

国家自然科学基金资助项目

霜冻的研究

冯玉香 何维勋 著



气象出版社

S425/427
1161752
84

霜冻的研究

冯玉香 何雅勋 著

世行贷款
2471-CHA

徐州师范大学图书馆



22164983

气象出版社

(京)新登字 046 号

内容简介

本书是关于霜冻研究的科学专著,介绍了作者近8年来在国家自然科学基金委员会的资助下进行研究所取得的主要成果。内容包括:我国霜冻的时空分布规律;霜冻对农作物的危害机理;生物冰核的诱发霜冻作用;防御霜冻的对策;减轻霜冻害的技术以及试验研究方法等。

本书通过大量的试验研究填补了这一领域的部分空白,阐明了霜冻与多种因子的关系,建立了新的数学模式,有助于加深读者对霜冻的认识。本书可供农业和气象部门从事科研、教学、业务工作的科技工作者和大专院校师生参考。

霜冻的研究

冯玉香 何维勋 著

责任编辑:崔晓军 终审:庞金波

封面设计:王存忠 责任技编:刘祥玉 责任校对:崔晓军

* * *

气象出版社出版

(北京海淀区白石桥路46号100081)

北京外文印刷厂印刷

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:850×1168 1/32 印张:6 字数:160千字

1996年1月第一版 1996年1月第一次印刷

印数:1—700

ISBN 7-5029-2101-X/S·0275

定价:8.00元

序

霜冻是一种严重的农业气象灾害。一片生机盎然的农作物会被几个小时甚至几十分钟的霜冻全部杀死,花满枝头的果树会因一场晚霜而绝产。在我国,不但温带地区霜冻频繁,而且亚热带地区霜冻也经常发生,甚至热带的北部地区也曾遭受它的危害。受害的不仅有热带、亚热带植物,而且有大量的喜温作物,还有进入生殖生长期的喜凉作物。因此,如何减轻霜冻危害是受到普遍关注的问题。

本书作者在广泛搜集霜冻资料、调查农业生产中存在的霜冻危害问题和查阅国内外有关论著的基础上,进行了认真的分析研究,了解到国际上的发展动向和我们的欠缺,进而提出了新的研究课题。在国家自然科学基金委员会连续三次资助下,本书作者与中国农业科学院植物保护研究所和日本千叶大学农业气象学研究室合作,进行了8年的辛勤工作,取得了大量可贵的实验结果。部分结果已撰写成论文并在国内外刊物上发表,其中有6篇已被“国际农业科学技术信息系统”(AGRIS)摘录。本书是该项有关霜冻研究的全面总结,其中有些内容是首次与读者见面。

我怀着浓厚的兴趣审阅了这本书。本书内容新颖,与早先出版的专著很少重复。本书除利用不多的篇幅对历史资料进行宏观分析外,主要介绍了霜冻成因中深层次问题的研究结果。这些结果是从许多精细的生理测定、自然条件下的田间试验以及人工控制条件下的模拟试验和模式研究取得的。本书系统地阐述了对霜冻的新认识,并探讨了防霜的对策和措施,国外尚无这种新的综合性专著,因此有较好的参考价值。我希望农业气象工作者能够写出更多的这类好书,为科技兴国、科教兴农做出更大贡献。

程纯枢

1995年7月21日

前 言

霜冻是一种严重的农业气象灾害,发生的地区很广,危害多种农作物,由此造成的经济损失很大。而且由初、终霜冻日决定的无霜冻期,又是表征一个地方热量资源的重要参数,所以,农业气象学家在研究作物气象模式、分析农业气候资源、调控农业小气候和防御农业气象灾害中都把霜冻作为一个研究内容。同样,气象和气候学家在制作短、中、长期预报中,品种资源学家在鉴定抗逆性中,育种学家在创造优质、高产、多抗的新品种过程中,植保学家在研究防治各种对植物有害的环境因子中,栽培学家在运筹作物比例、品种搭配和管理方案中,也常常需要考虑霜冻这个因素。因此,霜冻是一个许多学科共同关心的课题,对它的研究也比较多。《中国农业气象灾害概论》一书,仅对1986年以前的有关论著做了归纳。

