

冬小麦品种越冬性改良 理论与实践

万富世 主编



中国农业科学技术出版社

冬小麦品种越冬性改良理论与实践

万富世 主编

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

冬小麦品种越冬性改良理论与实践 / 万富世主编. —
北京: 中国农业科学技术出版社, 2006.3
ISBN 7-80167-859-1

I. 冬… II. 万… III. ①冬小麦—良种繁育—研究②冬小麦—栽培 IV. S512.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 111357 号

责任编辑: 张孝安

责任校对: 张京红

出版发行: 中国农业科学技术出版社

北京市海淀区中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电话: (010) 68919708; 68975144

传真: (010) 62189014; 68975144

E-mail: zxa@caas.net.cn

经 销: 新华书店北京发行所

印 刷: 北京华正印刷厂

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 24.25

字 数: 620 千字

版 次: 2006 年 3 月第 1 版

印 次: 2006 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 1~1200 册

定 价: 50.00 元

© 版权所有 侵权必究



◇ 牡冬麦1号（黑龙江省饶河市冬小麦示范田
1996年6月28日）

◇ 牡冬麦2号

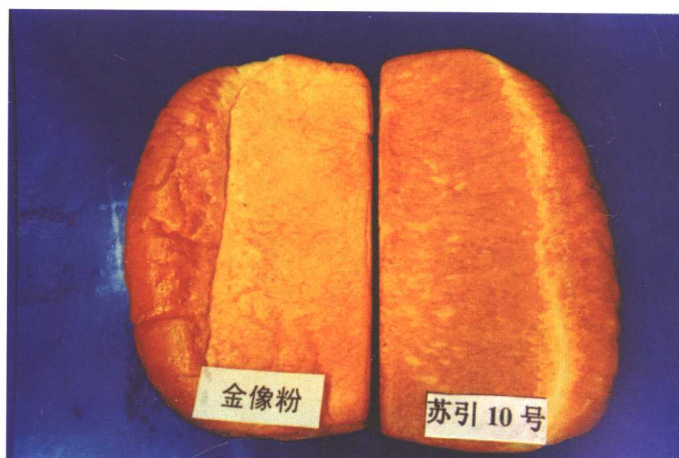


◇ 苏引6号（辽宁省铁岭市冬小麦示范田
1997年7月5日）



◇ 苏引10号（北京市昌平区冬小麦示范田 1999年5月24日）

◇ 苏引10号小麦粉制作的面包



◇ 苏引10号小麦粉制作的面包（对照：香港金像粉制作的面包）。

冬小麦品种越冬性改良理论与实践

编委会

主 编 万富世

副主编 杜振华

编 委 (按姓氏笔画为序)

万富世 王 萍 王 凌 孙芳华

孟凡华 祁适雨 李守谦 李强庆

杜振华 佟明跃 陈 巳 陈 健

武克忠 宋瑜辉 苗果园 张文祥

张凤荣 杭玉臣 赵玉田 侯立白

姜占荣 袁汉民 高常胜 梁振兴

黄铁城 董方红 程 序 傅连江

魏淑秋

审 稿 庄巧生

编 校 闫长生 崔淑兰

内 容 提 要

本书是一部关于冬小麦品种越冬性改良理论与应用研究最新进展的专著。全书内容总体上可分为两大部分:第一章介绍国内外冬小麦抗寒性研究动态;第二章到第七章着重总结了国内农业科研单位、高等农业院校和各地农技推广部门在高寒地区推广种植冬小麦的科技实践成果。其中包括种质资源的引进、品种改良、栽培技术、品种种植区划和效益评价等项研究的进展情况。

本书可供农业科研、农技推广与生产管理人员以及农业大专院校师生参考。

前 言

冬小麦在越冬期间(包括早春返青期)遭遇严寒时可能会发生冻害,这种冻害主要发生在北半球的寒冷地区。近 10 年中,我国冬麦区就有 4 年在几十万公顷小麦田里发生过冻害,严重影响了农业生产的稳定性。

