



杨春起 主 编

程东宇 徐 扬 副主编

Guanshang Yuanyi
Shiyong Shengchan
Jishu Yanjiu

观赏园艺 实用生产技术研究



中国农业大学出版社
CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

内容提要

观赏园艺实用生产技术研究

杨春起 主编

程东宇 徐 扬 副主编

中国农业大学出版社

· 北京 ·

责任编辑：周文彬 封面设计：周文彬

内 容 简 介

本书立足于北京市昌平区园林事业发展现状,与生产实践紧密结合,主要体现实用知识和操作技能。内容涉及球根花卉的研究前沿,花卉引种、繁殖、栽培管理、采后技术,以及园林植物、工程、设计方面的实用操作技术。深入浅出,有理有据,是指导生产实践、解决实际问题的专业技术书籍,对拓展基层农业技术人员业务视野,提升花卉种植、园林植物修剪、园林设计等技术水平有积极的促进作用。适合基层技术人员及园林工作者阅读,为专业技术工作者提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

观赏园艺实用生产技术研究/杨春起主编. —北京:中国农业大学出版社,2018. 12

ISBN 978-7-5655-2132-4

I. ①观… II. ①杨… III. ①观赏园艺-园艺作物-栽培技术-研究 IV. ①S6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 255021 号

书 名 观赏园艺实用生产技术研究

作 者 杨春起 主编

策划编辑 王笃利 汪春林

责任编辑 洪重光

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62818525,8625

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.caupress.cn>

E-mail cbsszs @ cau. edu. cn

经 销 新华书店

印 刷 北京鑫丰华彩印有限公司

版 次 2018 年 12 月第 1 版 2018 年 12 月第 1 次印刷

规 格 787×1092 16 开本 17 印张 420 千字

定 价 46.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

主 编 杨春起

副主编 程东宇 徐 扬

编 委 (按姓氏音序排列)

程东宇	邓 明	胡新杰	金 环	李 婷
刘成青	刘 佳	路覃坦	马淑霞	史东霞
宋文雁	孙维娜	王军峰	王新宇	徐 扬
杨春起	杨永华	于号兵	张 岩	

中国矿业大学出版社

高 平

2015年10月第1次印刷

序

园林花卉产业具有融经济、社会、生态效益于一体的显著特征,是国家调整农业产业结构、增加农民收入、加快新农村建设重大战略的组成部分。进入 21 世纪以来,我国的城乡生态文明建设和环境美化建设取得了实质性的进展;我国的花卉产业也由数量型发展步入质量型发展的新阶段。园林花卉科研方面,近十年,高等学校和科研院所,无论是基础研究还是应用基础研究都取得了举世瞩目的成就,为北京城乡的园林生态文明建设和花卉产业发展提供了坚实的理论支撑;也在北京的美化居住环境、优化产业结构、繁荣农村经济、建设美好家园、扩大社会就业等多个方面发挥了重要作用。

今天有幸细读北京市昌平区园林绿化局及其下属单位生产技术人员撰写的论文,深感论文篇数虽然不多,但是涵盖面广,是各位作者深入生产一线,对园林花卉研究工作的总结。这本论文集是在查阅了大量国内外相关资料的基础上而撰写的,既有较强的应用性,也有一定的理论性,充分体现理论与实践的有机结合。难能可贵的是,各位作者在完成本职工作的同时,积极投身于科研中去,解决生产中实际遇到的问题,弥补科研院所研究工作过程中“鞭长莫及的细枝末节”。而正是这些细枝末节影响着城乡景观质量的整体提升以及规模化生产的质量和效益。因此,这本论文集的出版发行意义重大。

愿北京市昌平区园林花卉工作者乃至全国的同行读完这本书后能有所启发,产生思想碰撞的火花,将相关技术总结与提升,促进我国园林花卉事业的进一步发展。

中国农业大学教授

高俊平

2018 年 8 月 22 日

前 言

为了记述北京市昌平区园林绿化及花卉产业科技工作者的研究成果,试图通过生产一线工作人员在实践与研究基础上,对现有生产技术、研究成果进行一次回顾、梳理与总结,撰写出有质量、有观点、有指导意义的研究论文。为了保留住这笔财富,使其成为今后生产与研究者的依据和参考,故集成现有的研究成果与技术总结编纂成书,让北京市昌平区乃至更大范围的园林工作者得以分享,以鼓励园林一线工作者在现有研究基础上,积极地总结、反思、开拓、创新,在更深层面上开展实践与研究工作。

本书涵盖观赏园艺领域的几个方面,包括球根花卉研究、花卉生产、园林树木养护及工程与设计技术等。在研究我国百合切花和种球产业,以及球根花卉的研究进展基础上,提出百合及球根花卉产业存在的问题,论述我国百合及球根花卉产业的发展趋势,并对百合切花的引种评价、百合种球繁殖技术进行深入的探讨,在实践基础上归纳总结出百合种球繁殖及采后处理技术,是适用于百合切花种植者、种球生产者的良好读物。本书从农业产业结构调整、丰富绿化用花卉种类的角度,详细阐述香草植物、乡土植物、绿化用菊花引种及栽培技术,对增加农民收益、创造区域性独特景观意义深远。本书针对园林设计与施工、道路绿化造景与维护等方面进行解读,并以图文并茂的形式呈现,更加便于工作人员的理解与应用;同时,对北京市昌平区优势盆花生产技术进行介绍,对技术的交流与推广、促进优质高效化栽培和工厂化生产起到积极的推进作用。

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免有疏漏和错误之处,恳请业内人士及广大读者给予批评指正。

