

中国冷凉蔬菜

栽培新技术

关慧明 曲红云 鲁会玲 张 斯 著



中国农业科学技术出版社

中国冷凉蔬菜

栽培新技术

关慧明 曲红云 鲁会玲 张 斯 著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国冷凉蔬菜栽培新技术 / 关慧明等著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2016. 12

ISBN 978—7—5116—2885—5

I. ①中… II. ①关… III. ①蔬菜园艺 IV. ①S63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 297633 号

责任编辑 徐定娜

责任校对 马广洋

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010)82105169(编辑室) (010)82109702(发行部)

(010)82109709(读者服务部)

传 真 (010)82106650

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 各地新华书店

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 710mm×1 000mm 1/16

印 张 9.5

字 数 156 千字

版 次 2016 年 12 月第 1 版 2016 年 12 月第 1 次印刷

定 价 48.00 元

— 版权所有 · 翻印必究 —



方智远院士在中国·乌兰察布冷凉蔬菜院士工作站



张志斌研究员在乌兰察布市甘蓝推广示范田



陆庆光研究员在洋葱推广示范田



曲红云副研究员在茄子良种繁育试验田



鲁会玲教授在法国波尔多葡萄产区考察葡萄种植情况



张斯在中国·乌兰察布冷凉蔬菜院士工作站创新工作室

序 言

——略论冷凉蔬菜与冷凉生态学

以蔬菜生物生态学基本特征为依据，在冷凉气候自然环境条件下生产的蔬菜，统称为冷凉蔬菜（Vegetable of Cold-cool Region）。

本书作者关慧明研究员于2008年明确提出冷凉蔬菜的概念。在各级政府和各级主管部门的大力支持下，通过相关领域专家团队和社会各界同行的共同努力，近年来内蒙古自治区的冷凉蔬菜产业快速发展。2010年冷凉蔬菜被列入乌兰察布市“十二五”发展规划，2012年由中国工程院方智远院士牵头成立了全国首个冷凉蔬菜院士工作站——“中国·乌兰察布冷凉蔬菜院士工作站”，2013年科技部将冷凉蔬菜项目列入“十二五”国家重大支撑项目，2014年经上级主管部门批准内蒙古自治区农牧业科学院设立“内蒙古绿色冷凉蔬菜工程技术研究中心”。2015年内蒙古冷凉蔬菜种植面积约270万亩，产量约108万吨，产值约108亿元，农民纯收入约54亿元。2016年8月2日，在“科技创新驱动冷凉蔬菜产业发展研讨会”上，中国农业科学院党组书记陈萌山充分肯定乌兰察布市冷凉蔬菜产业发展及冷凉蔬菜院士工作站的成果，并表示中国农业科学院与乌兰察布市将进一步密切合作，树立绿色发展理念，坚持标准化生产和品牌化经营，推动冷凉蔬菜全产业链整体升级。

冷凉蔬菜在一些地区也被称为高山蔬菜、错季蔬菜、反季节蔬菜等。目前，全国冷凉蔬菜主产区大致自然形成四大板块：蒙、宁、甘、新产区（高纬度、高海拔），晋、冀、陕、鄂产区（中纬度、高海拔），云、贵、川高原产区（低纬度、高海拔），东北产区（高纬度、低海拔）。冷凉蔬菜生产基地主要分布在武陵山区、秦巴山区、大别山区、六盘山区以及河北坝上等区域，涉及十多个省、市、自治区的120多个高海拔市、县。这些地区既是我国集中连片特殊困难地区也是革命老区，发展冷凉蔬菜产业是当地农民增收致富的新路径。据统计，2014年全国冷凉蔬菜播种面积2200