小麦越冬性或与其密切相关的抗寒性是一个十分复杂的问题。前苏联和美国在 20 世纪早期就开始对此问题进行了较系统和深入的研究,Н. А. Максимов (1913)在其专著《植物的冻害与冷害》中提出细胞脱水以及水在细胞壁间结冰所造成的机械损伤是细胞死亡的主要原因;随后 И. И. Туманов (1940)确定了植物的抗寒锻炼与抗寒性形成的关系,为抗寒性机理研究与抗(耐)寒育种奠定了理论基础。20 世纪下半叶,加拿大的 D. B. Fowles 等为了在中西部春麦区发展冬小麦种植,曾对小麦受低温为害的定量化研究和品种抗寒性筛选与改良作了一系列的研究工作。大量的研究表明,小麦品种的抗寒性受多种内外因素的影响,如麦苗匍匐生长习性、分蘖节埋藏深度、植株抗寒锻炼阶段的低温与土壤湿度条件、春化进程、植物组织的水分状态、碳、氮及磷代谢的特性、呼吸强度、防冻蛋白质、糖和脱落酸的积累水平、酶系统的活性、膜的结构与功能等等,对决定品种的低温耐性都起着重要作用。值得关注的是,一、国内外研究人员根据大量试验结果得出的判断,在小麦属内无论筛选抗寒品种(系)或开展耐低温品种改良,至今,小麦抗寒性水平仍然没有超出已有的古老地方品种。二、我国长城沿线冬春季节农田裸露,风沙肆虐频繁,既侵蚀表土又形成沙尘暴污染环境。随着全球气候变暖,这种现象将会日渐加重;而与此同时,这一地带农民试种、扩种冬小麦的实践也有所抬头。因此,自 1996 年以来,在国家财政部、农业部和外国专家局的支持下,北京、辽宁、内蒙古、宁夏、甘肃、山西、河北、黑龙江、吉林等省、市、区的部分科研单位与农业行政主管部门协作,开展了以探索突破冬小麦种植北界为中心的应用研究,并立下项目,简称为“冬麦北移试验与示范、推广”。包括小麦引种、品种改良、栽培、区划、示范推广和经济效益评价等专题研究。经过近 10 年的努力,由于是探索性工作,且受时间短、经费不足、人力投入有限等因素的制约,许多问题的研究尚处于起步阶段。尽管如此,从现有资料内容上看,该项研究还是取得了一定的进展。例如对国内外冬小麦品种(系)的抗寒性水平有了较清晰的认识;对小麦抗寒性的复杂性和将抗寒品种向更严酷地区推广应用的艰巨性也获得更加实际的、理性的体验;通过试验、示范使辽宁省冬麦种植北界在原有基础上向北推进了约 2 到 3 个纬度(当然,也包含近 20 年我国北方地区冬季气候变暖的环境效应在内)。总体而言,该项目研究已为小麦抗寒性遗传与育种的进一

步研究作出了有益的铺垫。

考虑到建设与自然和谐,并可持续发展的“三农”是我国在 21 世纪上半叶的基本国策和“重中之重”,本书作者将上述冬麦北移西延试验、示范、推广的实践资料汇集成册,并把本项目在技术引进中邀请国外知名专家来华进行专题讲授和学术交流的部分内容,以及手边搜集到的有关小麦越冬性与抗寒性基础知识的部分文献(译文)编成第一章作为开宗明义的先导;同时指出要想在自然环境和农业生产条件都比较困难的地带实现冬麦向北往西拓展种植,没有栽培技术的突破和良种良法配套是不可能的,所以我们把这几年分地区进行的栽培试验结果也单独整理成一章,从而向读者提供了一个全面了解小麦抗寒性研究与应用的概貌和现状。本书的出版一方面是为此前的工作实践留下历史档案资料,而更重要的是给后来关心或继续从事这项研究和管理的人员从中得到启迪,以利今后在有关研究与实践中少走弯路,因为这项任务的完成需要几代人的共同努力。由于时间匆促和业务水平所限,书中不妥乃至错误之处在所难免,敬请读者指正。