编 者

2018年7月

目 录

中国百合及球根花卉产业研究进展.....	杨春起/1
影响百合种球繁殖国产化的主要因素分析.....	杨春起 史东霞 徐 扬/33
百合鳞茎繁殖技术规程.....	杨春起 史东霞 徐 扬/40
百合鳞茎的采收、分级、包装、贮藏、运输规程.....	杨春起 徐 扬 史东霞/43
基于层次分析法的切花百合引种适应性综合评价.....	徐 扬 史东霞 邓 明/48
球菊栽培技术.....	李 婷/57
北京市昌平区野生花卉资源调查及引种繁育研究.....	张 岩/67
不同低温处理对 OT 百合木门组织培养球发芽率、抽茎率及鳞茎膨大的影响	徐 扬/93
北京市昌平区香草植物引种及应用初探.....	张 岩/98
百合种球采后处理技术探讨	徐 扬/112
浅析城市绿地养护管理技术	金 环/117
浅谈行道树在城市生态中的作用及修剪技术	马淑霞/126
柳树嫁接技术的应用	孙维娜 王新宇/136
浅析园林树木中行道树的整形修剪	杨永华/146
浅谈园林中的人性化设计——以永安公园为例	刘成青/150
浅析节日摆花的发展方向	路覃坦/159
浅谈园林绿化种植工程与施工管理	胡新杰/164
浅谈北京行道树的栽培管理	刘 佳/174
长寿花规模化生产技术	宋文雁/217
蝴蝶兰现代化智能温室生产工艺	王军峰/221
红掌生产管理技术	于号兵/228
附录	/235

中国百合及球根花卉产业研究进展

杨春起

北京市昌平区园林绿化局

摘要:花卉产业是集经济效益、社会效益和生态效益于一体,劳动、资金和技术密集型的绿色朝阳产业。百合又是花卉产业中重要的观赏植物,也是世界范围内重要的鲜切花种类之一。本文通过对近年来国内外百合及种球繁育、切花百合生产、球根花卉产业等研究成果的梳理,阐述我国百合切花及种球产业和球根花卉的研究进展,提出百合及球根花卉产业存在的问题,进而论述我国百合及球根花卉产业的发展趋势,对促进我国花卉业的可持续发展及深入研究百合种球繁育、采后打破休眠和贮藏等适应我国百合大规模生产的各个关键技术环节具有重要的理论和现实价值,对于调整农业种植结构、提高农民收入、满足人民对美好生活的需要具有重要意义。

关键词:百合;种球繁育;切花百合;球根花卉

球根花卉(*flower bulbs*)是指植株地下部分的茎或根变态、膨大并贮藏大量养分的多年生草本植物。由于球根花卉种类丰富、适应性强、栽培容易、管理简便,加之球根种源交流便利,是园林布置中比较理想的一类植物材料,常应用于花坛、花境、水景及基础种植。球根花卉还是切花和盆花的生产中的重要组成部分,如用于切花生产的球根花卉常见的有百合(*Lilium* spp.)、唐菖蒲(*Gladiolus hybrids*)、马蹄莲(*Zantedeschia aethiopica*)等。其中百合切花的销售量在国内外花卉市场上一直名列前茅,居世界第四大切花和中国第三大切花,也是世界范围内重要的鲜切花种类之一^[1]。2014年中国仅百合切花产量就超20亿支,即使扣除其中多茬球的使用,每年我国对百合种球的需求仍然超过4亿粒。近代,欧美园艺专家利用中国百合资源,通过杂交育种途径培育出多系列观赏百合新品种,这些花色丰富、花形多变、花期较长、多数具有浓郁芳香味的新品种,深受消费者的青睐。中国观赏百合除了应用于切花和盆花生产外,还选用抗逆性强、能自然越冬、花色艳丽的庭院百合品种,用于城市公共绿地和庭园绿化中种植^[2]。然而,由于中国生产、贮藏等技术缺乏及国外对种球繁育、采后处理、贮藏等关键技术的限制和高额的技术转让费用,使得改变80%以上的百合种球需从荷兰等国进口的现状步履艰难,导致我国百合种球的生产成本居高不下,严重受制于人。因此,深入研究球根花卉,特别是百合种球繁育、采后打破休眠和贮藏等适应我国百合大规模生产的各个关键技术环节具有重要的理论和现实意义。

1 百合切花和种球生产、供应现状

中国百合种质资源丰富,是百合的主要起源中心之一,栽培历史已有 2 000 多年。全世界百合野生种有 96 个种,其中有 47 个种 18 个变种原产中国,占世界百合种类的近 1/2,其中有 36 个种 15 个变种为中国特有,主要分布在全国 27 个省(自治区、直辖市),其中以川西部、滇西北、藏西南种类最多。然而,由于中国经济发展长期未能与世界经济同步,更落后于西方发达国家,使得国家对花卉研发资金投入严重不足,制约了中国花卉产业的发展。近些年,伴随着国家经济的高速发展,人民对美好生活的期许日益增长、文化生活的持续改善,对精神文化需求快速提升,花卉的需求不断增加。作为切花中的贵族,百合以其“百年好合”的美好寓意,婀娜多姿的外形赢得消费者的追捧,使得百合切花的需求量迅速攀升。然而,由于我国的百合生产、研究起步较晚,百合切花生产的产业化、百合种球繁育的国产化尚未完成,百合种球的需求主要依赖从荷兰等国家进口,百合产业的发展严重依赖于国外的局面还将持续一段时间。特别是在我国的百合种球的生产繁育、采后处理、贮藏等技术研发严重滞后的背景下,进口百合种球的价格居高不下,迫使花农为降低生产成本,不得不一次购买百合种球,多茬次种植,甚至一次种植多次采收,导致百合病害蔓延,引发农药的过度使用,最终造成对环境不可逆转的污染,严重影响国家土壤和生态安全。从 20 世纪 80 年代开始,中国的国家和省市科研部门及大专院校相继开始了百合种质资源调查、品种选育、组培快繁、种球生产等技术研发。2005 年以后,观赏百合主要产区开始试探百合种球国产化繁殖技术研发。经过多年的不懈探索,在百合无病毒种球国产化繁殖关键技术等环节取得明显进展,在有限区域及小规模示范区域范围内实现了百合种球的成功生产。然而,就整体而言,要进一步扩大规模和保持长期稳定生产,实现百合种球商品化生产,仍需进一步探索和实践。

