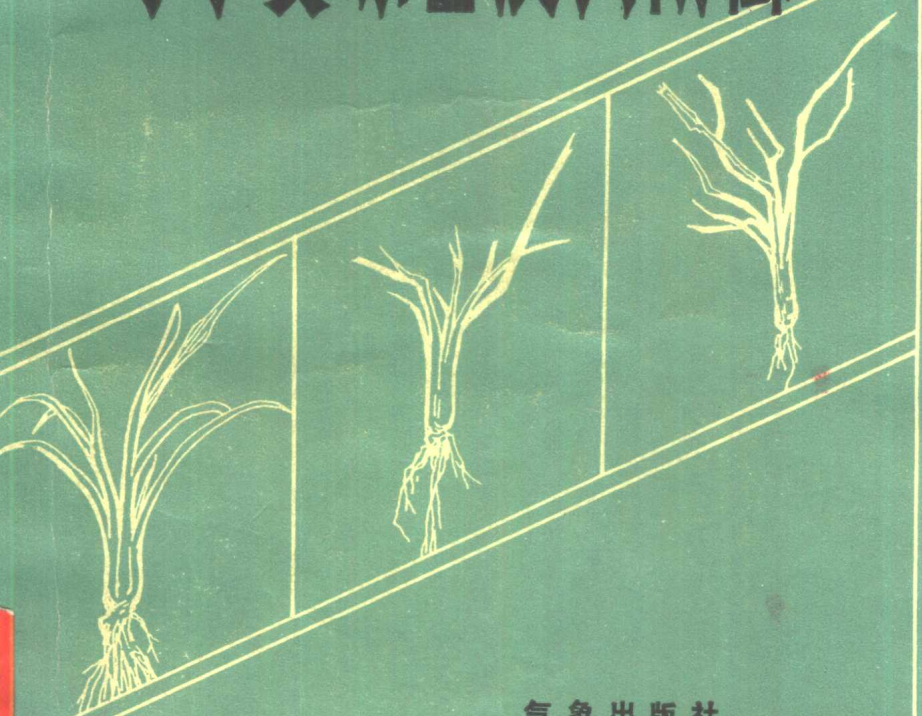


郑大玮 龚绍先等编著

# 冬小麦冻害及其防御



气象出版社

# 冬小麦冻害及其防御

郑大玮 龚绍先 郑维 编著  
吴锦文 戚鹤年

气象出版社

## 内 容 简 介

本书介绍了国内外小麦冻害的发生和研究概况。主要包括：冬小麦冻害发生的生态条件和生理机制；冬小麦冻害发生的天气条件及其预报；防冻保苗的栽培技术；冬小麦抗寒品种的选育和鉴定；小麦安全越冬种植的农业气候分析和区划；冬小麦冻害的监测和农业气象服务方法。

本书可供气象、农业、特别是农业气象工作者和有关专业的院校师生参考。

## 冬小麦冻害及其防御

郑大玮 龚绍先等编著

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：9.25 字数：202千字

1985年7月第一版 1985年7月第一次印刷

印数：1—2500

统一书号：13194·0231 定价：1.90元

## 编者的话

冻害是我国北方冬小麦生产上的一种重大的农业气象灾害。从1949年以来,我国农业气象和农学工作者对冻害问题进行了许多试验研究,广大农民群众为减轻冻害损失做出重大贡献,但迄今国内尚无系统的专门论述冬小麦冻害及其防御的著作。我们编写此书,目的是提供一些近年来这方面的研究成果和资料,并期望对我国北方冬小麦生产和冻害科学研究工作起到一点促进作用。

本书介绍了国内外小麦冻害的发生和研究概况,论述小麦冻害形成的生态条件、天气条件和生理机制,并对北方各地冬小麦安全越冬种植的农业气候条件进行分析和区划。在冻害防御措施上着重讨论抗寒品种的选育和鉴定、防冻保苗的栽培技术和农业气象监测、预报服务方法等。