1987年开始,国家自然科学基金委员会生命科学部对霜冻研究连续给予了三次资助。经过相关学科的8年协作,已取得较大进展,发表了不少很有价值的论文。本书是本所冯玉香、何维勋等先生在我国霜冻分布规律、冰核诱发霜冻机理、低温-冰核-霜冻模式和防御措施等方面研究结果的概括,内容新颖,其中有些结果是初次发表。

这项研究由于取得重要进展而获得农业部科技进步二等奖。不同专长的学者开展合作、优势互补,是研究取得进展的重要原因。当然也与本书作者执着的追求和严谨的科学作风分不开。我们为他们取得的成就感到自豪。

我所专家在试验中所用的冰核活性细菌,大部分是中国农科院植保所细菌室孙福在研究员领导的研究组提供的,少部分是日本高桥幸吉先生惠赠的。对他们的无私帮助和协作精神,我们表示深深的敬意。

陶毓汾研究员、何礼远研究员、羽生寿郎教授、中山敬一教授、今久教授对这项研究给予了热情的支持和帮助,刘建华、夏满强、朱巨龙和陶英丽诸同志先后参加了一部分研究工作,全乘风同志在自动化测试方面给了很多帮助。

本书的第四至第九章由冯玉香执笔,何维勋撰写其余四章并统稿。

全书经中国科学院院士程纯枢先生审阅并作序,谨致衷心的感谢。

霜冻与气象、作物、微生物之间的关系是相当复杂的,为了更有效地防御,还需要做很多工作。我们期待着本书作者的继续努力,使我国的农业霜冻研究进入世界先进行列,使我国的农业生产从中获得更大收益。也希望读者对书中的缺点和错误提出批评指正。

中国农业科学院农业气象研究所所长 林而达

1995年7月24日

目 录

序

前言

第一章 霜冻的概况	(1)
§ 1.1 霜冻发生的地区	(2)
§ 1.2 霜冻危害的作物	(4)
§ 1.3 霜冻危害的范围面积	(9)
§ 1.4 霜冻发生次数的地区分布	(14)
第二章 初、终霜日的统计分析	(16)
§ 2.1 初霜日的变化	(16)
§ 2.2 终霜日的变化	(20)
§ 2.3 无霜期的变化	(22)
§ 2.4 气候变化与初、终霜日	(25)
§ 2.5 用最低温度分析初、终霜日的变化	(29)
§ 2.6 霜期变化与霜冻	(37)
第三章 霜冻发生的农业气象条件	(40)
§ 3.1 霜冻与植物	(40)
§ 3.2 霜冻与温度	(44)
§ 3.3 霜冻与其它农业气象条件	(52)
第四章 霜冻的试验研究方法	(55)
§ 4.1 实地调查法	(55)
§ 4.2 自然霜冻试验	(57)
§ 4.3 结冰测定法	(58)
§ 4.4 简易霜箱	(60)
§ 4.5 人工模拟霜冻法	(63)
§ 4.6 霜冻的测定方法	(71)
第五章 霜冻与结冰	(78)
§ 5.1 植物有保持过冷却的能力	(79)
§ 5.2 结冰过程	(80)
§ 5.3 体外冰雪对体内过冷却水的影响	(82)

§ 5.4 冰晶的扩伸	(87)
第六章 结冰与冰核	(93)
§ 6.1 细菌冰核	(94)
§ 6.2 地衣冰核	(98)
§ 6.3 农作物上的冰核数	(101)
§ 6.4 冰核数与环境	(102)
§ 6.5 冷湖与平地的冰核	(104)
第七章 影响结冰温度的因子	(108)
§ 7.1 叶片大小	(108)
§ 7.2 冰核的活性	(109)
§ 7.3 作物种类	(115)
§ 7.4 病害	(117)
§ 7.5 露	(121)
第八章 结冰与伤害	(126)
§ 8.1 结冰伤害的机理	(126)
§ 8.2 结冰伤害的特点	(129)
§ 8.3 结冰伤害与作物种类	(136)
§ 8.4 结冰伤害与器官	(139)
§ 8.5 结冰伤害与解冻速率	(142)
§ 8.6 结冰伤害与结冰进程	(145)
第九章 霜冻的评估	(148)
§ 9.1 作物霜冻的温度分布	(148)
§ 9.2 数量分析	(151)
§ 9.3 霜冻的指标	(153)
§ 9.4 霜冻的估算	(156)
第十章 霜冻的防御对策和措施	(158)
§ 10.1 避霜优化决策	(158)
§ 10.2 选用抗霜品种	(167)
§ 10.3 除冰核防霜	(173)
§ 10.4 覆盖防霜	(177)
参考文献	(179)

