

《兰州百合坑道埋片催培繁殖技术规程》 编制说明

标 准 名 称： 兰州百合坑道埋片催培繁殖技术规程
项 目 编 号： QHNX4-2020
制、修订类型： 制定
主要起草单位： 青海大学高原花卉研究中心
协作单位：
归 口 单 位： 青海省农学会
起草时间： 2019 年 1 月-- 2020 年 10 月

一、 工作简况

(一) 任务来源及说明

2020年3月20日，由青海大学高原花卉研究中心、青海省园林植物与观赏园艺重点实验室（起草单位）申请团体标准的立项，根据青海省农学会下达的《关于下达2020年第一批团体标准项目计划的通知》（青农字[2020]02号），批准《兰州百合坑道埋片催培繁殖技术规程》团体标准的制定。

根据青海省科技计划《干旱山区食用百合高效栽培技术研究及示范》（2018-NK-102）项目和中国国家标准化管理委员会印发《中华人民共和国国家标准标准化工作细则第1部分：标准的结构和编写》的要求，制定兰州百合坑道埋片催培繁殖技术规程。

本规程由青海大学高原花卉研究中心提出，由青海省农学会归口，由青海大学高原花卉研究中心和青海省园林植物与观赏园艺重点实验室起草。2018~2019年在青海省海东市互助县威远镇青海省霍普兰德科技有限公司日光节能温室内进行设计和催培繁育试验、详细观察记载坑道设计与建设、鳞片采集与分级、催培环境设计与调控等，在所获资料和数据的基础上形成初稿，经有关专家审阅、修改，形成该规程文本。

本规程准确翔实地反映了兰州百合鳞片坑道繁殖的术语和定义、坑道设计与催培槽准备、催培前准备、装填、环境控制、过程

管理、效果评价、产量及繁殖周期等技术要点，为兰州百合鳞片工厂化或小规模箱式微型鳞茎繁殖提供了统一、可靠的技术依据。

青海省农学会负责该规程的初审、列项与申请，青海大学高原花卉研究中心负责观察记载和规范的编写。

(二) 起草单位、协作单位

起草单位：青海大学高原花卉研究中心（青海省园林植物与观赏园艺重点实验室）

(三) 主要起草人

姓 名	性别	职务/职称	工作单位	任务分工
唐楠	女	副教授	青海大学	1 范围、2 规范性引用文件、3 术语和定义、5 鳞片采集、8 催培环境调控、编制说明
唐道城	男	教授	青海大学	4 坑道设计、7 装填、9 催培期间管理
巨秀婷	女	副教授	青海大学	10 微型鳞茎质量分级
贾汝龙	男	研究生	青海大学	6 催培前准备
史国民	男	副教授	青海大学	编制说明

二、 制定规范的必要性和意义

食用百合主要包括兰州百合（甜百合）（*Lilium davidii* var *unicolor cotton*）、卷丹百合（药百合）（*Lilium lancifolium*），

是菜、药兼用型百合，属百合科，百合属，卷瓣组，其中兰州百合是川百合种的一个变种，都为多年生鳞茎类草本植物。食用百合含糖量高，粗纤维少，肉质细腻，既是一种有较高营养保健价值的蔬菜，也具有清热解毒、补肺滋阴、润肺美容、止咳化痰、清心安神、止血止痛、止流泪和抗癌等药用价值。主要成分除含大量糖类、蛋白质、脂肪之外，还含有多种生物碱、百合甙、水仙碱、秋水仙氨及磷、铁、钙、锌、Vc、VB1、VB2、胡萝卜素等元素，对人体保健具有重要作用。其中兰州百合口味香甜，以名菜良药而家喻户晓，是一道风味独特的中国名菜，适合煎、炒、蒸、炸、煮、炖等，为中国菜肴中的珍品。

食用百合在青海、甘肃种植约有 130 多年历史，以前只作为一些达官贵人食用和皇室进贡产品。目前主要分布在甘肃、青海、宁夏和新疆等地，生产面积约 20 万亩左右，以甘肃生产面积最大，集中分布在兰州市七里河区和榆中县。曾获“绿色食品”、“中华老字号”及“知名品牌”称号，2004 年被列为“国家山区农业产业化试点示范项目”，因鳞茎色泽洁白如玉、肉质肥厚香甜，成为甘肃省的名优特产，有“兰州百合甲天下”之美誉。

进入 21 世纪以来，随着城乡居民生活消费水平的提高，更注重营养价值和身体保健，食用百合鲜品售价最高可达 80 元/千克，目前在 30 元/千克-40 元/千克。市场需求不断扩大，优质鲜品经常出现供不应求，并大量销往东南亚国家，成为西北地区重要的出口创

汇农产品。

食用百合耐寒，适宜在冷凉、长日照、干燥和肥沃深厚、疏松的弱碱性至弱酸性沙质土壤种生长。适宜在青海东部海拔 1600 米-2300 米、年平均气温 5.0-10.0℃、年降水量在 350 毫米以下的干旱山区栽培，生产出品质优良、外形美观、色泽上乘，产量较高的商品百合。在民和、乐都、尖扎、循化、贵德等有 200 万亩以上的山旱地适宜兰州百合、卷丹百合和山丹百合种植。

目前食用百合生产存在较多困境：①品种单一，老化，退化严重，产量急剧下降，产量由 1987 年单位面积鲜鳞茎采收量 1300 千克/亩-1400 千克/亩下降到 600 千克/亩-900 千克/亩，下降幅度达 30%-50%；②产区分布狭窄，重茬现象严重，品质变差，农民世代种植，在有限的土地上无法实现轮作倒茬，受经济利益驱动只有年复一年的重茬，或简单短期倒茬，导致土壤养分平衡被打破，病虫害频发且严重，鳞茎营养品质下滑，产量降低，在种植老区甚至出现绝收现象；③传统留种和生产方式普遍，专业化、标准化生产水平匮乏，优质产品率低，采用茎生小鳞茎和非商品的小鳞茎做种，种源质量差，导致产品质量差，“千字头”百合鳞茎越来越多，独头百合越来越少，出口产品比例减少；④缺乏优质种源的专业化生产与供应，品种复壮、新品种选育与产业发展严重脱节，自留种、茎生球留种、非商品球留种、高代留种等成为主要种源，导致病毒病、真菌性病害发生严重，种性退化加快，最终导致产量低、品质差、

商品率低，优质产品少，出口紧缩，收益下降，农民生产的积极性不高。

为了充分利用青海东部干旱山区的冷凉少雨气候资源和广袤山旱地发展食用百合，助力干旱山区真脱贫，脱真贫。项目通过食用百合新品系的引进，实现对老品种的更新换代；通过鳞片工厂化无性繁殖技术体系建立和种源专业化生产基地建设，进行大批量、规模化、快速繁殖优质种源，提升食用百合生产的种源质量和数量；通过高产栽培技术与示范，推动食用百合在干旱山地种植，提高山旱地生产的品质、产量与经济效益，把食用百合打造成为干旱山区脱贫的一张名片，实现贫困山区真脱贫，对于提升食用百合栽培经济及社会效益具有十分重要的意义。多年来，在兰州百合鳞片繁育过程中一直无完整和具有可操作性、针对性强的技术规范值得参考。本规范的制定可以解决种球生产全程的技术性问题，为兰州百合微型鳞茎快速、高质量、工厂化、标准化和规模化繁育奠定了基础。

三、 主要起草过程

（一）资料收集、调查、试验论证

2018年-2019年青海大学高原花卉研究中心承担了青海省科技厅下达的“干旱山区食用百合高效栽培技术研究及示范（2018-NK-102）”研究项目。研究内容分别在青海省民和县古善镇、官亭镇、新民乡，乐都区的蒲台乡、中岭乡，互助县的塘川蔬菜产

业园、国家级农业科技示范园和威远镇青海霍普兰德农业科技有限公司完成催培试验和田间微型鳞茎养护试验，测试内容在青海省园林植物与观赏园艺研究重点实验室完成。两年里，主要进行了以下方面的研究：鳞片采集与分级、坑道式鳞片催培槽设计与建造、鳞片埋片催培程序、埋片催培温度试验、催培因子最佳组合的生产验证、药剂处理对兰州百合鳞片坑道埋片催培效果的影响催培微型鳞茎的质量评价、鳞片 CO₂ 释放量及模型构建、坑道埋片催培的先进性及效率分析等。2019 年青海省科技厅组织相关专家对技术的科学性、完整性、成熟性及实用性进行了评价。在研究技术资料的支撑下，结合生产一线的调查数据和经验总结，形成了本技术规程的主要技术成分，对有些不一致和有争议的技术内容又相继进行生产试验的验证，最后形成技术规程完整的技术资料。

（二）成立编写小组和制定编写大纲

成立了以唐楠、唐道城、巨秀婷、贾汝龙为主要编写人员的编写小组，通过多次讨论确定了编写大纲，并根据编写大纲进行了主要任务分工和编写工作。

（三）编写

在技术资料的支撑下，参考国内相关标准，并结合青海省兰州百合种球繁育的客观实际和需求编写出了本技术规程的各部分内容，通过合成和集体修改形成初稿。

（四）修改

1. 第一次修改：在初稿形成后，将本规范初稿提交青海省农学会初审和立项。根据青海省农学会的初审意见，进行格式和内容的第一次修改，修改后再次将修改文本提交青海省农学会审核。

2. 第二次修改：根据青海省农学会的格式审查意见，组织编写人员从格式和内容方面进行反复调整与修改。

3. 同行专家初审和修改：并将修改后的文本提交同行专家进行修改。

4. 第三次修改：将同行专家修改意见汇总，对稿件再次进行修改完善。

5. 格式审查：提交青海省农学会再次进行格式审查和修改。

6. 专家集中修改：青海省农学会组织召开审查会议，专家集中修改。

7. 最终修改与定稿：根据会议专家的修改和建议，对文本进行完善，形成最终上报文件。

四、 制定（修订）标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

根据青海省农业产业结构调整 and 青海省农牧业产业发展标准化、规模化的总体要求，立足于青海省食用百合生产的区域性和自然条件的特殊性、国内外市场的多变性和零散生产方式的局限性，创造性地研究出了兰州百合鳞片坑道式埋片催培繁育技术，在较短

时间内、很小的空间里生产出大量优质微型种鳞茎，参照国家 GB/T 1.1-2020 给出的编写规则，编写出《兰州百合坑道埋片催培繁殖技术规程》。本规范与其它标准不存在法律、法规冲突。目前尚无有效引用文件可以参考，因此不存在知识产权纠纷问题。

五、 主要条款的说明

本规范采用的技术指标、参数、试验方法、检验规则都是在参考相关规范化方法和国家标准，并根据研究和生产繁育验证获得的技术资料与试验结果而制定。目前，尚无有关国内标准可供参考。

（一）3 术语和定义

主要根据兰州百合鳞片繁殖过程中遇见的植物学及生产技术名词的通用定义设置和编写。

（二）4 坑道设计与催培槽准备

坑道设计参照实用专利内容和参数进行设计与建造。根据实用专利的部分内容和参数，完成催培槽准备、基质消毒与水分调节、鳞片消毒与处理。

（三）5 催培前准备

1. 鳞茎分级

2019 年 4 月将购进的优质商用百合鳞茎进行抽检分级，平均每个鳞茎重 106.0-108.0g/个，不同重量的鳞茎共分成<100.0g/个、100.0g/个-150.0g/个、 ≥ 150.0 g/个 3 个等级进行抽检，50 箱共抽 3 箱，抽检结果表明，100.0g/个-150.0g/个所占比例最高，达到

50.0%-57.0%，其次是 50.0g/个-99.0g/个，占 37.0%-47.0%，而 ≥ 150.0 g/个仅占 2.5%-4.85%（表 1）。

表 1 商品百合抽检结果分析

抽检箱号	分级标准 (g/个)	数量 (个)	平均重量 (克/个)	比例 (%)
1	≥ 150	11	160.73	4.85
	100-149	131	117.38	57.71
	50-99	85	88.89	37.44
	合计	227	110.13	100.00
2	≥ 150	11	165.36	4.76
	100-149	119	117.52	51.52
	50-99	101	88.19	43.72
	合计	231	108.22	100.00
3	≥ 150	6	159.00	2.56
	100-149	117	118.85	50.0
	50-99	111	87.78	47.44
	合计	234	106.84	100.00

2. 鳞片采集

2.1 鳞片采集

2018 年 3 月至 7 月，完成了不同规格鳞茎的鳞片采集数量、鳞片采集质量、鳞片采集率和不同部位鳞片的淀粉、还原糖、总糖、纤维素、粗蛋白含量的测定。整个实验分析及数据全部完成。

2018 年共采集 3500 公斤鳞茎的鳞片，采集鳞片 2160 公斤，采集 112.72 万枚鳞片（平均 522 枚/千克鳞片），平均采集率为 61.7%，每个鳞茎平均采集鳞片 48.3 枚。鳞茎大小不同，采集鳞片的数量和质量差异较大，单个 $100\pm 10\text{g}$ 的鳞茎可采集鳞片 46 枚，平均每鳞片重 1.3g，鳞片采集率为 60.0%；单个 $150\pm 10\text{g}$ 的鳞茎可采集鳞片 48 枚，平均每鳞片重 1.9g，鳞片采集率为 60.7%；单个 $200\pm 10\text{g}$ 的鳞茎可采集鳞片 51 枚，平均每鳞片重 2.48g，鳞片采集率为 63.35%。一个独头鳞茎可采集 49 枚鳞片，平均每鳞片重 1.82g；一个双头鳞茎可采集 40 枚鳞片，平均每鳞片质量为 1.56g，独头鳞茎的鳞片质量显著高于双头。2019 年在 2018 年的基础上对采集方法进行了改进，单个鳞茎采集鳞片数有大幅度提高，提高到 63.93 片/鳞茎，采集率提高到 72.32%（表 4）。

