

现代

蔬菜

育种学

主编 周长久

副主编 王鸣

吴定华

李景富



科学技术文献出版社

0.3
2

现代蔬菜育种学

主 编 周长久

副主编 王 鸣 吴定华 李景富

科学技术文献出版社

(京)新登字 130 号

内 容 简 介

本书包括总论、各论及实验技术三部分。总论主要介绍抗逆育种、繁殖生物学、生物数学在蔬菜育种上的应用、植物细胞工程及植物基因工程；各论部分分别介绍了大白菜、萝卜、番茄、黄瓜、西瓜、甜瓜、菜豆及大葱八种蔬菜和瓜果的育种技术和新方法。实验技术部分介绍了 RFLP 分析、RAPD 分析等。

本书内容丰富，既有理论指导，又有可操作性，可作为蔬菜专业、园艺专业大学生、研究生教材，也可供从事蔬菜研究人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代蔬菜育种学/周长久主编. —北京: 科学技术文献出版社, 1996. 9

ISBN 7-5023-2752-5

I. 现… II. 周… III. 蔬菜-作物育种 IV. S630.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 08195 号

科学技术文献出版社出版

(北京复兴路 15 号 邮政编码 100038)

北京国马印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1996 年 9 月第 1 版 1996 年 9 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 16 开本 18 印张 460 千字

科技新书目: 399--154 印数: 1—2000 册

定价: 32.00 元

前 言

近 20 年来植物生物工程（细胞工程和基因工程）迅速发展。生物工程的发展为改变植物基因型，创造新的遗传变异，培育优良的作物品种提供了种种有效技术和方法。在此基础上我国蔬菜作物育种工作也取得了很大进展。在育种工作中除了常规育种外，广泛采用了细胞工程及基因转移等近代育种技术，极大地推动了蔬菜作物的改良，培育了众多的蔬菜新品种。

80 年代以来我国高等农业院校陆续为蔬菜专业及园艺专业研究生讲授了“高级蔬菜育种学”。为改进本课程的教学，提高教学质量，根据农业部 1993 年农（教研便）字第 31 号文件的精神于 1994 年 10 月 5—8 日在浙江农业大学召开了“高级蔬菜育种学学位课程改革研讨会”。与会的 13 所高等农业院校蔬菜育种专家、教授一致认为，有必要总结多年来讲授研究生课程的经验，并根据国内外蔬菜育种领域的新进展、新成果、新方法、新趋势编写一本集科学性、先进性和应用性于一体的高层次、高质量的教材，以改变目前各校高级蔬菜育种学缺乏教学参考书的状况，为进一步提高学位课的教学质量奠定基础。同时也为广大蔬菜育种工作者提供一本反映近代蔬菜育种水平，包括育种新技术、新成就的参考书，更好地为我国现代化服务。要求新编的蔬菜育种学的内容应与最近出版的普通蔬菜育种教材重复，以阐述蔬菜育种学基本原理、最新育种研究方法和实验技术为主，拓宽知识面、扩大信息量。

与会期间讨论了该书的编写大纲，并由全国 13 所高等农业院校各有专长的教师担任编写任务。

参加编写组的有：周长久、胡开林（中国农业大学）、王鸣（西北农业大学）、吴定华（华南农业大学）、李景富（东北农业大学）、魏毓棠、冯辉（沈阳农业大学），汪隆植、侯喜林（南京农业大学），张启沛（山东农业大学），陈竹君、曹家树（浙江农业大学），叶志彪（华中农业大学），马德伟、张艳萍（河北农业大学），郑素秋（湖南农业大学），雷建军（西南农业大学）。审稿人：周长久、王鸣、吴定华。

当前，国内外蔬菜育种研究工作进展很快，新方法、新成果层出不穷。虽然我们在编写时力求符合教材的需要，并反映蔬菜育种工作的现状及发展水平，但是，由于经验不足及水平有限，难免有错误之处，诚恳希望读者批评指正。

主编

1995. 12.

