

《兰州百合无基质催培繁殖技术规程》 编制说明

标准名称： 兰州百合无基质催培繁殖技术规程

项目编号： QHNX5-2020

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《兰州百合无基质催培繁殖技术规程》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，制定兰州百合鳞片无基质催培繁殖技术规程。

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空气催培车间进行催培繁育试验，详细观察记载空气催培车间设计与建设、鳞片采集与分级、无基质催培的温度试验、无基质催培的光照试验、无基质催培的生产验证、无基质催培的微型鳞茎质量分析与分级、无基质催培的先进性及效率分析等，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无基质催培繁殖的术语和定义、无基质催培室设计、鳞片采集、催培前准备、装盘与上架、环境控制、效果评价、产量及繁殖周期等技术要点，为兰州百合鳞片批量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范的初审、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、编制说明
唐道城	男	教授	青海大学	4 无基质催培室设计、7 装盘与上架、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	11 微型鳞茎低温处理
曹彩霞	女	研究生	青海大学	8 催培环境控制
刘高峰	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鄯镇、

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、无基质培式室及催培架的设计与建造、鳞片无基质催培程序、无基质催培的温度试验、无基质催培的光照试验、无基质催培的生产验证、无基质催培的微型鳞茎质量分析与分级、无基质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、曹彩霞、刘高峰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：由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空气催培繁育技术，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《兰州百合鳞片无基质催培繁殖技术规程》。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 无基质催培室设计

参照实用专利内容和参数进行设计与建造。

（三）5 鳞片采集与精选

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 每鳞片，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±10g	46	59.80	1.30	60.00
	150±10g	48	95.04	1.98	60.70
	200±10g	51	126.48	2.48	63.35
	独头	49	89.18	1.82	
	平均	48.3			61.70
2019	<100g	49	65.45	1.33	76.38
	100-150g	64	86.26	1.35	71.72
	>150g	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）。

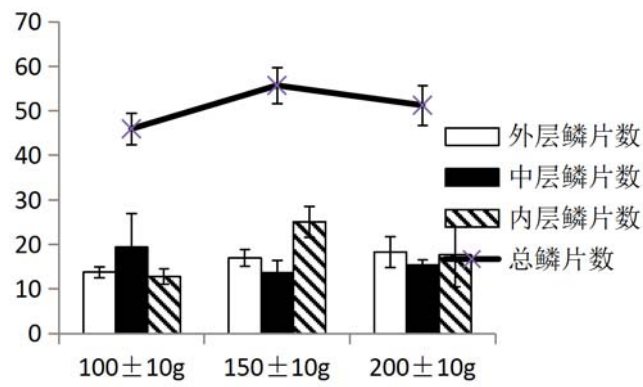


图1-1 不同重量规格鳞茎采集鳞片数的差异

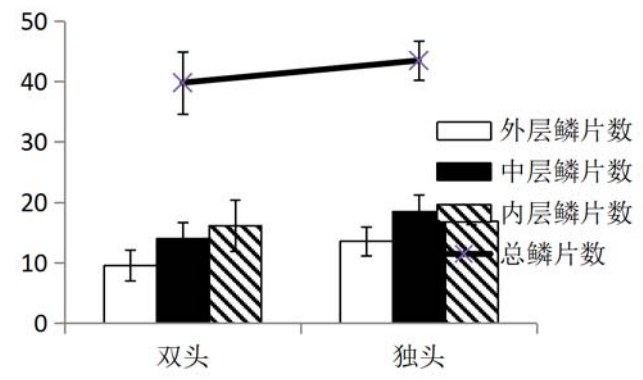


图1-2 不同类型鳞茎采集鳞片数的差异

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 $50.0 \pm 10.1\text{g}$ ，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 $40.0 \pm 6.3\text{g}$ ，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 $34.6 \pm 10.2\text{g}$ ，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

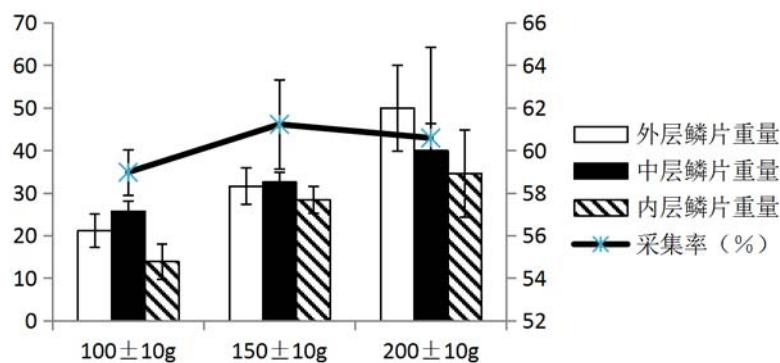


图 1-3 不同规格鳞茎采集鳞片重量及采集率的差异

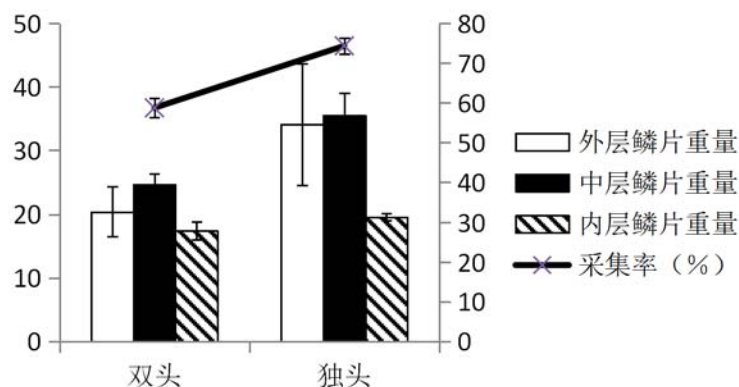


图 1-4 不同类型鳞茎采集鳞片重量及采集率的差异

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 $\geq 3.0\text{g}/\text{片}$ 、 $2.0\text{g}/\text{片}$ – $2.9\text{g}/\text{片}$ 、 $1.0\text{g}/\text{片}$ – $1.9\text{g}/\text{片}$ 、 $<1.0\text{g}/\text{片}$ 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

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
n≤100	2.52± 0.88Ab	24.53± 2.65Ab	24.04±2.02Bb	12.93± 2.34Bb	64.01±3.37Cc

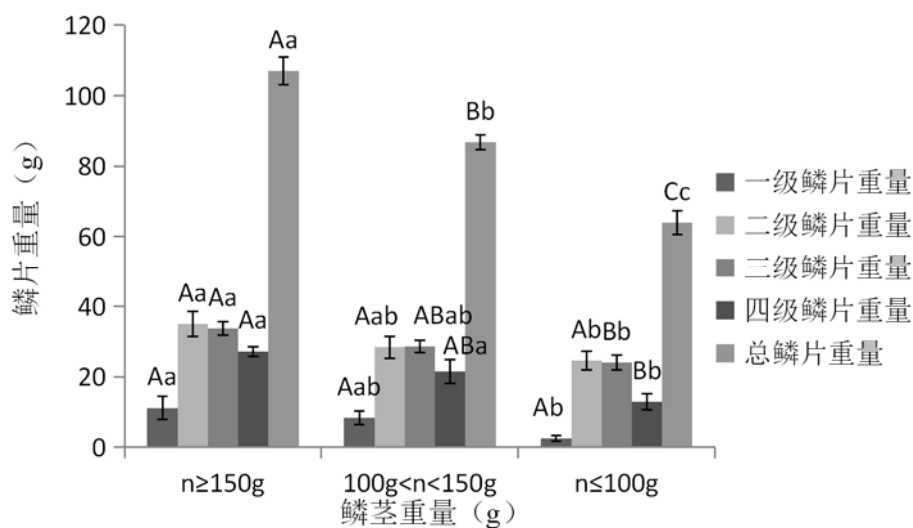


图 1-5 各规格鳞茎采集不同级别鳞片的重量分析

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
$n \geq 150$	$3.30 \pm 0.94Aa$	$14.10 \pm 1.46Aa$	$22.10 \pm 1.19Aa$	$39.00 \pm 2.70Aa$	$78.50 \pm 3.17Aa$
$100 < n < 150$	$2.40 \pm 0.60ABab$	$12.40 \pm 1.56Aa$	$19.90 \pm 1.60Aa$	$31.20 \pm 5.04ABa$	$65.90 \pm 3.13Bb$
$n \leq 100$	$0.70 \pm 0.26Bb$	$10.60 \pm 1.07Aa$	$18.00 \pm 1.61Aa$	$19.80 \pm 3.05Bb$	$49.10 \pm 3.12Cc$

