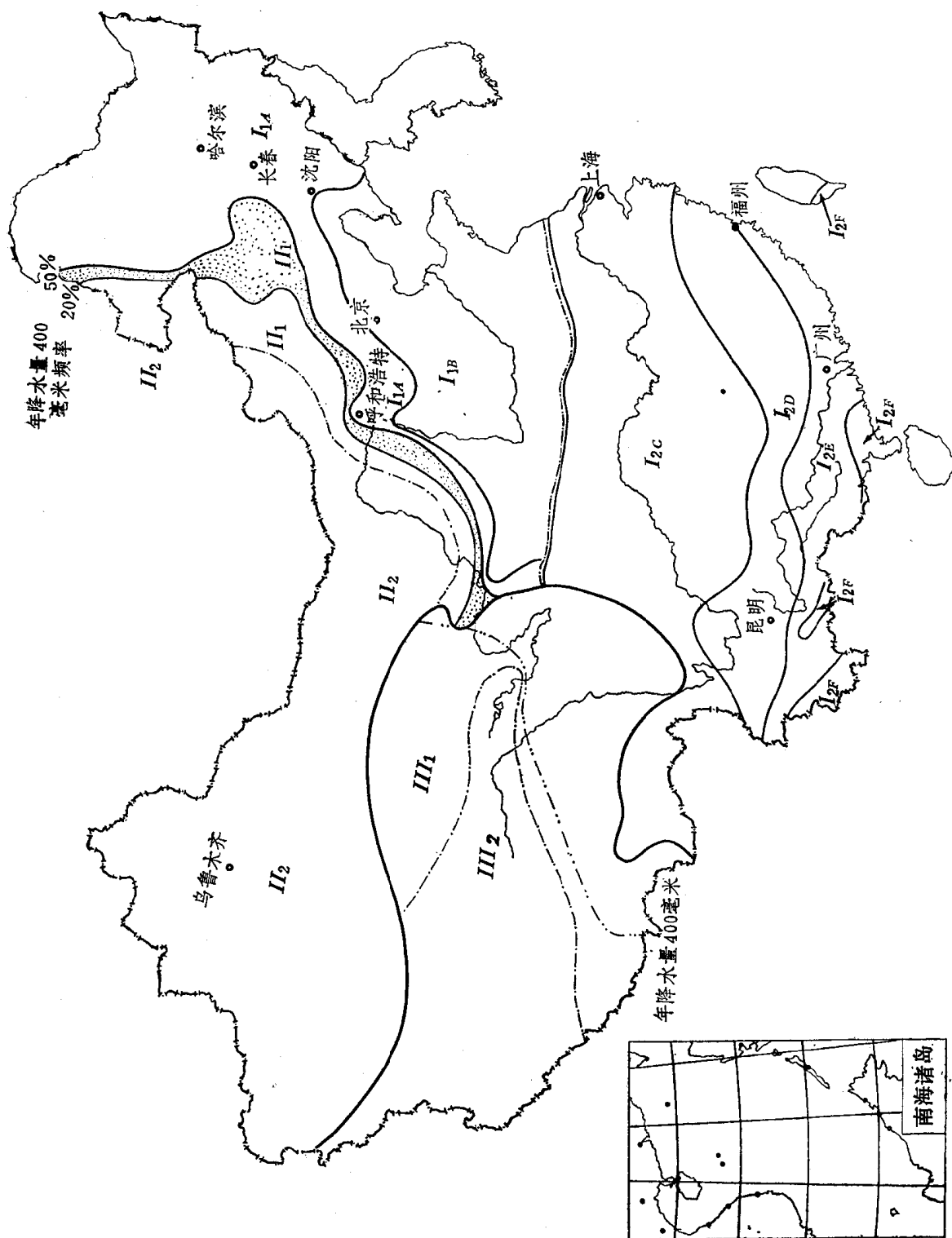
指标的农业意义:

A带是一般年份的冬小麦安全越冬北界;是一年一熟制南界,以冬小麦为前茬的两年三熟(或套种的一年两熟)制的北界;是棉花种植北界;是近南温带北界。

(2) 淮河、秦岭农业气候界(B带南界)。

指标:最冷月平均气温为 0°C 。 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温为 5500°C ,干燥度为1.0,年极端最低气温平均为 -10°C ,年雨量约900毫米,无霜冻期与日平均温度稳定在 10°C 以上的日期大体一致。界线通过淮河、大巴山南、秦岭南麓。

指标的农业意义:界线两侧水、旱田比例急剧地由大变小,界北农业供水状况变坏;此界为落叶和常绿果树混交带;是稻麦两熟与旱作麦类加大秋作物两熟的过渡界线;是北亚热带的北



附图 全国农业气候区划图

附表 全国农业气候区划系统

农业气候大区			亚 区			农 业 气 候 带		
代号	名 称	指 标	代号	名 称	指 标	代号	南 界 指 标	本带相宜的农业配置
I	东部季风型 农业气候 大 区	年降水量400毫米出现频率50—20%为过渡带与Ⅱ分界, $\Sigma t \geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温3000 $^{\circ}\text{C}$ 与Ⅲ分界	1	北亚区	年干燥度 >1.0 ,无霜期比 10°C 持续日期短,最冷月平均气温 $<0^{\circ}\text{C}$	A	$\Sigma t \geq 0^{\circ}\text{C} \approx 3800^{\circ}\text{C}$,年极端最低气温多年平均 -24°C , (西段 -20°C)	一年一熟制,大豆、甜菜主要产地之一,山区高寒主要为林业、牧业
						B	$\Sigma t \geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温5500 $^{\circ}\text{C}$,最冷月平均气温 0°C ,年降水量900毫米,干燥度1.0,年极端最低气温多年平均 -10°C	一年两熟制,冬小麦、棉花主要产地,盛产温带水果,苹果、核桃、枣主要产地
						C	最冷月平均气温 5°C	中南部为柑桔产地,平原可作双季稻两熟,东南部平原可稻稻麦三熟
						D	年极端最低气温多年平均 0°C	亚热带丘陵,山地,气候多样,适多种经营
			2	南亚区	年干燥度 <1.0 ,无霜期比 10°C 持续日期长,最冷月平均气温 $>0^{\circ}\text{C}$	E	年极端最低气温多年平均 5°C	宜稻稻+冬作,甘蔗主产区之一,非典型热作主要产地
						F		可稻作三熟,冬甘薯安全越冬,典型热作无重寒害
II	内蒙古、甘肃、新疆干旱型农业气候大区	$\Sigma t \geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温3000 $^{\circ}\text{C}$ 与Ⅲ分界,年降水量400毫米出现频率50—20%为过渡带与Ⅰ分界	1	主牧、旱作亚区	年降水量 $>200-250$ 毫米			
			2	主牧灌溉农业亚区	年降水量 $<200-250$ 毫米			
III	青藏高寒型农业气候大区	$\Sigma t \geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温3000 $^{\circ}\text{C}$ 与Ⅰ分界	1	主牧兼农业亚区	$\Sigma t \geq 0^{\circ}\text{C} \geq 1000^{\circ}\text{C}$			
			2	无农业亚区	$\Sigma t \geq 0^{\circ}\text{C} < 1000^{\circ}\text{C}$			

界,但典型作物柑桔的安全越冬北界略偏南。

(3)南岭山地北麓农业气候界(C带南界)。

指标:最冷月平均气温为 5°C 。参考特征的干燥度为0.5,年极端最低气温多年平均为 -5°C 与界线东端吻合。在两湖西部山区以西则偏高, $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温为6500 $^{\circ}\text{C}$ 。界线通过温州北、上饶、吉安、郴县、桂林、榕江、罗甸北、西昌、丽江。