从1979年8月北方小麦冻害科研协作组成立以来,在促进我国北方小麦冻害科研和服务上做了不少工作。本书力图反映这一工作的进展情况,尽量引用近年来发表的文献,从这个意义上讲本书也是整个协作组集体智慧的结晶。但由于作者的水平限制对冻害研究文献提炼得不精,涉猎的不广,难免有不少错误,敬希读者批评指正。

本书作者:第一章、第三章为龚绍先,第二章为郑维,第四章为郑维、龚绍先、郑大玮,第五章为戚鹤年、郑大玮,第六章为吴锦文,第七章为郑大玮、龚绍先,第八章为郑大玮。全书写作大纲由上述作者共同拟定,郑大玮、龚绍先承担了全书的编纂组织和统稿工作。

本书承蒙中国农业科学院农业气象研究室全面审阅。并

蒙北京农业大学杨作民教授、郑剑非副教授、韩湘玲副教授、张宏名讲师、梁正兴讲师对有关章节进行重点审阅，提出许多宝贵意见。作者对以上帮助深表谢忱。

1984年 1 月

# 目 录

## 编者的话

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 第一章 冬小麦冻害及其研究工作概况 .....    | 1   |
| 第一节 冻害的概念和类型 .....         | 4   |
| 第二节 国内外小麦冻害发生概况 .....      | 5   |
| 第三节 国内外小麦冻害研究概况 .....      | 9   |
| 参考文献 .....                 | 18  |
| 第二章 冬小麦冻害发生的生态条件 .....     | 20  |
| 第一节 冬小麦越冬死苗的生态类型 .....     | 20  |
| 第二节 冬小麦冻害的形态特征 .....       | 25  |
| 第三节 气象条件与小麦的抗冻能力 .....     | 32  |
| 第四节 融冻型冻害 .....            | 49  |
| 第五节 冬季麦田温度的变化特点 .....      | 55  |
| 参考文献 .....                 | 61  |
| 第三章 植物冻害形成的机理 .....        | 62  |
| 第一节 细胞结冰与冻害 .....          | 62  |
| 第二节 细胞膜损伤与冻害 .....         | 69  |
| 第三节 植物抗冻性的形态学和解剖学特征 .....  | 76  |
| 参考文献 .....                 | 82  |
| 第四章 冬小麦冻害发生的天气条件及其预报 ..... | 84  |
| 第一节 冻害发生的主要天气特征——寒潮 .....  | 84  |
| 第二节 寒潮的中期预报 .....          | 89  |
| 第三节 冬小麦冻害预报 .....          | 94  |
| 参考文献 .....                 | 101 |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 第五章 防冻保苗的栽培技术 .....                    | 103 |
| 第一节 改善农田生态环境 .....                     | 104 |
| 第二节 播种质量与防冻保苗的关系 .....                 | 110 |
| 第三节 适时播种和培育冬前壮苗 .....                  | 127 |
| 第四节 越冬期间的防冻保苗栽培技术 .....                | 141 |
| 第五节 受冻麦苗的补救和早春冻害的防御 .....              | 154 |
| 第六节 建立防冻保苗综合栽培体系 .....                 | 160 |
| 参考文献 .....                             | 165 |
| 第六章 冬小麦抗寒品种的选育和鉴定 .....                | 167 |
| 第一节 品种在防冻保苗中的作用 .....                  | 167 |
| 第二节 冬小麦抗寒品种的选育 .....                   | 169 |
| 第三节 冬小麦品种抗寒性的鉴定 .....                  | 175 |
| 第四节 我国北方冬小麦品种类型及其区划 .....              | 182 |
| 参考文献 .....                             | 188 |
| 第七章 小麦安全越冬种植的农业气候分析和区划 .....           | 190 |
| 第一节 我国北方小麦越冬气象条件和冬小麦生产的合理布局 .....      | 190 |
| 第二节 关于冬小麦种植北界问题的讨论 .....               | 199 |
| 第三节 新疆及河西走廊的小麦冻害气候分析和防冻保苗技术 .....      | 206 |
| 第四节 黄土高原旱塬小麦安全越冬种植的农业气候分析和防冻保苗技术 ..... | 217 |
| 第五节 华北地区小麦安全越冬种植的农业气候分析和防冻保苗技术 .....   | 222 |
| 第六节 黄淮平原及其他地区的小麦冻害和防冻保苗 .....          | 233 |
| 第七节 北方冬小麦冻害农业气候区划 (初稿) .....           | 240 |
| 参考文献 .....                             | 246 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 第八章 小麦冻害的监测和农业气象服务方法 .....      | 248 |
| 第一节 冬前和越冬期间的田间苗情诊断 .....        | 248 |
| 第二节 小麦越冬状况监测的田间试验观测方法 .....     | 257 |
| 第三节 小麦越冬死苗率的调查和统计分析方法 .....     | 264 |
| 第四节 小麦越冬鉴定的实验室方法 .....          | 269 |
| 第五节 小麦防冻保苗的农业气象预报和服务的工作流程 ..... | 276 |
| 参考文献 .....                      | 282 |
| 〔附录〕 小麦抗冻能力测定方法 .....           | 284 |