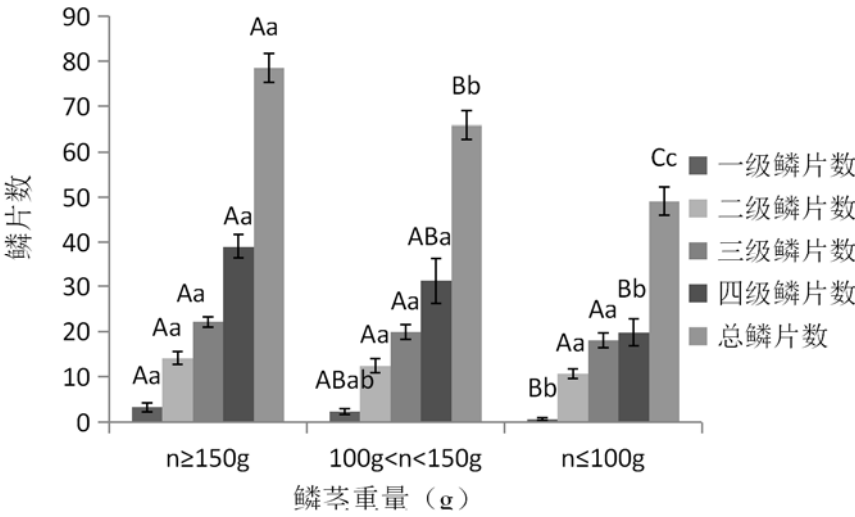


图 1-6 不同重量鳞茎的各级鳞片采集数比较

(四) 6 催培前准备

根据实用专利的部分内容和参数，完成空气催培车间和催培架的温度控制、光照控制、湿度控制、空间及设施消毒、鳞片精选、催培盘准备、鳞片消毒与处理。

(五) 7 装盘与上架

通过两年的试验和生产验证，确定出催培盘的有效放置方式、每盘鳞片合理装填数量，以及鳞片在催培盘中的摆放姿态。

(六) 8 催培环境控制

1. 无基质催培的温度试验

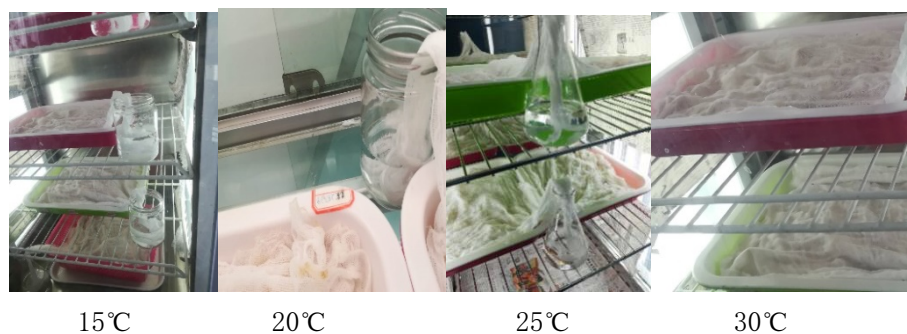
1.1、材料与amp;方法

1.1.1 试验材料

选取色泽洁白、饱满、无病虫害损伤，单个100克以上的兰州百合鳞茎，先将外层腐烂有破损、被污染的鳞片剥除，然后依次从外向内剥取鳞片，不分大小，均匀混合。将鳞片冲洗干净并浸泡消毒（50%的甲基硫菌灵稀释300倍液）30分钟，清水冲洗并沥干备用；催培盘用洗衣粉水液浸10分钟后，反复进行刷洗，最后用40%的甲醛液和84消毒各喷一次进行消毒，沥干备用。

1.1.2 试验设计

共设四个催培处理温度（15℃、20℃、25℃、30℃）进行最佳催培温度筛选。每个处理温度设三个催培盘，即3次重复，每盘180片混合鳞片，共12盘。催培盘均放置在设定好温度、湿度及光照的人工气候培养箱中，光照统一调节到1000lux，24小时补光，催培过程中在催培盘上方覆盖无菌纱布，每天用蒸馏水将纱布喷湿进行保湿，空气相对湿度调节到70.0%-80.0%。催培时间为7周。



1.1.3 试验时间

试验2019年4月28日开始，2019年6月16日结束，共催培7周。在青海省园林植物与观赏园艺重点实验室内完成。

1.1.4 测定内容及方法

催培开始后每7天观测记录一次，每次每个处理随机选取100片鳞片，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。催培开始后对腐烂鳞片数进行记录。每次统计结束后，及时挑拣出腐烂的鳞片。计算公式如下：

$$\text{鳞片疑似发病率} = \text{累计腐烂鳞片数} / 100 \text{片} \times 100\%$$

(2) 微型鳞茎形成时间：当鳞片颜色发生变化，并在鳞片切口处出现一些肉眼可见的白色小突起，判定为微型鳞茎形成。形成微型鳞茎的鳞片>30%，为形成初期；形成微型鳞茎的鳞片>50%，为鳞茎生长旺盛期；形成微型鳞茎的鳞片>70%，为鳞茎生长高峰期。

(3) 鳞片分化率：形成微型鳞茎的鳞片数占总鳞片数的百分率。

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

(4) 鳞茎分化数：小突起继续生长，一周左右逐渐膨大形成微型鳞茎，每个鳞片着生的微型鳞茎数。

(5) 鳞片生根率：生根的鳞片数占总鳞片数的比例。用百分数表示。

$$\text{鳞片生根率} = \text{生根的鳞片数} / 100 \text{片} \times 100\%$$

(6) 鳞片生根数：每个鳞片上的微型鳞茎生长处肉眼可见的根数。

(7) 微型鳞茎出芽率：每个鳞片上的微型鳞茎长出的芽苗数。

微型鳞茎出芽率=出芽的微型鳞茎鳞片数/100片×100%

(8) 微型鳞茎出芽数：用100各鳞片的累计出芽个数表示。

(9) 微型鳞茎重量：催培结束时（7W），每个处理随机选取100片鳞片，剥取微型鳞茎进行称重。

1.1.5 数据分析

用Microsoft Excel 2010软件整理试验数据，SPSS17.0版软件统计分析数据。

1.2、结果与分析

1.2.1 不同温度对鳞片无基质催培的疑似发病率的影响

在兰州百合鳞片无基质催培进程中，不同温度下各阶段的疑似发病率除催培第1W，30℃的疑似发病率极显著高于25℃处理、15℃处理之外，各阶段温度处理之间的疑似发病率无显著性差异（表1）。由图1看出，催培前1-2W，各温度处理下的鳞片疑似发病率均达到高峰期，2周后逐渐下降，在3-4周剥至想稳定，直至催培结束，疑似发病率均稳定保持在1.0%以下（每周），但也看出，催培温度越高，疑似发病率越高。从表2看出，不同温度下鳞片无基质催培的总疑似发病率由高到低依次为30℃处理>20℃处理>25℃处理>15℃处理；其中，30℃处理下发病鳞片数显著高于25℃处理、15℃处理且与20℃处理无显著性差异；催培结束时30℃、25℃、20℃、15℃处理下的鳞片总疑似发病率分别为9.26%、3.90%、8.16%、2.22%，四个处理温度的鳞片疑似发病率均在10.0%以下（图2）。

表1. 不同催培温度下鳞片的疑似发病率差异性分析 (%)

温 度 (°C)	0W	1W	2W	3W	4W	5W	6W	7W	疑似发病 率 (%)
30°C	0.	1.85±0	0.19±0	0.56±0	1.11±0	0.93±0	0.74±0	0.37±0	9.26±1.
	00	.74Aa	.19Aa	.56Aa	.00Aa	.37Aa	.49Aa	.37Aa	52Aa
25°C	0.	0.93±0	0.37±0	0.00±0	0.37±0	0.56±0	0.56±0	0.37±0	3.89±1.
	00	.18Aa	.19Aa	.00Aa	.19Aa	.32Aa	.56Aa	.19Aa	70Abc
20°C	0.	2.04±0	0.37±0	0.00±0	1.11±0	0.56±0	0.93±0	0.37±0	8.15±1.
	00	.18Aa	.37Aa	.00Aa	.85Aa	.56Aa	.93Aa	.19Aa	93Aab
15°C	0.	0.74±0	0.00±0	0.00±0	0.74±0	0.19±0	0.56±0	0.00±0	2.22±0.
	00	.49Aa	.00Aa	.00Aa	.49Aa	.19Aa	.00Aa	.00Aa	96Ac