指标的农业意义:C带除云贵高原山地外,许多地区可采用稻稻麦双三熟制,但江淮之间及四川周围丘陵地区三熟则热量稍有不足;C带南界与中亚热带北界相当;界线以南亚热带可生长常绿果树。

(4)岭南农业气候界(近南亚热带北界,为D带南界)。

指标:年极端最低气温多年平均为 0°C 。界线通过福州、梅县、梧州、柳州、百色、文山南部、元江、景东南部、瑞丽。

指标的农业意义:界线以南一般可生长亚热带作物和非典型的热带经济作物,如龙眼、荔枝、菠萝、香蕉、剑麻等,抗寒性略差的柑桔品种也可越冬,宜三熟制(稻稻+冬作)并可生长热

带常绿果树。

(5)雷州半岛、西双版纳农业气候界(热带北界, E带南界)。

指标:年极端最低气温多年平均为 5°C ,此气温出现的频率为50%,最冷月平均气温为 15°C 。界线通过台湾南部、雷州半岛、西双版纳。

指标的农业意义:是典型热带作物橡胶,胡椒等在一般年份不受严重寒害,冬甘薯安全越冬以及水稻一年可以三作的北界;界线以南、农业生产季节性不强;热带林分布的拔海高度,东部地区为300—500米,云南为800—1000米。

划定典型热带经济作物的种植北界,应考虑经济效益,其关键取决于越冬寒害程度及出现寒害的机率。对于多年生的经济作物来说,尤其要把寒害机率与取得生产效益的周期结合起来作为确定种植北界的重要判据之一(图略)。例如橡胶树从幼苗至割胶需要6—8年时间,要求种植地点出现毁灭性的杀伤 -2°C 的低温机率至少小于5%甚至二、三十年不遇一次;出现严重寒害(0°C 时树干部分冻枯、植株部分冻死)的机率小于10%或二、三十年只遇一次;出现轻度寒害(5°C 以下),嫩枝叶受寒的低温也不能年年有,或至少其机率不大于50%。除了杀伤性低温外还有延迟性低温危害,如温度虽在 5°C 以上,但伴随阴雨日较长。这里我们把极端最低气温多年平均值 5°C 和极端值 -2°C 的机率为0%结合起来,作为橡胶树种植北界的判据指标。在此界线虽有冻害,但平均每株成年胶树年产干胶0.8公斤左右,有一定的生产意义,橡胶树北界过渡北缘界线大致在高州、信宜、陆川县的五星农场(良田)、浦北县的张黄(东方农场)、东兴县(靠十万大山庇护,寒害较轻),以及云南省的西双版纳、福建省的云霄县和诏安县的部分地区也有低温危害。

本文承中央气象局总工程师程纯枢及郝春光付所长的指导,欧阳海、郑剑非、张谊光等参加部分内容的讨论研究,段运怀、章庆辰,孔令凯、李伟光、高素华等提供有关资料,作者在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 李世奎、王石立,我国不同界限温度积温的相关分析,农业气象,中国农业科学院农业气象研究室,1981年第1期。
- [2] 丁颖主编,中国水稻栽培学,农业出版社,1961年。
- [3] 中国科学院内蒙古和宁夏综合考察队,内蒙古自治区及其东西毗邻地区气候与农、牧业的关系,科学出版社,1976年。

西北地区农业气候特征和区划

郝春光 李世奎 王石立

西北地区处于 $31^{\circ}57' - 49^{\circ}33'N$, $75^{\circ}12' - 110^{\circ}53'E$, 即南北跨纬度 $17^{\circ}36'$, 东西跨经度 $35^{\circ}41'$ 。土地面积约 300 余万平方公里, 约占全国土地面积的 32%。西北地势高峻, 戈壁沙漠广布, 植被稀少, 大陆性气候显著, 对发展农业生产来说, 其地形、土壤、水分和热量条件等远不及华东、中南和华北地区有利。但由于西北幅员辽阔, 农业气候条件差异大, 为农、林、牧业的综合发展, 提供了有利的条件。