第一章 霜冻害的概况

我国是一个文明古国,早在 4000~5000 年前就已经种植稻、麦、粟、蔬菜等作物。霜冻是威胁农作物的主要灾害之一,所以古代的劳动人民很早就开始与霜冻作斗争。有关霜冻的文字记载可以追溯到 3000 多年前。古代甲骨文中霜字为𩇔,商代殷都遗址(首建于公元前 14 世纪)发掘的甲骨卜辞中,有一些与霜有关的占卜记录。我国最早的一部诗歌集《诗经》中有“正月繁霜,我心忧伤”的诗句。正月相当于现在的公历 5 月,黄河中下游春播作物已经出苗,冬小麦也已经拔节,这时频频降霜,会给农作物造成严重伤害,导致减产歉收。这说明至少在 2700 年以前,人们已经不是一般地观察霜这种天气现象,而是把它和农作物的灾害联系在一起。在 2400 年以前,孔子著的《春秋》中有“冰一次,无冰三次,陨霜杀菽一次,陨霜不杀李实,有年三次”的叙述,对霜造成危害和不产生危害的次数做了统计。在秦朝,相国吕不韦的门客共同撰写的《吕氏春秋》这本巨著中,对霜冻开始的季节已经有了相当深入的了解。在 12 纪中明确指出“霜始降”是在季秋。到秦汉之际已臻完善的 24 节气中,专门有霜降这个节气,它的时间相当于现今公历 10 月 23(24)日~11 月 7(8)日。统计近 40 年各地的平均初霜日,看出平均初霜日正好在霜降节的有河南、山东大部、陕西关中、苏北、皖北和晋南。可见 2200 年前古代农学家已经相当深入地了解了黄河中下游地区初霜发生的气候学规律。

公元初年,西汉氾胜之根据 2000 年前黄河流域农业生产技术成就写成我国最早的一部农书《氾胜之书》。其中记述了拉绳刮霜的防霜方法。关于这种方法是否有效,我们以后再作讨论,但是这完全可以证明,那时的人们已经从观察、记载、统计霜冻,发展到探

索如何抗御霜冻,这是一个很大的进步。

随着农业生产的发展,对霜冻的认识也逐渐提高。到公元6世纪中叶,北魏贾思勰撰写了一部空前伟大的农书《齐民要术》,系统总结了农业生产的经验。其中有霜冻预报和防御的记载。如栽树第三十三中写道:“凡五果花盛时,遭霜则无子。常预于园中,往往贮恶草生粪。天雨新晴,北风寒切,是夜必霜,此时放火作煴,少得烟气,则免于霜矣。”这比《汜胜之书》中讲的方法有很大进步,防霜不是在霜出现之后再用地面把霜刮下来,而是在霜发生之前,通过各种办法,减慢温度下降,以避免霜的出现。这种思想是非常正确的,至今仍然有指导意义。此后历代史、书、方、志中有关霜冻的记载不胜枚举。

历史上对霜灾的记载虽然很多,但不规范、不系统,难以进行比较。直到1949年以后,我国气象台站的数量迅速增加,观测的规范化和观测资料的质量大大提高。每一个气象站从建站开始就有关于霜和霜冻灾害的观测和调查。关于我国初、终霜日的地区分布规律,已经有不少研究^[1,2,3]。但是,对我国霜冻的发生情况,还缺少专门的分析。有关霜冻的调查,气象部门的资料最全面、系统。我们用1953~1992年气象部门的资料,并参考其它部门的报告,对我国霜冻的概况进行了如下分析。

§ 1.1 霜冻发生的地区

综合历年资料,可以看出我国发生霜冻的地区很广。东北地区和华北地区热量条件较差,经常遭受霜冻危害。如1972年内蒙东部、辽西、晋北和冀北,8月中、下旬就出现初霜;9月初,内蒙和黑龙江大部,吉林西部,辽西、冀北、晋北、陕北、甘肃、宁夏部分地区发生霜冻,农作物受到严重伤害,粮食减产几十亿公斤。