2.2 鳞片采集率

不同重量鳞茎的鳞片重量采集率平均为 72.32%，鳞茎越大鳞片重量采集率越低，一级鳞茎的鳞片重量采集率低于二级和三级鳞茎，分别为 68.36%、71.72%、76.38%（见表 2）。不同级别鳞茎的采集鳞片的数量差异显著。平均每个鳞茎采集鳞片数为 63.93 片，表现出鳞茎越大采集的鳞片越多（见表 3），一级鳞茎可采集鳞片 78.4 片/鳞茎、二级鳞茎可采集鳞片 64.0 片/鳞茎、三级鳞茎可采集鳞片 64 片/鳞茎。

表 2 不同级别鳞茎的鳞片重量采集率（2019）

鳞茎等级	鳞片重量 (g)	鳞茎重量 (g)	重量采集率
>150g	136.58	194.37	0.70
	105.25	166.53	0.63
	111.65	175.51	0.64
	110.69	145.49	0.76
	106.99	154.18	0.69
	108.40	146.51	0.74
	99.06	157.04	0.63
	94.52	149.70	0.63
	104.97	154.35	0.68
	120.91	163.98	0.74
平均值	109.90	160.77	0.68
100-150g	84.90	114.00	0.74
	106.76	150.08	0.71
	85.35	125.48	0.68
	81.58	107.51	0.76
	79.41	115.17	0.69
	76.63	119.24	0.64
	87.60	125.02	0.70
	96.10	136.67	0.70
	82.35	112.64	0.73
	81.89	96.79	0.85
平均值	86.26	120.26	0.72
<100g	74.42	93.72	0.79
	50.09	68.18	0.73
	62.79	84.28	0.75
	76.84	95.92	0.80
	67.46	89.31	0.76
	63.27	78.87	0.80
	58.59	74.83	0.78
	70.37	100.26	0.70
	63.30	81.38	0.78
	67.40	90.19	0.75
平均值	65.45	85.69	0.76

表 3 不同等级鳞茎的鳞片采集数（片/鳞茎，2019）

鳞茎等级	鳞茎重（g/个）	鳞片数（片/鳞茎）
>150g	194.37	90
	166.53	86
	175.51	79
	145.49	84
	154.18	81
	146.51	92
	157.04	64
	149.70	76
	154.35	62
	163.98	70
平均值	160.77	78.4
100-150g	114.00	78
	150.08	64
	125.48	66
	107.51	60
	115.17	57
	119.24	54
	125.02	65
	136.67	79
	112.64	61
	96.79	56
平均值	120.26	64.0
<100g	93.72	49
	68.18	55
	84.28	35
	95.92	57
	89.31	49
	78.87	51
	74.83	32
	100.26	45
	81.38	55
	90.19	66
平均值	85.69	49.4

表 4 2018、2019 年鳞片采集率

年	鳞茎重量 (g/个)	鳞片数 (片)	鳞片重 (g)	单片重 (g/片)	采集率 (%)
2018	100±10 g	46	59.80	1.30	60.00
	150±10 g	48	95.04	1.98	60.70
	200±10 g	51	126.48	2.48	63.35
	独头	49	89.18	1.82	
	平均	48.3			61.70
2019	<100 g	49	65.45	1.33	76.38
	100 g -150 g	64	86.26	1.35	71.72
	>150 g	78	109.90	1.41	68.36
	平均	63.93			72.32

3. 鳞片层次分级

根据鳞片着生位置和鳞片分级的可操作性，从外向内将鳞片分成外层鳞片（1-2 层）、中层鳞片（3-4 层）和内层鳞片（5-7 层）。

3.1 不同鳞片层次的鳞片数量

将所有鳞茎分成 200±10g、150±10g、100±10g 三个等级，分等级分层次采集鳞片。鳞茎 200±10g 采集的外层鳞片数最多，显著高于 100±10g 规格鳞茎，与 150±10g 鳞茎的外层鳞片数差异不显，100±10g 与 150±10g 鳞茎的鳞片数差异不显著。100±10g 鳞茎的中层鳞片数最多，显著高于 150±10g 的茎的中层鳞片数，鳞茎 150±10g 与 200±10g 的中层鳞片数差异不显著。鳞茎 150±10g 的内层鳞片数最多，极显著高于 100±10g 鳞茎的内层鳞片数，显著高于 200±10g 鳞茎的内层鳞片数，鳞茎 100±10g 与 200±10g 的内层鳞片数差异不显著（图 1-1、图 1-2，表 5）。对收购回来的独头和双头鳞茎进行采集鳞片数分析发现，双头鳞茎，内层鳞片数最多，外层鳞片数最少。独头鳞茎采集的外、中、内层鳞片及总鳞片数均高于双头鳞茎，

但差异不显著（表 6）。

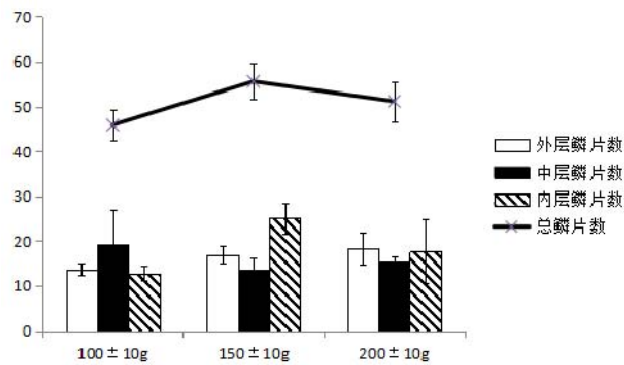


图1-1 不同重量规格鳞茎采集鳞片数的差异

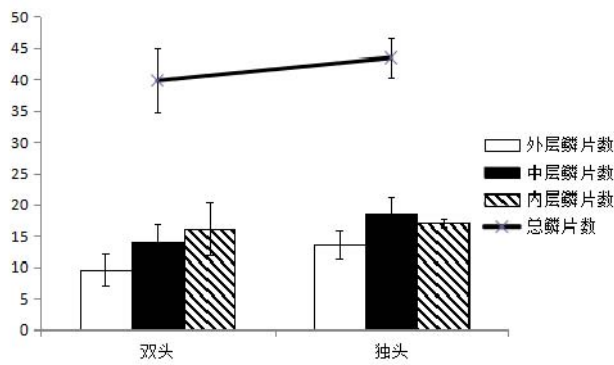


图1-2 不同类型鳞茎采集鳞片数的差异

表5 三种不同重量规格鳞茎采集的鳞片数分析

鳞茎规格	外层（片/个）	中层（片/个）	内层（片/个）	总鳞片数（片/个）
100±10g	13. 72±1. 25ABbc	19. 37±7. 49Aa	12. 79±1. 72Bb	45. 88±3. 56Aa
150±10g	16. 97±1. 85Aab	13. 58±2. 75Ab	25. 07±3. 43Aa	55. 63±5. 92Aa
200±10g	18. 26±3. 53Aa	15. 31±1. 27Aab	17. 62±7. 13 ABb	51. 18±1. 55Aa

注：上述表格中数据均为平均值±标准差。同列数据后小写字母不同表示差异显著（p<0.05）；同列数据后大写字母不同表示差异极显著（p<0.01）。下同。

表6 双头与独头鳞茎采集鳞片数分析

鳞茎规格	外层（片/个）	中层（片/个）	内层（片/个）	总鳞片数（片/个）
双头	9. 58±2. 53Aa	14. 02±2. 66Aa	16. 19±4. 23Aa	39. 79±5. 17Aa
独头	13. 6±2. 4Aa	18. 56±2. 67Aa	16. 97±0. 57 Aa	43. 48±3. 71Aa

综上所述，不同规格鳞茎采集的外、中、内层鳞片数均存在差异，随着百合重量的增加，采集的鳞片总数也随着增加，采集的总

鳞片数差异不显著，这与采集程度、鳞茎中心芽的大小和中心芽多少有关。大鳞茎与微型鳞茎在外层和中层鳞片数上差异不显著，主要差异表现在内层鳞片数上。对于相同重量的独头鳞茎（一个中心芽）和双头鳞茎（两个中心芽）或多头鳞茎（多个中心芽）而言，独头鳞茎的鳞片采集量大于多头或双头鳞茎，鳞茎中心芽越多，采集鳞片的数量也减少。采集 150g 以上的鳞茎采集的外层、中层鳞片差异不显著，差异表现在内层鳞片数上。鳞茎重量由鳞片重量和中心芽重量组成，200±10g 规格的鳞茎内层鳞片较少，中心芽较大。

3.2 不同鳞片层次的鳞片重量

由表 7 可知，200±10g 鳞茎采集的外层鳞片重 50.0±10.1g，极显著高于鳞茎 150±10g 和 100±10g 的外层鳞片重量，鳞茎 150±10g 与 100±10g 的外层鳞片重量差异不显著；鳞茎 200±10g 采集的中层鳞片重 40.0±6.3g，显著高于鳞茎 150±10g 的中层鳞片重，极显著高于 100±10g 鳞茎的中层鳞片重，150±10g 规格鳞茎的中层鳞片重显著高于 100±10g 鳞茎的中层鳞片重；鳞茎 200±10g 采集的内层鳞片重 34.6±10.2g，显著高于 100±10g 鳞茎的内层鳞片重，但与 150±10g 差异不显著。独头鳞茎采集得到的外层、中层鳞片重量均显著高于双头鳞茎，中层鳞片极显著高于双头，内层鳞片差异不显著，采集率极显著高于双头（图 1-3）。

综上所述，独头百合鳞片采集率可达到 74.37%，极显著高于双头百合鳞片采集率（表 8，图 1-4）。不同重量规格的百合鳞茎，随

着百合鳞茎重量的增加，获得的不同层次鳞片重量也相应提高，100±10g、150±10g、200±10g 规格鳞茎采集率分别为 5.13%、61.22%、60.58%。整体来看，在鳞片催培繁殖中，建议选择单头或独头百合鳞茎作为鳞片采集母本最好，少用双头鳞茎，不用两头以上鳞茎。

表 7 三种不同规格鳞茎采集鳞片重量分析

鳞茎规格	外层 (g)	中层 (g)	内层 (g)	采集率 (%) *
100±10g	21.2±3.9Bb	25.7±2.4 Bc	12.9±2.7Bb	58.97±1.06 Aa
150±10g	31.6±4.3Bb	32.6±2.3ABb	28.4±3.2 Aa	61.22±2.09 Aa
200±10g	50.0±10.1Aa	40.0±6.3Aa	34.6±10.2Aa	60.58±4.26 Aa

*采集率=（采集总鳞片的重量/鳞茎总重量）×100％

表 8 双头与独头鳞茎采集鳞片重量分析

鳞茎规格	外层 (g)	中层 (g)	内层 (g)	采集率 (%)
双头	20.4±3.9Ab	24.6±1.7Bb	17.4±1.4Aa	58.72±2.43Bb
独头	34.1±9.6Aa	35.5±3.5Aa	19.6±0.6Aa	74.37±2.01Aa

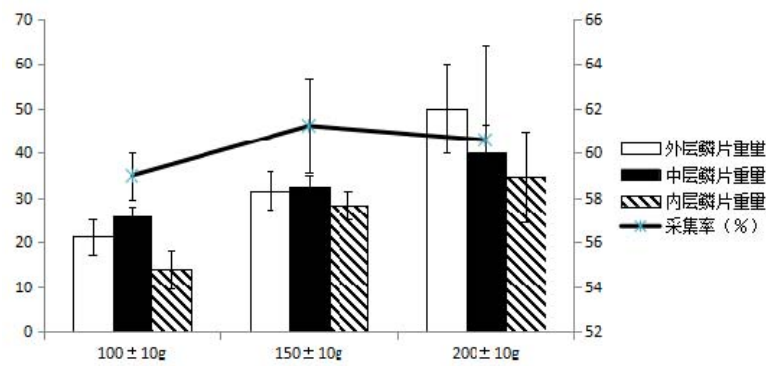


图 1-3 不同规格鳞茎采集鳞片重量及采集率的差异

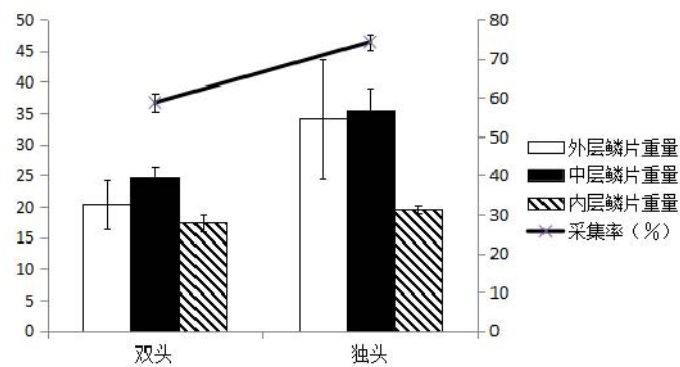


图 1-4 不同类型鳞茎采集鳞片重量及采集率的差异

4. 鳞片重量分级

根据鳞茎鳞片的质量和精准分级，将鳞片分成 $\geq 3.0\text{g/片}$ 、 2.0g/片 - 2.9g/片 、 1.0g/片 - 1.9g/片 、 $<1.0\text{g/片}$ 四级。对表 9 不同规格鳞茎采集鳞片的重量比例析表明，一级鳞片重量平均占鳞片总重量的 8.0%，一级、二级、三级鳞茎的一级鳞片分别占 10.0%、10.0%和 4.0%。二级鳞片重量平均占总鳞片重量的 34.0%，一级、二级、三级鳞茎的二级鳞片分别占 32.0%、33.0%和 37.0%。一级、二级、三级鳞茎的三级鳞片分别占 31.0%、33.0%和 37.0%。一级、二级、三级鳞茎的四级鳞片分别占 25.0%、25.0%和 20.0%。由此看出，不同重量鳞茎的二级鳞片和三级鳞片所占比例最高。各规格鳞茎的一级鳞片的重量占比最低，不足 10.0%，四级鳞片的重量占比在 20.0%-25.0%之间。由表 10 和图 1-5 看出，各种规格鳞茎采集的三级鳞片和四级的重量差异极显著，但也看出 100.0g 以上的鳞茎采集的三级、四级鳞片重量差异不显著，二者极显著高于 100.0g 以下鳞茎采集的三级、四级鳞片重量极显著高于一级和二级鳞片。

