

王书裕 编著



农作物 冷害的研究



气象出版社

农作物冷害的研究

王书裕 编著

气象出版社

(京)新登字046号

图书在版编目(CIP)数据

农作物冷害的研究/王书裕编著。—北京:气象出版社
1995.5

ISBN 7-5029-1880-9

I. 农… II. 王… III. 作物—冷害—研究 IV. S426

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号 邮编:100081)

责任编辑:顾仁俭 终审:周诗健

封面设计:严瑜仲 责任技编:都平 责任校对:新玲

中国科学院印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销

开本:787×1092 1/32 印张:7.875 字数:173千字

1995年5月第一版 1995年5月第一次印刷

印数:1—800

定价:6.70元

序

黑龙江、吉林、辽宁三省是我国主要粮食生产基地。1969, 1972, 1976 年三年年粮豆产量减产约为 50~65 亿公斤, 占年产量的 17%~22%。这样大幅度的减产引起了中央领导的注意。当时对于减产的原因看法不同, 有人说是水; 有人说是肥, 气象部门认为是冷害。经过两年的调查研究取得共识, 其原因是冷害。

冷害的覆盖范围, 几乎是世界性的; 受害种类有粮、棉、油、果、菜、林、草等, 几乎涉及所有植物。在我国各省区也有不同程度的发生。因此很多国家的学者从气候、农学、生理等不同角度对其发生、防御等进行研究, 寻求减轻危害的对策。

《农作物冷害的研究》是王书裕先生从 60 年代末到 90 年代初, 从研究吉林省扩展到东北三省, 进而涉猎到全国的, 根据他本人工作及综合国内外研究结果的著作。

我认为本书有以下几个特点: 第一, 从理论上阐述了冷害发生的生理机制、农作物生长过程中不合理措施及耕作制度的影响、气候条件及发生周期、不同地区的危害作物及受害程度, 并提出较为全面的定义; 第二, 作者更注重实用性, 即从作物种类、品种时间空间的合理配置, 施肥、灌溉、耕作、病虫害等提出减轻冷害危害的措施。第三, 为进一步研究, 提出了方向和方法。

我国是人口众多的国家, 农产品的供给只能自力更生。农业生产是关系到安定团结, 社会主义发展的大事, 因此党和政

王书裕

府一直给以重视。天道无常,但变化有序,可以肯定今后还会有冷害发生,如何减轻其危害,应在新的社会经济和科学发展水平下,有新的方向和方法。但无疑地,本书为此提出了值得重视的信息。

蓝鸿第

1994 年国庆前夕

内 容 简 介

本书是作者多年来从事冷害科研成果总结和对国内外学者冷害科研成果的综述。内容有：作物冷害概论、作物冷害的生理生态、冷害的类型和指标、作物冷害的农业气候分析、作物冷害的防御和作物冷害研究方法。书中不仅有理论上的阐述，而且更注重实用性；不仅有具体的指标和区划，而且有研究方向和方法的概述。因此，这是一本难得的防御、研究冷害的参考书。可供气象、农业等部门的科技人员和科研人员阅读。

目 录

序

第一章 作物冷害概论·····	(1)
第一节 冷害的概念及其与霜冻、冻害和寒害的区别 ·····	(1)
第二节 冷害对农业的影响概况 ·····	(4)
第三节 冷害的特点及研究内容 ·····	(7)
第四节 发生冷害的原因 ·····	(11)
第五节 冷害研究的历史概况 ·····	(18)
第二章 作物冷害的生理生态·····	(23)
第一节 播种一出苗期 ·····	(23)
第二节 营养生长期 ·····	(25)
第三节 幼穗伸长期 ·····	(33)
第四节 抽穗开花期 ·····	(38)
第五节 灌浆一成熟期 ·····	(47)
第六节 作物在低温下的生理反应 ·····	(61)
第三章 冷害的类型和指标·····	(68)
第一节 冷害的类型 ·····	(68)
第二节 冷害年的温度指标 ·····	(76)
第三节 主要作物各生育阶段对温度的要求及冷害指标 ·····	(84)
第四节 水稻障碍型冷害的温度指标 ·····	(93)
第五节 障碍型冷害指标的变化规律 ·····	(109)
第六节 玉米延迟型冷害指标 ·····	(116)
第四章 作物冷害的农业气候分析·····	(123)