注：同列数据后不同大、小写字母分别表示处理间差异达到极显著(P<0.01)或显著(P<0.05)水平

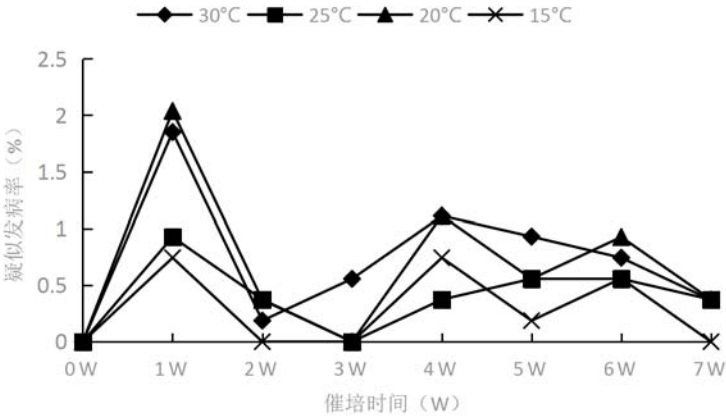


图 1. 不同催培温度下鳞片的疑似发病率趋势

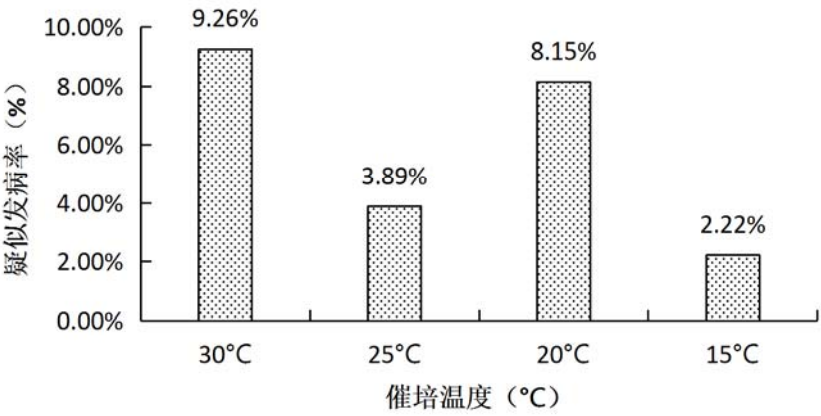


图 2. 兰州百合在不同催培温度下的总鳞片疑似发病率

1.2.2 不同催培温度下的微型鳞茎形成

由表 2 看出，不同催培温度处理下，微型鳞茎的形成时间不同，各温度处理均在 2W 左右，微型鳞茎开始形成，3-4W 微型鳞茎分化率达到 30%以上，其中 20℃处理最先达到微型鳞茎形成初期，15℃处理到达微型鳞茎形成初期相对较晚，大约需要 4W。在 4-5W，各温度处理的微型鳞茎分化都达到旺盛期，仍以 20℃处理分化速度最快，在 4W 时就达到分化高峰期。到催培后期，各温度处理下微型鳞茎分化速度差异明显，尤其是 25℃处理下，分化速度加快，在第 5W 就赶上和超过 20℃处理下的微型鳞茎分化率。由此看出，25℃应是最理想的催培温度，不尽分化速度快，而且最终分化率也较高。

表 2 不同催培温度处理下微型鳞茎的形成时间

温度（℃）	微型鳞茎形成率>30%	微型鳞茎形成率>50%	微型鳞茎形成率>70%
30℃	3W（33.15%）	5W（68.71%）	6W（78.15%）
25℃	3W（37.96%）	4W（59.26%）	5W（81.11%）
20℃	3W（45.36%）	4W（73.70%）	4W（73.70%）
15℃	4W（34.82%）	5W（52.78%）	7W（75.56%）

无基质催培结束后，除 15℃处理外，其余三个温度处理下的鳞片分化率均达到 80%以上，其中 25℃处理的鳞片分化率在 90.0%左右，极显著高于 15℃处理，但与 20℃以上各温度处理差异不显著。20℃下催培前 5W 鳞片分化微型鳞茎的速度最快，其次是 25℃处理，在第 6W25℃处理的微型鳞茎分化速度赶上并超过 20℃处理，因次在催培后期以 25℃处理下鳞片分化微型鳞茎的速度最快（表 3，图 3）。

表 3 兰州百合不同无基质催培温度下鳞片分化率差异性分析 (%)

温 度 (°C)	0W	2W	3W	4W	5W	6W	7W
30℃	0.0	8.89±2.80	33.15±4.2	48.15±10.2	68.71±4.6	78.15±6.73	82.41±4.83
	0	ABb	7 Aab	3Aab	5ABb	ABab	ABab
25℃	0.0	11.48±0.3	37.96±4.9	59.26±13.8	81.11±4.3	85.56±4.17	89.81±1.61
	0	7ABb	0Aab	9Aab	4Aa	Aa	Aa
20℃	0.0	27.96±7.3	45.36±3.9	73.70±0.81	81.67±0.6	82.5±0.48A	85.00±1.79
	0	6Aa	2Aa	Aa	4Aa	Ba	ABa
15℃	0.0	5.56±2.00	26.11±8.1	34.82±8.07	52.78±2.8	65.00±1.79	75.56±1.93
	0	Bb	0Ab	Ab	5Bc	Bb	Bb

注：同列数据后不同大、小写字母分别表示处理间差异达到极显著 (P<0.01) 或显著 (P<0.05) 水平

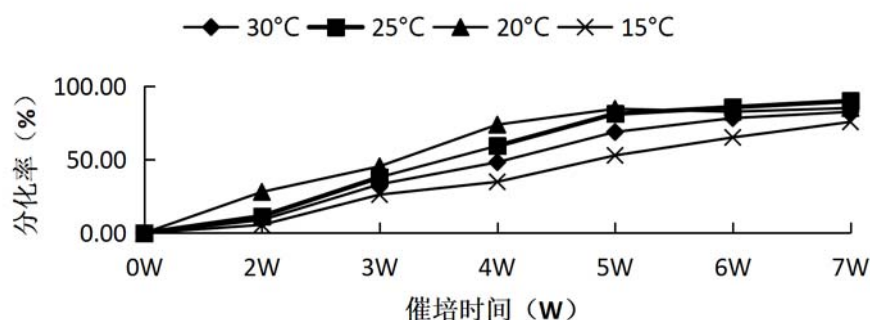


图 3 鳞片无基质催培不同温度下的分化率变化趋势

在不同催培温度下微型鳞茎分化数差异极显著（表 3）。催培结束时（7W），20℃和 25℃处理下的微型鳞茎分化数最高，极显著高于 15℃和 30℃处理，而 20℃处理与 25℃处理的微型鳞茎分化数差异不显著。由图 4 看出，各温度处理均在催培 3 周以后出现微型鳞茎快速分化期，20℃处理和 25℃处理的分化速度极显著快于 30℃和 15℃处理。从微型鳞茎分化时间、分化速度、分化数量来看，20℃-25℃是最佳催培温度。

表 3 不同温度下鳞片无基质催培的微型鳞茎分化数差异性分析

单位：个/100 片

温度 (°C)	0W	3W	4W	5W	6W	7W
30°C	0.0	8.89±1.61Ab	19.07±7.00A	52.41±6.92Bb	75.00±13.89AB	101.29±8.46
	0	c	a		b	Bb
25°C	0.0	20.37±5.58A	51.67±20.17	96.11±10.84A	130.56±21.23A	146.48±3.55
	0	ab	Aa	Ba	Ba	Aa
20°C	0.0	20.56±2.54A	55.00±9.71A	122.22±16.16	144.26±11.07A	146.67±2.42
	0	a	a	Aa	a	Aa
15°C	0.0	6.11±3.20Ac	25.18±8.98A	42.59±12.74B	63.52±10.67Bb	91.11±6.67B
	0		a	b		b

注：同列数据后不同大、小写字母分别表示处理间差异达到极显著（ $P<0.01$ ）或显著（ $P<0.05$ ）水平。

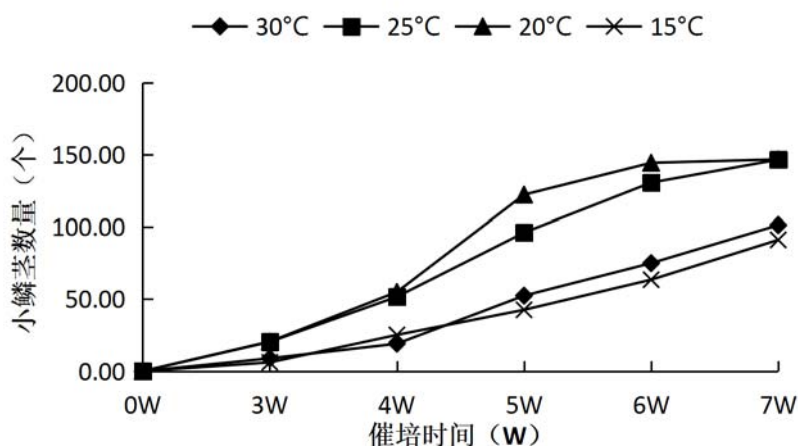


图 4 不同温度下鳞片无基质催培的微型鳞茎分化趋势

1.2.3 不同催培温度对微型鳞茎生根的影响

随着微型鳞茎的不断分化，到催培第 5W，微型鳞茎开始萌发不定根，到第 6W 后进入根系发生高峰期。由于每个鳞片分化有多个微型鳞茎，并相互粘连，无法进行单个微型鳞茎萌发根数统计，仅以鳞片生根状况统计其生根率和生根数。由表 4 看出，不同催培温度下微型鳞茎生根存在极显著差异。催培到第 6W 时，25°C 处理、20°C 处理的微型鳞茎生根率分别达到 52.96%、50.93%，均极显著或显著

高于 15℃处理和 30℃处理。到催培结束（7W）时，25℃和 20℃处理的微型鳞茎生根率均达到 60.0%以上，均极显著高于 30℃处理、15℃处理。证实了 20℃和 25℃下催培处理有利于微型鳞茎次生根的发生。