# 第一章 冬小麦冻害及 其研究工作概况

小麦是重要粮食作物之一。主要分布在北半球温带气候区内,少量分布在南半球,集中在北纬 $30^{\circ}$ — $60^{\circ}$ 和南纬 $25^{\circ}$ — $40^{\circ}$ (见图1.1)<sup>[1]</sup>。据1976年统计,世界小麦播种面积为23990万公顷,苏联小麦栽培面积居世界首位,为5946.7万公顷,欧洲各国和美国的种植面积加在一起差不多和苏联相同。其次是中国,种植面积为3430万公顷,第三是美国(2863.9万公顷),第四为印度(2045.4万公顷),第五是加拿大(1125.2万公顷),除此以外,阿根廷、土耳其和澳大利亚等国小麦栽培面积也相当大。

1976年世界小麦总产量为46700万吨,苏联小麦产量也居世界第一位,其他生产小麦较多的国家有中国、加拿大、美国、土耳其、澳大利亚和印度等(见表1.1)。美国、澳大利亚和加拿大是三个主要的小麦出口国<sup>[1]</sup>。

纵观世界各地,从接近海平面的平原到海拔3800公尺的高原都有小麦栽培,但大多数小麦产区是在平原或起伏的丘陵地区。由于世界各地的气候和土壤不同,年中每个月都能收获小麦(图1.1)。小麦分布地区的年平均雨量为250—1750毫米,但四分之三的地区在375—875毫米之间。小麦是喜凉作物,生长下限温度为 $3-4^{\circ}\text{C}$ ,适宜温度为 $20-23^{\circ}\text{C}$ ,上限温度是 $30-32^{\circ}\text{C}$ 。冬小麦全生育期所需大于 $10^{\circ}\text{C}$ 的活动积温为1600—2400 $^{\circ}\text{C}$ 。