对百合种球的国产化繁殖技术的研发迫在眉睫的现实是显而易见的,另一方面对百合种球用途与需求也正在改变。根据有关数据统计,以百合种球为主体用于“种子”的花卉销量同比增长近 100.26%,而花坛植物种植面积 2015 年是 2014 年的 93.65%,转变为 2016 年比 2015 年增加 9.45%,异军突起的花卉文化节、景观花海、花卉小镇、特色花园、小微绿地、花卉餐厅等花卉旅游项目迅猛发展,花卉旅游项目从最初的薰衣草庄园、月季园、郁金香园、百合园,向打造生态景观花带、各种宿根植物的花海和精致花境转变,花卉与文化旅游结合的产业优势逐渐显现,也为百合种球的需求提供了更大的空间。

1.1 百合切花在鲜切花中的地位

百合是世界范围内重要的鲜切花种类之一。据 2012 年荷兰花卉拍卖市场切花交易份额(AIPH 统计)统计结果(图 1.1a),百合切花的交易额占花卉总交易额的 7.0%,位列鲜切花交易的第四位,仅次于荷兰的国花郁金香。我国从 20 世纪 90 年代初开始进行百合切花生产,有近 30 年历史。1990 年以前,作为切花栽培的百合品种尚未在我国推广,市场上销售的百合切花基本上来自以荷兰为代表的国外进口,市场价格最高卖到 28 元/支。直到 1990 年以后,随着我国花卉产业的快速发展,百合鲜切花在地上的地位开始得到生产者和科研工作者的关注。据中国花卉协会 2006 年统计,全国花卉种植面积 430 000 hm^2 ,其中百合鲜切花种植面积 2 300 hm^2 ,占花卉总种植面积的 0.5%,比 1996 年的 6 hm^2 增加了 383 倍,生产切花 5 亿支,

实现了百合鲜切花市场的部分自给。据农业部统计 2012 年中国切花交易份额中,百合切花占 20.0%跃升到第二位(图 1.1b),2013 年百合切花种植面积增加到了 9 989 hm²,生产百合切花 17.2 亿支,百合鲜切花实现了自给,也走进了平民百姓家中。我国切花百合主要生产地除集中在云南、辽宁凌源老产区外,又向广东、浙江、江苏连云港、福建南平等新区发展。百合切花生产面积不断增加,切花质量也不断提高,经济效益稳定。中国百合切花生产实现了从无到自给自足,百合产业在弹指之间实现了跨越式发展,百合产业的市场地位是显而易见的。但是,在梳理着百合产业飞速发展数据的同时,我们还必须看到由于种球繁育和产业研发的严重滞后,百合产业发展依赖于国外的现状没有改变,百合种球依赖进口的业态没有改变,品种单一、生产成本低、种植风险高的现状没有改变。

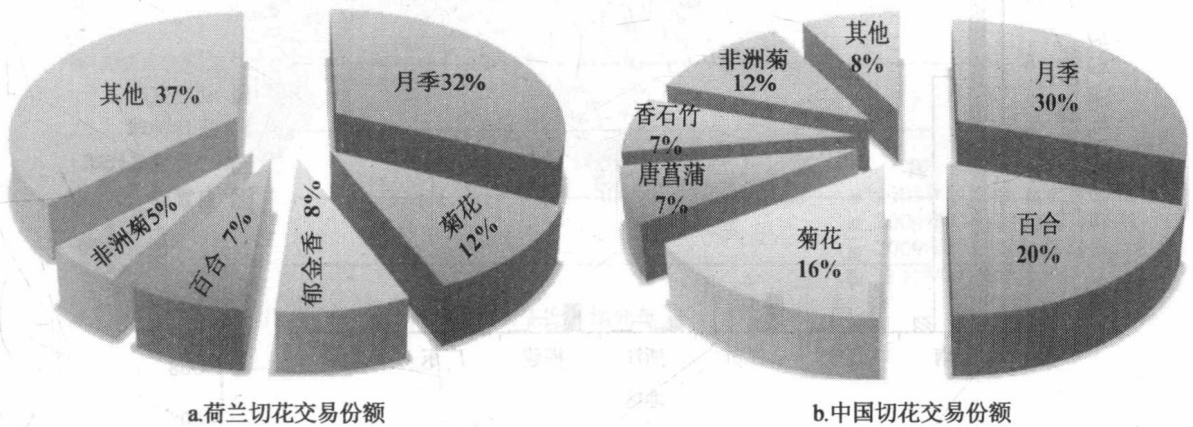


图 1.1 2012 年荷兰和中国切花交易份额

盆栽百合生产规模小,市场上不多见,仅是年宵花卉中的一个新类型。盆栽百合以东方百合、OT 百合、LA 百合和亚洲百合中的早花品种为主,生长周期短,株形矮化紧凑,花期一致性强,容易包装,适合远距离运输。生产基地主要集中在北京、上海、广州等大城市周边,有较好的发展前景。

我国庭院百合生产尚处于起步阶段,发展势头强劲。庭院百合花期长,花姿优雅别致,花色艳丽。每年开花季节举办百合花卉展览,宣传与普及百合花文化,引来成千上万的观众参观游览,带来丰厚的经济效益和社会效益。

早在 2 000 多年前中国人就将百合球茎作为药用植物使用,总结出百合具有清肺润燥、滋阴清热的药用功效。从距今约 500 多年的明代就开始了食用百合栽培。当今全国已形成以甘肃兰州百合、江西万载百合、湖北隆回龙牙百合、江苏宜兴百合为中心的国家级百合产区,百合加工方式和商品生产也日趋多样化。