第一节	东北地区冷害年的频率及其地域分布规律	(123)
第二节	我国东北部延迟型冷害的地区分布规律	(126)
第三节	东北地区水稻障碍型冷害频率的地域分布规律	(132)
第四节	东北地区冷害区划	(140)
第五节	冷害频率随长期气候波动的变化	(145)
第五章	作物冷害的防御.....	(148)
第一节	作物品种的合理布局	(148)
第二节	作物合理布局	(165)
第三节	防御冷害的物理、化学措施	(175)
第四节	防御冷害的农业技术措施	(182)
第五节	水稻冷害的防御	(189)
第六章	作物冷害研究方法.....	(195)
第一节	冷害年份实地调查与分析	(195)
第二节	分期播种法	(200)
第三节	历年产量资料的统计分析方法	(207)
第四节	利用垂直气候差异进行冷害试验	(226)
第五节	人工调控条件下的冷害试验方法	(236)
参考文献		(241)

第一章 作物冷害概论

温度条件是作物生长发育所必须的环境条件之一。一地区的农业结构、作物布局和品种搭配、栽培措施、耕作制度以及产量高低和品质优劣等，在很大程度上决定于作物生育期间的温度高低及其时间和空间的分布。而且，温度条件的年际间变化，也是引起产量丰歉的重要原因，有些年份由于作物生长季的温度持续偏低，或者作物生育的关键时期出现异常低温，即使长势很好的庄稼，也会引起迟迟不能成熟，空瘪粒增多，造成严重的歉收。经观察研究知道，这种因低温而出现的减产，是由冷害造成的。近年的研究表明，冷害是我国的主要自然灾害之一，而且已经成为世界性的问题，对农业的威胁很大，所以引起了农业、气象等有关科学研究部门的普遍关注，并开展了广泛的研究。

在这一章里，将在明确冷害概念的基础上，简要地叙述其对农业生产的影响概况和特点，以及冷害问题的研究状况。

第一节 冷害的概念及其与霜冻、冻害和寒害的区别

关于冷害的定义，目前各家的说法不一，尚没有公认的统一定义。日本农业气象学家坪井八十二认为，所谓冷害是指：因夏季低温少日照为害农作物生育而减产的灾害。佐竹彻夫的定义是：由于夏季冷凉气候的影响，遭致显著减产的现象叫做冷害歉收。北京农业大学农业气象专业所著《农业

气象学》一书提出,冷害是指温度在 0°C 以上,有时甚至是接近 20°C 条件下对农作物产生的危害。《中国农业百科全书·农业气象卷》指出,冷害“是在农作物生长季节, 0°C 以上低温对作物的损害,往往又称低温冷害。”根据各地冷害的实际情况,同时综合各家的看法,我们可以把冷害定义为:作物生育期间 0°C 以上的低温,或者同时出现少日照,影响农作物的生长发育并引起减产的自然灾害,称为冷害。

因为不同作物的各个生育阶段,生理上要求的最适宜温度和能够耐受的临界低温有很大的差异,品种之间也不相同,所以这里所说的低温,对于不同作物和品种来说,处于不同的生育阶段,都有其不同的低温标准——温度指标。而且,冷害对产量的影响程度,因低温的强度和持续时间而异。在冷害程度相同的情况下,不同作物的减产幅度也不同,在主要作物中以水稻的减产幅度为最大;其次是高粱;再次是大豆和玉米。以吉林省为例,建国后 3 个严重冷害年(1969,1972,1976 年)平均比其前一年的减产率,水稻为 45.8%,高粱为 25.4%,玉米为 10.6%。

冷害发生在作物生育的温暖季节,并不像霜冻及其它灾害那样引起作物枯萎、死亡等明显症状,它对作物的危害主要有三种情况:一是低温延缓发育速度,致使作物在秋霜来临时尚不能完全成熟,或延误下茬作物及时播种;二是低温引起作物的生长量(株高、叶面积、分蘖数等)降低,影响繁茂的丰产群体的建立,降低群体生产力;三是低温使作物的生殖器官直接受害,影响正常结实造成不孕,空瘪粒增多。此外,低温还减弱作物的光合作用强度,引起作物内部生理活动失调等。在我国南方,两广地区寒露节气前后和长江中下游地区秋分节气前后的低温,对后季稻的危害很大,所以也把冷害称为“寒