表 4 不同催培温度下微型鳞茎生根率差异性分析（%）

温度（℃）	5W	6W	7W
30℃	0.00	19.63±2.91ABb	38.70±2.69Bb
25℃	0.00	52.96±8.68Aa	65.37±3.43Aa
20℃	0.00	50.93±9.46Aa	67.78±3.90Aa
15℃	0.00	15.37±4.76Bb	25.37±7.81Bb

注：同列数据后不同大、小写字母分别表示处理间差异达到极显著（P<0.01）或显著（P<0.05）水平。

由表 5 可知，催培结束时（7W），25℃处理的微型鳞茎生根率生根数最多，极显著高于 30℃和 15℃处理下的微型鳞茎生根数（根数/100 片），但与 20℃处理差异不显著，说明温度过高或过低都不利于根的发生。

表 5 不同催培温度下微型鳞茎生根数的差异性分析（根数/100 片）

温度（℃）	5W	6W	7W
30℃	0.00	29.81±5.94Ab	91.30±8.30Bb
25℃	0.00	154.26±43.37Aa	221.48±9.42Aa
20℃	0.00	119.45±26.95Aa	192.59±14.31Aa
15℃	0.00	31.48±12.25Ab	59.44±25.35Bb

注：同列数据后不同大、小写字母分别表示处理间差异达到极显著（P<0.01）或显著（P<0.05）水平。

1.2.4 不同催培温度对微型鳞茎出芽的影响

催培后期，即催培到第 6W，各处理温度下鳞片上着生的微型鳞茎开始长出叶片或小芽，统称出芽，出芽时间略晚于出根时间。不同催培温度下微型鳞茎的出芽率、出芽数均存在极显著差异（表 6）。25℃处理下的微型鳞茎出芽数极显著高于其他温度处理，而 15℃处

理几乎没有芽的萌发，对于催培结束播种而言，有芽既不利于播种，也不利于播种后出苗（带芽微型鳞茎需要重新萌发新苗），所以 15℃ 和 30℃ 处理出芽率和出芽数最低，更有利于播种和当年培育壮苗，从出苗来看，20℃ 的催培温度也有利于控制出芽。

表 6. 在不同催培温度下微型鳞茎出芽差异性分析

	微型鳞茎出芽率 (%) ¹		微型鳞茎出芽数 (个/100 片) ²	
	6W	7W	6W	7W
30℃	0.00±0.00Bb	0.56±0.56Bb	0.00±0.00Bb	0.56±0.56Bb
25℃	2.04±0.18Aa	7.40±2.04Aa	2.04±0.18Aa	10.74±2.32Aa
20℃	0.37±0.37Bb	0.74±0.18Bb	0.37±0.37Bb	1.11±0.32Bb
15℃	0.00±0.00Bb	0.00±0.00Bb	0.00±0.00Bb	0.00±0.00Bb

注：同列数据后不同大、小写字母分别表示处理间差异达到极显著 (P<0.01) 或显著 (P<0.05) 水平。
1, 按鳞片统计出芽率；2, 按鳞片统计出芽数。

1.2.5 不同催培温度对微型鳞茎重量的影响

由表 6 可知，催培结束时，不同催培温度下的微型鳞茎重量从高到低依次是 20℃ 处理 > 25℃ 处理 > 30℃ 处理 > 15℃ 处理；其中，20℃ 处理下微型鳞茎重量极显著显著高于 30℃ 处理、25℃ 处理、15℃ 处理；以 20℃ 处理下单个微型鳞茎最重。

表 6 不同催培温度下的微型鳞茎重量

温度	微型鳞茎重 (g/100 片)	单个微型鳞茎重 (g/个)
30℃	2.41±0.24Bb	0.02g
25℃	4.59±0.84Bb	0.03g
20℃	9.87±1.52Aa	0.07g
15℃	1.98±0.46Bb	0.02g

1.3 小结

以兰州百合鳞片为实验材料，设四个催培处理温度（15℃、20℃、25℃、30℃）观测鳞片的疑似发病率、鳞片微型鳞茎分化率、微型

鳞茎分化数、生根率、生根数、出芽率和出芽数，通过综合评价，筛选出适宜无基质催培的最佳温度。结果表明鳞片疑似发病率与温度有关，在第 1W 时除 15℃ 处理外个温度处理均达到高峰期，在催培第 2W 后开始逐渐下降并趋于稳定，到催培结束时，25℃、15℃ 处理下的总疑似发病率小于 5.0%，是有利于控制催培期间疑似发病率的有效温度。各温度处理均在 2W 左右微型鳞茎开始形成，在 4-5W 微型鳞茎分化达到旺盛期，前期以 20℃ 处理分化速度最快，后期以 25℃ 处理分化速度加快，25℃ 是最理想的催培温度，不仅分化速度快，而且最终分化率也最高，达到 90.0% 左右。催培结束时（7W），20℃ 和 25℃ 处理下的微型鳞茎分化数最高，均达到 146 粒/100 片。催培期间微型鳞茎萌发次生根有利于微型鳞茎当年在原原种圃中生长。伴随催培期间的微型鳞茎分化，到催培第 5W，微型鳞茎开始萌发不定根，到第 6W 后进入根系发生高峰期，到催培结束时 25℃、20℃ 处理下的微型鳞茎生根率均能达到 60.0% 以上，到催培结束时（7W），25℃ 处理的微型鳞茎生根数达到 221 条/100 片，25℃ 下催培有利于促进微型鳞茎次生根发生。催培到第 6W，鳞片上着生的微型鳞茎开始长出叶片或小芽，出芽时间略晚于出根时间，25℃ 处理下的微型鳞茎出芽数极显著高于其他温度处理，出芽率可高达 7.4%，出芽数能达到 10.74 条/100 片，不利于播种，也不利于播种后出苗，相对而言，20℃ 下催培更有利于控制出芽。催培结束时，不同催培温度下的微型鳞茎重量 20℃ 处理 > 25℃ 处理 > 30℃ 处理 > 15℃ 处理，

以 20℃ 处理下单个微型鳞茎最重。从疑似发病率、微型鳞茎分化时间、分化速度、分化数量、次生根发育、芽发育及微型鳞茎等方面综合评价来看，20℃-25℃ 是无基质催培最佳温度。

2、无基质催培的光照试验

2.1、材料与设计

2.1.1 材料

从鳞片催培繁殖的生产中随机抽取外层（1-2层）、中层（3-4层）、内层（5-7层）鳞片。不同层次的鳞片分别用50%的甲基硫菌灵500倍溶液浸泡30分钟，再用清水冲洗后，稍加晾干多余明水，便可用于催培试验。

2.1.2 试验设计

试验在霍普兰德公司的鳞片无基质催培室中进行，根据催培室可调光照幅度，设计外层（A1）、中层（A2）、内层（A3）三个鳞片层次，900±50lx（B1）、500±50lx（B2）、400±50lx（B3）、200lx（B4）四种光照强度的二因素随机区组试验，重复三次，共计45个处理。催培盘选用63cm×30cm×3cm的底部具孔育秧盘，每处理1盘，每盘放1000克鳞片。试验在15℃-25℃的温度，70%相对空气相对湿度下完成。

2.1.3 统计与分析方法

在催培过程中，每周测定一次疑似发病率、鳞片分化率、微型鳞茎分化数/片。共计催培7周，在第7周时，除了观测统计上述内容

之外，还要观测根数及生根率，以及微型鳞茎质量（直径、重量）及分级。数据资料处理与分析用Excel和SPASS软件完成。

2.2、结果与分析

2.2.1不同光照强度下鳞片无基质的器官分化与发育

由表6.1可知，用混合鳞片在4种光照强度下进行无基质催培，观测鳞片分化率、微型鳞茎分化数、鳞片发根率、发根数、出芽数。结果表明，400lx左右的光照强度有利于鳞片的微型鳞茎分化、根分化，也有利于对微型鳞茎芽的生长抑制，光照强度越低既不利于微型鳞茎的形成与发育，也不利于次生根的形成和发育，但显著促进芽的生长。

表 6.1 不同光照强度下鳞片无基质催培的微型鳞茎器官分化

光照强度 (lx)	鳞片分化率 (%)	微型鳞茎（粒 /100 片）	鳞片发根率 (%)	根数（条/100 片）	鳞片芽分化率 (%)	出芽数（芽 /100 片）
912.0	93.3	238.3	63.3	39.3	2.3	4.0
489.0	91.3	197.0	55.7	169.3	2.7	4.7
395.0	99.3	241.0	93.3	556.6	1.7	4.3
211.0	91.7	177.4	80.6	350.6	20.0	34.7

2.2.2鳞片层次在不同光照强度下的微型鳞茎分化与发育

根据实验条件，对无基质鳞片催培生产中的光照强度进行随机抽样检测，并对其结果进行分析。结果表明，不同层次鳞片在相近光照强度下，鳞片的微型鳞茎分化率中层最高，其次是内层，外层分化率最低。100个鳞片分化的微型鳞茎数，中层和外层相近，都高于内层，生根率和生根数都是中层和内层高于外层，出芽率是内层高于外层和中层。外层鳞片以229.51lx的照度下先鳞茎分化数、生根