1.2 中国主要切花百合生产区分布

中国幅员辽阔、地理纬度跨度大,土壤、水文条件适宜开展百合切花和种球生产的地域较多。经过多年的不断探索,各个地区根据自己地域的气候、土壤、水文、基础设施条件和经济现状,研究总结出适合各地区百合切花生产技术和种球种植及多茬次生产技术,形成了跨越中国南北各具特色的不同百合产区。例如,主要产区分布在云南昆明(嵩明、大哨)、会泽、沅江、玉

溪,辽宁凌源、沈阳,江苏连云港,福建南平,广东惠州,浙江海宁,北京昌平(图 1.2)。这些产区全年生产百合切花 16.5 亿支,百合切花产量占全国的 80% 以上,种植二茬、三茬以上的种球 11 亿粒,自繁球 0.8 亿粒,进口百合种球 4.3 亿粒,种球繁育占全国的 90% 以上。云南百合产区的花农,将进口百合种球使用二茬、三茬甚至多茬,也有的花农和百合生产企业种植一季后,将百合种球收获、低温处理解除休眠,然后进行低温贮藏,降低了百合种球采购成本,取得了较好的经济效益。辽宁百合产区的花农主要进行二、三茬百合切花生产,总结出了二、三茬百合切花高效种植技术。

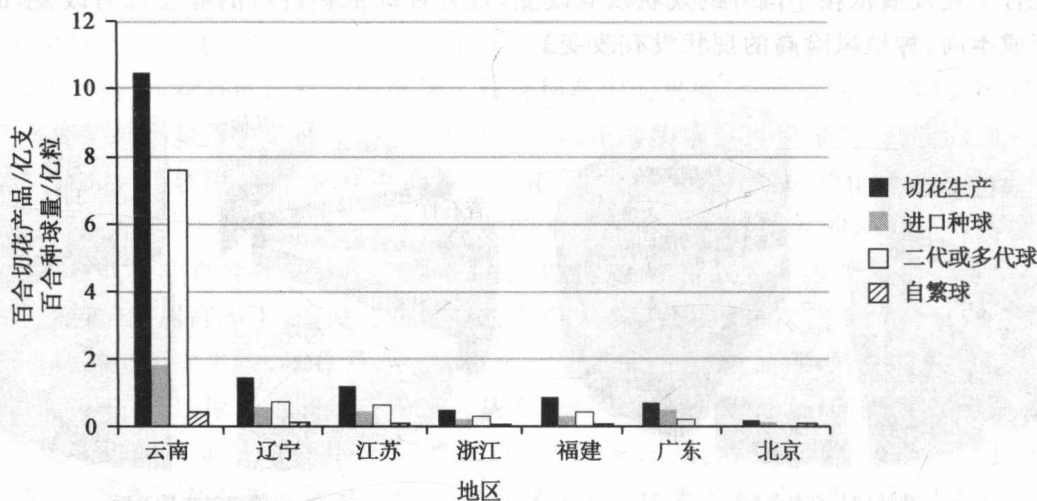


图 1.2 全国主要百合产区数据统计

1.3 北京百合产业发展现状

北京是全国的主要花卉消费市场,仅百合切花年需求量就超过 5 800 万支,而北京自产的百合鲜切花市场占有率不足 20%。截至 2014 年,全市花卉生产面积 4 667 hm²,其中设施面积 750 hm²,年产值 11 亿元,年销售收入 7.9 亿元,出口创汇 344 万美元。昌平区自 2003 年开始百合切花生产,2006 年以后进入快速增长期,最高时百合切花产量接近 800 万支(图 1.3)。昌平区集成北京科技资源优势,与中国农业大学合作,自 2006 年开始进行种球繁育技术研究,先后承担了北京市重大科技项目、农业推广项目、星火项目及国家百合科技示范区等项目。昌平区利用西部地区光照、风力资源丰富的优势,确定了在高海拔地区繁殖百合种球,低海拔地区进行百合切花生产的总体布局,引进荷兰种球专利品种繁殖许可,自 2007 年开始研发种球繁育关键生产技术和脱毒百合种球隔离种植、鳞片扦插、籽球繁育、商品球生产、采后处理及贮藏关键技术,探索出一条适合北京地区的百合种球规模化生产的系统技术体系。2012 年百合种球产量达到了 700 余万粒,降低了百合种球进口依赖程度,进而影响了进口百合种球的价格。由于百合种球国产化的快速推进,以及人民币的升值和欧元的贬值,使得荷兰进口的百合种球价格下降了近 30%。面对国产种球与进口种球价格相差不多,而质量却略逊一筹的情况下,国产种球生产企业面临减产、停产、转产的痛苦抉择。另外,人工成本的不断攀升也是不可回避的诱因,北京地区最低工资标准已从 2006 年的 860 元/(人·月),上调至 2016 年的 1 890 元/(人·月)。以上种种原因使得国产百合种球生产从 2013 年开始下滑。因