一、农业气候特征

1. 太阳辐射强, 日照时间长

西北地处内陆, 海拔较高, 空气干燥, 雨量稀少, 多晴天, 日照时间长, 太阳辐射强度和辐射总量都很大。

① 年辐射总量的分布^[1]全区总辐射量为 100—200 千卡/厘米²·年; 辐射量的季节分布夏半年高于冬半年, 春季高于秋季; $\geq 10^{\circ}C$ 期间的辐射量分布大部分地区在 50—100 千卡/厘米² 之间, 总的趋势是平原和盆地高, 高寒山区低。从全国来看, 有两个低中心都出现在西北地区: 一是在巴颜喀拉山地区, 辐射量低于 20 千卡/厘米², 最低的玛多地区仅 4 千卡/厘米²; 另一低值中心在祁连山南麓的托勒、门源附近, 辐射总量低于 50 千卡/厘米², 这些地区由于这期间生长期短, 热量不足, 太阳总辐射少, 不利于农生产的发展。但宜于发展畜牧业。

② 全区年日照时数在 1700—3400 小时之间。天山东麓至河西走廊西部和青海高原达 3200 小时以上, 为全国高值区。这些地区尽管海拔高、温度低, 但由于日照时间长, 弥补了热量不足, 仍有粮食和蔬菜等生长, 有的还获得高产。

③ 从辐射量的利用效果看, 西北各地夏季为春播作物生长旺盛期, 太阳辐射日值在 370 卡/厘米² 以上, 有利于作物生长。8、9 月间, 是春播和夏播喜温谷类作物灌浆成熟期, 太阳辐射日值大多在 330 卡/厘米² 以上, 一般均可满足作物籽粒形成的需要。5、6 月间是小麦和早稻产量形成的关键时期, 大部分地区太阳辐射日值高于 500 卡/厘米², 这对干物质的积累十分有利。

④ 从西北地区目前辐射能量的利用看, 潜力很大。作物生长期间的辐射总量若以 120 千卡换算, 则折合到每亩耕地面积上为 8 亿千卡, 若能利用其十分之一, 即达 8000 万千卡。按形成一克植物干物质需 4 千卡的能量计算, 每年每亩土地植物茎叶籽粒的产量可达 20000 公斤, 较当前实际产量高。目前由于农业科技水平所限, 对太阳能利用率还很低, 一般只利用 1% 左右。

2. 热量分布多样, 日较差大

西北地区的热量分布, 除陕西南部、甘肃东南部具有北亚热带气候特征外, 宁夏、陕西、甘肃的北部都具有温带气候特征, 而南疆、东疆和河西走廊夏季酷热, 冬季严寒, 其最突出的特征是大陆性气候显著, 无霜期短, 日较差大, 山区垂直分布差异大。甘南、北疆和青海具有高原和沙漠气候特征。

① 积温的分布: 本区地形复杂, 热量纬向分布不太明显, 主要受地形、地势影响, 形成条块

相间的热量区。东部的热量资源不如同纬度华北和华东地区丰富。但南疆、东疆要比同纬度东部地区多。全区热量有两个高值中心：一在吐鲁番、哈密地区， $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温在 4500°C 以上；另一个在汉中地区，积温在 5000°C 以上。热量不充足的地区在甘南草原、祁连山地区和青海北部， $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温为 $1500-2000^{\circ}\text{C}$ 。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温分布也有同样的规律。

② 无霜期较短：本区海拔较高，初霜出现早，终霜结束迟，无霜期比同纬度东部地区短；黄土高原、青海高原、河西走廊、北疆等无霜期在 $100-150$ 天，比同纬度华北、华东地区短 50 天左右。只能种植一年一熟作物，少数地区由于夏季温度较高，可种植玉米、高粱、水稻、棉花等喜温作物。关中、陕南、塔里木盆地和武都等地无霜期略长，一般在 $160-180$ 天以上，吐鲁番地区达 200 天，可一年两熟（图略）。