导 论

开宗明义。在本书的导论中首先需要阐明蔬菜育种学的确切定义和内涵。蔬菜育种学是植物（作物）育种学的一个分支，因此植物育种学的定义也就是蔬菜（作物）育种学的定义。

一些育种学的书籍或教材常将作物育种学的定义简单地概括为“作物育种学是选育和繁育作物新品种的科学。”此种定义只是概念的循环，如果删去几个术语，这个定义便简化为“育种学就是育种的科学”，完全没有揭示育种学的实质和内涵。

育种学书籍中有不少关于植物育种学的定义，其中有一个是最为确切、全面和深刻的定义如下：Plant breeding was defined by Smith (1966) as the art and science for improving genetic pattern of plants in relation to their economic use.我们可以从以下三方面来阐述此定义的要旨：（一）Smith 提出植物育种学不仅仅是一门“科学”（Science），而且是一种“艺术”（Art），它与精密科学不同（如数学、物理学、化学等），这些学科只是科学而非艺术，它与绘画、音乐等也不同，后者只是艺术而非科学。而植物育种学既是科学又是艺术，是二者的综合，因此它的内涵更为复杂和深刻。需要指出一点，此定义中的“Art”并不仅仅是指植物中的园艺、农艺等包含有艺术的成分（特别是园艺更如此），植物育种学家不仅需要有科学的造诣，而且也需要有艺术的修养。Art 一辞另一方面的含意是植物育种学发展到今日，虽然其科学的成分日益增多，但由于生物有机体过于复杂，因此迄今还有许多未知的领域，育种的成就不仅依赖于科学，而且也依赖于尚未上升到理论的经验，甚至机遇（chance）。这方面可以举出许多实例。例如著名的育种家布尔班克（Luther Burbank）育成的许多品种都源于丰富的经验和巧妙的机遇。在果树育种中有所谓“实生选种”，而播种自然杂交的实生种子所得之实生苗即称为“chance seedling”（“机遇实生苗”），不少优良果树品种都是由此途径选育出来的；（二）该定义切中要害地指出育种学的任务是“改进植物的遗传模式（genetic pattern）即基因型，而不是改变其表型（phenotype）；（三）该定义强调育种学改变植物的遗传模式其目的在于改变那些与经济用途（economic use）有关的遗传模式，而不是任何遗传模式，这里可以看出 Smith 的定义非常重视育种的实践意义及其在生产上的作用，根据现代的理解就是强调将科学技术转化为生产力，为发展经济服务。因此我们说这个定义确为一个揭示了植物育种学的本质，而又相当严密、准确、全面和有实践意义的定义。古人云：“名不正则言不顺，言不顺则事不成。”因此在本书的开端必须先为育种学“正名”，确立一个准确无误的定义，才能为本书内容的选择和展开打下必要的基础。

1968 年以来国外报刊上出现了一个新的词汇，叫做“绿色革命”（green revolution），并对此大肆赞扬。有的文献说：“绿色革命目前的成绩几乎全是靠育种取得的”。甚至把“今日农业高产良种”比作“十八世纪产业革命的发动机”。现代育种学已进入了崭新的阶段（有人称之为“第三代的育种”），与古典的仅依靠经验进行杂交与选择已大不相同。它要求“育种设计师”对有关的现代科学理论与技术具有渊博的知识和熟练的技巧，准确地掌握生产实践

中存在的问题,广泛地了解国内外育种科学的现状和信息,并对其发展前景作出正确的判断,以及在此基础上丰富的想象力和创造才干,这样才能制定出既切实可行,又高瞻远瞩的育种目标和实施方案,即不仅搞“临床育种”,还要建立“基础育种”的新体系,最后通过艰巨的创造性劳动而加以实现。