露风”。东北地区的群众,因为低温对植株的外观影响不很明显,所以把冷害称为“哑巴灾”。

从上述关于冷害定义和作物受害的表现可以看出,冷害和霜冻是不同的。霜冻的危害是因短时间的 0°C 以下的低温,引起作物枯萎或死亡,这与冷害的低温范围及其持续时间不同,植株受害的表现也不一样。所以,不能把冷害与霜冻混同起来。但是,在生产实践中,有些年份因为生育期温度低,引起了作物生育期延迟,在秋霜到来日期正常、甚至偏晚的情况下,作物仍遭秋霜危害而不能正常成熟。这种情况,霜害的根本原因是由生育期的低温引起的,或者说霜害是冷害的必然结果。相反地,有些年份秋霜到来较早,却因生育期温度较高,作物在霜前已经成熟,并不会遭受早霜的危害。所以,既不应把冷害和霜冻的概念相混淆,又要看到二者的危害有时候是互相联系的,可能加剧对作物的危害程度。

我国东北地区,常有一定面积的作物遭受霜冻危害。比较地说,霜害对作物产量的影响,要比冷害小得多。作者计算了吉林省(可代表东北地区)粮豆产量与秋霜日期、无霜期日数及生育期温度的相关系数,表 1-1 中的产量趋势离差是实际产量与趋势产量之差(趋势产量和趋势离差的计算方法,详见第六章),它主要是由生育期气象条件所决定的,所以也称为“气象产量”或“气候产量”。由表可见,产量与霜冻并没有明显的关系,而与生育期温度有显著的正相关。这说明,生育期温度高则可能取得较高的产量,反之则可能产量较低。换言之,吉林省粮豆产量的增减,主要取决于作物生育期温度的高低,即是否发生冷害及其严重程度。

在论述冷害的概念时,还有必要把冷害与冻害、寒害加以区别。冻害,是指越冬作物和果树等在越冬期间,因长期严寒

表 1-1 吉林省粮豆产量趋势离差与长春霜期、
温度的相关系数(1951--1976)

项 目	秋霜日期	无 霜 期	5—9 月 温和和	≥10℃期间 活动积温
相关系数	-0.1742	0.0171	0.7752	0.7290

或几天时间的冻融交替,引起作物和果树在较短时间内枯死、腐烂。所以,发生冻害的温度范围是在零度以下,甚至零下20℃左右,而且作物或果树的冻害都有明显的症状。显然,冻害与冷害是完全不同的。此外,热带、亚热带作物,如橡胶等受低温危害的现象称为寒害,这与我们所说的冷害也是不同的,在概念上不应混淆。过去,我国也有人把长江中下游的水稻冷害称为寒害,近年来已经把二者区别开了。

第二节 冷害对农业的影响概况

日本学者金田,为了解国外水稻冷害的实际情况,于1972年对大约20个国家和地区进行了通信调查,所得的答复和事后调查的结果是:澳大利亚、孟加拉国、斯里兰卡、印度、克什米尔、巴基斯坦、中国台湾省、哥伦比亚、秘鲁、美国、印度尼西亚、韩国等,都有冷害。事实表明,农作物因冷害而减产的现象,不仅发生于北方寒冷地区,即使在南温带、亚热带和热带都有发生,已成为世界上相当普遍性的问题。特别是70年代以来世界天气异常频繁出现,冷害问题更引起了普遍的关注。而且,受害的作物不限于水稻,玉米、高粱、棉花等喜温作物,谷子、大豆、小麦、蔬菜和果树等,都可因冷害而发生不同程度的减产情况。