余万亩，产值超过 500 亿元。冷凉蔬菜已经形成了独具特色的新兴产业，对区域社会经济的发展具有重要战略意义。

当前我国已经进入创新驱动发展的新时期，科技创新促进了冷凉蔬菜的发展。冷凉蔬菜长期的生产实践和经验积累，为深入研究其基本规律创造了条件，也为创建新兴学科理论奠定了基础，这门新兴学科可以称为冷凉生态学（Cold-cool Ecology）。冷凉生态学在生态学理论体系中，属于应用生态学（Applied Ecology）和农业生态学（Agriculture Ecology）的范畴，是新兴的重要分支学科。冷凉生态学主要研究冷凉自然生态环境系统中生物之间的关系，生物与其周边环境气候型态的关系，包括植物与动物对气候的生理适应，以及自然环境因子对植物与动物生物生态学特性的影响等，部分研究内容与生态气候学、生态地理学等有重叠融合。冷凉生态学最鲜明的特征是，在交叉科学的基础之上深入研究各类生态环境系统间的相互作用机制，探索客观规律，揭示科学原理，指导社会实践。诚然，冷凉生态学的理论架构目前还处于非常初始的阶段，还需要通过深入的科学研究和生产实践不断地充实和发展，更需要各界专家学者以及广大基层生产实践者的刻苦钻研和积极探索。本书作者在 2013 年出版的专著《气流循环暨冷凉生态对农业的影响及利用》（北京，群众出版社）中，从六个方面探讨了冷凉生态资源的研发；在本书中作者又以几十年的亲身经历为案例，详细记述了生产实践过程中对冷凉蔬菜的思考。这些丰富的第一手资料为构建冷凉生态学理论体系提供了基础性的重要依据。实践表明，冷凉生态学揭示的科学原理必将对冷凉资源的开发利用产生深远影响，促进相关特色生态产业的升级发展。冷凉生态学已经初步体现出对传统生态学和现代生态学的传承与创新。

本书是作者 30 余年生产实践经验的系统总结，字里行间折射着作者的辩证思维带来的趣味与启示。气候冷凉、干旱少雨，夏季短暂、冬季漫长，传统观念认为不利于农作物生长，是“恶劣的自然条件”；然而辩证思考，气候冷凉、干旱少雨有利于冷凉蔬菜的生长，同样的自然条件变成了“优势的生态资源”。仔细阅读本书可以感受到作者契而不舍的探索精神和理论思考，大量的生产案例中紧密结合植物学、土壤学、气象学、蔬菜栽培学、植物营养学、植物保护学等基础理论知识。同时，作者以应用生态学理论和农业生态学理论为指导，灵活运用生物多样性原理、生态学原

理、食物链原理、限制因子原理和生态因子综合性原理等，因地制宜、勇于探索，以追求最佳生态效益、经济效益和社会效益为目标，以整体生态调控为原则，以人与自然相互协调为基础，以设计并实施良性循环的生产技术方案为手段，最终实现农业可持续发展。

全面深化改革有力地加快了我国现代农业的进程。我们坚信，以创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念为引领，冷凉生态学理论研究和冷凉生态资源的深度开发必将不断取得新的成果，冷凉蔬菜产业必将进入快速健康发展的新阶段。在广大冷凉地区，要科学合理地利用冷凉生态资源优势，大力发展品质型、效益型特色农业，积极开拓农民增收、精准扶贫的新途径，加快形成生产技术先进、经营规模适度、质量数量效益并重、一二三产业融合的现代农业新格局，为全面建成小康社会做出新的贡献。

中国农业科学院研究生院原副院长 陆庆光 博士/研究员

2016 年 12 月 4 日于北京



2016 年 8 月，中国农业科学院研究生院原副院长陆庆光博士/研究员与夫人曹文台女士在中国·乌兰察布冷凉蔬菜院士工作站指导工作

前 言

新中国成立以来，中国蔬菜栽培学经过几十年的不断发展，通过无数专家学者的不懈努力，内涵得到了极大的丰富。目前已形成了比较完整的科学体系，为从事蔬菜种植的科技人员和农民朋友提供了理论依据，为解决生产中的实际问题提供了宝贵经验。

但是，蔬菜生产是一个多因素综合变化的过程，能否将理论知识和生产实践准确结合是每一个农业科技人员的技术能否得到发挥的关键。如果科技人员忽视生产实践中的复杂因素，片面实施某项原理或技术，在生产中不仅不会收到预期的效果，而且会起到相反的作用，解决不了蔬菜生产的问题。因此，科技人员要因地制宜，灵活应用科技知识，掌握其精神实质，才能在多变的环境中抓住主要矛盾解决问题。

本书详细记录了笔者 30 年来在生产实践中遇到的典型疑难问题及其解决过程，旨在为农业科技人员提供理论与实践相结合的借鉴素材，帮助科技人员把从书本上学到的理论知识更准确地应用于实践，特别是希望能够帮助理论知识比较丰富而实践经验比较欠缺的农业科技人员，使他们能够在实践中有新的发现和突破，为蔬菜种植不断提供新的技术，从而更好地指导生产。