现代育种学以现代遗传学为主要的理论基础,并以自身的科学实践不断补充、修正和发展遗传学。现代育种学是一门创造性的科学。它综合运用现代遗传学及其他有关学科(如植物学、生理学、生物化学、生态学、细胞学、解剖学、栽培学、分类学、病理学、昆虫学、微生物学、分子生物学、生物统计学以及计算机科学等)的理论与技术,对生物的遗传性(种性)进行有效地管理、控制和改造,以加速新品种选育的进程。

遗传学有一个经典的公式即:

$$P(\text{表型, phenotype}) = G(\text{遗传型, genotype}) + E(\text{环境, Environment})$$

现代遗传学正确地认为生物的“表型”是由其“遗传型”(G)和“环境”(E)共同作用的结果,然而G和E的作用又绝不是等量齐观的,其中G是决定生物遗传变异的内因或根据,E只是实现生物遗传变异的外因或条件。正如前述育种学的定义所指出的:育种学的任务是改善植物的遗传模式。欲有效地达到此目的,就必须采用各种传统的和现代的方法和手段(或二者相结合),在改变G上作文章、下功夫。自孟德尔定律重新发现迄今近百年的历史中,生物学已发生了根本性的变化,尤其是近几十年来分子遗传学及遗传工程的出现标志着遗传学已逐步发展到定向改造生物的新阶段。到目前已创造和发展了改变植物遗传型的种种有效手段。包括杂交育种和杂种优势利用(基因重组)、辐射育种、化学诱变、染色体工程育种、细胞工程(原生质体培养、体细胞融合等)和基因工程(DNA重组)等。这些改变植物基因型,创造新的遗传变异的手段和技术的产生和发展,极大的丰富了植物育种学,充分体现了由宏观到微观的合乎逻辑的,日新月异的育种科学的前进历程。上述这些育种手段或分支,也正是本书所要阐述的内容。为了体现研究生教材的要求,同时也为了满足从事育种工作者渴望了解现代育种学的发展,掌握现代育种技术。在选择编写内容时尽量求新、求深、而略去本科生教材及一般蔬菜育种学中已经充分阐述的一些基本内容。这也是编写人员共同的愿望,为研究生及蔬菜育种工作者贡献一本“现代”或“高级”(Advanced)蔬菜育种学,以飨读者。

此外从育种目标方面,本书结合发展“两高一优”农业及保护环境和生态平衡的要求,增加或加深了对品质育种、生理育种、生态育种、抗逆性育种的阐述;在蔬菜育种的对象方面也适当拓宽,除对几种重要传统蔬菜的育种增加新的内容之外,本书增加了西瓜、甜瓜、萝卜、菜豆、大葱等在国民经济及人民生活中具有较大作用的新种类的育种各论,以适应现代蔬菜育种的需要。

为了反映对现代育种学有重要意义的新技术(尤其是分子生物学及生物技术),本书编写了有关边缘学科或交叉学科领域的实验技术,如花粉培养、原生质体培养、细胞融合、蛋白电泳、酶联免疫电泳、RAPD技术、RFLP技术以及生物数学和电子计算机在蔬菜育种中的应用等高新技术的实验资料。

蔬菜作物的种质资源及抗病育种是极为重要的内容,鉴于已编写并即将出版这方面的两本专著,为了避免重复,本书予以略去。

本书的编写和出版将改变过去各校研究生“高级蔬菜育种学”教学中缺乏规范的情况,为

研究生的教学改革提供有用的教材或教学参考资料，以满足高等农业院校广大师生在这方面的迫切需求。同时也可供广大蔬菜育种研究人员参考。

(王 鸣 周长久)