表 9 各级鳞片重量的比重分析

鳞 茎 等 级 (g/ 鳞 茎)	鳞茎重 (g/鳞 茎)	鳞片重 (g/鳞 茎)	一级 鳞片 (片/ 鳞茎)	一级 鳞片 (g/ 鳞茎)	比率	二级 鳞片 (片/ 鳞茎)	二级鳞 片 (g/ 鳞茎)	比率	三级 鳞片 (片/ 鳞茎)	三级鳞 片 (g/ 鳞茎)	比率	四级 鳞片 (片/ 鳞茎)	四级鳞 片 (g/鳞 茎)	比率
≥ 150	194.37	136.58	9.00	29.74	22%	16.00	39.01	29%	29.00	42.12	31%	39.00	25.82	19%
	166.53	105.25	3.00	9.01	9%	13.00	31.57	30%	21.00	28.00	27%	48.00	29.03	28%
	175.51	111.65	2.00	6.58	6%	22.00	52.66	47%	25.00	32.10	29%	30.00	18.44	17%
	145.49	110.69	2.00	6.51	6%	17.00	41.06	37%	23.00	32.90	30%	41.00	28.12	25%
	154.18	106.99	1.00	3.22	3%	11.00	29.22	27%	25.00	43.74	41%	44.00	27.14	25%

		146.51	108.40	1.00	3.32	3%	11.00	27.22	25%	24.00	39.99	37%	55.00	35.30	33%
		157.04	99.06	6.00	21.88	22%	9.00	22.64	23%	18.00	27.51	28%	33.00	25.45	26%
		149.70	94.52	0.00	0.00	0%	14.00	34.00	36%	19.00	29.25	31%	40.00	31.02	33%
		154.35	104.97	7.00	25.49	24%	8.00	20.75	20%	17.00	27.97	27%	32.00	26.63	25%
		163.98	120.91	2.00	6.09	5%	20.00	52.02	43%	20.00	32.92	27%	28.00	25.27	21%
平均		160.77	109.90	3.30	11.18	10%	14.10	35.02	32%	22.10	33.65	31%	39.00	27.22	25%
100-150		114.00	84.90	1.00	7.44	9%	8.00	17.85	21%	16.00	25.86	30%	53.00	36.74	43%
		150.08	106.76	6.00	19.94	19%	14.00	34.82	33%	12.00	19.42	18%	29.00	24.09	23%
		125.48	85.35	2.00	6.62	8%	11.00	26.88	31%	16.00	24.82	29%	36.00	25.51	30%
		107.51	81.58	1.00	3.06	4%	6.00	13.81	17%	15.00	23.44	29%	60.00	40.14	49%
		115.17	79.41	3.00	9.60	12%	13.00	29.13	37%	20.00	25.05	32%	21.00	16.96	21%
		119.24	76.63	2.00	6.95	9%	23.00	46.09	60%	22.00	34.32	45%	7.00	4.41	6%
		125.02	87.60	0.00	0.00	0%	16.00	37.28	43%	28.00	36.61	42%	22.00	13.19	15%
		136.67	96.10	3.00	9.76	10%	13.00	29.91	31%	23.00	31.10	32%	38.00	24.01	25%
		112.64	82.35	1.00	3.10	4%	13.00	30.38	37%	26.00	33.60	41%	23.00	15.00	18%
		96.79	81.89	5.00	16.81	21%	7.00	17.29	21%	21.00	31.89	39%	23.00	14.89	18%
平均		120.26	86.26	2.40	8.33	10%	12.40	28.34	33%	19.90	28.61	33%	31.20	21.49	25%
≤100		93.72	74.42	1.00	4.39	6%	11.00	24.84	33%	26.00	35.70	48%	11.00	7.75	10%
		68.18	50.09	0.00	0.00	0%	5.00	10.25	20%	22.00	25.44	51%	27.00	14.40	29%
		84.28	62.79	2.00	6.20	10%	13.00	31.97	51%	15.00	20.07	32%	5.00	3.68	6%
		95.92	76.84	2.00	6.38	8%	11.00	26.22	34%	13.00	19.77	26%	30.00	29.77	39%
		89.31	67.46	1.00	4.87	7%	9.00	20.36	30%	21.00	27.83	41%	19.00	12.50	19%
		78.87	63.27	1.00	3.33	5%	14.00	31.33	50%	18.00	21.67	34%	17.00	8.99	14%
		74.83	58.59	0.00	0.00	0%	10.00	23.00	39%	11.00	15.13	26%	11.00	6.60	11%
		100.26	70.37	0.00	0.00	0%	16.00	38.45	55%	13.00	19.54	28%	17.00	12.15	17%
		81.38	63.30	0.00	0.00	0%	11.00	24.78	39%	17.00	22.67	36%	25.00	14.46	23%
		90.19	67.40	0.00	0.00	0%	6.00	14.05	21%	24.00	32.54	48%	36.00	19.00	28%
平均		85.69	65.45	0.70	2.52	4%	10.60	24.53	37%	18.00	24.04	37%	19.80	12.93	20%

表 10 不同重量鳞茎采集的各级鳞片重量的差异显著性分析

单位：g

鳞茎重量	一级鳞片重	二级鳞片重	三级鳞片重	四级鳞片重	总鳞片重
n≥150	11.18±3.31Aa	35.02±3.52Aa	33.65±1.93Aa	27.22±1.37Aa	107.07±3.90Aa
100<n<150	8.33±1.95Aab	28.34±3.14Aab	28.61±1.78ABab	21.49±3.46ABa	86.78±2.01Bb
0					
n≤100	2.52±0.88Ab	24.53±2.65Ab	24.04±2.02Bb	12.93±2.34Bb	64.01±3.37Cc

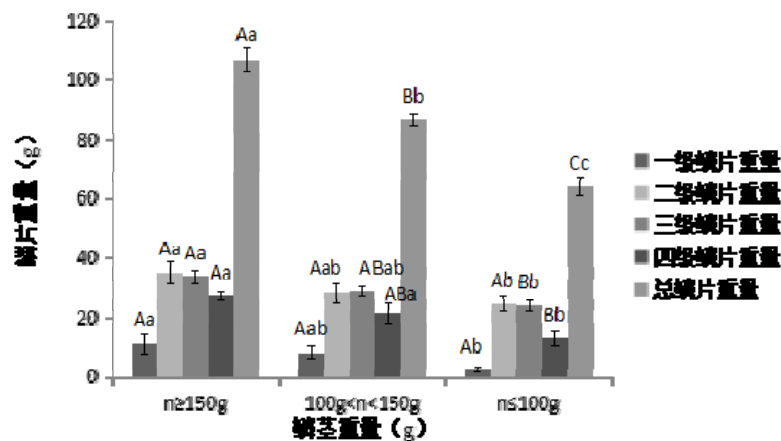


图 1-5 各规格鳞茎采集不同级别鳞片的重量分析

从不同重量鳞茎的鳞片采集的鳞片数量来看（表 11 和图 1-6），采集的总鳞片数、一级鳞片数和四级鳞片数各级鳞茎间差异极显著，以四级鳞片采集的数量最多，平均采集 20 片/鳞茎~40 片/鳞茎，约占采集总数的 40.0%~50.0%，各级鳞茎间差异极显著；其次是三级鳞片，不同规格鳞茎采集的三级鳞片数差异不显著，平均在 18.0 片/鳞茎~22.0 片/鳞茎之间；各规格鳞茎采集的二级鳞片数差异不显著，平均在 10.0 片/鳞茎~14.0 片/鳞茎；各规格鳞茎采集的一级鳞片数差异极显著，平均不足 3.0 片/鳞茎，尤其是三级鳞茎，几乎没有一级鳞片。

表 11 不同重量鳞茎的各级鳞片采集数差异性分析

鳞茎重量 (g)	一级鳞片数	二级鳞片数	三级鳞片数	四级鳞片数	总鳞片数
n ≥ 150	3.30 ± 0.94Aa	14.10 ± 1.46Aa	22.10 ± 1.19Aa	39.00 ± 2.70Aa	78.50 ± 3.17Aa
100 < n < 150	2.40 ± 0.60ABab	12.40 ± 1.56Aa	19.90 ± 1.60Aa	31.20 ± 5.04ABa	65.90 ± 3.13Bb
n ≤ 100	0.70 ± 0.26Bb	10.60 ± 1.07Aa	18.00 ± 1.61Aa	19.80 ± 3.05Bb	49.10 ± 3.12Cc

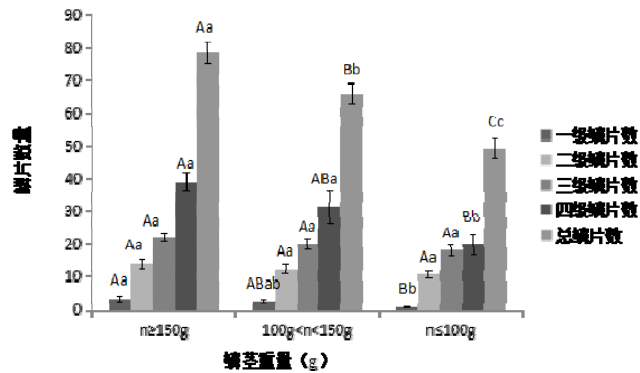


图 1-6 不同重量鳞茎的各级鳞片采集数比较

(四) 6 装填

鳞片与基质按照 1:1 比例充分混合拌匀。首先在催培槽底部填充 5.0 cm 厚的基质，其上装填 20.0 cm 的鳞片与基质混合物，最后在混合物上方覆盖 5.0 cm 厚的基质，刮平后将两侧多余塑料膜盖在催培槽的表面。

(五) 7 催培环境控制

1. 埋片催培温度试验

1.1 材料、方法、设计

1.1.1 试验材料

该试验材料购于甘肃省七里河地区种植的色泽洁白，品相良好饱满的兰州百合。将鳞片由外向内 1~2 层为外鳞片，3~4 层为中鳞片，5~7 层为内鳞片的顺序依次剥取。埋培基质选用进口育苗草炭 (Floragard Substrate)

1.1.2 试验时间、地点

试验于 2018 年 4 月 28 日开始，2018 年 6 月 9 日结束，共 7 周。

1.1.3 试验设计

本试验采用 3 因素 3 水平正交设计，按照 L9 (3×3) 正交表，选用三个层次的鳞片 A (外、中、内)，在三种恒温 B (25℃、20℃、15℃)、以及三种不同基质含水量 C (60%、70%、80%) 状态下进行催培，并进行试验 (表 14)。

表 14 正交试验设计表

处理号	A	B	C
A ₁ B ₁ C ₁	外	25℃	60%
A ₁ B ₂ C ₂	外	20℃	70%
A ₁ B ₃ C ₃	外	15℃	80%
A ₂ B ₁ C ₂	中	25℃	70%
A ₂ B ₂ C ₃	中	20℃	80%
A ₂ B ₃ C ₁	中	15℃	60%
A ₃ B ₁ C ₃	内	25℃	80%
A ₃ B ₂ C ₁	内	20℃	60%
A ₃ B ₃ C ₂	内	15℃	70%

1.1.4 试验步骤

鳞片消毒: 挑选健硕的无病毒、无机械损伤的兰州百合鳞片置于 500 倍多菌灵溶液中浸泡 30 分钟后，阴凉通风处晾干后待使用。

基质消毒: 对草炭基质采用相同 500 倍多菌灵溶液喷洒进行消毒处理。

试验开始: 根据正交试验设计表，每个处理选取健壮、无机械损伤的鳞片 400 片和消毒好的基质按照 1:1 的体积比混合均匀，置于

9 个半径为 36cm 高为 15cm 的水盆中，完成后放进设置好温度的人工气候培养箱内，开始催培。实验过程中对各个处理的基质进行含水量的测定，控制基质含水量在相应的百分率，以保证在稳定的环境条件下得到准确的观测指标。

形态指标测定：催培开始后每 7 天观测一次数据，每个处理随机选取 100 片重复三次取平均值，记录数据。观测指标如下：

(1) 鳞片疑似发病率：具水浸湿后的水渍斑点、变软的腐烂征兆或呈焦黄色斑点，后期部分病态消失或转化成真菌或细菌感染症状。肉眼可见疑似病症的鳞片数与抽检总鳞片数的比例，用百分数表示。计算公式如下：

$$\text{鳞片疑似发病率} = \text{疑似发病鳞片数} / 100 \text{ 片} \times 100\%$$

(2) 微型鳞茎的形成时间：当鳞片由白色逐渐转为褐色，催培两周后鳞片剥离时的切口表面附近出现一些白色小突起。

鳞片分化率 > 30% 为微型鳞茎形成初期

鳞片分化率 > 50% 为微型鳞茎生长旺盛期

鳞片分化率 > 70% 为微型鳞茎生长高峰期

(3) 微型鳞茎分化数：小突起继续生长一周左右会逐渐膨大形成肉眼可见的微型鳞茎及微型鳞茎。将出现的微型鳞茎个数统计后进行记录。

(4) 鳞片分化率：着生微型鳞茎的鳞片数进行计数统计。

$$\text{鳞片分化率} = \text{长鳞茎的鳞片数} / 100 \text{ 片} \times 100\%$$

(5) 微型鳞茎生根数量：累计微型鳞茎生根数量。

(6) 鳞片生根率：生根的鳞片数进行计数统计。

鳞片生根率=长根的鳞片数/100 片×100%

(7) 微型鳞茎质量评价指标：从 9 个处理中分别挑选 30 片微型鳞茎数量多、生根情况好的鳞片，对微型鳞茎进行分级指标统计（按照大中小要求，微型鳞茎重量、质量、数量、直径等要求）确定出合适的分级比例。

1.2 结果与分析

1.2.1 不同处理对鳞片疑似发病率的影响

从催培开始到催培结束 9 个处理的兰州百合鳞片在催培过程中鳞片疑似发病率变化如图 4-1 所示，埋培开始 1W 时疑似发病率比较严重，A1B3C3 疑似发病率达到 18.67%，A2B2C3 腐烂率最低为 4.33%，催培 2W 时，9 个处理疑似发病率均有所下降，平均疑似发病率从 1W9.59%降到 5.52%，进入 3W 时，疑似发病率变化幅度不大，平均为 1.48%，接近平稳状态，直至催培结束。