科学知识源于生产实践。人们常常会从一个个具体的事件中得到启发，通过发散思维获得新的发现、新的发明。现在，由这些具体的事例得出的结论在当下对我们很有启示，未来，必将带来更加深刻的启发。本书共分 9 章，详细记载和阐述了笔者对北方冷凉蔬菜种植以及病虫害防治中的一些典型案例和有效做法，以期对冷凉蔬菜种植起到一定的技术指导作用。同时把这些事例作为历史材料保存下来，以便对今后的研究有所帮助。

本书介绍的冷凉蔬菜是指冷凉生态和冷凉气候条件下生产的蔬菜（内蒙古冷凉蔬菜主要分布在海拔 1 000 米以上，或北纬 40°以北，夏季平均温

度不超过 25℃、昼夜温差保持在 15℃以上地区)。

冷凉生态环境中的温度、湿度、光照、风、土壤结构等环境因素,以及由此产生的植被、微生物、昆虫、动物等生物群体决定了蔬菜的产量和品质,基本规律是:该环境条件下的蔬菜产品具有生长速度慢、病虫害发生少、干物质积累高、营养成分含量高、安全优质的显著特点。

2008 年冷凉蔬菜概念首次提出,2010 年冷凉蔬菜被列入乌兰察布市“十二五”发展规划,2012 年在中国工程院院士方智远的主持下,在乌兰察布市建立了全国第一个冷凉蔬菜院士工作站,5 年来,围绕冷凉蔬菜开展了有效的工作。

2013 年由科技部组织召开冷凉生态农业论证会,后经内蒙古自治区人民政府推荐,被批准为科技部“十二五”支撑项目。2014 年内蒙古自治区科技厅批准内蒙古自治区农牧业科学院设立“内蒙古绿色冷凉蔬菜工程技术研究中心”,2014 年、2015 年连续两年经内蒙古自治区党委组织部批准成立两个草原英才创新人才团队,2016 年“冷凉蔬菜科技创新与产业技术支撑体系构建研究报告”通过了以中国工程院方智远院士为组长的论证,对内蒙古自治区发展冷凉蔬菜给予了充分肯定和高度评价。

目前全国冷凉蔬菜主要有以蒙、晋、冀为主的高纬度、高海拔冷凉蔬菜、以云、贵、鄂为主的高山(高海拔)蔬菜、以陕、甘、宁为主的高原(高海拔)蔬菜等 3 个产业带,内蒙古自治区种植冷凉蔬菜具有独特的高纬度高海拔、气候冷凉、阳光充足、昼夜温差大等地理及生态特点,使内蒙古自治区冷凉蔬菜产业品质和安全优势更为突出。

2010 年全国冷凉蔬菜主要产区生产面积约为 2 290 万亩,总产量 4 500 万吨左右,分别占全国总量的 10%和 9%。

内蒙古自治区有 70%的地区属于冷凉生态区,涉及人口 150 多万,占农业总产值 25%,主要分布在高寒、贫困地区,包括 8 个国家级贫困旗县,已成为当地农民增收的重要产业。2015 年内蒙古自治区冷凉蔬菜种植面积约 270 万亩,产量约 108 万吨,产值约 108 亿元,农民纯收入约 54 亿元,蔬菜种类主要包括辣椒、番茄、胡萝卜、洋葱、大葱、甘蓝、白菜、西芹、黄瓜、西葫芦、茄子、菜花等。近几年形成了以乌兰察布市和锡林浩特市为中心的胡萝卜、白菜、菜花、洋葱、甘蓝、西芹产业带,巴彦淖尔市的加工番茄和脱水椒产业带,通辽市的红干椒产业带等。

在本书的编写过程中，得到了许多专家、科技人员和农民朋友的帮助。感谢中国农业科学院蔬菜花卉研究所张志斌研究员对本书提出的宝贵意见；感谢中国农业科学院陆庆光研究员及夫人曹文台女士为本书的校对工作付出的辛勤劳动；同时感谢内蒙古锡林郭勒盟科学技术局、内蒙古自治区农牧业科学院蔬菜研究所、内蒙古锡林郭勒盟太仆寺旗教育科技局及内蒙古百斯特农业科技有限公司为本书的出版工作提供的大力支持。在书稿的构思、编撰过程中还得到了许许多多各行各业的朋友，特别是农民朋友们的热心帮助，在此一并向他们表示衷心的感谢！