黄淮平原、关中平原和晋南地区,春霜常造成危害。如1954年4月20日,上述地区发生一次晚霜冻,苏皖北部受冻率达50%~60%;山西省的54个县受害面积达6933km²,南部麦苗冻死率达

25%~50%；河南北部和东部，山东的菏泽、聊城、泰安、济宁地区减产5成以上。

长江中下游地区也常常发生霜冻。如1982年3月23~27日，一股强冷空气侵入我国，这个地区沿江最低气温降到0~2℃，发生严重霜冻，其中湖南常德地区受冻率达80%，湖北黄冈受冻率也在50%左右。

南岭以南冬季仍有许多喜温作物和常绿果树生长，霜冻是影响生产的主要灾害。1961年1月17~19日，由于强冷空气影响，华南南部最低气温降到0~2℃，除海南岛外，普遍发生霜冻，广东部分地区冬甘薯受冻50%以上，广西玉林和新县的冬甘薯、木瓜、番茄、芭蕉、荞麦等作物受害达60%~80%。

我国西部农业生产地区，霜冻危害也相当严重。1985年5月13~14日，新疆北部发生霜冻，超过2000km²农作物受害，伊宁地区粮食作物受害面积占总播种面积的47%；1956年西藏发生霜冻，林芝地区大部分农田严重减产，收获的粮食质量很差，不能作种子。

总之，从宏观上看，我国广大地区，北从黑龙江，南到海南岛，东自上海，西至新疆，都有霜冻发生。

但是，由于我国各地的自然条件差异很大，生产门类也很不相同，所以在上述广大地区，也并不是每个地点都发生过霜冻。在我们分析的这40年中，没有向中央气象台和有关部门报告发生霜冻的地方也不少。这些地方包括：①沙漠、戈壁、草原、林场地区。因为这些地方没有农业，而气象站关于霜冻灾害的观察和调查只限于农作物、果树、经济作物，所以也就不会有霜冻危害的报告。②塔里木盆地边缘的一些地方和吐鲁番盆地中部。这里温度比较高，无霜期比较长，由于干旱缺雨，一般要等到高山积雪融化，流下雪水灌溉农田后才能播种，种的农作物品种生长期也比较短，所以终霜后出苗、初霜前成熟，不易发生霜冻危害。③华南一些地区。这40年中从未发生霜冻的地方只有海南省中部和南部及以南的岛屿，

也就是说有霜冻区的南界在海南省定安县、儋县一线。至于台湾省的情况,因资料欠缺,暂未作分析。

§ 1.2 霜冻危害的作物

为了查明霜冻危害的主要农业植物,以及受灾的地区和这些植物所处的生长阶段,对这 40 年各地报告的资料进行分析研究。从中可以得出以下几点:

(1) 玉米、大豆、谷子、高粱、粟子、荞麦、莜麦、马铃薯等春播粮食作物,经常遭受霜冻危害,多数发生在苗期和成熟期,受害地区主要在东北三省、内蒙古自治区、冀北、晋北、陕北、甘肃、宁夏、新疆北部。由于这些地区生长季节较短,离冷空气源地较近,春、秋季温度变化大,而生产上为实现高产常采用生长期较长的品种等等,以致霜冻比较严重。如:1974 年 5 月 20~24 日,黑龙江省大部 and 吉林省、内蒙古自治区北部发生霜冻,已出苗的玉米、大豆等受到伤害,仅黑龙江省被冻死的幼苗就有 6093km^2 。同年 9 月 14~19 日黑龙江省北部,吉林、辽宁西部,内蒙古自治区大部,冀北、陕北、山西和宁夏大部,甘肃河西发生霜冻,玉米等许多作物尚未成熟,霜后枯死,造成减产。受害面积超过 16667km^2 ,减产约 20%,其中乌盟、伊盟等地区减产 30%~40%。