此,降低国产百合种球繁育的生产成本、提高产品质量尤为重要。

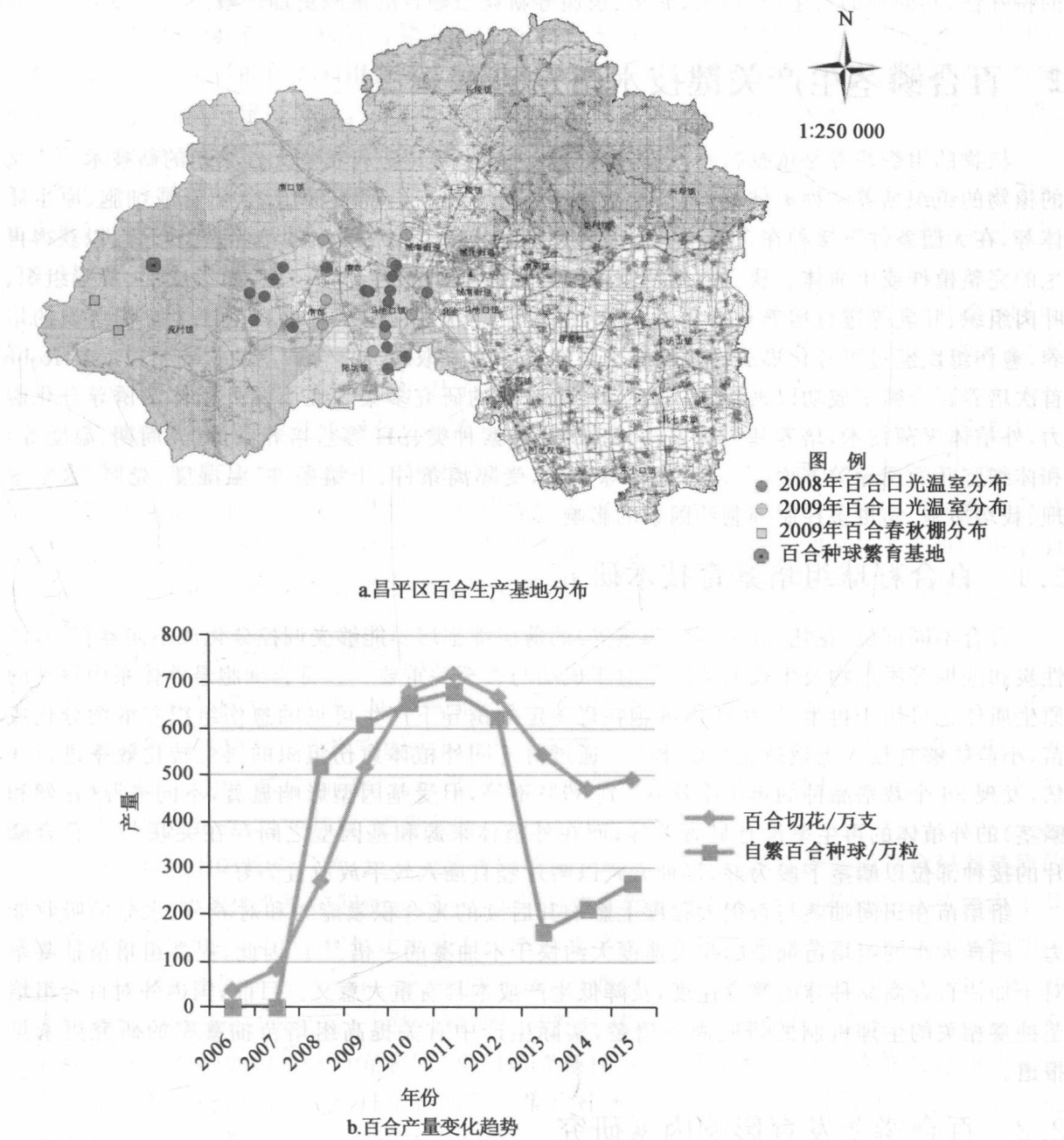


图 1.3 北京市昌平区百合产业数据统计

非首都功能疏解给北京花卉商品的交易与流通带来局部阵痛和暂时波动。据统计数据,全国花卉市场 2016 年较 2015 年减少 191 个,北京花卉市场 2016 年较 2015 年减少 5 个。终端花卉市场减少的原因一方面是在疏解整治的背景下,由于拆迁改造,2014 年北京莱太花卉市场正式拆移缩减,2015 年北京通厦花卉市场关停,2016 年北京玉泉营花卉市场(部分展厅)、山东日照海曲园艺等也因为城市规划建设而关停。另一方面则是虚拟花店、多功能商铺、电商、微商等多种销售方式的快速发展,使得花卉销售对实体市场的依赖性逐渐降低,花卉销售

的多样性替代了传统花卉市场的部分功能,花卉产业的新业态正在悄然形成。由于百合产业的特殊性,其面临的与生产、包装、储运、快递等新业态融合的挑战更加严峻。

2 百合鳞茎生产关键技术研发进展

植物的组织培养是依据植物细胞具有全能性这个理论进行植物无性繁殖的新技术。广义的植物的组织培养又称离体培养,系指从植物体分离出符合需要的组织、器官或细胞、原生质体等,在无菌条件下接种在含有植物所需各种营养物质及植物激素的培养基上培养,以获得再生的完整植株或生命体。狭义的植物组织培养是指用植物各部分组织,如形成层、薄壁组织、叶肉组织、胚乳等进行培养获得再生植株,也指在培养过程中从各器官上产生愈伤组织的培养,愈伤组织经过再分化形成再生植物。组织培养是获取脱毒百合鳞茎的重要手段。自 Robb 首次培养百合鳞茎成功以来^[3],关于百合组织培养的研究多集中在不同外植体的诱导分化能力,外植体灭菌技术,培养基的配方(蔗糖浓度、激素种类、pH 等),培养条件(光周期、温度等)和体细胞胚的诱导等方面^[4-6]。脱毒籽球栽培,受隔离条件、土壤条件、温湿度、光照、水肥管理、栽培措施、病虫害控制等制约因素的影响。

2.1 百合籽球组培繁育技术研究

百合不同部位(花托、叶片、茎、鳞茎等)的薄层细胞培养能够受调控分化成不同器官^[7],活性炭和蔗糖等添加物及生长调节因子对于成功与否至关重要^[8]。百合细胞悬浮体系中得到的原生质体也可用于再生,原生质体细胞在毒莠定的诱导下产生可见的愈伤组织并继续分化成苗,小苗能够直接入土栽植无须驯化^[9]。通过对不同外植体愈伤组织的再生转化效率进行评估,发现 36 个栽培品种的再生率从 0% 到 89% 不等,但受基因型影响显著,不同来源(花丝和鳞茎)的外植体的再生率没有显著差异,而在外植体来源和基因型之间存在关联^[10]。百合鳞片的接种部位以鳞茎下段为好,接种方式以鳞片竖直插入较平放放置为好^[11]。