杜振华

2005 年 8 月 22 日

目 录

第一章 冬小麦品种越冬性研究	1
第一节 禾谷类作物的耐低温性模型与遗传判断	1
一、冬性品种越冬存活模型	1
二、耐寒性的维持	2
三、低温损害	3
四、低温抗性的遗传系数	5
五、田间验证	5
六、遗传学分析	6
第二节 小麦越冬性进化的遗传基础	7
一、冬小麦越冬性学说的现状	7
二、越冬性的进化	8
三、小麦抗寒性育种	10
四、异源多倍体与越冬性	11
第三节 冬小麦遗传研究中的越冬性和抗寒性问题	13
一、遗传与变异	14
二、结论	16
第四节 冬小麦的越冬性	17
一、越冬性状的进化	17
二、越冬性状的遗传	17
三、抗寒生理学	19
四、抗寒性育种	21
五、育种材料抗寒性的评价方法	24
第五节 冬小麦抗寒育种：问题、进展和外源基因的表达	26
一、小麦抗寒性与遗传、育种	26
二、细胞质、细胞大小、染色体剂量对抗寒性的影响	30
三、因素间互作影响抗寒性	34
四、小麦抗寒性的进一步改良	34
第六节 小麦抗寒性选择方法	35
一、材料与方法	36
二、结果与讨论	37

第七节 小麦抗寒性与细胞、生化反应	41
一、低温锻炼	41
二、冻害和抗寒	43
第八节 小麦抗寒性鉴定技术与机理研究	45
一、小麦抗寒性鉴定	45
二、小麦抗寒机理	50
第二章 冬麦北移立项的缘起与发展构思	55
第一节 申报冬麦北移立项	55
一、黄铁城等专家就冬麦北移问题给陈俊生国务委员的报告	55
二、侯立白等专家就冬麦北移问题给李鹏总理的信	57
三、庄巧生等专家就冬麦北移问题给农业部刘江部长的报告	59
第二节 冬麦北移持续研发的构思	63
一、“十五”冬麦北移优质、高产、高效综合试验与推广项目建议书(方案一)	63
二、冬麦北移“十五”立项的设计(方案二)	70
第三章 抗寒品种的引进与筛选	77
第一节 品种的引进与推广	77
一、抗逆品种的引进	77
二、从乌克兰引进的优良小麦品种——苏引6号、10号	84
三、实验室冷冻法鉴定两个冬麦品种抗寒性	87
四、在冬麦北移中引育和推广问题的探讨	91
第二节 抗寒小麦种质资源与技术的国际交流	94
一、问题缘起与发展	94
二、课题立项与实施(1996~2002年)	96
三、主要成果	99
四、成果转化效益分析	107
五、问题与建议	109
第三节 抗寒品种引进鉴定与筛选	109
一、项目研究内容	109
二、主要研究进展	109
第四章 品种改良	120
第一节 北京试点的北移冬小麦品种改良	120
一、1998~1999年北移冬小麦品种的筛选与改良	120
二、2000~2001年北移冬小麦品种的筛选与改良	127
第二节 东北地区试点的北移冬小麦的品种改良	130
一、冬小麦新品系育成及配套栽培技术	130

二、1994 ~ 1999 年冬麦北移抗寒品种选育	131
三、1994 ~ 2005 年冬麦北移抗寒品种选育	135
四、冬麦北移引种与选育进展	136
五、黑龙江省冬小麦育种中几个策略问题的探讨	139
六、辽冬引 911 新品种选育	141
第三节 内蒙古赤峰地区试点冬小麦品种的引进和筛选	145
第四节 几个抗寒冬小麦品种(系)主要农艺性状的配合力评价	148
第五章 栽培技术	155
第一节 东北地区冬麦北移小麦栽培技术	155
一、黑龙江省冬麦抗寒高产栽培研究	155
二、强冬性冬麦品种的播期试验	157
三、强冬性冬麦品种冬前叶龄生长规律	159
四、吉林省冬小麦栽培试验	161
五、抗寒品种的筛选改良与寒地旱作冬小麦栽培技术	164
六、辽宁省冬麦北移栽培技术	168
七、冬麦下茬几种复种形式研究	172
八、辽宁省冬麦北移种植若干问题的探讨	175
九、冬小麦越冬期间的生理生化变化	178
十、地膜冬小麦、优质早熟稻复种高产高效栽培模式	180
十一、辽宁省冬麦北移试验、示范技术	186
十二、辽宁省冬麦北移试验、示范工作进展	193
第二节 长城沿线有关省区冬麦北移小麦栽培技术	196
一、冬麦北移条件下几种复种模式研究	196
二、内蒙古赤峰冬麦北移种植技术研究进展	199
三、赤峰地区冬小麦适宜播期、播深的初步探讨	202
四、冬麦北移高产栽培技术探讨	204
五、内蒙古自治区、河北省冬麦北移综合高产栽培技术研究与推广技术	216
六、内蒙古自治区、河北省冬麦北移综合高产栽培技术研究与推广的进展	221
七、河北省冬麦北移试验示范研究	223
八、甘肃省冬麦北移的现状与展望	232
九、宁夏回族自治区引黄灌区冬麦北移及耕作改制的研究	235
十、山西省雁北春麦区冬麦北移研究进展	239
第六章 冬麦北移区划	242
第一节 全球气候变化与冬麦北移研究	242
一、关于气候变暖趋势和对农业生产的影响	242