③ 最热月平均温度较高。除青海高原因海拔较高，在 20°C 以下外，其余地区均在 20°C 以上；吐鲁番盆地为最高，达 30°C 以上，有利于作物的生育。如早熟棉花在延安种植，虽然积温（ 3900°C ）可达到要求，但由于最热月平均温度较低（ 23°C ），故生长不良，不宜种植。而纬度偏北的敦煌积温 4080°C ，与延安相近，但最热月平均温度 24.9°C ，比延安偏高，故棉花生长良好。这说明最热月平均温度也是一个较重要的热量指标。

④ 温度日较差大。在气温满足作物正常生长发育的条件下，气温日较差大有利于光合物质的积累，使其籽粒和块茎根个大饱满，瓜果类作物积累糖分多，品质优良。本区日较差最大值出现在甘肃敦煌以西、南疆、青海大柴旦、格尔木和陕西铜川、延安一带，这些地方年气温日较差在 16°C 以上，比同纬度的北京、天津、济南的日较差大，约大 $4-6^{\circ}\text{C}$ ；哈密、吐鲁番、伊宁、酒泉、张掖、武威、榆林、绥德均在 14°C 以上，比同纬度的沈阳、唐山大 $2-4^{\circ}\text{C}$ ；青海玉树地区在 14°C 以上，比同纬度的南京大 6°C 。

⑤ 垂直气候显著。本区高山与盆地、沙漠戈壁相间，高度差悬殊，垂直气候显著。现仅根据陕西秦岭山区宝鸡与太白两站（地表状况相近，高度相差 927 米，纬度相近）气温资料得出温度递减率，平均海拔每上升 100 米，温度下降 0.57°C ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温减少 150°C 。从秦岭南北坡历年 $1、7$ 月的温度递减率看，其变化趋势基本相似（图略），都呈线性关系。年平均气温递减率，秦岭北坡为 $0.46^{\circ}\text{C}/100$ 米，南坡为 $0.52^{\circ}\text{C}/100$ 米； 1 月北坡为 $0.32^{\circ}\text{C}/100$ 米，南坡为 $0.48^{\circ}\text{C}/100$ 米； 7 月南北坡温度递减率基本相同，约为 $0.57^{\circ}\text{C}/100$ 米。

从平均情况看，气温递减率年值大于 1 月值， 7 月值又大于年值。而年值和 1 月平均递减率南坡大于北坡。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的日数垂直分布差异大，如秦岭山区 $700-1100$ 米处为 $180-200$ 天， 3000 米左右处仅有 $70-80$ 天左右。积温随海拔高度升高迅速递减，南坡平均递减率为 $165^{\circ}\text{C}/100$ 米，北坡为 $148^{\circ}\text{C}/100$ 米。海拔 1100 米处积温为 $3400-3500^{\circ}\text{C}$ ，可种玉米、小麦，而在海拔 2000 米处，积温仅 $1950-1990^{\circ}\text{C}$ ，据调查，在 2100 米处小麦、玉米等已不能生长，而耐寒的白菜、洋芋等尚能生长，但生长期很长。

综上所述，西北地区复杂的气候类型和自然条件形成了农、林、牧各业结构和各类粮食、经济作物、瓜果、林、牧业及不同的种植制度（见表 1）。

3. 干旱威胁大，自然灾害频繁

西北地区是全国降水量分布最不均匀的地区，也是降水量最少的地区。总的趋势是从东南向西北逐渐减少，全区雨量最多的是陕南、关中、武都、天水达 $600-900$ 毫米；其次是陕北、平凉、庆阳、兰州、固原地区、青海东部地区达 $400-550$ 毫米；银川、中卫、白银、天祝、玛多、互助、伊犁、塔城达 $200-350$ 毫米；其余地区在 100 毫米以下，塔里木盆地、吐鲁番盆地和柴达木盆地不足 25 毫米。降水差异很突出，年降水量最多与最少地区相差几十倍。如吐鲁番年降水量