率和生根数最高，而且出芽率和出芽数也最高。中层鳞片以394.9lx照度下的鳞片分化率、微型鳞茎数、生根率、生根数最高，出苗率和出苗数也最高。内层鳞片以269.3lx照度下鳞片分化率、微型鳞茎数、生根率、生根数最高，出苗率和出苗数也最高。总的看来，无论是外层、中层鳞片，或是内层鳞片，在光照强度400lx左右，最适宜鳞片的微型鳞茎分化。

表6.2 不同光照强度下各鳞片层无基质催培的微型鳞茎器官分化

层次	光强	分化率 (%)	微型鳞茎 (个/100 片)	生根率 (%)	根数 (条/100 片)	出芽率 (%)	出芽数 (苗/100 片)
外层	359.6	89.0	204.6	61.7	264.7	7.4	12.9
	489.7	91.3	197.0	55.7	169.3	2.7	4.7
	229.5	86.7	212.2	67.7	360.0	12.0	21.0
平均	359.6	89.0	204.6	61.7	264.7	7.4	12.9
中层	396.7	85.0	171.7	57.0	199.3	2.7	4.0
	394.9	99.3	241.0	93.3	556.6	31.7	74.3
	227.3	96.7	213.0	88.3	376.3	10.3	17.0
平均	339.6	93.7	208.6	79.5	377.4	14.9	31.8
内层	269.3	94.3	176.7	92.0	455.3	51.3	93.7
	182.6	91.7	138.3	81.3	326.0	14.3	22.0
	151.0	89.3	146.7	73.7	235.3	12.0	20.0
平均	201.0	91.8	153.9	82.3	338.9	25.9	45.2

2.3、小结

400lx左右的光照强度有利于鳞片的微型鳞茎分化、根分化，也有利于对微型鳞茎芽的生长抑制，光照强度越低既不利于微型鳞茎的形成与发育，也不利于次生根的形成和发育，但显著促进芽的生长。不同层次鳞片的微型鳞茎分化、根系发育、芽的发育对光照强度的反应由一定的差异，但差异随催培时间的变化而逐渐消失，最

终结果是鳞片层次对催培的影响差异不明显。

3. 无基质催培的生产验证

3.1、验证实验简介

无基质催培试验于 2018 年 4 月 21 日开始，6 月 24 日结束，共计 8 周。催培期间设计平均温度 20℃（见图 3），每天 9:00、12:00、17:00 使用温湿度计实时读取催培室内温度和相对空气相对湿度。催培过程中，催培室的温度都控制在 10℃到 25℃之间，其中，9:00 温度普遍较低，一般稳定在 11℃到 19℃；12:00 的温度最高，催培期间在 17℃到 25℃之间波动；17:00 的温度居中，温度稳定在 16℃到 23℃之间。随着催培时间的延长，三个时间点的温度大体上都呈现小幅上升（图 3）。

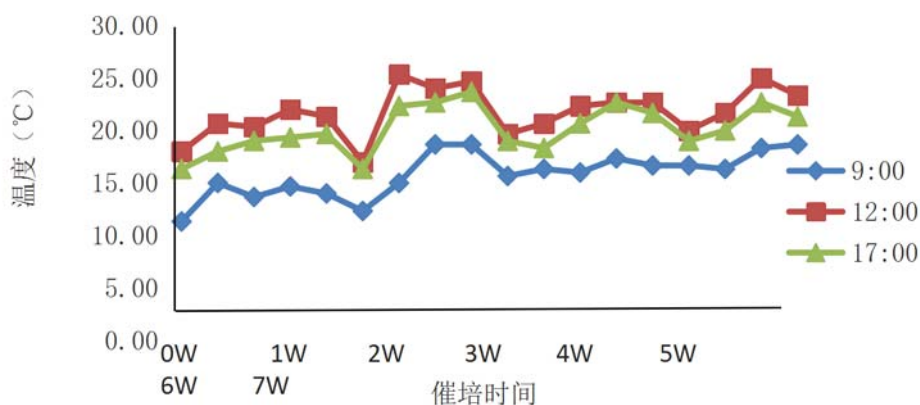


图 3 温度变化趋势

从催培开始兰州百合催培室内的空气相对湿度保持在 55.0%到 80.0%之间（图 4）。其中，9:00 和 17:00 的空气相对湿度变化大致相同，在 65.0%到 80.0%之间波动；12:00 的空气相对湿度较低，在 58.0%到 80.0%之间。催培室的光照强保持在 150lx-500lx 之间。2018

年共完成三个层次鳞片共计 120 盘催培，每盘放置鳞片 1500 克，约 850 枚鳞片。2018 年约繁殖微型鳞茎 20 万粒。

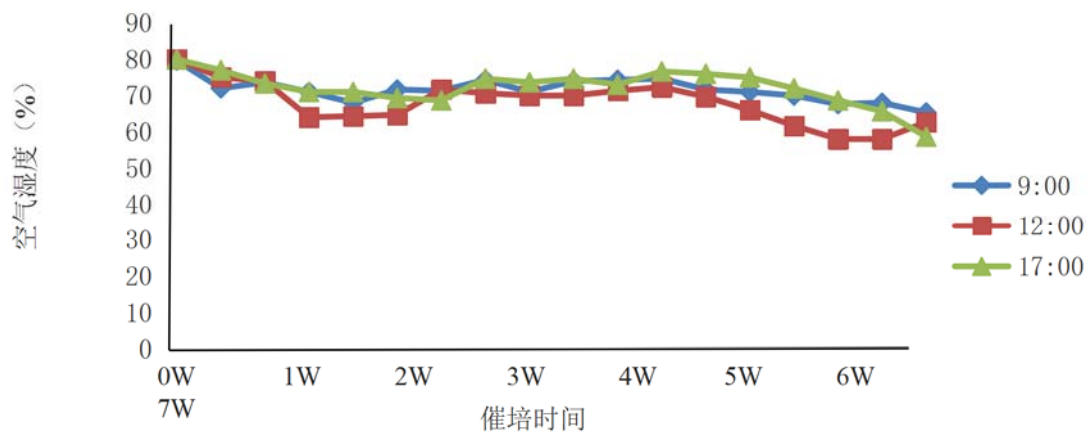


图 4 空气相对湿度变化趋势

3.2 催培鳞片的基本性状

对用于无基质催培的兰州百合鳞片抽样烘干测定其鲜重、干重、体积（100 片鳞片）和比重。结果表明（表 7.1），兰州百合混合鲜鳞片 155g/100 片，外层鳞片鲜重最高为 190.77g/100 片，内层鳞片鲜重最低为 115.27g/100 片，外层鳞片显著高于中层鳞片，极显著高于内层鳞片。干重则是中层鳞片的最高为 56.88g，外层鳞片略低为 53.14g，内层鳞片最低，仅为 43.29g，外层和中层鳞片显著高于内层鳞片，也证实了不同层次鳞片的含水量差异明显，外层、中层、内层鳞片的含水量分别为 72.14%，66.04%和 62.44%，表现出从外向内水含量逐渐降低的趋势；利用排水法测得不同层次鳞片体积（100 片鳞片）也各不相同：100 片外层鳞片的体积最大为 181.67ml，中层鳞片次之（150.00ml），内层鳞片最小为 110.67ml，表明从外向内

鳞片体积在逐渐减小，但从三者的比重来看差异较小，中层鳞片的比重略高于外层和内层鳞片，表明中层鳞片比较肥厚饱满。

表 7.1 不同层次兰州百合鳞片的基本特征

鳞片层次	鲜重 (g)	干重(g)	100 片的体积(ml)	比重 (g/m ³)
外	190.77±7.71Aa	53.14±3.92Aa	181.67±7.26Aa	1.05±0.04Aa
中	167.48±4.73Ab	56.88±1.48Aa	150.00±5.77Ab	1.12±0.02Aa
内	115.27±4.65Bc	43.29±1.92Ab	110.67±5.81Bc	1.05±0.06Aa

注：上述表格中数据均为平均值±标准误，同一列数据后小写字母表示差异显著 ($p \leq 0.05$)；同列数据后大写字母表示极差异显著 ($p \leq 0.01$)。下同

3.3、兰州百合不同层次鳞片催培效果

3.3.1 不同层次鳞片疑似发病率的差异

催培试验开始后，每周每盘随机取 100 片鳞片观察鳞片正反面，将具水浸湿后的水渍斑点、变软的腐烂征兆或呈焦黄色斑点定位疑似发病鳞片，每 7 天观测 1 次，共观测 7 周，计算各时期的疑似发病率。兰州百合不同层次鳞片在相同催培条件下的鳞片疑似发病率差异极显著（表 7.2），随着催培时间的延长，鳞片疑似发病率呈现先上升后下降的变化趋势，在前 3W，各层次鳞片的疑似发病率快速上升，3 周时达到最大值，且鳞片层次间差异不显著，3W 以后各层次鳞片愈伤开始形成，部分疑似病状逐渐消失，疑似发病率逐渐下降，到催培结束时（7W）时，各层次鳞片的疑似发病率都很低，均低于 3.0%，其中中层鳞片的疑似发病率稍偏高，达到 2% 左右。但在对固定测试盘的统计中发现，催培结束时，外、中、内三层鳞片疑似发病率分别为 14.3%、6.9%、3.7%，说明鳞片由外向内的疑似发病率逐渐降低。