二、全球气候变化与冬麦北移研究	246
第二节 冬麦北移区划研究	251
一、引进农田小气候数据采集系统的应用	251
二、冬麦北移区划研究	253
第三节 辽宁省种植冬麦气象条件分析	263
一、辽宁省冬小麦引种的越冬条件分析	263
二、辽宁省种植冬麦的农业气候指标研究	267
三、应用灰色关联度法划定冬麦北移气候区	271
四、沈阳地区气象条件与冬小麦北移种植	274
第四节 内蒙古自治区(赤峰)、河北省冬麦北移气象条件分析	277
一、冬麦北移种植及赤峰地区障碍因素分析	277
二、河北省冬麦北移气象条件分析	282
第七章 示范、推广与效益评价	288
一、辽宁省冬麦北移示范、推广与效益评价(1999~2001年)	288
二、辽宁省冬麦北移试验、示范与推广(1996~2001年)	295
三、河北省承德县冬麦北移经济效益评价	300
四、河北省冬麦北移项目实施进展	302
五、河北省冬麦北移示范、推广与效益评价	305
六、宁夏回族自治区冬麦北移的现状、问题与对策	308
七、甘肃省冬麦北移项目实施进展	314
八、甘肃省冬麦北移试验、示范	316
附 录 冬麦北移项目实施方案与管理	320
一、冬麦北移试验示范开发项目总体实施方案	320
二、冬麦北移试验示范开发六大专题项目简介	323
三、各省区冬麦北移试验示范开发项目方案	327
四、提高认识,狠抓落实,加快冬麦北移开发步伐(会议纪要)	353
五、提高认识,明确目标,扎实工作,加快冬麦北移试验示范开发步伐	357
六、依靠科技,主攻品种,大力推进东北小麦优质化	362
七、冬麦北移西延座谈会议纪要	366
八、冬麦北移西延引进项目计划落实会议纪要	368
九、冬麦北移西延技术协作组第二次会议纪要	369
十、1998年“冬麦北移”协作组工作会议纪要	370
十一、2000年冬麦北移项目工作总结会议纪要	372

第一章

冬小麦品种越冬性研究

第一节 禾谷类作物的耐低温性模型与遗传判断

农民早已懂得利用冬性作物对低温极限的不同承受能力去选择强冬性品种,然而 20 世纪的现代科学却并没有在此基础上有所提高。改良农艺技术让我们可以最大限度地发掘有限的遗传潜力,但是在品种耐低温的改良上仍然没有超出那些古老的地方品种。

植物在低温环境下会产生一系列的在形态、生化和生理特征上可测量的变化,这些变化与植物的耐冻性高度相关。表明耐低温性的表型是由多基因所操纵,这些基因存在复杂的互动及在适应环境的过程中涉及到相同遗传途径不同方向连接的层叠变化。这种复杂性使得分离控制低温和冷害适应性的基因和那些对低温的代谢调节基因变得尤为困难。因此,我们对低温理解的局限性,也就是强调对低温胁迫性上需要一个更深的理解,以及对低温胁迫基因及它们之间的互作的认识。

尽管大量文献报道了低温研究,但是并没有对植物复杂的低温反应做出定量化,尽管这种定量化可以使用不同的方法,但还没有从各自的环境中得出有意义的能进行比较的结果。对此,我们利用有限的的数据构建了一个功能化模型,它可以提供比 CERES 小麦模型更灵活的耐低温途径,并且与已知的禾谷类作物低温反应相符合。这个模型不仅拥有一个对现有知识进行解说的描述性框架,而且还有利于调查生产风险,进行因果分析和遗传理论的预测。