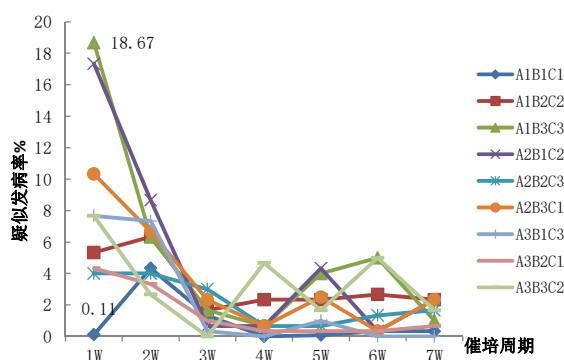


图 4-1 鳞片疑似发病率变化趋势图

1.2.2 不同处理对微型鳞茎形成时间、分化数的影响

从微型鳞茎形成的时间来看，催培 2W 时陆续的能看到鳞片基部位置出现白色小突起，以此作为鳞片始分化和计算鳞片分化率的标准，此时鳞片分化率达到 30%，为微型鳞茎形成期。催培时间在 2W~3W 时，鳞片分化率达到 50%，进入微型鳞茎生长旺盛时期，催培 3W 后，分化率大于 70%，进入微型鳞茎生长高峰期。

由不同处理下微型鳞茎分化数的变化趋势图（图 4-2）可知，当催培时间在 2W 时至 3W 期间，微型鳞茎数量快速上升。催培 3W 时可明显观察到微型鳞茎逐渐膨大至小籽球，微型鳞茎数量达到最大值，238 个/100 片，随着催培时间的增加微型鳞茎数量趋于平稳状态。进入微型鳞茎生长高峰期后可看到，A1B1C1 的微型鳞茎数量在 7W 时分化形成最多，231.67 个/100 片，A2B2C3 的微型鳞茎数量在 6W 分化形成最少，172.67 个/100 片。

A1B3C3、A2B3C1、A3B3C2 这三个组合微型鳞茎分化形成缓慢，至 4W 时，微型鳞茎数量才快速上升，到催培 5W 时数量趋于平稳状态，考虑到催培结束后的微型鳞茎看护培养播种，认为催培周期 6W 最适宜。从催培开始至结束时，9 个处理鳞片分化率从 44.16%到 86.52%。

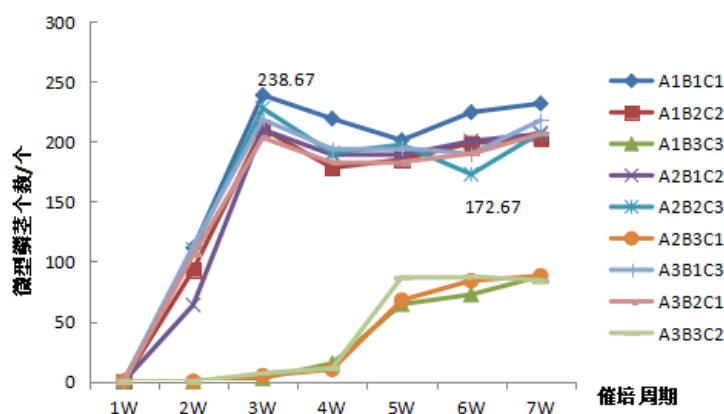


图 4- 2 微型鳞茎形成趋势图

1.2.3 不同处理对微型鳞茎生根数量的影响

根系发育是衡量微型鳞茎质量的一个重要因素，关系到催培结束后进入看护培养阶段出苗的整齐度。不同处理对微型鳞茎生根数量的影响如图 4-3 可知，从催培开始至结束，A3B1C3，A3B2C1，A3B3C2 均不出现长根情况，除该三个处理外的其他处理在催培 3W 后鳞片上一致开始长根，且随着催培时间的延长，微型鳞茎生根数量不断增加，催培 7W 时，A1B1C1 微型鳞茎生根数量最多达到 319.33 条/100 片，A1B2C2 微型鳞茎生根数量最少 187.00 条/100 片。

催培 3W 至结束时，除 A3B1C3，A3B2C1，A3B3C2 处理外，其他 6 个处理微型鳞茎生根数量从 31.63 条/100 片到 195.17 条/100 片，鳞片生根率也从 20.58%至 63.92%。因此催培第 3W 是根细分化的始期，也是根系分化与否的关键期。

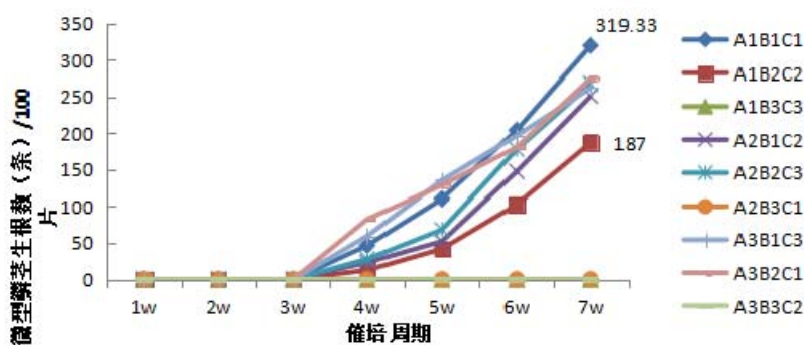


图 4-3 微型鳞茎生根数变化折线图

1.2.4 不同处理组合的微型鳞茎发育质量

从 9 个处理的每个处理中随机取 30 片鳞片，并从鳞片上将微型鳞茎分离，取微型鳞茎中值（横径），将微型鳞茎平均直径（横径）分成 $\geq 7\text{mm}$ 、 $7\text{mm}-3.5\text{mm}$ 、 $\leq 3.5\text{mm}$ 三级（ $\geq 7\text{mm}$ 为一级、 $7\text{mm}-3.5\text{mm}$ 为二级标准、 $\leq 3.5\text{mm}$ 为三级标准）。

A1B2C2 微型鳞茎最多为 76 粒/30 片，二级微型鳞茎最多达到 53 粒/30 片，A1B1C1 一级微型鳞茎数量最多，为 28 粒/30 片。而 A3B2C1 和 A3B3C1 三级微型鳞茎占绝大多数，一级、二级微型鳞茎很少，且微型鳞茎总数不足 20 粒/30 片，A3B1C3 也只有三级微型鳞茎，且微型鳞茎数量仅 10 粒/30 片（图 4-4）。

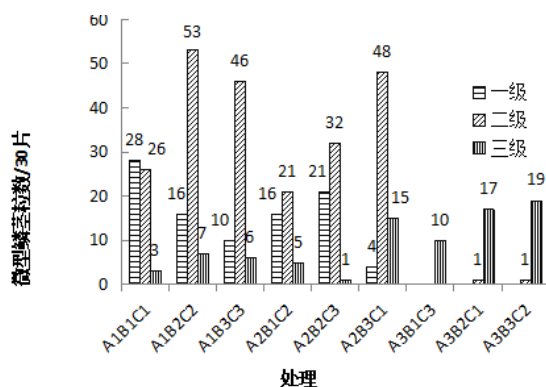


图 4-4 各处理的微型鳞茎分级

1.2.5 鳞片催培微型鳞茎的正交试验分析

1.2.5.1 影响鳞片催培效果的主要因素确定

催培 7W 后，分别统计 9 个处理的鳞片疑似发病率、微型鳞茎分化数、鳞片分化率、鳞茎生根数、鳞片生根率五项指标（表 15），对五项指标逐一进行极差分析，计算出不同因素相同水平的总和（K）和平均值（k），以及相同因素不同水平的极差 R，通过极差 R 值比较此次试验的主次因素，R 值越大说明影响程度越大。表 16-20 中的 R 值大小得到鳞片疑似发病率（极差越小越好）C（湿度）>A（鳞片层次）>B（温度）、鳞片分化率、鳞片生根率各因素影响程度为 B（温度）>A（鳞片层次）>C（相对基质含水量），而对微型鳞茎分化数和微型鳞茎生根数而言，各因素影响程度为 B（温度）>C（相对基质含水量）>A（鳞片层次）。因此综合各项指标的 R 值大小，确定影响微型鳞茎形成的主要因素为 B（温度）>C（相对基质含水量）>A（鳞片层次）。

表 15 正交试验下各因素对鳞片催培微型鳞茎的影响（100 片）

编号	因素			指标				
	A	B	C	鳞片腐烂率%	鳞茎分化数/个	鳞片分化率%	微型鳞茎生根数/条	鳞片生根率%
1	1	1	1	0.33	231.67	96.67	319.33	89.67
2	1	2	2	2.33	202.33	93.67	187.00	75.00
3	1	3	3	2	87.67	66.67	0.00	0.00
4	2	1	2	2.33	206.33	94.00	250.67	80.33
5	2	2	3	1.67	207.33	96.67	267.33	89.33
6	2	3	1	2.76	88.00	66.33	0.00	0.00
7	3	1	3	0.00	217.67	98.67	262.00	89.00
8	3	2	1	0.67	206.33	99.00	275.00	88.00
9	3	3	2	2.11	84.33	67.00	0.00	0.00

1.2.5.2 正交试验极差分析

由表 16-20 看出，针对各项指标平均 k 值得到三个最佳处理组合分别是，A3B1C3、A1B1C1、A3B1C1。9 个处理中对鳞片疑似发病率和鳞片生根率影响最大的是 A3B1C3，对鳞茎分化数影响最大的是 A1B1C1，对鳞片分化率和对微型鳞茎生根数影响最大的是 A3B1C1。

表 16 鳞片疑似发病率极差分析

鳞片腐烂率%	A（鳞片层次）	B（温度）	C（基质相对含水量）
K1	4.66	2.66	3.76
K2	6.76	4.67	6.77
K3	2.78	6.87	3.67
k1	1.55	0.89	1.25
k2	2.25	1.56	2.26
k3	0.93	2.29	1.22
极差 R 值	1.33	1.40	1.03
最佳水平组合	A ₃	B ₁	C ₃

表 17 微型鳞茎分化数极差分析

鳞茎分化数/个	A（鳞片层次）	B（温度）	C（基质相对含水量）
K1	521.67	655.67	526.00
K2	501.67	615.99	492.99
K3	508.33	260.00	512.67
k1	173.89	218.56	175.33
k2	167.22	205.33	164.33
k3	169.44	86.67	170.89
极差 R 值	6.67	131.89	11.00
最佳水平组合	A ₁	B ₁	C ₁

表 18 鳞片分化率极差分析

鳞片分化率%	A (鳞片层次)	B (温度)	C (基质相对含水量)
K1	257.10	289.50	262.00
K2	257.00	289.34	254.67
K3	264.67	200.00	262.01
k1	85.70	96.50	87.33
k2	85.67	96.45	84.89
k3	88.22	66.67	87.34
极差 R 值	2.55	29.83	2.45
最佳水平组合	A3	B1	C1

表 19 微型鳞茎生根数极差分析

微型鳞茎生根数/条	A (鳞片层次)	B (温度)	C (基质相对含水量)
K1	506.33	832.00	594.33
K2	518.00	729.33	437.67
K3	537.00	0.00	529.33
k1	168.78	277.33	198.11
k2	172.67	243.11	145.89
k3	179.00	0.00	176.44
极差 R 值	10.22	277.33	52.22
最佳水平组合	A3	B1	C1

表 20 鳞片生根率极差分析

鳞片生根率%	A (鳞片层次)	B (温度)	C (基质相对含水量)
K1	164.67	259.00	177.67
K2	169.66	252.33	155.33
K3	177.00	0.00	178.33
k1	54.89	86.33	59.22
k2	56.55	84.11	51.78
k3	59.00	0.00	59.44
极差 R 值	4.11	86.33	7.67
最佳水平组合	A3	B1	C3

1.2.5.3 正交试验统计分析

对正交实验 9 个处理中各因素的五个观测内容进行方差分析（表 21），结果表明温度除对疑似发病率的影响差异不显著之外，分别对平均鳞茎分化数、平均微型鳞茎生根数、平均着生鳞茎片数

以及平均微型鳞茎生根片数都具有极显著影响。鳞片层次和基质相对含水量对五个观测内容的影响不显著。

表 21 不同处理下鳞片催培各个指标的方差分析

指标	变异来源	平方和	df	均方	F 值	P 值
鳞疑似发病率%	A	2.764	2.00	1.382	2.195	0.193
	B	0.344	2.00	0.172	0.953	0.437
	C	0.205	2.00	0.103	0.504	0.628
鳞片分化率%	A	13.056	2.00	6.528	0.02	0.978
	B	1773.697	2.00	886.848	208.809	0.000**
	C	11.956	2.00	5.978	0.02	0.98
鳞茎分化数/粒	A	69.205	2.00	34.602	0.007	0.994
	B	31650.9	2.00	15825.45	275.64	0.000**
	C	183.85	2.00	91.925	0.007	0.994
微型鳞茎生根数/条	A	159.76	2.00	79.88	0.003	0.997
	B	137187.5	2.00	68593.74	55.157	0.000**
	C	4127.879	2.00	2064.94	0.088	0.917
微型鳞茎生根率%	A	25.645	2.00	12.822	0.005	0.995
	B	14532.88	2.00	7266.44	242.677	0.000**
	C	114.279	2.00	57.14	0.023	0.977

注：**表示达 1%显著水平；*表示达到 5%显著水平。

通过对不同温度下的微型鳞茎分化数、鳞片分化率、微型鳞茎生根数以及鳞片生根率进行新复极差法（SSR）检验，发现 15℃分别和 25℃、20℃显著差异，25℃和 20℃之间无显著差异。温度（B 因素）三个水平中，以 25℃下催培效果最好，其次是 20℃。

表 22 温度对微型鳞茎形成和发育的差异显著性分析

温度	鳞茎分化数（粒/100 片）	鳞片分化率（%）	鳞茎生根数（条/100 片）	鳞片生根率（%）
B1	218.56±12.69Aa	97.00±2.34Aa	277.33±36.81Aa	86.33±5.21Aa
B2	205.33±2.65Aa	96.45±2.67Aa	243.11±48.74Aa	84.11±7.92Aa
B3	86.67±2.03Bb	66.67±0.34Bb	0Bb	0Bb