表 7.2 不同层次鳞片的疑似发病率

鳞片层次	疑似发病率 (%)					
	2W	3W	4W	5W	6W	7W
外	4.33±0.88A a	6.00±0.58 Aa	1.00±0.58A a	1.00±0.58A a	1.67±1.67A a	0.33±0.33AB b
中	3.33±0.33A a	6.00±1.53 Aa	0.00±0.00A a	0.67±0.33A a	0.67±0.33A a	2.00±0.58Aa
内	2.67±0.33A a	3.33±0.88 Aa	0.33±0.33A a	0.00±0.33A a	0.00±0.00A a	0.00±0.00Bb

3.3.2 不同层次鳞片分化率的差异

鳞片基部出现白色小凸点即定位鳞片开始分化微型鳞茎，每次随机抽取各层次鳞片 3 盘，每盘随机抽取 100 片观测记录分化鳞片数，计算其分化率。有图 6 看出，在催培 1W 后中层和内层鳞片开始分化，外层鳞片稍迟，在催培 2W 后才开始分化。中层和外层鳞片在第 5W 时才达到分化高峰，而内层鳞片在第 3W 就达到分化高峰，分化高峰期之后，各层次鳞片均保持相对稳定。有此说明，在无基质催培中鳞片在 5W 内将完成全部分化，前 5W 温度、光照及湿度调节有利于提高鳞片的微型鳞茎分化率。

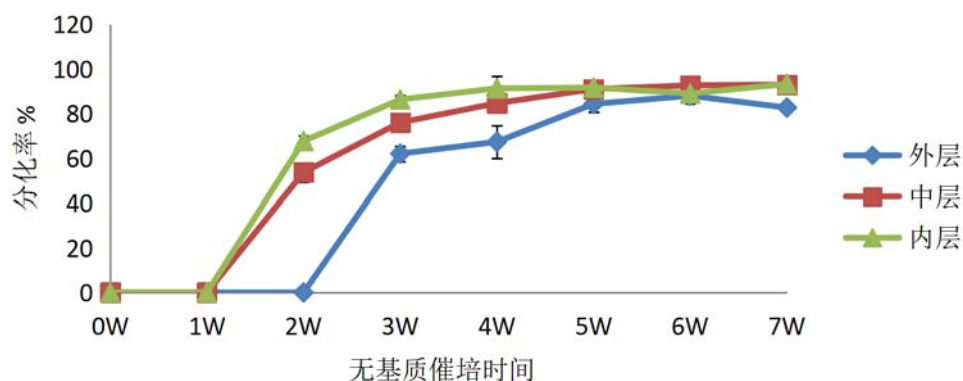


图 6 不同层次鳞片的分化率

由表 7.3 所示，在催培前 3 周不同鳞片层的微型鳞茎分化率差异显著，内层鳞片显著快于外层，而与中层差异不显著。表现出内层和中层分化速度快于外层，尤其是中层，后期分化速度快，在第 5W 后就赶超了内层。从分化率来看，在催培结束时，中层和内层鳞片的微型鳞茎分化率及显著高于外层，均达到 93.0% 左右。

表 7.3 不同层次鳞片的分化率

鳞片层次	鳞片分化率 (%)				
	3W	4W	5W	6W	7W
外	62.00±3.51Bb	67.33±7.31Ab	84.33±3.71Aa	88.00±3.51Aa	82.67±1.77Bb
中	76.00±3.78ABa	84.67±2.33Aab	91.00±2.08Aa	92.67±3.18Aa	93.00±1.53Aa
内	86.33±1.76Aa	91.33±5.36Aa	91.67±0.88Aa	89.00±3.00Aa	93.33±1.20Aa

3.3.3 不同层次鳞片的微型鳞茎分化数的差异

各层次鳞片的微型鳞茎分化始于催培第 2W，内层和中层鳞片在第 2W、第 3W 时达到分化高峰期，外层鳞片在第 4W 才能达到分化高峰期，比中层和内层鳞片迟 1W 左右，各层次鳞片一般 7W 将完成整个催培过程（如图 7）。在整个催培过程中，前 4W 是决定微型鳞茎分化数量的关键时期，鳞片层次对分化数量影响显著，中层和内层鳞片分化的微型鳞茎数及显著高于外层。在 4W 之后，鳞片层次间差异不显著，到催培结束时，以中层鳞片分化的微型鳞茎数最多，平均每片达到 2.13 粒，外层鳞片分化的微型鳞茎数最少，为 1.92 粒，中层鳞片比外层鳞片分化的微型鳞茎多 11.1%。表明中层鳞片最适宜高效率催培繁殖（表 7.4）。

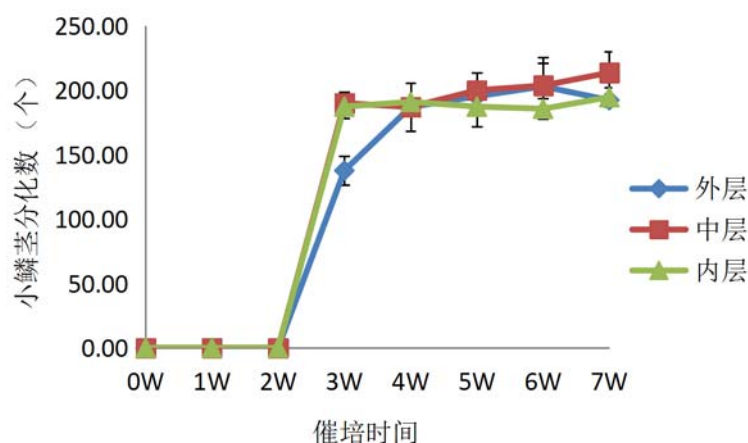


图 7 不同层次鳞片微型鳞茎分化数

表 7.4 不同鳞片层次微型鳞茎分化数

鳞片层次	微型鳞茎分化数 (个/100 片)				
	3W	4W	5W	6W	7W
外	137.67±11.32Bb	187.00±18.56Aa	195.33±9.21Aa	203.00±112.12Aa	192.33±3.93Aa
中	190.00±8.66Aa	187.00±18.56Aa	200.00±2.89Aa	203.67±21.67Aa	213.67±16.51Aa
内	187.33±9.17ABa	191.00±0.00Aa	187.33±15.60Aa	185.67±8.09Aa	194.67±7.45Aa

3.3.4 不同层次鳞片催培的微型鳞茎重量分析

在催培过程中，每周每盘随机取 100 片鳞片沥干多余水分用电子天平称重并记录数据，转换成 100 粒后进行统计分析。从催培开始到第 7 周各层次鳞片的微型鳞茎重量变化如图 8 所示，不同层次鳞片形成的微型鳞茎总重量随着催培时间的延伸，呈现出快速增加和缓慢增加两个阶段的变化趋势，快速增重时间较短，集中在催培的第 3W-第 4W，第 4 周之后，伴随数量分化的减缓而进入缓慢增重阶段，三种鳞片微型鳞茎增重趋势基本一致，但也表现出增重量与

鳞片质量密切相关，外层鳞片的微型鳞茎重>中层>内层。由表 7.5 看出，在同一时间段，各层次鳞片上的微型鳞茎重量差异极显著。

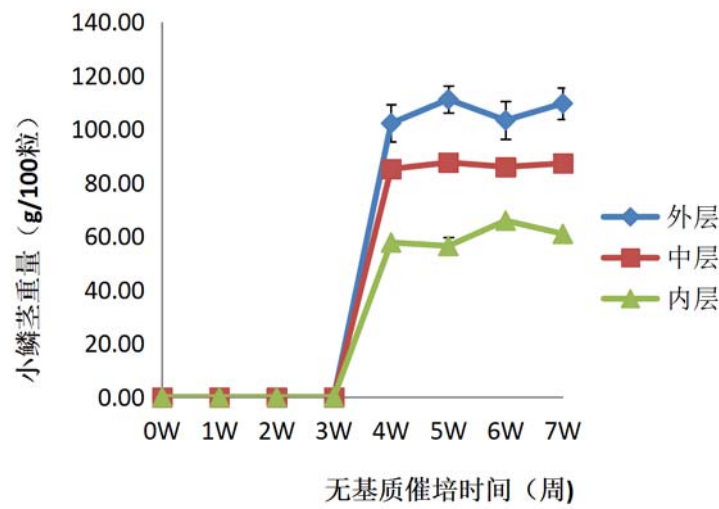


图 8. 不同层次鳞片催培微型鳞茎质量变化

在催培第 4 周时，外层鳞片催培的微型鳞茎重量达到 102.13g/100 粒，内层鳞片最小仅为 57.69g/100 粒，到催培结束时，外层鳞片的微型鳞茎重量增加了 7.26%，中层鳞片的微型鳞茎重量增加了 2.44%，内层鳞片的微型鳞茎重量增加了 5.62%（见表 7.5），增重速度差异极显著。从微型鳞茎单粒重量来看，外层鳞片的微型鳞茎单粒重量达到了 1.1g，中层鳞片的微型鳞茎单粒重量平均达到 0.87g，为外层鳞片微型鳞茎重量的 79.09%，而内层鳞片上的微型鳞茎单粒重仅 0.61g，为外层鳞片微型鳞茎重的 55.45%、中层鳞片微型鳞茎的 70.11%。要催培出优质微型鳞茎，必须选用质量体积大的鳞片。