在我国,冷害不仅是北方地区的严重自然灾害,南方双季

稻区、华北和西北地区也都有冷害问题，严重冷害年全国粮食减产达 100 亿公斤左右。东北地区是我国受冷害威胁最严重的地方。据统计，1951—1980 年曾发生 8 个冷害年，其中 1969, 1972 和 1976 年冷害最严重，黑龙江、吉林和辽宁三省的粮豆总产量，比其前一、二年的丰收年减产 50 亿公斤以上，三年平均减产为 57.8 亿公斤，达 20%，而且因遭受严重冷害使种子质量降低和经济损失，造成缺乏良种和资金不足，影响第二年生产。特早熟棉区的辽宁省，冷害对棉花产量和品质的影响也相当大，据解放以来的资料统计，冷害频率为 17%，大约平均 5—6 年一遇。严重冷害的 1976 年，全省棉花平均亩产仅 6 公斤，霜前花率最高的也只有 20%，大部分地方根本未收到霜前花，品质大大降低。西北地区的宁夏灌区，虽然在一般情况下旱涝保收，但是过去也不是没有冷害，只是未引起重视，以致 1976 年空前严重冷害发生时，造成秋粮大幅度减产，尤以水稻受害最重，稻谷空瘪率增高，甚至没有收成。我国南方双季稻区，后季稻的生育处在温度由高变低的过程中，其抽穗开花期正是秋季冷空气南侵的时候，容易遭受低温危害，影响水稻正常开花授精，空壳率增加，造成减产失收。早稻在育秧期间遇低温阴雨天气，也会引起烂秧，有时要育二次秧。所以，我国南方稻区的冷害是相当普遍的，也是后季稻产量不稳定的主要原因。据上海市生产领导部门调查，70 年代初，后季稻抽穗开花期遭受冷害的年份，平均每亩减产 35—50 公斤，可见即使生产水平较高的上海市，冷害的威胁也是相当严重的。

这里还应指出，随着我国各地种植制度的改革，复种指数的增加，晚熟高产品种的推广应用，如遇低温年，冷害问题将更加突出。

国外,日本的农业生产,长期以来就受冷害的威胁,使日本的农业生产,特别是水稻生产受到很大影响,是造成产量上下波动的主要因素。据大后美保计算,日本产量波动的60%是由于夏季温度的年际变化而引起的。日本农业生产受冷害影响的情况有长期的详细记载:历史上的三次大饥荒(1751—1763, 1781—1788, 1830—1843年)和常说的“明治凶作群”(1869, 1884, 1891, 1893, 1897, 1902, 1905, 1906年)都是由低温造成的。进入昭和年代以来,冷害也经常发生,仅70年代发生冷害的就有1970, 1971, 1976, 1977, 1979年,接着1980和1981年连续二年冷害,又于1983年在部分地方出现冷害,这些冷害年份的农业生产所受到的损失程度虽有所不同,但其数量均十分可观。1971年,北海道的冷害使水稻的收成指数下降到平年的66%。1976年,北部冷害造成农作物的损失价值4093亿日元(折合人民币30.6亿元)。1980年的冷害,农作物(包括水稻、陆稻、麦类、杂粮、豆类)受害面积205.6万公顷,损失金额5369亿日元(合人民币40.2亿元);农业总受害面积(包括作物、蔬菜、果树、饲料、烟草、桑、茶等)达288.6万公顷,经济损失6919亿日元(合人民币51.9亿元),其中水、陆稻占73%,蔬菜占11%,果树和饲料分别占4%,工艺作物3%,桑1%。这一年的冷害以东北地方的青森县损失最严重,减产53%,损失金额达94.7亿日元(合人民币7.1亿元)。北海道的北见地区最易发生水稻冷害,1926—1971年共发生15次,平均每3年一次,其中连续2年发生冷害的有5次。该地区的水稻亩产自1908年的131.5公斤到1966年升高到254.5公斤,气象条件较好的1959和1961年,分别达到404.5公斤和415.5公斤,但是15个冷害年的平均亩产降低到96公斤,降到50公斤以下的有5年,最严重的1971年,全区水

稻平均亩产仅 3.5 公斤。

上述关于冷害对农业生产的影响情况，只是一些典型例子，当然还能列举很多实例，但这些典型事例已经足以说明，冷害对农业的影响是严重的，它所造成的经济损失是巨大的。因此，研究冷害的规律和防御措施的重要性，丝毫不亚于对旱、涝等自然灾害的研究。

第三节 冷害的特点及研究内容

冷害，既然是以低温为主要特征的作物受害现象，所以它的第一个特点是低温的大尺度性，即无论在空间上还是在时间上它都是大尺度现象。丁士晟(1980)利用东北地区 23 个测站从 1881 年以来近百年的温度资料，用相似矩阵、聚类分析和场的自然正交展开等方法，分析了东北地区夏季气温的空间分布和时间序列，发现东北地区夏季气温有很好的一致性，即冷的年份各站气温往往都偏低，而暖的年份各站气温又往往都较高。并且，计算 1951—1970 年东北地区 4 个低温年(1954, 1957, 1960, 1969 年)时，全国各地 5—9 月气温距平和的结果表明，除西藏、云南、甘肃、青海 4 个省(自治区)为正距平外，其余均为负距平，与东北地区一致。从而得出结论：夏季东北地区严重的低温冷害年，在空间和时间上都是一种很大尺度的现象，低温范围可达 40 个纬距、100 个经距，时间一般可持续几个月，长则十几个月甚至 20 多个月。我国长江中下游及其以南地区的后季稻抽穗开花期的冷害，也往往是一次或连续几次的冷空气南下，波及数省的范围，空间尺度很大。这与暴雨、冰雹等多为局地性灾害，是迥然不同的。由于冷害的这种大尺度性，所以在冷害发生时，受害的地域相当广大，危害的作物普遍，因而所造成的经济损失常是十分严重的。