$$P = G + E$$

目 录

导 论	(1)
总 论	(1)
第一章 抗逆育种	(1)
第一节 抗寒和耐热	(1)
一、低温伤害和抗寒	(1)
二、高温伤害和耐热	(3)
第二节 抗旱和耐盐	(4)
一、水分亏缺伤害与抗旱	(5)
二、盐害与耐盐	(5)
第三节 抗逆育种方法	(6)
一、抗逆资源的搜集和抗逆性鉴定	(6)
二、传统的抗逆育种方法	(8)
三、应用生物技术进行抗逆育种	(9)
第二章 繁殖生物学	(13)
第一节 花的形成和抽薹	(13)
一、花芽分化	(13)
二、抽薹	(14)
三、成花的内在因素	(15)
四、开花的调控	(15)
第二节 性别分化	(16)
一、性别分化的概念	(16)
二、性别分化过程	(16)
三、影响性分化的外界因素	(17)
四、性分化内在因素	(17)
五、性分化的杂种种子生产	(18)
第三节 授粉受精	(18)
一、授粉	(18)
二、受精	(19)
三、外界环境条件对授粉受精的影响	(20)
第四节 自交不亲和性	(21)
一、自交不亲和性概念及自交不亲和系统	(21)
二、自交不亲和遗传和生理生化机制	(22)
三、自交不亲和系的繁殖	(23)

第五节 雄性不育	(24)
一、雄性不育的种类	(24)
二、雄性不育生殖生物学特性	(24)
第六节 种子的形成	(27)
一、种子的种类和结构	(27)
二、胚和胚柄的发育	(27)
三、胚胎发育过程中的生化变化	(28)
四、植物激素与种子发育	(30)
五、种子发育的调控	(31)
第三章 生物数学在蔬菜育种上的应用	(33)
第一节 模糊聚类分析	(33)
一、模糊聚类分析的概念和意义	(33)
二、模糊聚类分析方法	(33)
三、模糊聚类分析实例	(36)
第二节 模糊综合评判	(38)
一、模糊综合评判的概念和意义	(39)
二、分析方法	(39)
第四章 植物细胞工程	(49)
第一节 原生质体培养和体细胞杂交	(49)
一、植物原生质体培养	(49)
二、体细胞杂交(原生质体融合)	(53)
第二节 花药培养和花粉培养	(56)
一、单倍体植物在现代遗传育种上的意义	(56)
二、单倍体植物与花药和花粉培养的关系	(57)
三、花药和花粉培养的方法	(57)
四、影响花药和花粉培养的因素	(59)
五、再生植株的倍性和单倍体植株的保存及其加倍	(61)
第三节 植物细胞突变体的离体筛选	(62)
一、变异体与突变体	(62)
二、突变的发生	(62)
三、植物细胞突变体离体筛选的意义及其研究进展	(63)
四、植物细胞突变体的筛选方法	(63)
五、农业上有用性状的突变体离体筛选	(65)
第五章 植物基因工程	(68)
第一节 目的基因的分离和克隆	(68)
一、目的基因的分离方法	(69)
二、基因克隆的策略	(70)
第二节 植物基因工程载体	(70)
一、Ti 质粒的改造及其应用	(70)

二、共整合载体和双元载体系统	(72)
三、植物转化载体的构建	(72)
第三节 外源基因导入到植物受体的方法及转基因植物的检测	(74)
一、农杆菌介导的遗传转化	(74)
二、DNA 理化转移方法	(75)
三、转基因植株的检测	(77)
第四节 植物基因工程在育种上的应用	(79)
一、植物的抗性育种	(79)
二、提高产量育种	(81)
三、延迟成熟与保鲜	(81)
四、改良品质	(82)
五、RFLP 方法的应用	(83)
各 论	(86)
第六章 大白菜	(86)
第一节 种质资源	(86)
一、植物学分类地位	(86)
二、起源与进化	(87)
三、品种类型与分布	(88)
第二节 育种目标	(89)
一、育种目标的变化	(90)
二、目标性状的鉴定	(90)
第三节 遗传规律	(97)
一、植物学性状	(97)
二、经济性状	(98)
三、自交不亲和性	(98)
四、雄性不育性	(100)
第四节 育种途径	(102)
一、引种及选种	(102)
二、有性杂交育种	(103)
三、杂种优势利用	(104)
四、其它育种途径	(105)
第五节 存在问题及展望	(106)
一、存在问题	(106)
二、展望	(106)
第七章 萝卜	(109)
第一节 种质资源	(109)
一、起源、进化及分类	(109)
二、近缘植物	(110)
三、我国萝卜种质资源的地理分布	(111)