我们的理论知识和实践经验毕竟十分有限，谬误之处在所难免，真诚希望亲爱的读者提出批评和指正。

关慧明

2016年11月16日于乌兰察布

目 录

第一章 温室结构	1
第一节 北方地区温室大棚的建造	2
第二节 北方地区温室大棚结构图	12
第二章 茬口安排	15
第一节 第一类温室蔬菜茬口安排	15
第二节 第二类温室蔬菜茬口安排	18
第三节 温室的矮化密植	19
第三章 冷凉地区主栽蔬菜新品种简介	21
第四章 土壤与施肥	37
第一节 冷凉蔬菜对土壤的要求	37
第二节 冷凉蔬菜对肥料的要求	38
第三节 典型案例分析	44
第五章 光对蔬菜生长的影响	46
第一节 光照时间对蔬菜生长的影响	46
第二节 光照强度对蔬菜生长的影响	47
第三节 光质对蔬菜生长的影响	47
第六章 蔬菜的温湿度管理	49
第一节 育苗期的温湿度管理	49
第二节 温度影响生长的生产实例	52

第七章 气体环境	59
第一节 气体对蔬菜的影响	59
第二节 冬季温室蔬菜生产二氧化碳施肥技术	63
第三节 二氧化碳发生器使用说明	67
第八章 蔬菜的水分管理	72
第一节 蔬菜苗期水分管理的普遍规律	72
第二节 蔬菜田间生长期的水分管理	74
第三节 典型案例分析	75
第九章 蔬菜的病虫害防治技术	78
第一节 细菌性病害	78
第二节 真菌性病害	79
第三节 病毒病	85
第四节 虫害防治	88
第五节 自然灾害、农药药害的救治	96
第六节 运用生长调节剂解决实际问题	99
附录 七大作物栽培技术	102
附录 1 冷凉地区长日照洋葱栽培技术	102
附录 2 冷凉地区长日照大白菜栽培技术	109
附录 3 冷凉地区西兰花栽培技术	113
附录 4 冷凉地区胡萝卜栽培技术	120
附录 5 冷凉地区大棚西瓜栽培技术	122
附录 6 冷凉地区无公害甘蓝栽培技术	126
附录 7 冷凉地区芹菜高产栽培技术	131

第一章 温室结构

高海拔、高纬度、风力大是我国北方地区的环境共性，尤其以内蒙古地区，特别是内蒙古自治区（简称内蒙古）乌兰察布市最为典型。内蒙古地区平均海拔 1 000 米以上，经度东起东经 $126^{\circ}04'$ ，西至东经 $97^{\circ}12'$ ，横跨经度 $28^{\circ}52'$ ，纬度南起北纬 $37^{\circ}24'$ ，北至北纬 $53^{\circ}23'$ ，纵占纬度 $15^{\circ}59'$ 。冬春季节寒冷漫长，夏季凉爽短暂，属于农作物种植一季区。在 20 世纪 70 年代之前，这一地区冬春季节的蔬菜主要依靠全国统配，即从中原及我国南方采用长途运输供给。1970 年以后，内蒙古地区逐步开始发展温室蔬菜栽培。温室蔬菜栽培技术引入 40 多年来，温室性能由低到高逐步提升，普及范围由典型示范到全区普及逐渐发展。

20 世纪 70 年代，内蒙古地区温室建设受农村经济水平和建造技术水平限制，温室前屋面角度仅 20 多度，多采用石头作为墙体材料，草席作为保温层，此类温室在春、夏、秋季可生产绿叶菜，冬季无法生产。20 世纪 80 年代，随着农村生产水平的不断发展，温室的建造技术有了较大幅度提升，前屋面角度增加至 30 多度，墙体也开始采用砖墙结构，以棉被取代草席，获得了更好的保温效果，温室的功能有了新的拓展，不再仅局限于春、夏、秋季生产叶菜类作物，实现了在春、夏、秋季生产茄果类作物，并且在冬季加温条件下，还可以生产绿叶类蔬菜的技术突破。21 世纪以来，我国经济社会持续蓬勃发展，人民生活水平进一步提高，市场需要高质量、多品种蔬菜的全年充分供给，倒逼内蒙古温室建造技术及作物栽培技术更上一层楼，温室蔬菜全面实现了四季生产。尤为可喜的是，内蒙古地区取得了在冬季无需依赖加温设备的情况下，仍能进行茄果类作物生产的重大突破，进一步释放了冷凉蔬菜的市场竞争优势。21 世纪以来温室的主要技术创新为：温室前屋面角度上调至 $47^{\circ}\sim 48^{\circ}$ ，除砖墙、钢架结构之外，还引入了双层棉被保温，新型保温材料及排风机等。