一、冬性品种越冬存活模型

(一) 寒冷驯化

冬性禾谷类作物通过低温调节寒冷驯化的遗传系统。驯化程序一经启动,植物对低温耐寒性的表达,耐低温性的维持以及低温伤害的程度都与植物所处的温度变化的连续性有直接联系。

寒冷驯化是一个累积的过程,它可被终止,逆转和重新启动。冬性禾谷类作物的寒冷驯化起始温度阈值一般是 10°C 。当温度低于 10°C 时,温度与寒冷驯化率就有一个反向关系。部分驯化植株处于霜冻温度 ($-3 \sim -4^{\circ}\text{C}$) 时,已呈现了加速驯化的过程。一般认为寒冷驯化的最佳温度约为 3°C 。在 LT_{50} 时最快的变化发生在驯化过程的起始阶段。当驯化温度维持恒定时,驯化率和驯化阶段之间产生一个曲线关系。

理想条件下的寒冷驯化的物质转移发生于 10°C ,但是这个温度对于驯化植物来说并不能维持一个高水平的耐久力。在驯化期间当植物处在一个比较温暖的环境中时会迅速终止驯化过程。但是一旦植物在秋季重新回到驯化的温度中时它们也会迅速地再驯化。在此温暖期间里对寒冷的耐力损失越大,植物重新驯化就越难。

当冬性谷类作物处于驯化温度条件下时,未发现有促进寒冷驯化的物质转移。因此,植物的不同部位如叶子或茎尖的抗寒性就由它们各自所遭遇到的温度而定。在冬天植物的根和叶子常

被冻死,但存活下来的茎尖组织在春天有利植物生长的条件下能再生出根和叶。由于茎尖包含有对植物生存所必需的组织,茎尖深处部位所经受的温度就是决定寒冷驯化速度的关键。

驯化过程的可累计特性与温度、品种冻害致死中量(LT_{50})日变化温度之间紧密相关的模型可以用下列公式计算:

$$RATEH(\text{即 } LT_{50}) = 0.012(10.0 - TC)(LT_{50} - LT_{50C}) \quad (1-1)$$

式中:TC 指在植物生长期茎尖部位低于 10°C 的日均温度;

LT_{50} 指茎尖部位达到 LT_{50} 之前的温度;

LT_{50C} 是品种的低温遗传系数。

初步研究表明,当植物在 -5°C 时被驯化了,就打破了温度与驯化率之间的反向关系。在缺乏具体测量效应的情况下,我们假设在结冻温度下非致死的驯化率与在 0°C 时的情况相似。这一个领域里发表的信息十分匮乏,需要加强检测驯化率的定量临界温度阈值方面的更多研究。

在公式(1-1)中所描述的 LT_{50} 日变化值是由测试试验数据决定的。茎尖温度变化可以解释 LT_{50} 研究中的 93% 的变化。

(二) 驯化阈值温度以上的脱(终止)抗寒锻炼

生长率与终止抗寒锻炼均与温度有关。驯化的冬性禾谷类作物一旦处于促使植物茎尖生长的温度条件,便迅速消失其耐寒性。田间温暖的土壤使冬性禾谷类植物最终结束其所有抗寒锻炼的基本活动,这也是不同于春性作物之所在。 10°C 以上即可令驯化过程各阶段的抗寒锻炼消失,部分驯化植物在 8°C 以上即能终止驯化。

越冬存活模型中,假定寒冷驯化为:温度在 10°C 以下时,直至 50% 的植株已经完成全部驯化。品种 LT_{50} 的日变化(RATED)以下列公式计算:

$$RATED = 0.000017(LT_{50i} - LT_{50})(TC + 4.0)^3 \quad (1-2)$$

式中:TC 指茎尖部位高于 8°C 的日均温度;

LT_{50i} 指一个未驯化茎尖部位的冻害(或者低温)半致死量(LT_{50}),($LT_{50i} = 0.6 + 1.42 LT_{50C}$);

LT_{50C} 指品种 LT_{50} (低温)遗传系数。

LT_{50} 系茎尖部位达到 50% 致死温度的前一天的温度。

高于 $18 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 的日均温度的终止驯化率还没有定量化。因此,在缺乏这种临界研究的情况下,我们便假设 18°C 以上的终止驯化率相似于 18°C 的状况。在寒冷驯化的情况下,需要进一步研究鉴定临界终止驯化率温度阈值。