1.2.5.4 综合评价

根据催培繁殖的主效因子（分化率、分化数）和大面积催培的

混合鳞片综合考虑，认为选择 B1C1 为最佳处理组合，即 25℃+60% 基质相对含水量，催培的微型鳞茎数多、鳞片分化率高。在鳞片分层催培中，由于 A3B1C1 和 A3B3C1 在该试验中的正交设计表中未设计出，因此得出最佳处理组合为 A1B1C1，即外层鳞片+25℃+60% 相对基质含水量的催培效果最好，可作为催培处理方案。

1.2.6 微型鳞茎形成与发育进程

以 A1B1C1（外鳞片+25℃+60% 相对基质含水量）作为最佳组合为例。将微型鳞茎形成与发育分为形成和体积膨大两个阶段，图 A、B 为微型鳞茎形成阶段，C、D、E、F、G 为微型鳞茎体积膨大阶段。第一阶段约 2 周，决定着鳞片化率和微型鳞茎分化微型鳞茎的数量；第二阶段大约 5 周，决定着微型鳞茎分化后的发育质量，包括内部鳞片分化和根系分化与发育。

1.3 小结

本试验以兰州百合鳞片为试验材料，通过不同温度、湿度处理，探究基质埋培对不同层次鳞片形成微型鳞茎的影响。通过催培中鳞片疑似发病率、微型鳞茎分化数、鳞片分化率、鳞片生根率、微型鳞茎生根数等指标的观测与分析。结果表明：各因子影响程度为 B（温度）>C（相对基质含水量）>A（鳞片层次），9 个处理中 A1B1C1（外层次鳞片+25℃+60% 相对基质含水量）鳞茎生长效果最佳，催培结束时鳞片腐烂率为 0.33%、鳞茎分化数为 231.67 个/100 片、鳞片分化率为 96.67%、微型鳞茎生根数为 319.33 条/100 片以及微型鳞茎生

根率89.67%。因此，外层次鳞片+25℃+60%相对基质含水量是鳞片坑道式基质埋培繁殖的最佳参数组合，可在催培中推广应用。



图 4-5 外鳞片+25℃+60%处理组合下微型鳞茎生长发育进程

A. 催培 1W 时，鳞片疑似发病率；B. 催培 2W，鳞片基部长出白色小突起；C. 催培 3W，小突起膨大形成微型鳞茎雏形；D. 催培 4W，微型鳞茎继续发育，鳞片长根；E. 催培 5W 时，微型鳞茎数量稳定；F. 催培 6W 后，微型鳞茎生根数稳定和生根率继续增加。

2. 催培因子最佳组合的生产验证

2.1. 试验材料与方法

2.1.1 实验时间、地点

时间：2018年3月至2019年6月

实验地点：互助县霍普兰德股份有限公司坑道式鳞片埋培温室、青海省园林植物与观赏园艺重点实验室。

2.1.2 试验材料

将兰州百合鳞片分成外(1-2层, A1)、中(3-4层, A2)、内(5-7层, A3)三层, 实验因素为A, 统一进行鳞片消毒和处理, 将分层鳞片或混合鳞片用50%甲基硫菌灵的0.5%溶液浸泡30分钟, 清水冲洗, 在阴凉处摊晾至无明水。

2.1.3 埋培基质准备

催培基质选用进口育苗草炭(Floragard Substrate), 纤维长度达到0.1~0.4厘米, 每方草炭拌50%多菌灵50克, 在草炭中洒水拌匀, 将草炭相对含水量调至60%左右, 即用手捏草炭可以捏出水, 松开后掉在地上能散开, 然后用塑料覆盖发汗24小时备用。

2.1.4 试验设计

试验选用最佳因子组合(25℃+基质60%相对含水量+外层鳞片), 验证实验中将温度作为试验的主要目标因子, 鳞片层次作为次要因子, 湿度作为固定因子, 设计为二因素完全随机区组试验。试验因素A为鳞片层次, 设A1(外层)、A2(中层)、A3(内层)三个水平;

因素B为处理温度，设15℃ (B1)、20℃ (B2)、25℃ (B3)、30℃ (B4)（增设温度，因为最佳组合温度为试验上线温度）四个水平，重复4次，共48个处理。将各处理放置于孔距10.0×10.0cm，孔径0.5cm的具孔塑料袋中，同一温度处理放置于同一温度环境。每处理鳞片为100片。随后又进行鳞片催培生产中槽式埋培温度验证，每一个槽设定一个测试温度，共设20℃ (B2)、25℃ (B3)、30℃ (B4) 三槽（淘汰了15.0℃），利用加热线及温控器控制槽内温度，基质湿度仍然采用60%的相对含水量，投放鳞片重量达到1935千克。

2.1.5测定内容与分析方法

催培1周后每隔7天检测一次鳞片疑似发病率、微型鳞茎形成时间、鳞片分化率、微型鳞茎数量，催培结束时统计微型鳞茎数量和微型鳞茎分级比例、微型鳞茎重量，并进行解剖观测内部发育结构。在坑道式催培验证中，出观测上述指标之外，每天9:00时、12:00时、17:00时还要观测槽内膜下温度、基质温度、空气湿度。

2.2结果与分析

2.2.1不同催培温度下不同层次鳞片的疑似发病率

外层鳞片在埋培2W时不同温度处理下疑似发病率有显著差异，30℃处理下疑似发病率最低（10.0±3.61%），显著低于25℃处理，极显著低于20℃处理；埋培3W后，30℃处

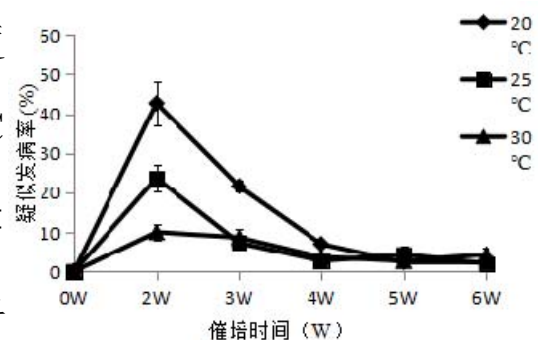


图5-1外层鳞片疑似发病率的发展趋势

理下外层鳞片疑似发病率最低，极显著低于20℃处理，与25℃处理差异不显著；埋培4W以后，三种温度处理间差异不显著。百合外层鳞片在整个催培繁殖周期内，30℃催培温度下鳞片的疑似发病率处在相对较低水平，在埋培2W后，鳞片的发病率达到高峰期，其后均成下降趋势，埋培4W后，发病率趋于稳定（图5-1，表23）。

表23 不同催培温度下外层鳞片疑似发病率（%）分析

温度处理	2W	3W	4W	5W	6W
20℃	42.67±5.46Aa	21.67±1.45Aa	7.0 ±0.00Aa	2.33±0.88 Aa	2.67±0.88 Aa
25℃	23.67±3.28ABb	7.33±1.45 Bb	2.67±0.88Aa	4.33±2.03 Aa	2.0 ±0.58Aa
30℃	10.00±2.08Bc	8.67±2.33 Bb	3.67±2.67Aa	2.67±1.33Aa	4.33±1.86Aa

中层鳞片疑似发病率的变化趋势与外层鳞片相似，埋培2W后，30℃处理下疑似发病率最低，为6.67±3.51%，显著低于20℃处理，与25℃处理差异不显著；埋培3W后，三种温度处理间变化趋

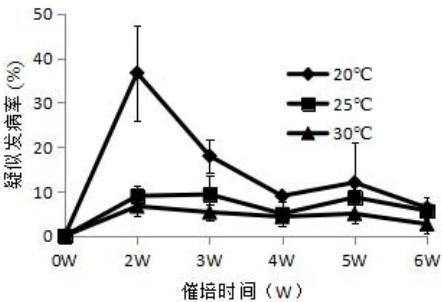


图5-2中层鳞片疑似发病率的发展趋势

势与埋培2W后保持一致；埋培4W以后，温度处理间差异均不显著。百合中层鳞片在整个催培繁殖周期内，30℃催培温度下鳞片的疑似发病率最低，埋培2W后，鳞片的发病率达到高峰期，其后均成下降趋势，埋培4W以后，发病率趋于稳定（图5-2，表24）。

表24 不同催培温度下中层鳞片疑似发病率（%）分析

温度处理	2W	3W	4W	5W	6W
20℃	36.67±10.73Ab	18.0±3.61Ab	9.0±0.58Aa	12.0±9.01Aa	6.33±2.4Aa
25℃	9.0±2.31Aa	9.33±4.37Aab	5.0±2.65Aa	8.67±4.41 Aa	5.67±1.76Aa
30℃	6.67±2.03Aa	5.33±1.76Aa	4.33±1.2 Aa	5.0±2.08Aa	2.67±2.19 Aa

由表25、图5-3可知，内层鳞片埋培2W后，30℃处理下鳞片疑似

发病率最低，与25℃处理间差异不显著，显著低于20℃处理，25℃与20℃处理间差异不显著；埋培3W以后，各处理间差异均不显著。内层鳞片在整个催培繁殖周期内，30℃催培温度下鳞片的疑似发病率均处在较低水平，在埋培2W后，鳞片的发病率达到高峰期，其后成下降趋势，埋培4W以后，发病率基本趋于稳定。

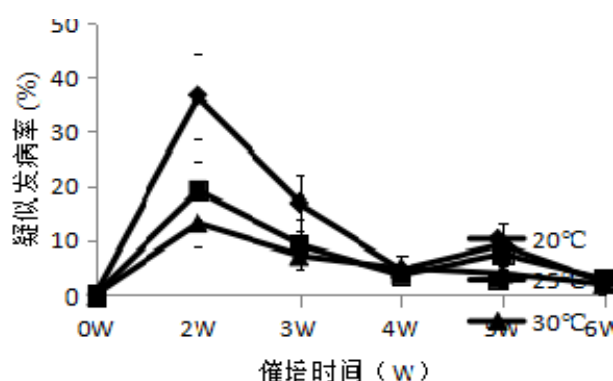


图5-3内层鳞片疑似发病率发展趋势

表24 不同催培温度下内层鳞片疑似发病率（%）分析

温度处理	埋培 2W	埋培 3W	埋培 4W	埋培 5W	埋培 6W
20℃	36.67±7.88Ab	17.0±5.13Aa	4.67±0.67Aa	9.33±3.84 Aa	2.33±0.88 Aa
25℃	19.33±5.36Aab	9.33±4.67Aa	3.67±0.88Aa	7.67±2.85 Aa	3.0±1.0Aa
30℃	13.33±4.48Aa	7.33±0.33Aa	5.0±2.52Aa	4.0±2.52Aa	2.0±2.0 Aa

综合分析不同温度下总鳞片的疑似发病率（%）可知，埋培2W后，30℃处理下鳞片疑似发病率最低，为10.0±2.4%，极显著低于20℃处理，与25℃处理差异不显著；埋培3W后，处理间变化趋势与上一周基本保持一致；埋培4W以后，30℃与20℃处理间均存在5%水平的差异，30℃与25℃处理间差异均不显著。在整个催培繁殖期间，30℃催培温度下鳞片的疑似发病率均处在较低水平，埋培2W时鳞片的发病率出现一个高峰期，其后呈下降趋势，埋培4W以后，疑似发

病率基本趋于稳定（图5-4，表25）。

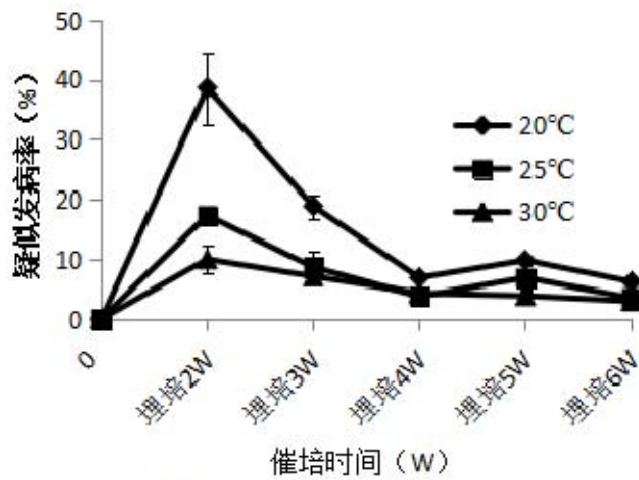


图5-4宗麟疑似发病率发展趋势

表25 不同催培温度下总鳞片疑似发病率（%）分析

温度处理	埋培 2W	埋培 3W	埋培 4W	埋培 5W	埋培 6W
20℃	38.67±5.99Bb	18.89±2.02Bb	6.89±0.11Ab	9.84±0.67Ab	6.22±0.48Ab
25℃	17.33±1.35Aa	8.67±2.83ABa	3.78±0.55Aa	6.89±2.39Aab	3.56±0.44Aa
30℃	10.00±2.4Aa	7.11±0.99Aa	4.34±0.88Aa	3.89±1.06Aa	3.00±1.26Aa

2.2.2不同催培温度下不同层次鳞片分化率

由表26、图5-5可知，百合鳞片埋培2W后，30℃催培温度下外层鳞片的分化率最高，为72.33±2.31%，极显著高于25℃和20℃处理，同时25℃催培条件下外层鳞片分化率极显著高于20℃处理；埋培3W后，25℃与30℃催培温度下外层鳞片分化率最高，同时极显著高于20℃处理。埋培4W后，3种温度处理下外层鳞片分化率与埋培3W后变化趋势基本一致。埋培5W以后，不同温度处理间鳞片分化率不存在差异显著性。外层鳞片在整个催培周期内，