这些作物中玉米的适应性很广,从黑龙江省的黑河到海南省的崖县,从台湾西部到新疆的喀什均有种植,发生玉米霜冻危害的地区也就很广。上述受害的主要地区以南的许多地方,春播玉米也发生过霜冻危害。1980 年 4 月 13~14 日,强冷空气侵入我国苏、皖、鄂等省,玉米幼苗普遍受到伤害,其中宿迁县玉米苗受冻 85%~95%。云贵高原的玉米常年在 3 月出苗。1991 年 3 月底至 4 月初哀牢山以东及以北地区出现霜冻,玉米受害较重。广东省还可以冬季种植玉米,1991 年底到 1992 年 1 月上旬,该省出现霜冻,玉米受到不同程度的伤害。玉米霜冻多数发生在幼苗期和即将成熟时期,但也有发生在拔节前和抽雄期的,如 1987 年 6 月 28 日黑河

地区发生罕见晚霜冻,这时已过夏至节,植株即将封垅,333.3km²庄稼受到严重伤害。又如1989年7月27日河北北部发生少见的早霜冻,大暑已过,玉米抽雄,受到严重伤害。

马铃薯也是主要粮食作物,欧美对马铃薯的霜冻相当重视。我国马铃薯种植地区很广,除了东北地区、内蒙古、山西、河北和新疆北部霜冻经常危害春种马铃薯之外,南方冬季种植的马铃薯也常遭受霜冻。如广东省茂名市报告,1992年1月上旬发生霜冻,有362km²红薯和马铃薯受害。福建省1957年2月10~12日发生霜冻,闽侯县的马铃薯被冻死80%。

(2) 小麦、油菜、蚕豆等喜凉作物,在冷凉地区或温暖地区的寒冷季节种植,经常遭受冷空气袭击,遭受霜冻的次数比较多。

小麦是我国的主要粮食作物,种植地区很广,霜冻的情况比较复杂。东北、华北北部、西北和青藏高原地区,早春播种小麦,苗期遇到强的低温会使叶片受伤害,但一般对产量影响不大。如1966年5月7~11日,东北地区出现强降温天气,黑龙江省中部最低气温降到-2~-8℃,春播小麦虽然受害,但仅叶片受冻,叶尖干枯。多数地方苗期之后温度迅速升高,不再发生霜冻,仅青藏高原有些麦区,拔节、抽穗、开花、灌浆期都有霜冻发生,造成的损失比较大。如1979年9月青海出现-2~-4.5℃低温,使正在开花的春小麦受到伤害,平均每穗粒数减少47%,虽然叶片基本上没有受害,霜冻后生长正常,灌浆充分,粒重较高,但产量明显下降。

在上述地区以南、以东的小麦种植区都是秋季播种。苗期一般不发生霜冻。但是,有的年份强冷空气突然提早到来,尚未很好锻炼的麦苗也会受到伤害。如1987年11月27日~12月2日有一股强冷空气侵入我国,长江中下游有些地方最低气温降到-3~-5℃,发生霜冻,仅江苏、湖北两省就有1333km²小麦、油菜受害。

小麦拔节后抗结冰能力降低,这时常常有冷空气侵袭,所以发生霜冻的危险性大大增加。这时发生霜冻的地区很广,北起华北大平原北部,南到云贵高原和南岭,其中受害最重的是黄淮海地区,

其次是长江中下游。例如,黄淮海地区 1953~1963 年就发生 10 次较大范围的霜冻。其中最严重的是 1954 年 4 月 19~20 日,山西、河南、山东南部、江苏和安徽北部最低气温降到 -2°C 。当时小麦正处于拔节-孕穗期,受害特别严重。苏北、皖北小麦受冻率达 50%~60%;山西全省小麦普遍严重受害,其中榆次、运城、临汾、长治麦苗冻死率达 25%~50%;河南全部、河北南部和山东大部普遍受害,其中豫北、豫东和山东菏泽、聊城、泰安、济宁地区减产约 5 成或 5 成以上。

秋播小麦抽穗、开花后期发生霜冻的地区范围较小,主要发生在福建、广东、广西、云南等省(区)。1957 年 2 月 10~12 日这些省(区)南部的最低气温降到 -2°C ,开花、灌浆的小麦受到严重伤害,福建省龙岩地区小麦因此减产 30%左右。1986 年 2 月 27~3 月 4 日发生霜冻,云南省的小麦正处于盛花期,遭到严重伤害,全省因此减产约 50%。