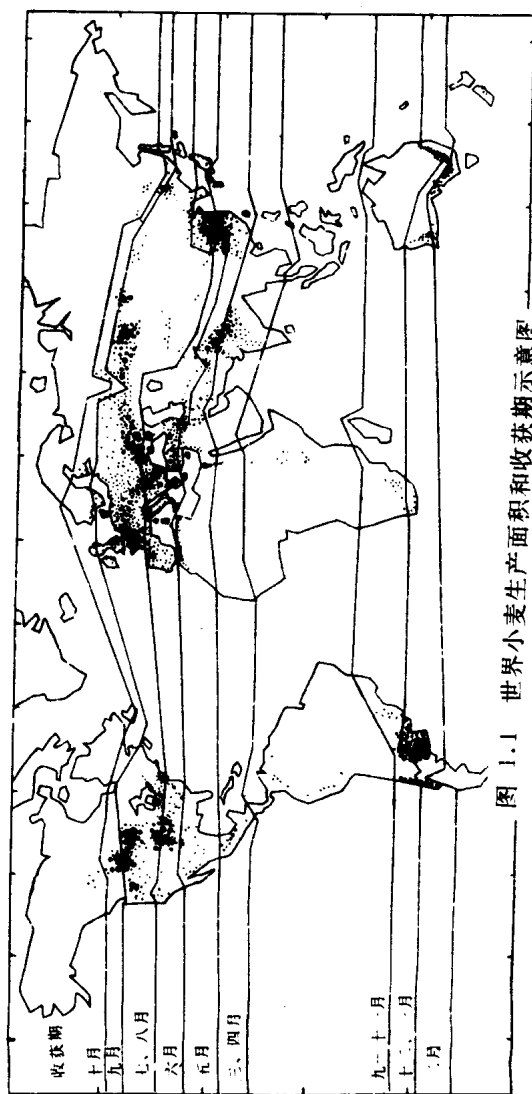


图 1.1 世界小麦生产面积和收获期示意图

表 1.1 1976年世界各大洲和主要产麦国小麦产量

| 大洲和国家<br>项目   | 加拿大  | 美国   | 西欧   | 东欧   | 苏联   | 澳大利<br>亚 | 亚洲    | 非洲   | 南美洲  |
|---------------|------|------|------|------|------|----------|-------|------|------|
| 单 产<br>(吨/公顷) | 2.11 | 2.04 | 3.25 | 3.35 | 1.63 | 1.42     | 1.41  | 1.18 | 1.18 |
| 总 产<br>(万吨)   | 2352 | 5843 | 9005 | 3472 | 9685 | 1180     | 10642 | 1062 | 1588 |

小麦也是我国重要的粮食作物，全国各省(区)都有小麦栽培。由于各地气候条件和栽培制度不同，长期以来形成明显的小麦自然区域分布，大体可分为北方冬麦区、南方冬麦区和春麦区。

北方冬麦区主要分布于秦岭、淮河以北，其北界大致在长城附近，约占全国麦田总面积的59%。本区除沿海一带外，均属大陆性气候，1月份平均气温在 $-10-1^{\circ}\text{C}$ 之间，年降水量300—750毫米，春季光照条件较好。

南方冬麦区分布于秦岭、淮河以南地区。本区温暖多雨，年平均气温 $16-24^{\circ}\text{C}$ ，1月份平均气温 $2-7^{\circ}\text{C}$ ，年雨量800—1500毫米，水热资源丰富，利于小麦生长发育，和发展稻麦二、三熟制、棉麦两熟制和小麦杂粮复种制度。

春麦区主要分布于东北、西北和华北北部地区。这些地区冬季严寒，春夏日照充足，温度日较差大，但降水量稀少，干旱是春麦生产上的重要问题。

在我国北方冬麦区以及世界上主要小麦生产国苏联、加拿大和美国都有小麦越冬冻害问题，这和世界上冬季最低温度小于或等于 $-20^{\circ}\text{C}$ 的温度分布状况有密切关系。从图1.2可见，在北半球有占地球陆地面积42%的地区，冬季年极端最