组培苗在田间抽茎与否很大程度上影响其后续的光合积累能力和对养分、水分的吸收能力。同样大小的组培苗抽茎的膨大速度大约快于不抽茎的一倍^[12]。因此,提高组培苗抽茎率对于加快百合商品种球的繁育速度,及降低生产成本具有重大意义。目前,国内外对百合组培苗抽茎相关的生理机制的研究尚不清楚,实际生产中有关提高组培苗抽茎率的研究更未见报道。

2.2 百合鳞茎发育影响因素研究

百合鳞茎发育过程中受到各种环境因素的影响,如温度、光照。同时,也会受到内部因素的影响,如激素。在百合鳞茎的栽培过程中,各种栽培技术对其生长会产生不同的影响,如施肥、种植深度、去蕾处理等^[13,14]。

光照和温度作为两个重要的生物环境影响因子,在百合的生长种植过程中起到重要的调节作用。当花蕾长至 7 cm 时去除叶片,1 200 lx 光照强度下,60% 的花蕾可以发育成花,而无光环境下则全部落蕾^[15]。引起上述差异的原因可能是光照的差异^[16]。

高温或者强光对百合叶的伤害较大,同样,环境湿度对百合生长的影响也很大。百合是喜湿的植物,土壤轻微的缺水便可导致百合叶片的萎蔫失水,甚至能造成更严重的不可逆性后

果^[17]。土壤湿度也不宜过大,否则容易造成百合地下鳞茎的腐败^[18]。百合生长对空气中的相对湿度也有一定的要求,适宜百合生长的空气相对湿度为80%~85%。

适当的肥料能够有效促进百合鳞茎膨大和充分发育^[13]。不同的生长周期内和不同的生长季节里百合对肥料的种类和用量要求有所不同。在百合的各个器官中,氮、磷、钾的分布随着生长时期呈现出一定规律性,幼期叶片为主,后期鳞茎为主,茎叶比重减少^[19]。鳞片生成、鳞茎发育时,合理施肥可以促进鳞茎抽薹,并且促进茎根的发育^[20]。

百合籽球的栽植深度和籽球的大小呈正相关,适当的加深种植深度可以显著提高鳞茎繁殖系数,并可以有效地防止鳞茎退化和花期的推迟。种植带茎根的百合时,栽植深度应该超过鳞茎的2倍高度,若是没有茎生根的百合则应该栽植浅些^[21]。

去蕾可以有效促进百合鳞茎增大增重,同时可以使新鳞茎形成时间提前^[22]。去蕾时间应该以花蕾伸出顶端2~3 cm为宜,或以长叶数为依据,在植株长出60片以上且日平均气温在25℃以下为宜^[23,24],以避免造成损伤,从而影响鳞茎的营养生长。

百合栽培过程中应该注重对各种病虫害的防治。百合在栽培过程中常遇到的病害包括灰霉病、病毒病和各种生理性病害。在种植前应该认真检查并及时清除被侵染的籽球。同时应对土壤进行消毒处理,而且避免连作,以免造成病害的发生及传播。栽培过程中应注意百合根系的发育情况,并给予适当强度的充足光照,以免造成芽干缩的现象。此外,注意调节土壤的pH,及时追施矿物质肥料,并合理安排种植密度,可以有效减少各种生理性病害的发生^[25]。

2.3 百合鳞片繁育技术研究

百合鳞片繁殖具有低成本、易操作和高繁殖率的特点,是百合繁殖最为快捷、经济的方法^[26]。百合鳞片扦插的主要影响因素来自内因和外因两个方面。内因方面主要包括扦插百合种的差异性,扦插时鳞片的取材部位等;外因方面主要包括外界培养的温度、湿度、光照质量和强度以及激素处理、培养基质、消毒处理、扦插手法等^[27]。

百合具有广泛的种质资源,且不同品种间的差异较大,这种差异性决定了百合培养环境的复杂性,在其快繁条件严格控制的情况下,其种的差异性更加显著^[28]。不同百合品种由于其遗传组成的差异性和自身生理生化水平上的差异性导致鳞片扦插成球率和生根成活率的明显差异^[29,30]。对东方百合 Sorbonne(索邦)和 Siberia(西伯利亚)、亚洲百合 Navona(白天使)和麝香百合 Snow queen(雪皇后)4种材料的扦插特性进行研究,发现东方百合 Siberia 的出芽率最高^[31]。对5种铁炮百合研究表明,相同培养条件下,成活率和平均繁殖系数存在明显差异^[30]。对兰州百合、细叶百合、丹东布朗百合鳞片扦插过程中发现影响百合鳞片扦插成活的主要因素是百合种类^[31]。

在百合扦插过程中,取材的部位和取材的方法也是影响扦插效果的重要决定因素。鳞片不同部位上的分化能力存在差异,形成小鳞茎的效力也各有不同^[32]。由于所含营养成分的差异,越接近中心部位的鳞茎越轻,所以利用外部和中部的鳞片进行扦插效果较好^[19]。百合鳞茎形成小鳞茎的能力差异表现在扦插后鳞片的腐烂程度,由外到内层鳞片的腐烂率由高到低,小鳞茎增殖数由高到低依次为中层、内层和外层,因此扦插选取中层鳞片最佳^[34]。亚洲百合品种外层鳞片扦插繁殖效果最好,内层鳞片较差^[35]。

鳞片扦插方式分为整叶扦插和切割后扦插,不同的扦插方式对扦插效果的影响也有所不同。将每个鳞片平均切分成若干小块进行培养时,每个小块形成小鳞茎的能力也有所不同^[3]。