在公式(1-2)中所描述的 LT_{50} 日变化值是由测试的试验数据所决定的(数据采集点数 = 38),试验包括了在秋季从田间采集的植物和在春季采集的植物以及在控制环境中的脱驯化植物。茎尖部位日均温度变化可以解释低温损失研究中的 90% 的变化。

二、耐寒性的维持

一旦寒冷驯化完成后,充分驯化的冬性禾谷类作物就具备了高水平抗寒性,它使得茎尖可耐受冰点以下的温度,然而当寒冷驯化的冬性禾谷类作物在秋季茎尖处于 10°C 以下温度时,长期处于最适温度进行寒冷驯化的植物其抗寒性会逐渐丢失。

低温是冬性禾谷类作物完成春化的一个关键。寒冷适应性过程和诱导春化都是在相似的温度范围,调节春化和低温耐性的基因经常是紧密联系在一起的,有时甚至是基因多效。然而,寒冷适应性降低和春化的完成过程之间很难建立一个直接的联系,因为春化过程完成几个

星期之后才开始低温耐性的降低。最近的研究认为,任何延迟营养生长向生殖生长过渡的因子,诸如必需的春化处理或光周期都影响禾谷类作物处于驯化温度时低温基因的表达。对低温诱导的 WCS120 基因家族的 mRNA 研究表明,越冬期间低温效应的下降是由于禾谷类作物在营养生长转为生殖生长期的植物嫩枝的耐低温基因无力维持再次进入寒冷驯化调控状态。mRNA 减弱后,WCS120 蛋白质高水平的连续表达进一步验证了低温基因诱导的产物 mRNA 信号在寒冷驯化结束调控之后还能维持一段保持低温的时间。WCS120 蛋白质的缓慢下降曲线反映了植物 LT_{50} 的下降,并解释了生殖生长阶段开始后耐低温性逐渐降低。

在这个模型中,当日平均茎尖温度达 -4°C 以上时,从营养生长向生殖生长转换的耐低温品种的日变化可以用公式(1-2)计算(图 1-1)。这个模型尤其对植物春化要求特别敏感,这也就说明了在越冬的禾谷类作物中对低温耐性的准确模拟是与我们客观地识别植物不再维持低温的基因密切相关。

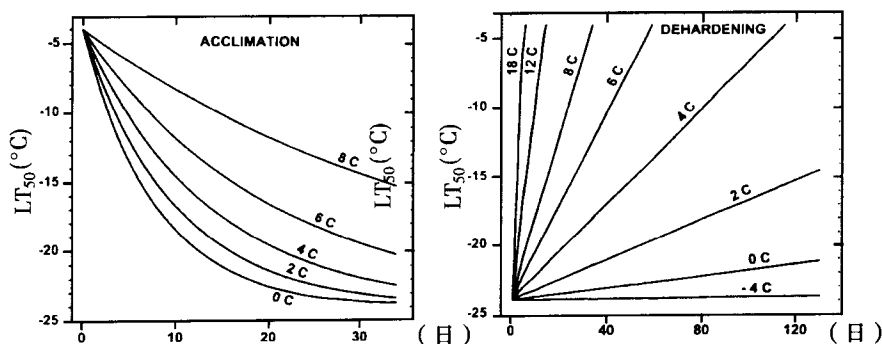


图 1-1 Norstar—在驯化过程与返青期间日平均茎尖温度与低温胁迫的关系

三、低温损害

禾谷类作物抵抗冬季低温胁迫的能力大小是由复杂的物理和生化相互作用决定的,这些相互作用依赖于基因型与环境的各种因子。在这些因子中,温度是最主要的环境因素,它协同植物遗传表达与环境要求对低温胁迫保持一致。因此,温度在低温胁迫水平和植物抵抗能力两者中都发挥着至关重要的作用。

实际上,禾谷类植物的低温驯化进行的非常缓慢,且多半是在 0°C 以上发生。当植物的耐低温能力持续反应以适应冬天环境的变化,如果土壤温度降低到植物的最小存活温度时,茎尖组织的死亡必然发生。冬性小麦茎尖温度比它们的最小存活温度高约 $2 \sim 3^{\circ}\text{C}$ 时,将会造成直接的损害和耐寒力的降低。