四、萝卜品种资源现状及利用	(112)
第二节 萝卜春化特性及开花生物学	(113)
一、春化特性	(113)
二、开花生物学	(113)
第三节 丰产性和品质育种	(114)
一、丰产性育种	(114)
二、品质育种	(115)
第四节 抗病育种	(116)
一、感染类型	(116)
二、抗源及抗病机制	(116)
三、抗病育种方法	(117)
第五节 春萝卜育种	(117)
一、品种应具备的基本性状及品种资源	(117)
二、育种方法	(118)
第六节 夏秋萝卜育种	(118)
一、品种应具备的基本性状及品种资源	(118)
二、萝卜耐热性指标	(119)
三、育种方法	(120)
第七节 自交不亲和系选育与利用	(120)
一、自交不亲和性的遗传	(120)
二、自交不亲和系的利用	(121)
三、不亲和系 S 等位基因型测定方法	(122)
第八节 雄性不育系的选育和利用	(122)
一、雄性不育系的选育及杂种制种	(122)
二、雄性不育系的繁育	(124)
第八章 番 茄	(126)
第一节 番茄的种质资源及其分类	(126)
一、番茄属的主要种及近缘野生种	(126)
二、番茄属的分类	(127)
三、普通番茄的亚种、变种及品种	(128)
四、番茄种质资源的搜集保存	(129)
第二节 育种目标	(129)
一、丰产性育种	(129)
二、早熟性育种	(129)
三、改进品质的育种	(129)
四、抗病性育种	(130)
五、加工品种的选育	(133)
六、耐贮运品种的选育	(133)
七、保护地品种及耐热性品种的选育	(134)

第三节	番茄的遗传	(134)
一、	番茄质量性状遗传	(134)
二、	番茄若干数量性状遗传	(136)
三、	番茄性状之相关遗传	(138)
四、	番茄基因连锁图	(138)
第四节	育种途径和方法	(138)
一、	引种及选择育种	(138)
二、	有性杂交育种	(139)
三、	杂种优势育种	(140)
四、	人工引变育种	(141)
五、	生物技术及远缘杂交在番茄育种上的应用	(142)
六、	良种生产	(144)
第九章	黄 瓜	(147)
第一节	黄瓜的起源、传播、分类及种质资源	(147)
一、	起源及传播	(147)
二、	分类及种质资源	(148)
第二节	黄瓜的遗传	(150)
一、	株型、蔓长及子叶性状的遗传	(150)
二、	花冠颜色及果实性状和单性结实的遗传	(150)
三、	早熟性的遗传特点及耐冷性遗传	(151)
四、	品质性状遗传	(151)
五、	与产量有关性状的遗传特点	(152)
六、	病害的遗传	(153)
七、	性型遗传规律	(154)
第三节	黄瓜的主要育种目标	(157)
一、	对多种病害的抗性	(157)
二、	品质育种	(158)
三、	生态育种	(158)
四、	丰产性品种选育	(159)
第四节	抗病性选育	(162)
一、	霜霉病	(164)
二、	枯萎病	(165)
三、	疫病	(166)
四、	炭疽病	(167)
五、	白粉病	(167)
六、	黄瓜花叶病	(167)
第五节	品质及耐低温品种选育	(169)
一、	品质育种	(169)
二、	耐低温品种选育	(170)