低温度平均值低于 $-20^{\circ}\text{C}$ <sup>[2]</sup>。所以，冻害是北半球中、高纬度地区小麦生产上的一种重要的农业气象灾害。

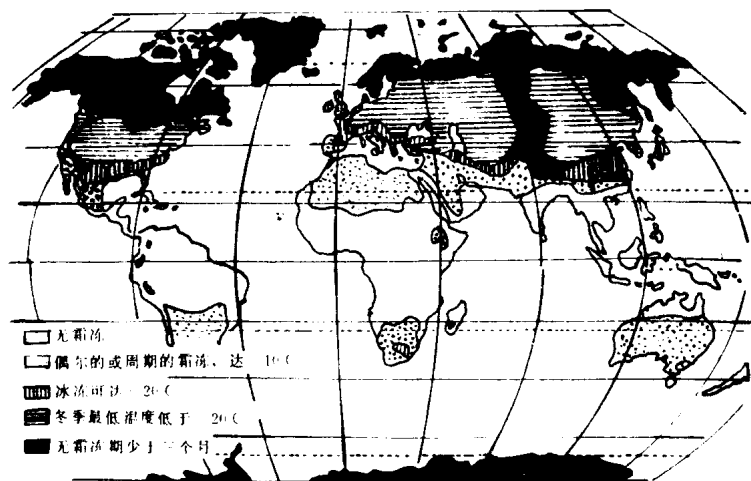


图 1.2 世界冰冻温度分布图

(据Walter和Lieth, 1967; Blüthgen, 1964)

## 第一节 冻害的概念和类型

冬小麦冻害是指越冬期间长时期的 $0^{\circ}\text{C}$ 以下的低温所造成的伤害。它发生在越冬休眠期和早春萌动期，一般是由于冬季强烈降温引起的。作物的霜冻害虽然也是 $0^{\circ}\text{C}$ 或 $0^{\circ}\text{C}$ 以下的低温害，但霜冻是发生在一年温暖时期(春季或秋季)，它与冬作物越冬冻害是不同的。

冬小麦越冬冻害主要有以下三种类型：

(1) 初冬温度骤降型 即在小麦刚刚进入越冬期时日平

均气温骤然下降 $10^{\circ}\text{C}$ 左右，最低气温在 $-10^{\circ}\text{C}$ 以下，这时未经抗寒锻炼的麦苗在冷空气的突然袭击下受到伤害。

(2) 冬季长寒型 隆冬季节持续低温，并有多次强寒潮过境，引起急剧降温。我国黄淮平原最低气温可降至 $-14^{\circ}\text{C}$ — $-16^{\circ}\text{C}$ ，华北和黄土高原北部可降到 $-20^{\circ}\text{C}$ — $-25^{\circ}\text{C}$ 甚至更低。降温幅度大，时间长，并伴有大风，如遇到秋冬土壤干旱的年份，常发生大面积死苗。

(3) 融冻型冻害 在冬季或冬末春初，如果天气回暖，麦苗提前萌动生长，尔后天气复又转冷，这样冻融交替，骤暖骤寒，则引起小麦死苗。早春发生的融冻型冻害往往比隆冬季节威胁要大。

以上三种类型的冻害都是指 $0^{\circ}\text{C}$ 以下的低温损伤而言，广义的冻害概念还有冻涝害、冰壳害、雪害和掀耸现象等。近年来的研究表明，冻害的概念还包括小麦越冬期内受到的生理伤害以及最终对产量的影响。例如，山东省农业科学院农业气象研究室发现，本省小麦产量的波动与越冬条件密切相关。有的年份小麦越冬受冻后并未表现死苗，大多数在春季能恢复生长，但内部生理机能受到损伤，群体质量下降，有效穗数减少，从而影响产量<sup>1)</sup>。