冬性禾谷类植物的茎尖如果长时间暴露在接近致死温度的范围内,其耐低温性就会降低。因此,温度和持续时间在决定伤害的程度上起着重要的作用。在此模型中,对于同一恒定温度不同的暴露时间,期望的 LT_{50} 计算公式如下:

$$LT_{50(T)} = LT_{50(0)} + 5.72 + 1.53 \ln(T) \quad (1-3)$$

式中: $LT_{50(T)}$ 为不同暴露时间的 LT_{50} , T 是指植物在一恒定的低温胁迫下持续的天数, LT_{50} 决定于一系列低温胁迫临界的测验温度(图 1-2)。

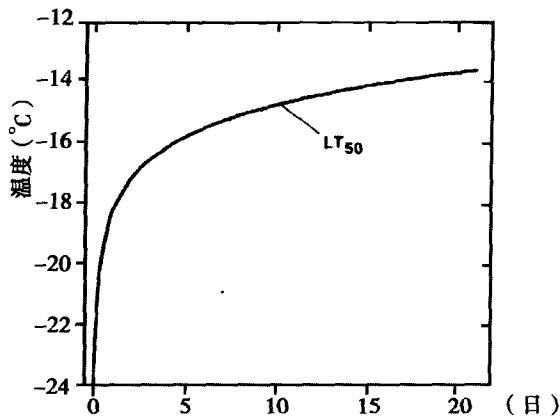


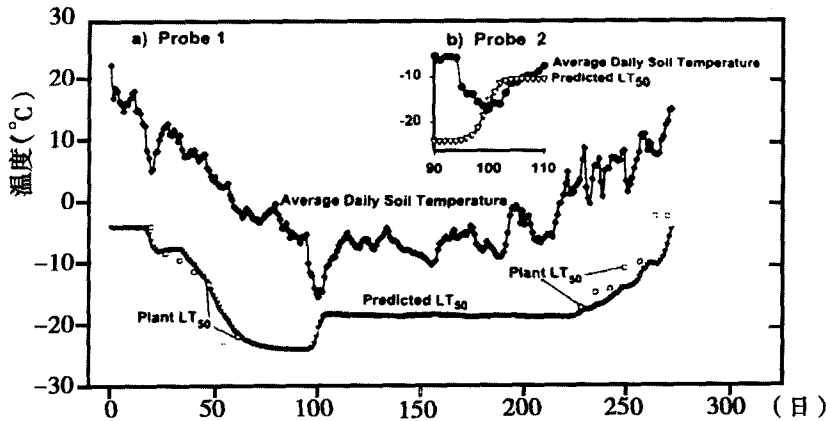
图 1-2 冬小麦 Norstar 受持续低温胁迫的影响

在公式(1-3)中描述了低温胁迫(T)时间和 LT_{50} 的关系,它们由田间和可控环境试验中的数据决定。低温胁迫(T)时间的变化可以解释在此研究中 LT_{50} 变异的 96%。

模型中, LT_{50} 估计值每日被更新,因此可以提供当时的植物耐低温能力。当日平均茎尖温度(TC)低于 -3°C 和低温适应过程中最小 LT_{50} (LT_{50M}) 与茎尖温度之间的差异大于 -12°C 时,耐低温能力的日变化用下列公式计算:

$$LT_{50n} = LT_{50} - (LT_{50M} - TC) / \exp[-0.654(LT_{50M} - TC) - 3.74] \quad (1-4)$$

在此, LT_{50} 是前一天的茎尖 LT_{50} , LT_{50n} 是当日的茎尖 LT_{50} 。当温度高于 3.5°C 时, LT_{50M} 相当于日调整后的 LT_{50} , 当完全驯化以后, LT_{50M} 等同于品种低温抗性的遗传系数。如果日平均土壤温度降低到调整后的 LT_{50} , 就可以假定植物已经死亡。模拟研究也表明,当低温胁迫累积效应发生在越冬存活的关键阶段时,品种遗传潜力或是遭遇到的温度之间小的差异就会表现为大的 LT_{50} 差异(图 1-3)。



(a) 低温胁迫(1995~1996)

图 1-3(a) 1995~1996 年在 Saskatoon、Saskatchewan、Canada 的田间直接播种在麦茬(低温胁迫)中冬小麦 Norstar 日平均土壤温度(2cm 土层),预期 LT_{50s} 和实际测定植株的 LT_{50s} 。