第十章 甜 瓜	(173)
第一节 甜瓜的种质资源	(173)
一、甜瓜种的定名与分类	(173)
二、世界甜瓜种质资源及其分布	(175)
三、中国甜瓜种质资源	(176)
第二节 育种目标与遗传基因	(178)
一、育种目标	(178)
二、甜瓜的遗传基因	(181)
第三节 甜瓜性状的遗传规律与育种途径	(184)
一、甜瓜性状的遗传规律	(184)
二、甜瓜的育种途径	(186)
第四节 良种繁育	(190)
一、常规种子的生产	(190)
二、杂交一代种子的生产	(192)
三、良性繁育中应注意的问题	(193)
第十一章 西 瓜	(194)
第一节 杂交育种	(194)
一、西瓜杂交育种的目标	(194)
二、杂交育种的方式	(196)
三、杂交亲本的选择与选配	(197)
四、花器结构、开花授粉习性 & 杂交技术	(198)
第二节 杂种优势育种	(200)
一、自交系的选育和改进	(200)
二、自交系间杂交亲本选择选配的原则	(201)
三、自交系的选育和改进	(202)
四、西瓜雄性不育研究的进展	(203)
第三节 抗病育种	(205)
一、抗枯萎病育种	(205)
二、抗炭疽病育种	(207)
第四节 三倍体无籽西瓜的选育	(210)
一、无籽西瓜育种的意义和历史	(210)
二、三倍体和四倍体西瓜的特性	(211)
三、四倍体西瓜的人工诱变	(214)
四、三倍体西瓜的育种	(215)
第五节 染色体易位西瓜育种	(216)
一、染色体易位少籽/无籽西瓜的特点及优越性	(216)
二、染色体易位少籽/无籽西瓜的育种程序	(217)
三、染色体易位少籽/无籽西瓜育种的实例	(217)
第十二章 菜 豆	(220)

第一节 菜豆育种工作成就及其选育目标	(220)
一、育种工作成就	(220)
二、育种目标	(221)
第二节 种质资源	(222)
一、种质资源现状	(222)
二、近缘植物	(222)
三、栽培种	(223)
第三节 性状的遗传变异	(225)
一、菜豆表型和基因型的标记	(225)
二、菜豆基因连锁图	(225)
三、菜豆基因表符号及特征描述	(228)
第四节 选择方法评述及育种计划的优化	(229)
一、杂交后代选择方法的评述	(229)
二、育种计划的优化	(230)
第十三章 大 葱	(235)
第一节 起源和进化	(235)
一、起源	(235)
二、进化	(236)
第二节 分类和形态学	(236)
一、植物学分类及近缘栽培植物	(236)
二、植物形态特征	(236)
三、园艺学分类	(237)
四、开花生物学和人工交配技术	(237)
第三节 育种工作进展	(238)
一、引种	(238)
二、选种	(238)
三、杂交育种	(238)
四、雄性不育系选育和研究	(238)
五、抗病毒病育种研究	(239)
第四节 育种目标	(239)
一、优质	(239)
二、抗病	(239)
三、丰产	(239)
四、整齐度高及耐藏	(239)
第五节 选择技术	(239)
一、混合选择	(239)
二、母系选择	(240)
三、单株选择	(240)
四、轮回选择	(240)