## 第二节 国内外小麦冻害发生概况

据格里茨别尔格(И. А. Гольдберг)的材料<sup>[3]</sup>，世界冬小麦产区可分为有稳定冬眠、无稳定冬眠和无冬眠三类地区

---

1) 林玉福、刘振英：济南地区冬小麦越冬期冻害对产量影响的初步探讨，1983年。

(见图1.3)。冻害主要发生在有稳定冬眠地区和一部分无稳定冬眠地区，包括东欧、中欧、北美中西部大平原和我国北方冬麦区。其中小麦冻害严重地区一是苏联的欧洲部分，特别是乌克兰中北部（如基辅、罗斯托夫、萨拉托夫等州）、伏尔加河中、上游和哈萨克斯坦等地。这些地区1月份平均气温在 $-10^{\circ}\text{C}$ 以下，小麦冻害的发生及其程度主要取决于冬季积雪是否稳定。第二个冻害严重区是我国北方冬麦区，冬季降雪少，冷空气活动频繁，小麦越冬生态条件严酷。在加拿大东部和苏联欧洲部分北部（如莫斯科、列宁格勒等地）的小麦越冬死亡经常表现为雪害。北美平原和欧洲大陆中部因冬季降雪量较大，冻害只是在积雪晚、化雪早的年份发生。对中低纬度无冬眠地区的冬小麦冻害，只是在初冬或冬季有强寒潮袭击时偶尔出现，并常常表现为作物的掀耸现象。

我国小麦越冬冻害有以下五个严重地区<sup>[4]</sup>：

#### （一）新疆北部

常年小麦受冻害的面积，占全疆播种面积的6—8%，严重冻害年死苗面积占播种面积的20%以上。冻害频发区是准噶尔盆地南缘靠近沙漠的地区。近二十年来北疆较重的冻害年有六次，即1962—1963，1967—1968，1972—1973，1974—1975，1976—1977，1981—1982年，平均四年一遇。最严重的冻害是1974—1975年，准噶尔盆地的莫索湾、车排子、乌苏、玛纳斯等地冬麦死苗面积达95%。北疆的冻害发生在无积雪或雪层不稳定的暖冬年居多，而又以前冬冷、后冬暖的年份最重。

#### （二）黄土高原

本区包括甘肃东部、六盘山区、陕北、晋中等地。这一地区海拔在1000—2000米，大部分地区年降水量400—500毫

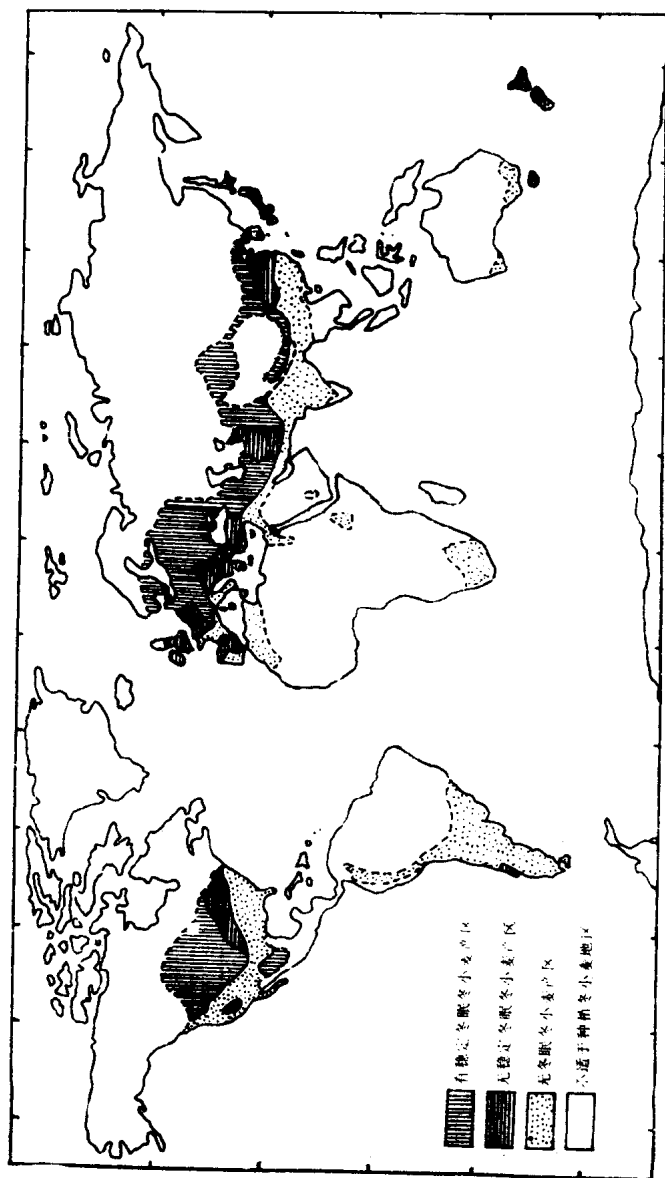


图 1.3 世界小麦冬眠区分布图

(据格里茨别尔格)