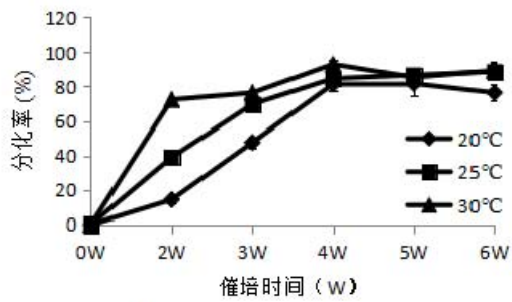


图5-5不同催培温度下外层鳞片的分化率

30℃催培温度下鳞片的分化率处在相对较高水平，在埋培4周时，最

高分化率达到93.00%。埋培4W前，鳞片的分化率呈现急速上升趋势，埋培4W后，分化率趋于稳定。

表26 不同催培温度下外层鳞片分化率（%）

温度处理	埋培 2W	埋培 3W	埋培 4W	埋培 5W	埋培 6W
20℃	14.33±2.03Aa	47.67±3.67Aa	81.33±3.71Aa	81.67±6.89Aa	76.33±4.84Aa
25℃	39.00±2.65Bb	69.67±0.67Bb	84.67±2.18Aab	86.67±1.45Aa	88.67±4.63Aa
30℃	72.33±1.33Cc	76.33±0.88Bb	93.00±2.52Ab	85.33±0.33Aa	89.33±5.24Aa

由表27、图5-6可知，中层鳞片埋培2W后，30℃与25℃处理间差异不显著，但二者同时显著高于20℃处理；埋培3W后，30℃处理条件下鳞片分化率达到90.00±4.36%，极显著高于20℃处理，与25℃处理间差异不显著；埋培4W后，30℃与

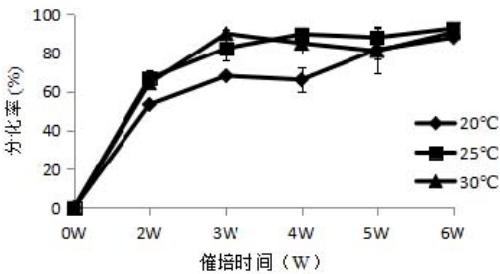


图5-6不同催培温度下中层鳞片分化率

25℃处理间差异不显著，但二者同时显著高于20℃处理；埋培5W后，处理间差异不显著。中层鳞片在整个催培周期内，30℃催培温度下鳞片的分化率处在相对较高水平，30℃处理下鳞片分化速率较快，在埋培3W后鳞片分化率达到90.00±4.36%，鳞片提前完成分化。20℃处理在埋培5W后分化达到81.67±21.39%，完成分化较晚。在处理结束时，25℃处理下最高分化率可达到92.67%。

表27 不同催培温度下中层鳞片分化率（%）

温度处理	埋培 2W	埋培 3W	埋培 4W	埋培 5W	埋培 6W
20℃	53.33±0.33a	68.00±1.53Aa	66.00±6.43a	81.67±12.35a	88.0±1.73 a
25℃	66.67±4.33b	82.33±6.33ABb	89.67±1.67 b	88.00±5.29a	92.67±0.88a
30℃	64.33±1.67 b	90.00±2.52Bb	85.00±5.13b	81.00±4.51 a	90.67±3.67a

由表28、图5-7可知，内层鳞片埋培2W后，25℃与30℃处理间差

异不显著，但二者同时显著高于20℃处理；埋培3W以后，温度处理间差异均不显著。内层鳞片在整个催培周期内，30℃与25℃催培温度下鳞片的分化率处在相对较高水平，在埋培4W以后，分化率趋于稳定，鳞片分化结束，30℃与25℃处理下鳞片分化速率较快，在埋培3W后鳞片分化率分别达到82.33%、82%，鳞片提前完成分化。20℃处理鳞片分化相对较慢。

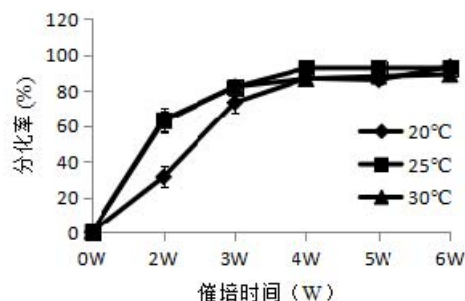


图5-7不同温度下内层鳞片分化率

表28不同催培温度下内层鳞片分化率分析

温度处理	2W	3W	4W	5W	6W
20℃	31.33±5.84a	73.33±5.84a	87.00±1.53a	86.00±2.08 a	93.33±3.84 a
25℃	63.67±7.06 b	82.00±4.62 a	92.67±3.33 a	92.67±3.84a	92.67±1.76 a
30℃	62.67±6.23 b	82.33±0.67a	86.67±2.60 a	88.00±4.00a	89.0±1.53 a

由表29、图5-8可知，埋培2W后，30℃处理下鳞片分化率显著高于25℃处理，极显著高于20℃处理；埋培3W后，30℃与25℃处理间差异不显著，但二者极显著高于20℃处理；埋培4W后，30℃与25℃处理间差异不显著，但二者显著高于20℃处理；埋培5W以后，各处理间差异不显著，基本达到稳定状态，标志催培时间结束。

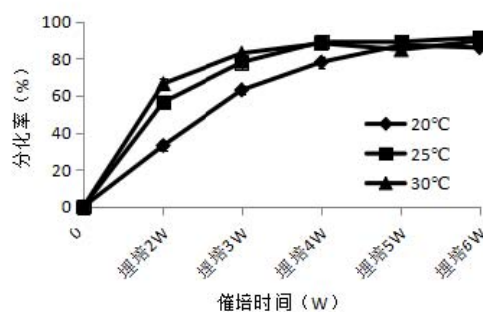


图5-8不同温度下总鳞片分化率

表29 不同催培温度下总鳞片分化率分析

温度处理	2W	3W	4W	5W	6W
20℃	33.0±2.67Bc	63.0±2.14Bb	78.11±3.29Ab	87.22±2.33Aa	85.89±2.16Aa
25℃	56.44±1.74Ab	78.0±3.66Aa	89.0±1.84Aa	89.11±1.6Aa	91.33±2.08Aa
30℃	66.44±2.88Aa	82.89±1.24Aa	88.22±2.19Aa	84.78±1.61Aa	89.66±2.33Aa

2.2.3不同催培温度下不同层次鳞片的微型鳞茎分化数

由表30、图5-9可知，外层鳞片埋培2W时，30℃处理下微型鳞茎分化数极显著高于25℃和20℃处理，25℃处理极显著高于20℃处理；埋培3W时，30℃与25℃处理间差异不显著，二者同时极显著高于20℃处理；埋培4W后，各处理间差异均不显著。在催培前期，随着催培温度的升高，外层鳞片微型鳞茎分化数相应增多，在埋培4W后，微型鳞茎分化数趋于稳定。

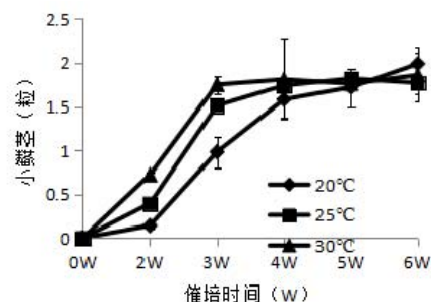


图5-9不同温度下外层鳞片分化的小鳞茎

表30 不同温度下外层鳞片微型鳞茎分化数（单位：粒/片）

温度处理	2W	3W	4W	5W	6W
20℃	0.14±0.04Aa	0.98±0.18Bb	1.58±0.21a	1.72±0.22a	1.99±0.13a
25℃	0.39±0.05Bb	1.51±0.04Aa	1.74±0.04a	1.82±0.06a	1.77±0.13a
30℃	0.72±0.02Cc	1.75±0.1Aa	1.81±0.46a	1.76±0.07a	1.86±0.3a

中层鳞片埋培2W后，30℃和25℃处理间差异不显著，二者同时显著高于20℃处理；埋培3W后，30℃处理条件下微型鳞茎分化数极显著高于20℃

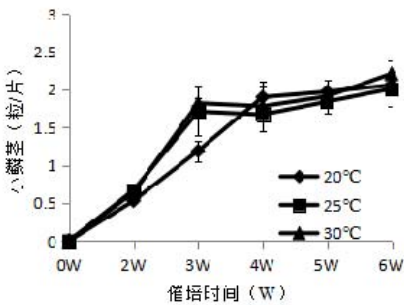


图5-10不同温度下中层鳞片小鳞茎分化数

处理，与25℃处理差异不显著；埋培4W后，各处理间差异均不显著。

表31 不同温度下中层鳞片微型鳞茎分化数（单位：粒/片）

温度处理	2W	3W	4W	5W	6W
20℃	0. 53±0. 01Ab	1. 19±0. 14Bb	1. 9±0. 14a	1. 97±0. 16a	2. 06±0. 1a
25℃	0. 67±0. 08Aa	1. 71±0. 32ABa	1. 67±0. 09a	1. 84±0. 15a	2. 01±0. 23a
30℃	0. 64±0. 03 Aa	1. 82±0. 06Aa	1. 78±0. 33a	1. 91±0. 22a	2. 21±0. 18a

由表32、图5-11可知，内层鳞片埋培2W后，30℃与25℃处理间差异不显著，但二者同时显著高于20℃处理；埋培3W后，30℃处理下微型鳞茎分化数显著高于20℃处

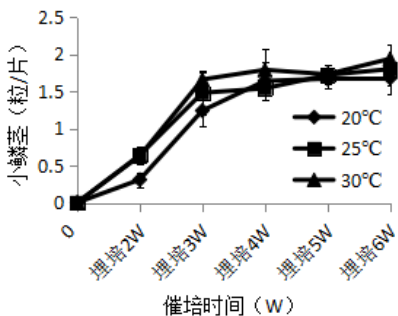


图5-11不同温度下内层鳞片小鳞茎分化数

理；埋培4W后，各处理间差异均不显著。内层鳞片在整个催培周期内，30℃催培条件下鳞片微型鳞茎分化数处在相对较高水平，30℃处理下微型鳞茎分化数越多，在催培前期，随着温度升高，促成微型鳞茎形成越快。在埋培4W后，鳞片微型鳞茎分化数基本趋于稳定。

表32 不同温度下内层鳞片微型鳞茎分化数（单位：粒/片）

温度处理	2W	3W	4W	5W	6W
20℃	0. 31±0. 1Ab	1. 24±0. 2Ab	1. 64±0. 26Aa	1. 67±0. 13Aa	1. 68±0. 1Aa
25℃	0. 64±0. 12Aa	1. 48±0. 29Aab	1. 54±0. 05Aa	1. 72±0. 07Aa	1. 8±0. 33Aa
30℃	0. 63±0. 11Aa	1. 66±0. 1Aa	1. 79±0. 29Aa	1. 73±0. 13Aa	1. 94±0. 2Aa

由表33、图5-12可知，鳞片不分层次（混合鳞片或所有鳞片平均值）进行催培，埋培2W，30℃处理下鳞片生成微型鳞茎数显著高于25℃处理，极显著高于20℃处理，25℃处理极显著高于20℃处理；埋培3W，30℃与25℃处理间差异不显著，同时极显著高于20℃处理；埋培4W后，温度处理间差异不显著。

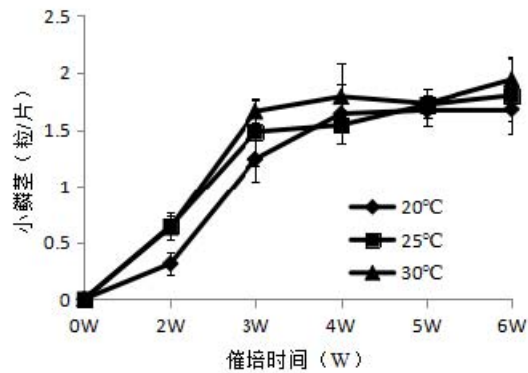


图5-12不同温度下总鳞片小鳞茎分化数

表33 不同温度下总鳞片微型鳞茎分化数（粒/片）

温度处理	2W	3W	4W	5W	6W
20℃	0.33±0.03Bc	1.14±0.05Bb	1.71±0.1Aa	1.79±0.05Aa	1.91±0.02Aab
25℃	0.56±0.02Ab	1.56±0.12Aa	1.65±0.02Aa	1.79±0.02Aa	1.86±0.03Ab
30℃	0.66±0.03Aa	1.74±0.05Aa	1.79±0.12Aa	1.80±0.02Aa	2.00±0.05Aa

2.2.4不同催培温度下不同层次鳞片生根数

由表34、图5-13可知，外层鳞片埋培3W，还未生根；埋培4W后，30℃处理下鳞片的生根数最多，极显著高于25℃和20℃处理；埋培5W后，30℃和25℃处理间差异不显著，二者显著高于20℃处理；埋培6W后，30℃处理下鳞片

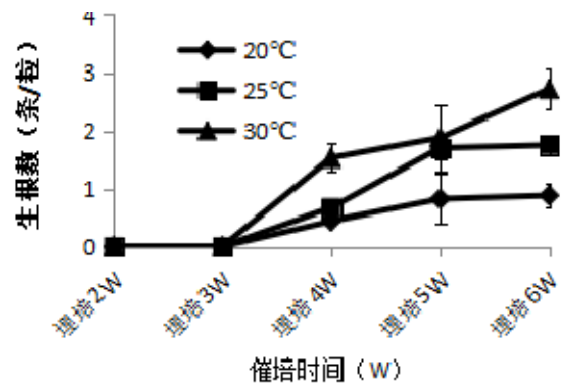


图5-13不同温度下外层鳞片微型鳞茎的根分化数

生根数达到 2.72 ± 0.33 个/片，极显著高于 25°C 和 20°C 处理， 25°C 和 20°C 处理间差异不显著。

表34 不同温度下外层鳞片微型鳞茎生根数（根/粒.片）

温度处理	2W	3W	4W	5W	6W
20°C	0	0	$0.44\pm0.03\text{Bb}$	$0.82\pm0.43\text{b}$	$0.88\pm0.21\text{Cc}$
25°C	0	0	$0.67\pm0.15\text{Bb}$	$1.7\pm0.18\text{a}$	$1.75\pm0.16\text{Bb}$
30°C	0	0	$1.53\pm0.24\text{Aa}$	$1.88\pm0.57\text{a}$	$2.72\pm0.33\text{Aa}$