油菜是我国主要油料作物之一,种植地区虽然几乎遍及全国,但是遭受霜冻的地区主要在长江流域、华南和西南地区。1982 年 3 月 23~27 日一股强冷空气侵入我国,长江中下游地区最低气温降到 $2\sim 0^{\circ}\text{C}$,贵州降到 0°C 以下,已进入开花结荚期的油菜受到严重伤害,如湖南常德地区甘蓝型油菜受冻率达 80%,湖北黄冈县受冻率也在 50%左右,贵州的油菜也受到较重伤害。油菜开花期很长,在整个开花过程中,任何时候遇到霜冻,正在开放的花就会因受害而脱落,因此可能遭受霜冻的时间比较长,如云南省楚雄县,油菜发生霜冻的最早日期为 2 月 24 日,最晚为 4 月中旬,长达 40 多天。

(3)棉花是喜热作物。《群芳谱》关于棉花种植中写道:“种不宜早,恐春寒伤苗;又不宜晚,恐秋霜伤桃。”说明人们早就知道苗期和蕾铃成熟期有寒霜危害。但是,为了获得高产,棉农总是想提早播种,推迟打顶,以求多结桃、多摘花。由于我国主要棉区春、秋季气温很不稳定,以致苗期和成熟期常常遭受霜冻。其中,苗期霜冻

发生较频繁,受害地区包括天山以北棉区、河西走廊、关中平原、晋南、辽西和华北大平原。如1975年5月15~18日河西走廊最低气温降到 $2\sim 1^{\circ}\text{C}$,棉苗受到严重霜冻危害,敦煌县棉花受害面积达80%~90%,靖远县的棉花全部冻死,只得重新播种。1984年4月下旬,河北、山东发生霜冻,棉苗受到严重伤害,邹平县平均死苗率达40%。1991年5月2日,山西省受冷空气影响,南部最低气温降到 $3\sim 0^{\circ}\text{C}$,棉苗受冻 733km^2 ,占播种面积的50%以上,严重受灾棉田达 167km^2 ,运城地区最重,稷山县有 23.3km^2 棉花死苗率在50%以上。棉花生育后期遇到霜冻,未吐絮的棉桃成为霜后花,产量和品质等级降低。因为棉花结桃期很长,早结的早开裂,晚结的晚开裂,吐絮期很长,所以总是有一部分棉桃在初霜来临时尚未成熟,成为霜后花。如果霜冻来得并不太早,霜后花的数量不太大,气象站一般不向中央气象台报告这种霜冻。只有在初霜来得很早,造成较大损失时才作报告,所以报告的霜冻次数要比实际的少,而且多是霜冻来得相当早的。如1958年10月16~28日,华北大平原和长江下游以北地区最低气温降到 0°C 以下,许多棉区出现霜冻,比多年平均日期提早10~17天,造成比较大的损失。又如1966年10月26~28日河南、安徽、江苏大部分地区发生霜冻,很多地方比多年平均初霜日提早了半个月左右,棉花受害枯死,产量、品质下降。河西走廊、辽宁西部在1972年9月1~3日最低气温降到 -2°C 左右,初霜日比多年平均提早了20天以上,棉花受到严重伤害。

(4)果树。北方的苹果、梨、葡萄、草莓,南方的枇杷、香蕉、菠萝、荔枝、龙眼等果树都发生过严重的霜冻。

苹果的霜冻主要发生在开花期,其次是果实采摘前。开花期抗低温能力很弱,遇霜冻常造成花和幼果大量脱落,受害地区主要有宁夏、内蒙古自治区阴山山脉南侧、陕西省北部、甘肃的河西走廊和辽宁省西部,如鄂托克旗1971~1980年的10年中有8年发生开花期霜冻,减产50%以上,最严重的达90%以上;宁夏贺兰山洪

积扇底部 70 年代也发生 6 次霜冻,其中 1971、1972、1980 年苹果几乎绝产;1971 年 5 月 27~28 日,甘肃的河西走廊,宁夏、陕西北部 and 内蒙古南部最低气温降到 $2\sim-1^{\circ}\text{C}$,苹果的花和幼果受到严重伤害,产量锐减甚至绝收。80 年代后霜冻有所减轻,但仍时有发生,如 1991 年 5 月 1 日宁夏自治区普遍发生霜冻,苹果等果树受害面积 186.7 km^2 ,占果树开花结果面积的 95%。果实采收前发生霜冻的情况很少,仅甘肃河西走廊、宁夏引黄灌区和陕西北部有的年份苹果尚未采收完毕就遇早霜,如 1981 年 10 月 8 日河西走廊地区发生霜冻,未收获的苹果普遍受害,造成严重经济损失。