表 7.5 不同层次鳞片催培微型鳞茎质量

鳞片层次	微型鳞茎质量（g/100 粒）
------	-----------------

	4W	5W	6W	7W
外	102.13±6.93Aa	111.08±4.92Aa	103.29±7.08 Aa	109.55±5.89 Aa
中	85.12±1.73 Ab	87.53±0.56 Bb	85.91±1.49 ABb	87.20± 1.01 Bb
内	57.69 ±0.37Bc	56.42±3.12 Cc	65.86±0.33 Bc	60.93±0.84 Cc

3.3.5 不同层次鳞片的次生根发生分析

催培开始后每周在每盘中随机取 100 片鳞片，记录 100 片鳞片上中萌发次生根的鳞片数。各层次鳞片在催培过程中鳞片生根率变化如图 9 所示，在相同的催培条件下，内层鳞片的次生根发生较早，从 4 周开始，外层和中层鳞片从第 5 周开始，内层鳞片的次生根发生早，但分化速度相对较慢，在第 6W 后分化势才超过中层和外层，中层鳞片和外层鳞片次生根分化较迟，但分化速度较快。从次生根分化的整个趋势来看，内层、中层鳞片催培后期的分化势强于外层。

催培结束时，中层和内层鳞片的次生根分化率显著高于外层（表 7.6），而中层和内层之间差异不显著，二者次生根分化率均能达到 70%以上。

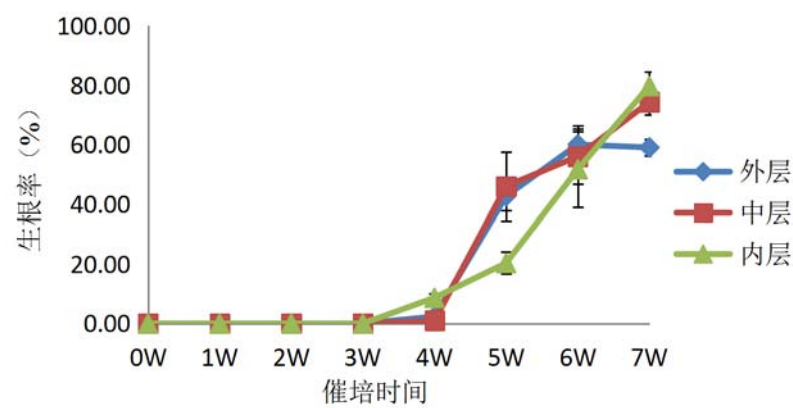


图 8 兰州百合不同层次鳞片生根率变化

表 7.6 不同层次鳞片生根率

鳞片层次	鳞片生根率 (%)			
	4W	5W	6W	7W

外	$2.33 \pm 1.45\text{BCbc}$	$42.67 \pm 4.81\text{Aa}$	$60.00 \pm 6.25\text{Aa}$	$59.00 \pm 2.87\text{Ab}$
中	$1.00 \pm 0.58\text{Cc}$	$46.00 \pm 11.55\text{Aa}$	$56.00 \pm 9.17\text{Aa}$	$74.33 \pm 4.37\text{Aa}$
内	$8.67 \pm 1.33\text{Aa}$	$20.33 \pm 3.67\text{Aa}$	$39.00 \pm 1.73\text{Aa}$	$79.67 \pm 4.70\text{Aa}$

随着催培时间的延长，外、中、内三层鳞片的微型鳞茎次生根数变化趋势基本一致，都呈现上升趋势，从催培第 4W 开始急剧持续增加，并表现出外层鳞片的次生根数多于中层和内层鳞片的次生根数（图 9）。

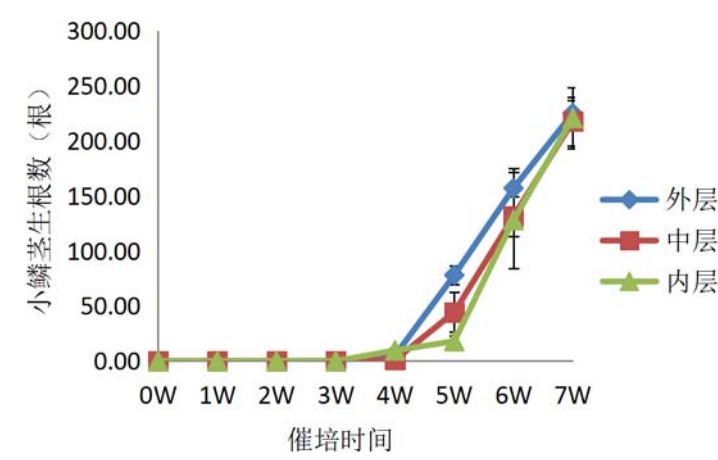


图 9 不同鳞片层次微型鳞茎生根数变化

在催培第 5W 前，各层次鳞片分化的次生根数差异显著，第 5W 后差异不显著。催培结束时，各层次鳞片的次生根数都能够达到 220 条/100 片左右。

表 7.7 不同鳞片层次的微型鳞茎次生根数

鳞片层次	微型鳞茎生根数（条/100 片）			
	4W	5W	6W	7W
外	$5.00 \pm 3.21\text{Aab}$	$78.00 \pm 8.39\text{Aa}$	$157.00 \pm 17.79\text{Aa}$	$225.00 \pm 11.53\text{Aa}$
中	$1.00 \pm 0.58\text{Ab}$	$44.33 \pm 18.10\text{Aab}$	$131.33 \pm 17.80\text{Aa}$	$217.67 \pm 22.10\text{Aa}$
内	$9.67 \pm 2.03\text{Aa}$	$18.00 \pm 5.20\text{Ab}$	$128.00 \pm 43.65\text{Aa}$	$220.67 \pm 27.82\text{Aa}$

3.4、小结

兰州百合混合鲜鳞片 155g/100 片左右，外层鳞片鲜重最高为

190.77g/100 片，内层鳞片鲜重最低为 115.27g/100 片。鲜鳞片平均含水量在 62.0%-72.0%之间，外层含水量高于内层和中层，呈现从外向内含水量逐渐降低的趋势。鲜鳞片体积平均在 145ml/100 片左右，从外向内鳞片体积逐渐减小，平均比重在 1.05g/ml-1.12g/ml，中层鳞片的比重略高于外层和内层鳞片。

鳞片疑似发病率在催培至 3 周时达到最大值，3W 以后逐渐下降，到催培结束时（7W）时最高疑似发病率约 2%，并表现出鳞片由外向内的疑似发病率逐渐降低。

在催培 1W 后鳞片开始分化微型鳞茎，在第 3W-5W 时达到分化高峰，而内层鳞片达到分化高峰的时间早于中层和外层，在 5W 内将完成全部分化。在催培前 3 周不同鳞片层的微型鳞茎分化率差异显著，内层鳞片显著快于外层，在第 5W 后中层鳞片分化率赶超内层。在催培结束时，各层鳞片的微型鳞茎分化率均达到 93.0%左右。

各层次鳞片的微型鳞茎分化始于催培第 2W，内层和中层鳞片在第 2W、第 3W 时达到分化高峰期，外层鳞片在第 4W 才能达到分化高峰期，各层次鳞片一般 7W 将完成整个催培过程。在催培结束时，中层鳞片分化的微型鳞茎数最多，平均每片达到 2.13 粒，外层鳞片与内层鳞片相近，约为 1.92 粒，表明中层鳞片最适宜高效率催培繁殖。

不同层次鳞片形成的微型鳞茎总重量随着催培时间的延伸，呈现快速增加和缓慢增加两个阶段，快速增重集中在催培的第 3W-第 4W，第 4 周之后进入缓慢增重阶段。在催培第 4 周时，外层、中层、

内层鳞片的微型鳞茎重量分别达到 102.13g/100 粒、85.12g/100 粒、57.69g/100 粒,到催培结束时,分别只增加了 7.26%、2.44%和 5.62%。从微型鳞茎单粒重量来看,鳞片层次间差异显著,外层、中层、内层鳞片的微型鳞茎单粒重量分别为 1.1g、0.87g 和 0.61g。

在相同的催培条件下,内层鳞片的次生根发生较早,但分化速度较慢,外层和中层鳞片开始分化迟,但分化速度快。从次生根的分化势来看,内层、中层鳞片催培后期的分化势强于外层。催培结束时,中层和内层鳞片的次生根分化率均能达到 70%以上,高于外层鳞片,而根数鳞片层次间差异不显著,均能达到 220 条/100 片左右。

4、无基质催培的微型鳞茎质量分析与分级

2018 年 6 月,在无基质催培试验结束后,各层次鳞片随机抽取 3 个 30 片,将微型鳞茎从鳞片上轻轻掰下,使用游标卡尺测量微型鳞茎的最大直径,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 $d < 4.0 \text{ mm}$ 。