外层鳞片在整个催培周期内，埋培3W鳞片均未生根，3W以后，鳞片的生根数均明显升高，温度越高，生根数越多，埋培6W后， 30°C 处理下鳞片生根数依然成上升趋势， 20°C 处理下鳞片生根个数还处在较

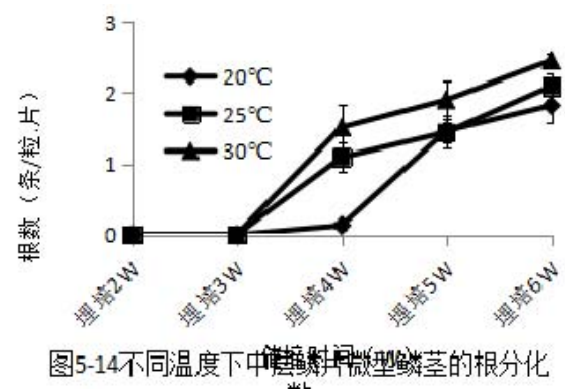


图5-14不同温度下中层鳞片微型鳞茎的根分化

低水平，因此，在一定程度上，催培温度越高，鳞片形成根速率越快，形成根数越多，催培温度降低，相应延缓根的形成。

由表35、图5-14可知，中层鳞片埋培3W，鳞片均未生根；埋培4W后， 30°C 与 25°C 处理间差异不显著，二者极显著高于 20°C 处理；埋培5w后温度处理间差异不显著；埋培6W后， 30°C 处理下鳞片生根数最多，极显著高于 20°C 处理，与 25°C 处理间差异不显著。

表35 不同温度下中层鳞片微型鳞茎生根数（根/片）

温度处理	2W	3W	4W	5W	6W
20°C	0	0	$0.13\pm0.05\text{Bb}$	$1.46\pm0.23\text{a}$	$1.82\pm0.24\text{Bb}$
25°C	0	0	$1.09\pm0.2\text{Aa}$	$1.44\pm0.14\text{a}$	$2.09\pm0.17\text{ABab}$
30°C	0	0	$1.51\pm0.33\text{Aa}$	$1.9\pm0.27\text{a}$	$2.45\pm0.1\text{Aa}$

由表36、图5-15可知，内层鳞片埋培3W，鳞片均未生根；埋培4W

后，25℃处理下鳞片生根数最多，显著高于20℃处理，与30℃处理间差异不显著；埋培5W后，各处理间差异均不显著。埋培3W后，不同催培温度下内层鳞片生根数均成上升趋势，25℃催培条件下鳞片生根速率较快，其次为30℃处理。

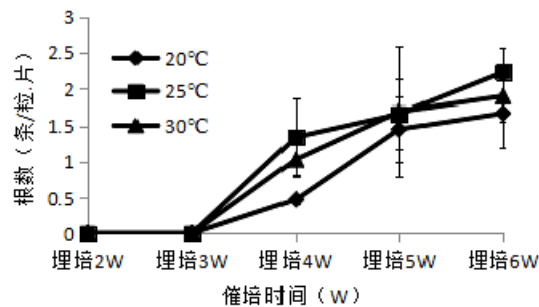


图5-15不同温度下内层鳞片微型鳞茎根分化数

表36 不同温度下内层鳞片微型鳞茎的生根数分析（条/粒.片）

温度处理	埋培 2W	埋培 3W	埋培 4W	埋培 5W	埋培 6W
20℃	0	0	0.47±0.06b	1.45±0.45a	1.67±0.47a
25℃	0	0	1.34±0.54a	1.66±0.48a	2.23±0.34a
30℃	0	0	1.03±0.22ab	1.69±0.89a	1.9±0.35a

由表37、图5-16可知，百合鳞片埋培3W时尚未生根数。埋培4W，30℃处理下鳞片生根数最多，极显著高于25℃和20℃处理；埋培5W后，30℃处理下鳞片生根数最多，极显著高于20℃处理。

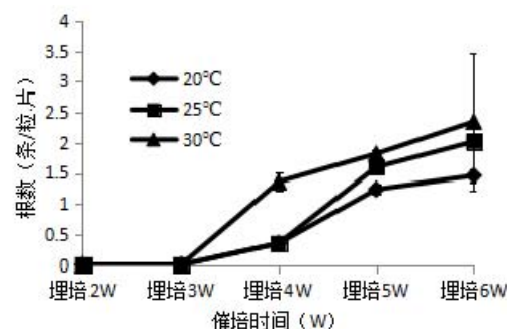


图5-16不同温度下总鳞片小鳞茎分化的根数

表37 不同温度下总鳞片生根数分析（粒/粒.片）

温度处理	埋培 2W	埋培 3W	埋培 4W	埋培 5W	埋培 6W
20℃	0	0	0.35±0.01Bb	1.24±0.08Bb	1.46±0.1Bb
25℃	0	0	0.35±0.01Bb	1.6±0.1ABa	2.02±0.07Aa
30℃	0	0	1.36±0.15Aa	1.82±0.06Aa	2.35±1.12Aa

2.3. 小结

通过埋培最佳综合因子验证实验和生产应用实验，证实了基质埋培适宜温度、基质含水量和鳞片层次。揭示了整个催培期内疑似发病率的变化趋势和与不同鳞片的相互关系，在埋培2W时鳞片疑似发病率出现一个高峰，埋培4W后发病率逐渐下降并趋于稳定，较高温度有利于降低疑似发病率，在30℃、25℃下埋培疑似发病率能降到3.0%左右。

坑道式埋片催培前4周是百合鳞片分化微型鳞茎的快速分化期，同时也是微型鳞茎的快速形成期。不同温度处理对微型鳞茎分化的影响较大，鳞片分化率和单个鳞片生成的微型鳞茎数由大到小依次为30℃>25℃>20℃。埋培4w后，不同温度处理间鳞片分化率和形成的微型鳞茎数差异不显著，鳞片分化基本趋于稳定。由此说明，在催培前期，较高的催培温度有利于鳞片分化和微型鳞茎形成，在30℃以内，催培温度越高，越有利于鳞片提前完成分化，微型鳞茎形成速率越快，生成微型鳞茎数越多。温度低，在一定程度上降低了鳞片分化速率，延长分化时间。兰州百合鳞片在埋培4W后，鳞片分化基本结束，微型鳞茎数趋于稳定。

微型鳞茎的生根情况与后期看护培养过程中微型鳞茎的生长密

切相关。埋培3W，各温度处理鳞片形成的微型鳞茎均未生根；埋培3W以后，不同温度处理间鳞片生根数出现极显著差异，其中30℃处理鳞片带根数明显高于25℃及20℃处理；随着催培温度升高，微型鳞茎生根速率越快，生根数越多，催培温度降低，相应延缓根的形成。

综上所述，进行兰州百合鳞片坑道式埋片催培，25-30℃是最佳的催培温度，此温度下鳞片发病率最低、分化率最高、形成微型鳞茎数最多，并且微型鳞茎的生根速率最快，生根数最多。

（六）9 催培效果评价

1. 催培微型鳞茎的取样

鳞片在催培槽中进行基质埋培，约14 d后微型鳞茎开始形成，在埋培末期（7W），各催培温度随机抽取3个30片全部生长微型鳞茎的鳞片，以30片作为样本单位统计分析微型鳞茎，重复三次。

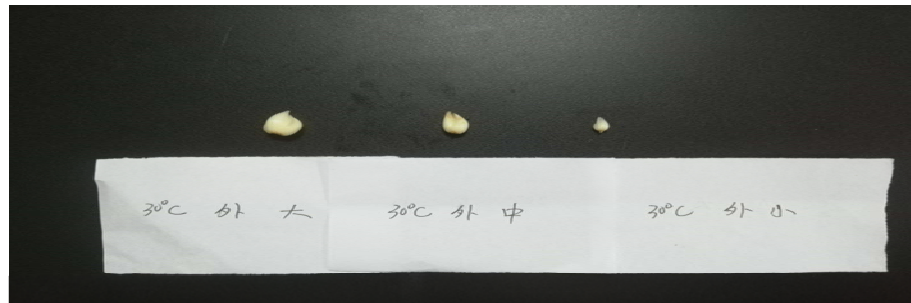
2. 微型鳞茎分级

首先依据微型鳞茎横径的总体构成，取中值作为微型鳞中间级别的取值标准，然后将全部微型鳞茎分成三个级别，一级微型鳞茎直径（最大横径） $d \geq 7.0 \text{ mm}$ ，二级 $4.0 \text{ mm} \leq d < 7.0 \text{ mm}$ ，三级 $d < 4.0 \text{ mm}$ 。

3. 结果分析

分析表明，30℃处理下外层鳞片分化的一级微型鳞茎数多于中层和内层，三级微型鳞茎数少于中层和内层；一级微型鳞茎总直径大于二级和三级（7-1A、7-1B、7-1C）；解剖发现一级微型鳞茎的鳞

片已发育到4-5层，二级微型鳞茎的鳞片发育到2-3层，三级微型鳞茎的鳞片发育到1-2层(图7-1D)。

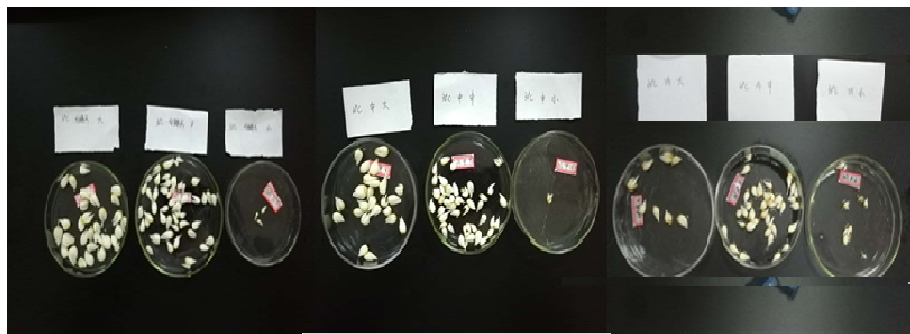


一级

二级

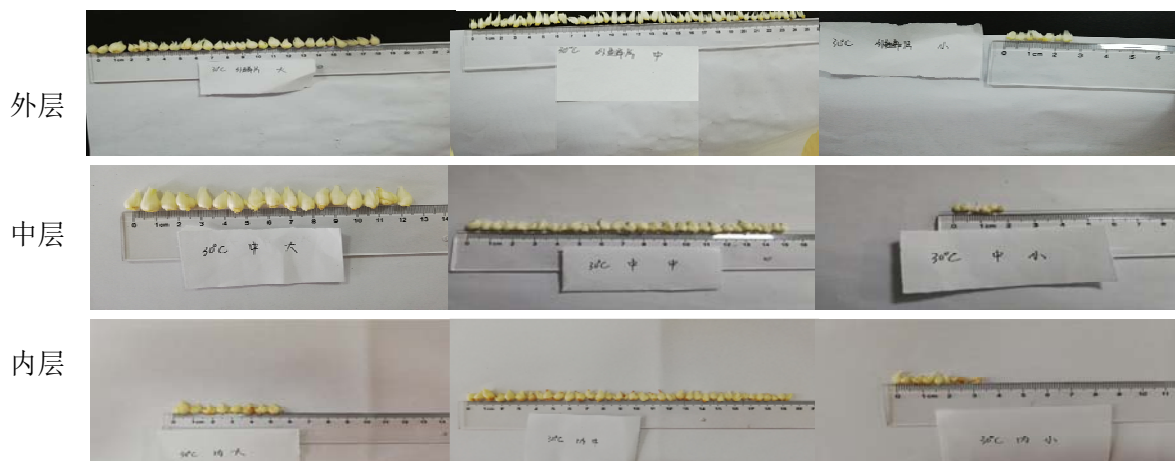
三级

A



外层鳞片(30℃处理) 中层鳞片(30℃处理) 内层鳞片(30℃处理)

B



一级

二级

三级

C

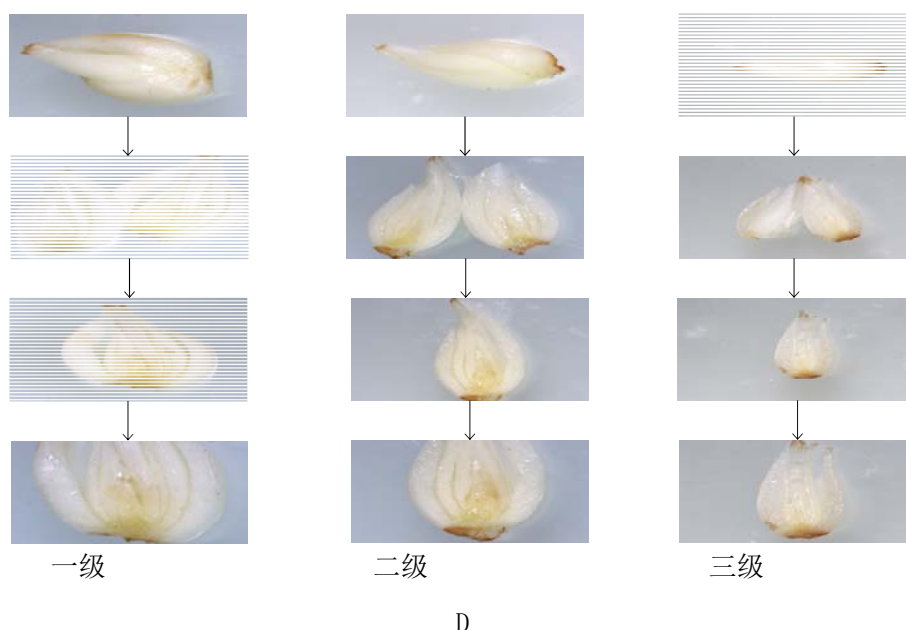


图7-1 微型鳞茎分级及解剖结构观察

注：A. 30℃处理外层鳞片分化微型鳞茎分级大小；B. 30℃处理各层次鳞片分化微型鳞茎分级数量；C. 30℃处理鳞片分化微型鳞茎分级总直径；D. 30℃处理外层鳞片分化微型鳞茎分级解剖观察