Toro 和 Siberia 切去 1 cm 鳞片顶尖后,小鳞茎的结实率显著提高^[36]。切割扦插的有效长度为不超过 1/3,鳞片的“二等分”能够提高繁殖系数和成苗率^[37]。用刀切割和用手掰的方式对鳞茎进行切割,其栽培后小鳞茎生成数有明显差异,前者高于后者^[38]。对东方百合索邦鳞片进行纵切,切割处理后的鳞片小鳞茎发生率、繁殖系数、直径、根数、根长都显著高于未切割的鳞片^[39]。相比而言,整叶扦插繁殖系数较高,而且腐烂率较低^[34,40]。

扦插的基质配方和基质的条件是影响扦插的因素之一。有研究表明,纯细河沙、沙和草炭 1:1 以及沙、草炭和壤土 1:1:1,三种扦插基质对鳞片生籽球数目、球茎大小、根数、叶片数均无显著影响^[41]。但另有研究表明,采用沙土、原土和锯末混合的方式配制扦插基质,对鳞片的生根有极显著的影响,小鳞茎生根后长出的苗也较为健壮,移栽成活率较高^[27,42]。扦插百合鳞片的繁殖系数随着珍珠岩含量的增加有较大程度的提高,但是形成的小鳞茎的增长量逐渐变小,而使用腐殖土却呈现出相反的趋势^[37]。锯木屑埋片处理最有利于提高繁殖系数和生根数量,形成的小鳞茎个体较大,萌发率高^[43]。泥炭+珍珠岩和泥炭+沙的两种混合基质是最适用于龙牙百合的扦插基质^[44]。

扦插时用适当浓度的植物生长调节剂进行处理,可以明显地提高扦插效率。不同的浓度和不同的处理时间下,扦插的结果有较大差距。植物生长调节剂处理各因素的影响效力为:激素种类>处理时间>浓度^[43]。吲哚丁酸(IBA)显著地促进鳞片扦插过程中小鳞茎的形成,而赤霉素(GA3)处理有利于获得个体较大、外形周正的小鳞茎^[45]。200 mg/L 的 IBA 处理,小鳞茎发生率、繁殖系数、直径、根数、根长都显著高于 100、300 mg/L 浓度处理^[40]。300 mg/L 的萘乙酸(NAA)可以显著提高百合鳞片的扦插效率^[46],而 100 mg/L NAA 溶液处理能明显提高成球率和生根率^[47]。NAA 处理增加了鳞片的腐烂率,但是 300 mg/L 的 IBA 的处理可以有效提高小鳞茎的生成^[48]。索邦以外层鳞片用 100 mg/L NAA 处理扦插结果最好,而西伯利亚以外层鳞片用 150 mg/L 细胞分裂素(6-BA)处理扦插结果最好^[49]。麝香百合在 1 mg/L 6-BA+1 mg/L NAA 处理下能够提高鳞片的扦插繁殖系数,同时低浓度的 GA3 促进植株的生长,而高浓度则抑制其生长^[50]。在东方百合鳞片扦插中用 300 mg/L NAA 在鳞片扦插前速蘸比 1 mg/L NAA 在鳞片扦插后多次喷施效果更好,更有利于鳞片的繁殖^[51]。用营养液浸种后扦插鳞片有利于提高小鳞茎分化率和整齐度^[52]。

扦插鳞片的生根和小鳞茎的形成要求最大的环境条件是温度^[53]。鳞片繁殖中,小鳞茎形成的数目受温度影响,形成小鳞茎数目最多的温度为 23℃^[54]。昼温为 20~25℃,夜温为 10~15℃时,最适宜百合的生长。百合鳞片扦插时,高温高湿更加有利于鳞片的生长^[39,53]。小鳞茎生根萌叶的能力与土壤温度、小鳞茎大小及成熟度有关,较大的鳞茎对较高温度处理比较敏感^[19]。麝香百合鳞片形成小鳞茎最佳温度是 23℃^[54]。扦插前,对百合进行适当的低温处理有助于提高成功率。亚洲百合 Toro 和东方百合 Siberia 的鳞片扦插在 2~4℃处理一个月后,结球率和小鳞茎生叶率均有所升高^[37]。

光照条件会影响百合的籽球的形成,不同百合品种鳞片扦插对光照的反应不同,并受多重因子的影响。细叶百合鳞片 25℃扦插的最佳光照条件是遮光黑暗^[39]。东方百合 Siberia 和 Sorbonne 的鳞片小鳞茎在黑暗条件下的诱导率明显高于光下的诱导情况^[55],但是这种黑暗处理会造成繁殖系数的降低^[46]。

3 百合鳞茎休眠解除技术研究进展

影响百合鳞茎休眠的环境因素有温度、光照、水分及激素等,其中,高温、短日照、水分亏缺可加速百合鳞茎的休眠。解除休眠常用的方法可以分为物理方法和化学方法两大类。物理方法包括低温处理,高温处理,温水浸泡去除皮膜和切割鳞茎等;化学方法包括使用激素和生长调节剂、乙醇、硫化物处理等^[56]。目前常用的方法主要是低温处理。

3.1 百合鳞茎高温处理

储藏温度影响种球的休眠^[57]。秋植鳞茎通常可以通过高温处理解除休眠。进入休眠的鳞茎,由于没有经过充分的高温处理,就不能正常发芽。休眠通过变温处理也可以解除,通常先经短期的低温($0\sim 5^{\circ}\text{C}$)或短期的高温($28\sim 32^{\circ}\text{C}$)处理后,然后在合适的温度下黑暗储藏,可以缩短休眠期。同样,在冷凉地区生长的百合鳞茎高温处理的效果比在温暖地区生长的效果好。亚洲百合与铁炮百合一样,低温处理之前采用温汤处理有利于鳞茎以后的生长发育^[58]。东方百合与亚洲百合一样属于冬季休眠型,但与亚洲百合相比,东方百合的鳞茎成熟期较晚,最早收获期在10月下旬,鳞茎没有经过高温期就进入低温休眠阶段,因此,在进行东方百合促成栽培时可直接进行低温处理而不需要温汤处理^[59]。