第六节 定型品种育种方案设计	(240)
一、基本设施设备	(240)
二、种株的株龄	(240)
三、缩短成株育种周期	(241)
四、主要性状鉴定	(241)
五、育种程序	(242)
第七节 杂种品种育种方案设计	(242)
一、雄性不育系和保持系选育	(243)
二、自交系选育	(244)
三、杂交组合的配测	(244)
四、组织培养无性系建立	(244)
第八节 良种繁育	(245)
一、大葱良种繁育的特点	(245)
二、定型品种良种繁育程序	(245)
三、杂种品种制种程序	(245)
四、种子标准、检验及贮藏	(247)
第十四章 蔬菜育种实验技术	(249)
第一节 限制性片段长度多态性 (RFLP) 分析	(249)
一、植物 DNA 制备	(249)
二、探针的制备	(253)
第二节 随机扩增多态性 DNA (RAPD) 分析	(255)
一、RAPD 分析的原理	(256)
二、RAPD 分析方法	(256)
第三节 酶联免疫吸附测定	(257)
一、材料和试剂	(258)
二、测定方法	(258)
三、酶的选用与酶标制备	(259)
四、固相包埋	(260)
第四节 细胞融合 (非对称融合) 方法	(261)
一、非对称细胞融合的原生质体失活处理	(261)
二、细胞融合的方法	(261)
三、电融合的原理和条件	(262)
四、电融合的程序	(263)
第五节 蛋白质电泳检测种子纯度	(265)
一、蛋白质电泳鉴定种子纯度的生化基础	(265)
二、聚丙烯酰胺凝胶电泳原理	(266)
三、影响蛋白质泳动速度的因素	(267)
四、聚丙烯酰胺凝胶电泳检测种子纯度	(268)
五、SDS—聚丙烯酰胺凝胶电泳检测种子纯度	(270)

总 论

第一章 抗逆育种

世界性的寒冷、高温、干旱、水涝、盐渍、土壤、水质和空气污染，以及农药、除草剂的残留等，构成了植物的生存逆境，它们对农业生产破坏性极大。蔬菜作物种类繁多，生产季节性强，在其生长发育过程中同样易受逆境影响而使产量和品质下降。在炎热的夏季和寒冷的冬季蔬菜供应不足，同时，还会常常受到干旱、多雨等恶劣气候、土壤盐渍化，以及土壤、水分和空气污染逆境的影响，严重制约着蔬菜的生产和供应。解决这些问题的途径，除了改善生产条件和控制环境污染以外，改变植物使之适应环境即进行抗逆育种 (breeding for stress resistance) 是一条经济有效的途径。

第一节 抗寒和耐热

蔬菜作物的抗寒性和耐热性的强弱常常决定这种作物的分布范围和种植季节。而利用抗寒或耐热品种，便可以提早种植到露地，提早供应市场，或可以顺利越夏，延长蔬菜的生长和供应季节，或增强抗逆性，提高产量和品质。

一、低温伤害和抗寒

(一) 低温伤害及其表现

低温是限制蔬菜种类分布和生产的重要因素。蔬菜在不能忍受的低温下，常常引起不同程度的伤害，如冷害 (chilling damage)、冻害 (cold injury) 等。冷害是作物在生长季节内，因温度降到生育所能忍受的低限以下而受害，其本质是低温对植物体造成的生理损伤。冷害发生时的日平均温度一般为 $0\sim 10^{\circ}\text{C}$ 或 15°C ，因作物起源地及其所处的发育期而异。热带起源的植物对低温冷害较为敏感，而温带起源的植物则敏感程度小。冷害对植物造成的伤害程度，除取决于低温外，还取决于低温维持时间的长短。受冷害后作物形态上常常无明显症状，不易发现。对蔬菜生理的影响主要表现为削弱光合作用，减少养分吸收，影响养分运转。其结果是苗弱、植株生长迟缓、萎蔫、黄化、局部坏死、坐果率低、产量降低和品质下降等，由此引起植物群体生长发育的不均一性，对机械收获十分不利 (王毅等, 1994)。

冻害是作物在越冬期间，因长期持续 0°C 以下低温而丧失生理活动，造成植株受害或死亡。同冷害一样，冻害对植株的损伤程度取决于 0°C 以下低温的程度和维持时间的长短。冻害对植株造成伤害的直接表明是叶片甚至整株呈水渍状或果实上出现斑点，这些生理损伤的组