表 1 西北地区热量条件与作物种植制度

热 制	北亚热带经济 林木, 一年两熟	一 年 两 熟 制	一 年 一 熟 制	牧 区
$\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温($^{\circ}\text{C}$)	4800—5500	4000—4800	< 4000	< 3000
最热月平均温度($^{\circ}\text{C}$)	23—30	22—27	17—27	5—25
年极端最低气温($^{\circ}\text{C}$)	-8—-12	-14—-29	-25—-40	-25—-51
分布地区	安康、汉中地区、 武都	关中和陕西南部、敦 煌、陇南、南疆、东疆、 乌苏、石河子、昌吉	榆林、宁夏、平凉、庆 阳、河西走廊、北疆农 区、青海东部农区	新疆、青海主牧农作 区及牧区, 甘南草原、 天山、祁连山山区
作物和种植制度	茶叶、柑桔、油茶、 小麦、水稻、甘薯、 玉米、花生 小麦+水稻, 或大 豆、油茶+水稻	棉花、小麦、玉米、 高粱、油菜或葡萄、哈 密瓜、白兰瓜、西瓜。 小麦+糜、谷或+早熟 玉米、洋芋、荞麦、绿 肥等	小麦、玉米、糜谷、 油菜、洋芋、青稞、禾 田、碗豆、蚕豆	喜凉作物春小麦、糜、 谷或多年生牧草、青稞、 燕麦、油菜、碗豆

16.6 毫米, 比安康 900 毫米少 50 多倍, 最少的 1968 年降水量仅 2.9 毫米, 这说明吐鲁番是极端干旱。

降水量的年际变化大。据有关文献介绍, 全区年变率在 12—49%, 7—8 月变率为 18—84%, 变率趋势由东南向西北加大, 陕南、关中, 陇东和青海东部农业区较小, 在 20% 以下, 其余地区一般在 20% 以上。从生长期内(4—9 月)的降水变率看, 一般比年变率还要大。本区除靠雪山融水的灌溉区外, 大部分地区在正常降水情况下, 雨量也很不足, 这是多数地区作物产量低而不稳的主要原因。

本区干旱历来较严重, 据 1950—1975 年的 25 年资料统计来看, 有 20 年出现过不同程度的部分地区干旱, 其中有 15 次为春夏连旱, 有 5 次为伏秋旱或秋旱。1962、1969 年危害程度为最严重。1962 年春季的 3—5 月少雨雪, 比常年偏少 5—6 成, 陕北、宁夏、甘肃仅 10—30 毫米, 其中陕北耕作层土壤水分在 10% 以下, 致使春苗干枯死亡。1969 年陕西、甘肃、宁夏、青海农区 5—8 月严重干旱, 降水比常年偏少 5—6 成, 泾、洛、渭三河发生断流、渭北高原人畜饮水发生困难, 农业造成减产。

以上说明干旱是西北农业生产的主要自然灾害。除干旱外, 还有冰雹、低温、霜冻、干热风、风沙和秋季连阴雨等灾害, 这些不利的农业气候条件都给农业生产造成不同程度的影响。

二、农业气候区划

1. 区划分级(详见表 2 和下图)

(1) 一级大区划分:

①估算一个地区的农业气候生产潜力, 如果仅考虑单要素既难以反映该地区农业布局的合理性, 也不能说明农业气候资源的优劣, 应从光、温、水条件的匹配关系综合考虑来划分农业气候类型^[2], 对农业生产更具有实践意义。

②因地形、生产技术水平不同, 在光、热、水条件组合中, 对各地农业生产的作用也有主次之异。如东部季风型与甘、新、宁干旱型分界以水分为主导因子, 与青海高寒分界则是以热量为主导因子。这是我们在区别中确定主导指标的出发点。

③在干旱和半干旱地区, 水分是限制农业种植和产量的主要因子。以年降水量 400 毫米 $\pm$ 30 毫米作为农牧分界线, 与生产实际也较符合。宁夏北部牧区和甘肃陇北牧区年降水量