3.2 百合鳞茎低温处理

百合鳞茎由于类群多,品种丰富,因此鳞茎打破休眠的温度需求也不尽相同。不同品种对于低温的感应程度不同。东方百合属于冬季休眠的种类,一般在鳞茎成熟以后从秋季开始进入休眠阶段,由于鳞茎成熟晚,没有经过高温期就直接进入休眠。 $1\sim 10^{\circ}\text{C}$ 的低温均能打破休眠^[60],低温处理时间越长,鳞茎萌发的时间越早越整齐^[61]。在实际生产中,多采用低温层积处理,温度一般为 5°C 左右,需要2~3个月。这需依据其生活周期而采取相应的对策^[62]。亚洲百合鳞茎进入休眠以后,必须低温处理才能够解除休眠,低温是打破休眠和诱导花芽分化的重要因素^[63]。打破亚洲百合鳞茎休眠的有效温度在 15°C 以下。通常,鳞茎收获以后,在 14°C 以下预冷2周,然后放在 $2\sim 8^{\circ}\text{C}$ 的低温处理8~10周,可以有效地缩短种植到开花的天数,提高开花率^[58]。

3.3 百合鳞茎植物生长调节剂处理

化学方法主要是采用外施激素的方法。植物激素和其他一些化学物质都有调节休眠的作用。此前已有报道的多为外源赤霉素(GA3)处理。GA3处理的鳞茎没有出现淀粉降解和可溶性碳水化合物含量增加等变化^[64]。用低浓度的乙烯利(CEPA)处理药百合后,不但加快了休眠解除,而且可以使其开花提前^[65]。化学药剂结合低温处理增加了其打破休眠的效应,而药剂二次处理能在一次处理的基础上促进鳞茎的萌发,缩短发芽时间,使开花提前^[66]。GA3浸泡部分代替了冷处理的效果,但GA3只有和低温结合应用才能完全解除休眠。中低浓度的GA3($0\sim 200\text{ mg/L}$)和低浓度的CEPA(30 mg/L)处理冷藏的香水百合鳞茎后发现,鳞茎内可溶性糖、可溶性蛋白质和淀粉含量较高,处理后的百合鳞茎有利于解除休眠^[67]。在 2°C 条件

下,GA3 处理兰州百合二级鳞茎发芽时间由 105 d 缩至 90 d,而 ABA 处理三级鳞茎发芽时间由 95 d 延长至 115 d。外源 GA3 处理加快鳞茎内物质变化,而外源 ABA 处理延缓了鳞茎内的物质变化^[68]。

目前,对百合鳞茎休眠生理的研究已从形态、生理水平深入碳水化合物、激素及酶等物质代谢、细胞超微结构和分子水平。新一代测序技术的发展也为阐明百合低温休眠,淀粉代谢途径提供了大量数据,同时激素代谢、DNA 甲基化和能量代谢途径都参与其中^[69-75]。

4 百合鳞茎贮藏技术研发进展

贮藏是控制百合鳞茎休眠的有效方法,也是调控百合鳞茎种植时间,实现百合切花周年供应的必要措施。因此,百合鳞茎的贮藏技术问题备受关注。

4.1 百合鳞茎贮藏设施功能

利用国产种苗冷库对百合鳞茎安全贮藏期进行了检验,结果表明从冷库性能和贮藏处理技术两方面来看,基本达到了安全贮藏 10 个月的目标,说明符合设计要求的国产冷库可以承担百合鳞茎安全贮藏的更大规模试验^[76]。百合鳞茎的冷藏需用专用冷藏室,冷藏室温度即使是很微小的差异都可能引起百合鳞茎冻害或发芽,从而影响冷藏效果。冷藏室必须安装自动慢速通风装置,有一定的空气环流和良好的制冷能力^[77]。

4.2 百合鳞茎贮藏前处理措施

鳞茎采收后立即进行低温处理,鳞茎会有较高的发芽率。若将鳞茎先在室温下干燥贮藏 1~3 周,再进行低温处理,发芽率会急剧降低。如果将低温处理的时间适当延长,鳞茎的发芽率会明显提高^[78]。鳞茎采收后的清洗、分级、包装及冷处理打破休眠是长期冷藏前的重要工作。泥炭与锯末是百合冷藏的优良介质,介质的蒸汽消毒效果明显优于药液消毒^[79]。冷藏室中箱与箱之间需要保持适当空间,放置时遵循以下原则:上不靠顶,下不靠地,箱不靠墙,箱不靠箱,从而保持良好通风透气性,使整个冷藏室温度均匀,保持相对一致^[77]。在实际生产中,不同产地的鳞茎,休眠程度也不同。在冷凉地区生产的鳞茎休眠较浅,而温暖地区生产的鳞茎休眠较深。一般来说,商业化生产用的亚洲系百合和东方系百合鳞茎采用的冷处理温度和时间范围分别是 4℃ 处理 6~8 周和 4℃ 处理 10~12 周^[18],其中 5℃ 处理 3 个月更适合东方百合鳞茎打破休眠^[80]。

4.3 百合鳞茎贮藏中的环境调控

中国农业科学院作物品种资源所以 1.5~2.0 cm 高的百合组培苗为试材,于 16~18℃、光照 1 000 lx、光照时间 8 h 的条件下保存,结果显示附加 2% 甘露醇的 MS 培养基离体保存百合种质效果最好,存活率达 92.9%^[81]。荷兰农科院植物育种繁殖研究中心将百合鳞茎在 -2℃ 条件下冷藏了 3 年,仍未丧失活力^[82]。由室温降到冷藏温度不应该一蹴而成,而应是一个循序渐进的过程,如果降温幅度太大,可能会导致百合鳞茎的冻害。由室温逐渐降到适宜的冷藏温度时间一般不超过 7~10 d^[77]。一般来说,百合鳞茎贮藏期越长,能开花的花芽数就会