织往往易受病菌的侵染或造成局部坏死。其原因是低温引起细胞膜透性损伤，导致细胞质外渗的结果。

(二) 低温伤害对细胞膜系的影响

普遍认为低温逆境引起细胞膜系结构的破坏是导致植物低温伤害的根本原因。植物细胞膜在低温下由膜液晶状态转变成凝胶状态(相变)，膜收缩，引起细胞膜透性的降低和酶系功能的改变，导致植物细胞代谢的变化和功能紊乱，如细胞膨压丧失、内质网和质膜等膜系断裂、胞质流动性减小等，最终造成对植物的伤害。用显示细胞膜物理状态的分子标记方法研究的结果说明，在引起低温伤害的温度条件下，标记分子的运动量有显著降低，对特定的植物，低温伤害有临界温度存在。在临界温度下，细胞膜系发生相变，引起代谢紊乱，使植株受害。进一步的研究表明，低温造成的伤害与膜系中膜脂质分子排序的变化相关，而膜脂质分子的排序变化发生在能引起低温逆境的一段温度范围内(Blum, 1988)。抗寒植物一般具有较高的膜脂不饱和度，即油酸、亚油酸和亚麻酸在总脂肪酸中的比例较高，可在较低温度下保持流动性，维持正常的生理功能。这种膜脂不饱和度既有遗传稳定的一面，也有随温度降低或诱导的一面(Blum, 1988)。因此，不能将膜系中不饱和脂肪酸含量高低作为衡量抗寒的唯一标准。

质膜可能是低温伤害的初始部位。Pata 等(1978)提出低温伤害可能首先是质膜的主动运输体系(推测是ATP酶)。简令成等(1981)认为低温首先降低了膜的流动性，从而影响ATP酶与底物结合的构型变化，使其活性降低或失活，从而使细胞对物质的主动吸收与运输功能降低，物质被动运输和渗透性增加，导致细胞膨压丧失，胞内溶质外渗。其细胞渗漏程度常被认为是膜伤害或变性的重要标志，因而可以作为植物抗寒能力的可靠指标(Blum, 1988; 简令成, 1992)。同时，细胞膜系损伤导致植株表面的水渍状是低温伤害易于察觉的外部症状的较早表现，可作为抗寒育种苗期诊断的外部形态指标。

(三) 蛋白质与植物抗寒性

低温引起植物细胞蛋白质的变化，主要表现在可溶性蛋白和酶类的变化，以及产生抗寒蛋白。

研究表明，在低温下可溶性蛋白增多，经锻炼后，出现两种新的过氧化物酶同工酶，过氧化物酶和过氧化氢酶总的活性都增高了。不少研究结果表明造成膜脂破坏是因为植物在逆境中产生氧的自由基，使膜过氧化作用所致。而超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和过氧化物酶对这些自由基和过氧化物起着清除作用(王建华等, 1989)。这些酶活性的降低会导致伤害的发生和加重，反之则可消除或减轻伤害。例如，黄瓜经零上低温处理之后，抗寒性强的品种比抗寒性差的品种过氧化物酶同工酶的谱带一般多出1—3条(刘鸿先等, 1981)。许多研究都表明，植株对不良低温抗性大小的变化是与许多酶系统功能、活性的改变有关的。例如，低温引起丙酮酸磷酸双激酶结构、核酮糖—1, 5—二磷酸羧化酶构象、酸性磷酸酶同工酶组成、淀粉酶和乳酸脱氢酶活性的改变，以及ATP酶、核酸酶类、蔗糖合成酶、超氧化物歧化酶、NAD⁺-苹果酸脱氢酶和其它酶或同工酶的数量变化(王以柔等, 1985; Blum, 1988)。对不良低温的适应是为了适应温度条件而诱导植物体内相应酶系统和代谢过程改组的结果。由于酶的形成是受基因调控的，因而抗寒性也必然受遗传机理所控制和决定。抗寒植物对不良低温条件有较强的抗性，是其在长期的进化过程中适应低温条件而形成的。至于短时间的低温处理(如锻炼)所引起的抗寒性变化，则很可能是在转录和翻译水平上的生物化学变化起决定