冷害的第二个特点是影响因子的综合性，即除了低温的影响之外，日照时间的长短、光的强弱、低温出现之前和以后的温度状况，以及农业技术措施是否适当等因素，都综合地影响作物生育和产量的形成，决定着冷害的危害程度。一般来说，在同样的低温情况下，如果日照充足，可能危害较轻，反之低温和少日照同时期出现则会危害加重；如果作物生育前期出现低温并延缓了作物的生育进程，后期温度条件较好，冷害的危害会较轻，甚至基本上不减产，而作物生育前期和后期都是低温，则危害重、减产幅度大；农业技术措施不适当还会加剧冷害的危害，而采取适宜的农业措施，则能减轻或避免冷害，这也正是我们采取农业措施防御冷害的依据（将在第六章叙述）。由于冷害因子的综合性，决定了冷害问题的复杂性，它迫使人们在研究冷害时，必须综合考虑多种气象因子和人为条件的影响，还要分别按各因子的不同匹配情况加以分析，划分为不同类型进行深入的研究。同时，由于冷害发生因子的复杂性，也决定了抗御冷害需要采取综合性的措施。

冷害的第三个特点是，作物遭受冷害的指标、危害的空间分布和时间序列存在着很大的差异性。前面已经说到，不同作物、品种以及处在不同发育时期的作物，其冷害指标是不同的。实际上，即使同一种作物和品种，由于不同地区气象因子的匹配情况的不同，同一年份的冷害指标也是有差异的；同理，在一个地区内，同一作物和品种处在相同发育期的作物，不同年份的冷害指标也有差别。其原因主要是影响作物的温度、光照等气象因子的搭配情况以及低温期前后的温度条件不同而引起的。这样，问题又回到了前一个特点，迫使研究者不能使用统一的指标去进行冷害的诊断，必须综合地分析各因子的状况及其可能对作物产生的影响，特别要与作物生育

状况调查相结合，才能作出是否出现冷害及可能的危害程度的正确判断。

关于冷害的空间分布，也是相当复杂的，它因地形、纬度、作物及其品种的分布、农业技术措施和生产水平而异。一般来说，在我国北方地区，纬度越偏北、海拔越高的地方，冷害的频率越高，减产幅度也大。当然，这仅仅是一般的趋势，在同一冷害年里相邻两个生产单位因为生产措施和品种安排不同，其减产程度相差很悬殊，甚至一个单位减产很严重而另一单位却增产，也是常有的现象。因此，我们既要研究冷害空间分布的一般规律，它反映了地区间气候条件的基本趋势，是对全局性的增减产起决定作用的。同时又要注意到空间上冷害的差异性，特别是对同一冷害年里减产程度不同的生产单位或农户进行典型调查，分析其原因，总结经验，这对防御冷害具有重要的实际意义。至于谈到冷害的时间序列，即冷害年份的出现在长年代序列中的分布，它是随着气候的长期波动而变化的。笔者曾利用东北地区近百年来气象资料，分析了作物生长季的温度状况，发现存在着冷期与暖期交替出现的规律。在冷期里冷害出现频率高、危害重，因而有的研究者认为冷害有“群发性”；而在暖期里则冷害出现的频率很低，并且基本上不出现严重冷害，差异十分显著。丁士晟指出，东北地区夏季气温有明显的阶段性，有 110 年的长周期和 3.18 年的短周期。日本学者根据 1600 年以来的资料分析也指出，冷害的发生具有准周期的特点，即冷害较频繁的时期和较少的时期交替出现。如，元禄年间冷害频繁，之后冷害减少；安永、天明年间又频繁发生，接着又是一个冷害很少的时期；天保年间接连发生连续三年的冷害，随后就出现了一个几乎没有冷害的时期。因此，有人提出冷害的发生有 120 年的周期。这里需