梨花抗低温能力比苹果花的稍弱,而桃花则稍强,它们也都容易发生晚霜危害。1959 年 5 月 21 日西北地区发生严重霜冻,宁夏梨树的花和幼果大量脱落,造成大减产,有些果园几乎绝收。1969~1973 年 4 年中,宁夏又连续 4 年发生梨树霜冻,严重年减产 70% 以上。桃花霜冻的报告很少,受害一般较轻,但受害地区可以达到淮北,如 1980 年 4 月 13~14 日淮北最低气温降到 0°C 左右,桃、李的花受到伤害,花瓣枯萎脱落。

葡萄的嫩芽和幼叶不耐霜冻,花序对霜冻非常敏感,遭霜会造成严重伤害。如 1986 年 4 月 20~25 日,新疆东部的哈密、鄯善等地最低气温降到 $-0.5\sim-1.2^{\circ}\text{C}$ 。此时葡萄已长出嫩芽,受霜冻后大量死亡。鄯善大田低架葡萄死芽率达 70%~80%,全县受害面积达 14.95 km^2 ,占投产面积的 29%。

草莓的霜冻发生在开花期。由于第一个花序中早开的花是优势花,结的果成熟早、果实大,投放市场早、价格高。一旦受到霜冻,经济损失大。发生地区几乎遍及所有草莓产区。地处华南的深圳,草莓在冬季开花,1985 年底 1986 年初发生霜冻,重的整朵花冻坏,浆果不能发育,因而没有产量;轻的花托顶部变褐,形成畸形果,商品价值降低。山东省烟台市是草莓的重要产区,1984 年 2 月 6 日正当塑料薄膜覆盖下的草莓开花时遇到霜冻,受冻率达 31%。河北省廊坊市,1992 年 4 月 15 日发生霜冻,早期的花及幼果大部

分被冻坏,经济损失严重。

香蕉是常绿高大草本植物,花、果、叶、假茎都不耐结冰,遇霜冻就会部分或全部枯死,1992年1月上旬受南下寒潮袭击,广东省温度剧降,香蕉遭到霜冻危害,南部地区种植较多,受灾面积也大,其中西南地区的茂名受灾 116.7km^2 ,湛江受灾 50.7km^2 。

菠萝植株较矮,在遇平流辐射型霜冻时植株温度比较低,容易发生严重霜冻。1976年1月11~13日,广西壮族自治区发生霜冻,菠萝大片冻死,减产60%。

华南的经济植物种类很多,许多热带作物对低温十分敏感,容易发生霜冻害。1973年12月31日~1974年1月6日,强冷空气侵入华南地区,福建、两广和云南南部出现霜冻,许多热带经济植物受到严重伤害,橡胶树冻死50%~70%,甘蔗损失70%~100%,西双版纳州冻死甘蔗和金鸡纳树 80km^2 ,云南省胡椒受害严重,新平县落果量占总果量的88.9%,元江县占60%,有的枝节脱落甚至地上部分冻死,不仅当年绝产,第2年产量也很低。1982年12月下旬,强冷空气侵入华南、西南地区,初霜提早,使许多地方甘蔗受害。云南的文山县甘蔗受害面积占种植面积的90%以上,广西壮族自治区甘蔗受害面积达 326.7km^2 ,含糖量降低,少产糖9万2千多吨,经济损失超亿元。

烤烟发生霜冻的地区很广,北部的东北平原,中部的黄淮海平原,西南的云贵高原都有烟草霜冻的报告,其中云南东北部地区发生比较频繁。

§ 1.3 霜冻危害的范围面积

根据各地气象站对霜冻进行观测和调查的资料,可以绘出各次霜冻的地区范围。因为能引起急剧降温的冷空气一般范围较大;农业生产又具有区域性,所以霜冻的发生总是成片的。一次强冷空气侵入,可能造成一大片地区发生霜冻,也可能是几小片地区发生,在地图上画出的范围可以是一片,也可以是几片。历年历次的