在温室建造及温室栽培技术 40 多年的发展过程中,针对北方地区冬春季风大、雪多、低温等重大生产制约问题,以温室结构调整为技术核心,不断地总结经验,应用新材料,持续优化升级温室构造,实现温室不断更新换代。温室普及范围也在逐步扩大,由发展初期仅在内蒙古呼和浩特地区小范围应用到如今蔬菜温室周年生产技术在全自治区的普及,并且在呼和浩特、乌兰察布、赤峰等地建立了极具活力的技术研发和示范基地,蔬菜温室彰显了旺盛的发展潜力。蔬菜温室建设在服务三农,推动区域蔬菜产业发展,带动农民脱贫致富以及解决冬春季节市场对蔬菜瓜果的供给需求等方面作出了重要贡献。

第一节 北方地区温室大棚的建造

内蒙古地区的气候特征主要是风大、寒冷、干旱,尤其是乌兰察布的很多旗县区,每年风灾、冻灾、旱灾都时有发生。在当地建温室、大棚,就必须充分考虑风雪压力和保温性能这两个问题。

一、温室大棚与地面固定连接必须保持合理结构

历史上,由于乌兰察布地区温室建设起步晚,人们缺乏对风这一气候条件的准确认识,在温室结构设计及实际施工上采用了一系列错误方法,造成了很大的损失。一个典型的案例是:

2009 年,乌兰察布市卓资县巴彦锡勒镇建设了 40 座日光温室。同年 6 月,遭遇一场 5 级大风,巴彦锡勒镇十几座温室大棚像一只只风筝随风整体飘移了近 100 米,温室整体结构扭折损坏,变成了一堆废墟,农民损失惨重。

笔者在实地勘察时发现,该地在建设大棚时选用了 8 号铁丝(铁丝直径 4 毫米)做大棚的压膜线,铁丝的两端固定在大棚前缘的横拉杆上。横拉杆全长 40~50 米,在地面将温室大棚的所有花架底端连接到一起,在横拉杆的地下每隔 5 米埋有一根长 40 厘米、直径 30 厘米的水泥柱,水泥柱与横拉杆焊接在一起。当大风到来时,棚膜形成巨大的上升力,使大棚带着所有的水泥柱飘移起来,这说明地下预埋的水泥柱对温室大棚的牵引力

远远不够。特别是压膜线的两端固定在大棚钢架结构上，没有和地面进行连接，不能使风力得到有效地分解，在风力作用下温室大棚结构变成了“风筝”结构。如果将压膜线的两端脱离大棚的横拉杆固定于地面，这就会使温室结构受力点发生变化：当遇到大风天气，温室的压膜线对塑料膜的固定力都被分解到地表，而不是全部作用于大棚本身，即使温室大棚受到损坏，也仅仅只造成压膜线和塑料膜受损，钢架结构不会被损坏。把压膜线的两端固定于地面，同时地面以下要形成一个稳定的拉力结构，这样才能有效地抵抗风害。

一个成功的案例是：乌兰察布市察右中旗在建设温室大棚时，为保证压膜线和大棚架的分离，压膜线被固定在大棚两侧的土壤里面，在地下 50 厘米深处埋一根横切面边长 20 厘米，长 50~100 米的水泥梁，水泥梁上装有预埋件，并在水泥梁距地面 30 厘米的地方浇水培土压实，将压膜线固定到预埋件上，形成了大棚压膜线和地面的紧密结合，保证了压膜线和大棚架的分离。

适应北方地区气候条件的“朵蓝温室”见图 1-1、图 1-2、图 1-3。



图 1-1 适应北方地区气候条件的大角度、双层覆盖的高寒越冬温室——“朵蓝温室”（摄影 张日高^①）

^① 张日高先生是乌兰察布市本土的优秀摄影师，为本书的插图拍摄制作付出了辛勤的劳动，特此致谢。



图 1—2 “朵蓝温室”采用双层保温技术和热风炉技术



图 1—3 温室热风炉结构图

二、温室大棚建设材料必须适应北方地区气候条件

乌兰察布地区温室建造走入的另一个误区是低估了降雪对大棚结构造成的压力，材料选择不当造成损失。一个典型案例是：