由表44、表45看出，外层鳞片在30℃下埋培7W后，一级（ $d \geq 7 \text{ mm}$ ）微型鳞茎数占总微型鳞茎数 $42.58 \pm 2.99\%$ ，极显著高于20℃处理，一级微型鳞茎的重量占微型鳞茎总重量的 $62.75 \pm 2.18\%$ ，极显著高于20℃处理；二级微型鳞茎的数量在三个处理温度下均无显著差异，三级微型鳞茎数在30℃、25℃处理下极显著低于20℃处理；二、三级微型鳞茎的重量在30℃处理下显著低于25℃、20℃处理。中层鳞片在30℃下埋培7W后，一级微型鳞茎数显著高于25℃处理，二级微型鳞茎在不同温度处理下无显著差异，三级微型鳞茎数极显著低于25℃处理，显著低于20℃处理；一级微型鳞茎重量占总微型鳞茎重

量的 $51.19 \pm 3.50\%$ ，显著高于 20°C 、 25°C 处理。内层鳞片在 30°C 下埋培7W后，一级微型鳞茎数极显著高于 20°C ，二级、三级微型鳞茎数无显著差异；一级微型鳞茎重量与 25°C 、 30°C 处理下的重量差异不显著，但显著高于 20°C 处理，二、三级微型鳞茎重量在三个温度处理下均不存在显著差异（表1、2）。一级微型鳞茎最大直径为11.36 mm，重量最大值为0.56 g，最小为0.19 g；二级微型鳞茎最大直径为6.99 mm，重0.16 g，重量最大值为0.18 g，最小为0.03 g；三级微型鳞茎最大直径为3.98 mm，重量为0.03 g，重量最大值为0.04 g，最小为0.01 g。

通过对不同温度处理下微型鳞茎的分级数量分析，一级微型鳞茎数量在 20°C （内鳞片）处理下最少， 30°C （外层鳞片）处理下最多；在不同处理下二级微型鳞茎数量相差不大；三级微型鳞茎数量在 20°C （外、内层鳞片）处理下最多， 30°C （外、中层鳞片）处理下数量最少（图7-2）。

表44不同温度处理下微型鳞茎数量差异性比较(%)

层次	处理	一级 ($d \geq 7\text{mm}$)	二级 ($4\text{mm} \leq d < 7\text{mm}$)	三级 ($d < 4\text{mm}$)
外层	20°C	11.12 ± 3.99 B	59.15 ± 9.46 a	29.73 ± 5.83 A
	25°C	32.92 ± 12.86 AB	54.99 ± 16.99 a	12.09 ± 6.42 B
	30°C	42.58 ± 2.99 A	53.38 ± 2.53 a	4.04 ± 4.23 B
中层	20°C	17.74 ± 4.61 ab	62.96 ± 8.27 a	19.30 ± 3.73 ABa
	25°C	16.61 ± 10.57 b	61.76 ± 4.98 a	21.63 ± 6.66 Aa
	30°C	31.35 ± 4.50 a	62.87 ± 4.48 a	5.78 ± 3.77 Bb
内层	20°C	3.18 ± 1.81 B	69.47 ± 20.02 a	27.35 ± 19.89 a
	25°C	12.57 ± 3.67 AB	68.24 ± 3.04 a	19.18 ± 1.03 a
	30°C	15.25 ± 4.77 A	65.47 ± 3.18 a	19.28 ± 4.83 a

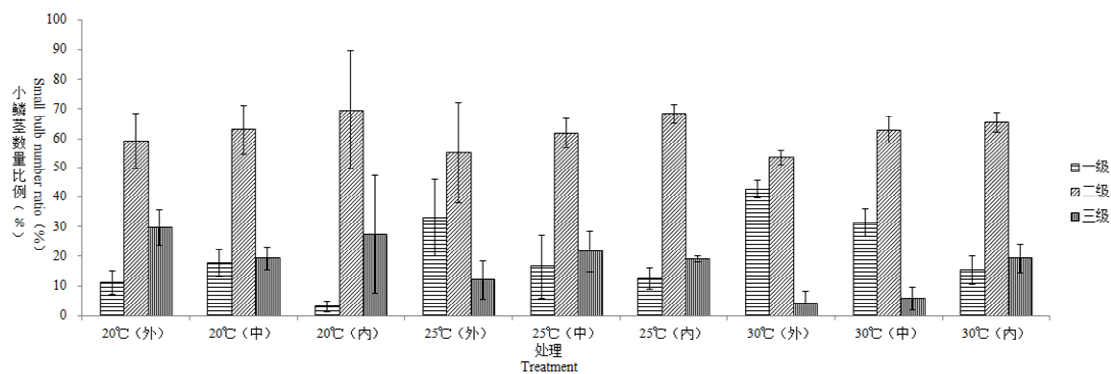


图7-2 不同处理微型鳞茎分级数量比例

表45 不同温度处理下微型鳞茎重量差异性比较 (%)

层次	处理	一级 ($d \geq 7\text{mm}$)	二级 ($4\text{mm} \leq d < 7\text{mm}$)	三级 ($d < 4\text{mm}$)
外层	20°C	22.75±8.36 Bb	66.28±11.65 a	10.98±3.96 A
	25°C	51.81±17.40ABa	44.66±18.49 ab	3.53±1.88 AB
	30°C	62.75±2.18 Aa	36.38±1.29 b	0.87±0.95 B
中层	20°C	28.96±7.93 b	65.25±7.94 a	5.78±0.52 ABb
	25°C	29.89±13.15 b	59.84±9.97 ab	10.28±3.41 Aa
	30°C	51.19±3.50 a	47.78±3.89 b	1.03±0.70Bc
内层	20°C	6.82±4.67 B	77.47±14.95 a	15.72±12.24 a
	25°C	23.91±5.41 A	66.87±5.00 a	9.21±2.22 a
	30°C	28.01±5.66 A	65.49±5.58 a	6.50±2.88 a

(七) 10 微型鳞茎低温处理

将载有微型鳞茎的鳞片装入透气的塑料框中，放置于 5.0 °C ± 0.5 °C 恒温库中 5 周~6 周，低温处理结束立即播种。

(八) 11 产量及繁殖周期

规程本部分主要根据坑道设计和实际催培生产的填装数量、微型鳞茎分化时间、鳞片的分化率和微型鳞茎分化数等研究结果形成的。

催培能力：2018 年 3 月在改建后的日光温室内，新建 900.0 cm

×170.0 cm×25.0 cm的催培槽 6 个，建设面积 135 m²，有效利用面积 92.8 m²，有效容积 23.2m³，能容纳 4500 公斤鳞片，即 225 万个鳞片的催培（1.9 万枚鳞片/m²，约 36.5 千克/m²），具有 500 万左右微型鳞茎的催培能力，4 月上旬完成建设，4 月中旬投产。

微型鳞茎形成时间及分化数：从微型鳞茎形成的时间来看，催培 2W 时陆续的能看到鳞片基部位置出现白色小突起，以此作为鳞片始分化和计算鳞片分化率的标准，此时鳞片分化率达到 30%，为微型鳞茎形成期。催培时间在 2W~3W 时，鳞片分化率达到 50%，进入微型鳞茎生长旺盛时期，催培 3W 后，分化率大于 70%，进入微型鳞茎生长高峰期。

由不同处理下微型鳞茎分化数的变化趋势图可知(图 1)，当催培时间在 2W 时至 3W 期间，微型鳞茎数量快速上升。催培 3W 时可明显观察到微型鳞茎逐渐膨大至小籽球，微型鳞茎数量达到最大值，238 个/100 片，随着催培时间的增加微型鳞茎数量趋于平稳状态。进入微型鳞茎生长高峰期后可看到，微型鳞茎分化数量在 5W 时基本稳定，6W-7W 时最高可达到 231.67 个/100 片，最少为 172.67 个/100 片，根据每个鳞片分化数，大约能分化 4.0 万粒微型鳞茎/m²，考虑到催培结束后，方便微型鳞茎看护培养播种，认为催培周期 6W 最适宜。

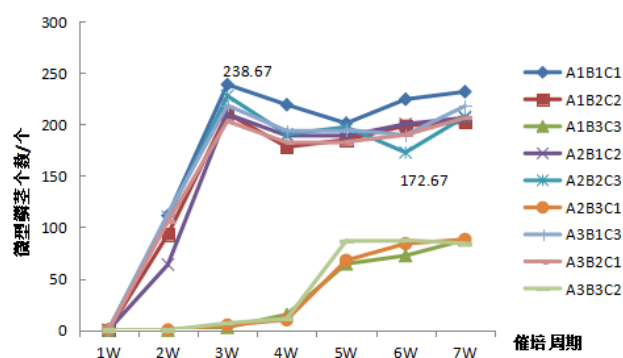


图 1 微型鳞茎形成趋势图

表 1 鳞片层次、温度和基质相对含水量正交设计组合

处理号	A	B	C
A ₁ B ₁ C ₁	外	25℃	60%
A ₁ B ₂ C ₂	外	20℃	70%
A ₁ B ₃ C ₃	外	15℃	80%
A ₂ B ₁ C ₂	中	25℃	70%
A ₂ B ₂ C ₃	中	20℃	80%
A ₂ B ₃ C ₁	中	15℃	60%
A ₃ B ₁ C ₃	内	25℃	80%
A ₃ B ₂ C ₁	内	20℃	60%
A ₃ B ₃ C ₂	内	15℃	70%

注：A 鳞片层次，A1 外层、A2 中层、A3 内层；B 催培温度，B1 25℃、B2 20℃、B3 15℃；C 基质相对含水量，C1 60%、C2 70%、C3 80%。

六、 重大意见分歧的处理依据和结果

本标准在制定过程中通过向中国科学院西北高原生物研究所、青海民族大学、西宁市蔬菜研究所、甘肃农业大学、兰州市农业科技研究推广中心 5 家与百合生产有关的科研、生产、大专院校的专家征求了意见，共征集到 16 条意见，其中格式、书写等问题意见 3 条，内容修改意见 13 条，根据意见进行了修改完善，详见下表。

序号	标准条款	意见内容	提出意见单位	处理意见和理由
1	范围	范围规定应该按照除规范性引用文件以外的小标题进行撰写	中国科学院西北高原生物研究所	采纳并修改
2	2~11	所有内容自然段均首行缩进两格。	中国科学院西北高原生物研究所	采纳并修改
3	2.4	用珍珠岩、草炭、河砂按一定比例配置成混合基质	青海民族大学	上会讨论是否必要
4	2.6	“具水浸湿后的水渍斑点、变软的腐烂征兆或呈焦黄色斑点，后期部分病态消失或转化成真菌或细菌感染症状。”修改为“鳞片表面具水浸状、褐色斑点、软腐的	甘肃农业大学、中国科学院西北高原生物研究所、兰州市农业科技研究推广中心	采纳并修改

		病症，后期自愈或者有肉眼可见的菌落。”		
5	5	“鳞片、充分分散，放置在弱光无污” 删除鳞片后面的顿号，建议修改为鳞片充分分散不重叠	兰州市农业科技研究推广中心	部分采纳并修改
6	5. 鳞片采集	建议鳞片采集选用分级标准中的二级及其以上标准鳞茎和鳞片。删去“用手将鳞片从鳞茎盘上剥离”中的“用手”二字。	中国科学院西北高原生物研究所、甘肃农业大学	采纳并修改
7	6.2	“粒径规格 0.0 厘米 -0.7 厘米”改为粒径 $\leq 0.7\text{cm}$ 。水量，将基质含水量调整至手捏成团，落地即散的状态，“即基质相对含水量调节到 70.0% $\pm$ 3.0%” 放到括号内备注说明。	中国科学院西北高原生物研究所、甘肃农业大学	采纳并修改
8	7.2	“首先在催培槽底部填充 5.0 厘米后的基质”，修改为“首先在催培槽底部填充 5.0 厘米厚的基质”	甘肃农业大学	采纳并修改
9	8 催培环境调	改为“催培环境控制”	中国科学院西北高原生物研究所	采纳并修改

	控			
10	8.1 和 8.2 标题	改为温度和湿度	中国科学院西北高原生物研究所	采纳并修改
11	9.1	改为“检测槽内基质层温度是否与设定温度一致”。“环境温度主要通过温室放风和覆盖调节”改为“基质层温度过高或过低时可通过温室通风或覆帘调节”	中国科学院西北高原生物研究所	采纳并修改
12	10.2	将标题后 9.2 去掉，统一表格内字体。重量改为质量	中国科学院西北高原生物研究所、青海民族大学、西宁市蔬菜研究所	采纳并修改
13		数据范围用的“-”号；10.2 表格中的大于号不标准、数据范围是短线、字体字号不统一。	青海民族大学	采纳并修改
14	9.2	每周检测一次基质含水量，如何检测？	青海民族大学	未修改，在 6.2 中有描述
15		全篇统一格式、单位统一。“~”	西宁市蔬菜研究所	采纳并

		“-” 统一用一种符号。		修改
16	10.1	“催培结束时，每温度处理和每鳞片层……”描述不清楚。	甘肃农业大学、兰州市农业科技研究推广中心	采纳并修改

七、 贯彻实施规程的要求、措施等建议

本规程是在青海省互助县威远镇 3-6 月的日光节能温室中进行的，除环境气候条件与当地一致之外，相关试验数据都是在可控条件下获得的，并根据兰州百合鳞片繁育的特殊要求编写而成。因此，本规程可以适用于各地、各种气候环境的鳞片微型鳞茎繁育，而且整个规程具有完整性、技术的连续性和可复制性，在应用时不可断章取义或随意修改技术参数。部分内容属于专利内容，未做详细说明，待专利审批后可参考专利内容。

八、 规程编写的依据

规程编写主要依据青海大学高原花卉研究中心承担青海省科技厅“干旱山区食用百合高效栽培技术研究及示范”(2018-NK-102)项目研究中得到的研究成果和实验数据，并结合青海各地区兰州百合种鳞茎繁育和大面积生产中积累的技术经验，经总结、归纳和技术集成，形成完整的繁育技术体系，并通过 2 年生产实践检验，最后形成本规程。

编写单位：青海大学高原花卉研究中心

二零二零年十一月