米，为半干旱农业区，在秋旱、冬前苗情过旺或抗寒锻炼不良的年份易发生冻害。本区中、北部冻害严重，以甘肃陇东为例，建国以来较大面积的越冬死苗有11次，平均三年发生一次重冻害，累计毁种面积达该地区两年冬麦播种面积的总和。本区的陕北、晋中和渭北等地冻害较轻，其冻害的发生多与土壤干旱有关，如1979—1980年晋中地区小麦死亡面积达20%，主要是当年为秋旱年，秋末降温剧烈，冬季旱冻交加造成的。

### （三）华北平原

包括京、津、冀东、冀中和鲁北等地，冬季气温虽不太低但年际变化大，而且干旱少雪。北京地区解放以来减产三成以上的五个年份主要是由于冻害死苗造成的，这五年是1956—1957，1960—1961，1967—1968，1976—1977，1979—1980年。唐山地区解放以来较重的冻害年有九次之多。1980年河北省因冻害死苗达三成以上，沧州、衡水两个地区70%以上麦苗死苗五成以上。1977，1980年两次全国夏粮减产，减产幅度最大的是华北地区，1980年仅河北省就减产50多亿斤。1984年华北大部由于冬季旱冻交加严重死苗，死蘖率一般在20%以上，北京郊区北部各县和唐山、天津超过30%。尽管冬前苗情基础接近历史最好水平，返青后除部分麦田毁种外，但大部分麦田成穗率也显著下降。

### （四）长城内外

包括晋北、燕山山区和辽宁南部等冬麦种植北界地区。本区冬季严寒，1月平均气温在-10℃左右。此区为70年代以来新扩种的冬麦区，1976—1977，1979—1980，1983—1984年连续三次发生毁灭性的冻害，近年来冬麦种植面积已大大缩小。目前，辽宁的鞍山、锦州、朝阳一线以北，山西

省忻县以北已很少有冬麦栽培，使冬麦面积已从70年代中期的100多万亩缩小到30多万亩。但是，新扩种的冬麦区也有成功的，如北京市长城以北的延庆县，由于采取沟播覆土等措施，每年冬麦播种面积仍稳定在10万亩左右。

#### (五)、黄淮平原

包括河南、冀南、苏北、皖北和鲁南等广大地区，在冬季强寒潮南下时发生冻害。解放后的1953—1954，1962—1963，1976—1977，1979—1980，1980—1981，1983—1984年均有一定程度的冻害，如1963年1月淮北地区连续两次出现 $-12^{\circ}\text{C}$ 以下的低温，叶片受冻率达50—80%。1981年山东淄博市冬麦死苗率为10%。

此外，在青藏高原、河西走廊及长江中下游等地区的冬麦也时有冻害发生。

值得注意的是，近年来北方小麦越冬冻害有进一步发展的趋势。1976—1977，1979—1980这两年全国冬小麦冻害死苗面积分别为五千多万亩和三千多万亩，1980年毁种面积达一千多万亩。1981年河北省和京津地区再次发生较重冻害。1982年新疆北部又发生严重冻害，受灾毁种面积达72万亩。1983年山西发生中度冻害，以冬前过旺苗死苗为主。1984年华北大部再次发生严重冻害，死蘖率和毁种面积多数地区都超过1981年。

### 第三节 国内外小麦冻害研究概况

#### 一、国外研究工作概况

国外关于植物冻害的研究已有上百年历史。苏联大部分