4.1、微型鳞茎数量与分级分析

三层鳞片的微型鳞茎分级情况见图 10。外层鳞片形成的一级微型鳞茎数量最多,达 43.33 粒/30 片,内层鳞片的一级微型鳞茎最少为 6.00 粒/30 片,表现出与催培鳞片质量和体积相关,呈现出

鳞片从外向内一级微型鳞茎数逐渐减少；各层次鳞片的二级微型鳞茎，以内层鳞片形成的二级微型鳞茎数最多达到 41.67 粒/30 片，中层鳞片的最少为 34.00 粒/30 片；各层次鳞片的三级微型鳞茎，以中层鳞片最多，达 26.00 粒/30 片，外层鳞片的最少，仅 15.33 粒/30 片。各层次鳞片的不同级别微型鳞茎数排序为：

外层鳞片：一级>二级>三级

中层鳞片：二级>三级>一级

内层鳞片：二级>三级>一级

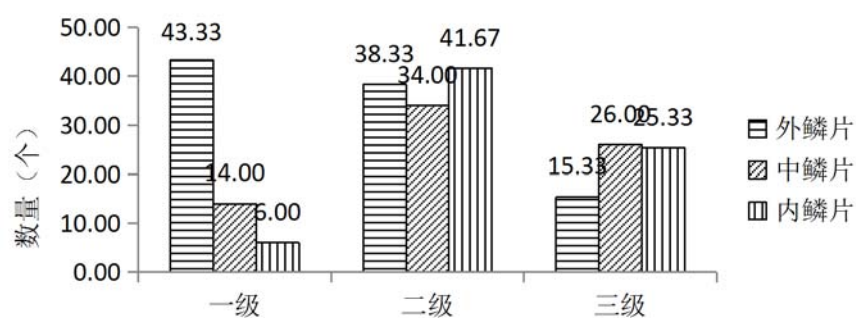


图 10 微型鳞茎分级

从各层次鳞片在催培过程中单个鳞片形成的微型鳞茎数来看（图 11），在催培后期（5-7W），各层次鳞片形成微型鳞茎由外到内分别为 1.92 粒/片（外层）、2.13 粒/片（中层）和 1.94 粒/片（内层）（见表 7.4），各层次鳞片形成形成 2 粒微型鳞茎的比例最高，均能达到 30.0%以上，外层鳞片是 2 粒/片>3 粒/片>1 粒，中层鳞片 2 粒/片>3 粒/片和 1 粒（3 粒/片和 1 粒/片比例相近），内层鳞片 2 粒/片>1 粒/片>3 粒/片。1-4 粒微型鳞茎的鳞片数约占 80%以上，其中外层、中层、内层鳞片各占 84.3%、91.0%和 90.0%，形

成 5-8 粒微型鳞茎的鳞片外层、中层、内层各占 3.0%、2.0%和 2.7%（表 8.1）。

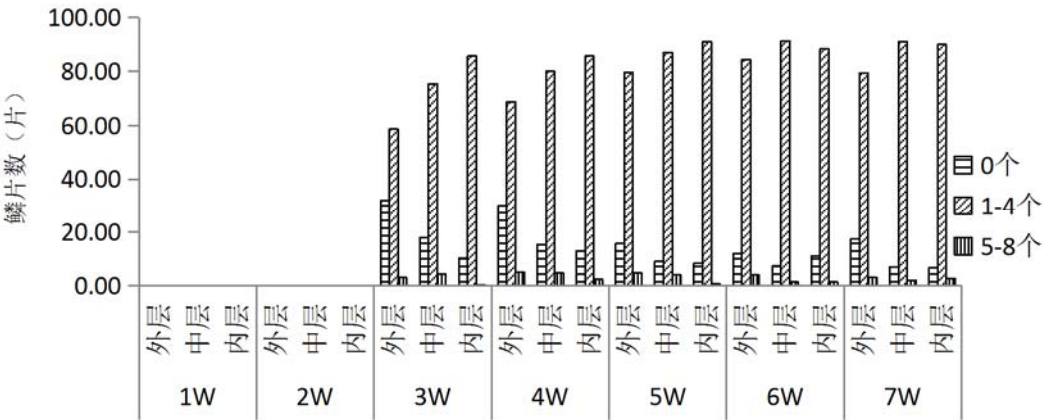


图 11 单鳞片着生微型鳞茎情况

表 8.1 形成微型鳞茎不同数量的鳞片数分布（不含疑似发病鳞片）

周次	鳞片层次	小鳞茎数量分布（片）					
		1（粒/片）	2（粒/片）	3（粒/片）	4（粒/片）	5（粒/片）	6（粒/片）
3W	外层	21.67	17.33	13.33	6.33	2.33	0.33
	中层	12.33	28.33	25.67	9.00	2.33	1.67
	内层	24.00	31.33	22.33	8.00	0.33	0.00
4W	外层	14.33	27.33	18.00	9.00	3.00	1.33
	中层	23.00	31.00	18.33	7.67	4.33	0.33
	内层	21.33	35.00	24.33	5.00	2.33	0.00
5W	外层	20.00	33.67	18.00	8.00	4.00	0.67
	中层	20.67	37.67	18.33	10.33	2.67	1.33
	内层	29.33	35.67	20.67	5.33	0.67	0.00
6W	外层	19.00	31.67	21.33	12.33	3.33	0.67
	中层	27.00	33.00	21.67	9.67	1.00	0.33
	内层	25.33	39.33	19.67	4.00	1.33	0.00
7W	外层	19.67	29.00	23.00	7.67	3.00	0.00
	中层	24.33	32.00	24.00	10.67	1.33	0.67
	内层	30.00	34.33	20.00	5.67	2.67	0.00

4.2、微型鳞茎重量与分级分析

随机抽取3个30片鳞片分离小鳞茎，取其平均值进行统计分析（表 8.2），结果表明外层鳞片的一级微型鳞茎重量占总重量的69.57%，

二级微型鳞茎重量占28.05%，三级微型鳞茎仅占2.38%；中层鳞片的一级微型鳞茎重量占总重量的41.72%，二级微型鳞茎占总重量的46.47%，三级微型鳞茎占总重量11.81%；内层鳞片的一级微型鳞茎重量占总重量19.91%，二级微型鳞茎占总重量的66.52%，三级微型鳞茎占总重量13.69%。由此看出，鳞片由外向内，分化的小鳞茎尽管在数量上差异不显著，但分化形成的小鳞茎质量差异极显著，一级微型鳞茎的重量急剧下降，二级微型鳞茎和三级微型鳞茎的重量在大幅度增加。

表8.2微型鳞茎重量与分级（30片鳞片的小鳞茎）

鳞片层次	分级	数量(粒)	总重量(g)	单个最大重量(g)	单个最小重量(g)	最大周径(mm)	最大周径的重量(g)	最小周径(mm)	最小周径的重量(g)
外层	一级	43.33	10.54	0.49	0.17	11.50	0.40	7.18	0.17
	二级	38.33	4.25	0.21	0.1	6.97	0.19	4.21	0.04
	三级	15.33	0.36	0.05	0.00	3.88	0.04	1.83	0.00
中层	一级	14.00	2.72	0.29	0.14	9.93	0.28	7.09	0.18
	二级	34.00	3.03	0.17	0.03	6.76	0.15	4.00	0.05
	三级	26.00	0.77	0.05	0.00	3.97	0.04	1.57	0.00
内层	一级	6.00	0.91	0.22	0.24	8.60	0.17	7.41	0.11
	二级	41.67	3.04	0.16	0.03	6.85	0.13	4.04	0.05
	三级	25.33	0.62	0.06	0	3.98	0.06	1.60	0.00

4.3 小结

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，将微型鳞茎分成一级 $d \geq 7.0 \text{ mm}$ 、二级 $4.0 \text{ mm} \leq d < 7.0 \text{ mm}$ 、三级 $d < 4.0 \text{ mm}$ 三个级别。外层鳞片形成的一级微型鳞茎数量最多，达 1.44 粒/片，内层鳞片最少为 0.2 粒/片，表现出与催培鳞片质量和体积相关，呈现出鳞片从外向内一级微型鳞茎数逐渐减少的趋势；各层次鳞片的二级微型鳞茎数，以内层鳞片最多，达到 1.39 粒/片，中层鳞片最少为 1.13 粒/片；各层次鳞片的三级微型鳞茎，以中层鳞片最多，达 0.87 粒/片，外层鳞片的最少，仅 0.51 粒/片。各层次鳞片的不同级别微型鳞茎数为外层鳞片一级>二级>三级，中层、内层鳞片二级>三级>一级。在催培后期（5-7W），各层次鳞片形成微型鳞茎由外到内分别为 1.92 粒/片、2.13 粒/片和 1.94 粒/片（见表 7.4），各层次鳞片形成形成 2 粒微型鳞茎的比例最高，均能达到 30.0%以上，外层鳞片是 2 粒/片>3 粒/片>1 粒，中层鳞片 2 粒/片>3 粒/片和 1 粒（3 粒/片和 1 粒/片比例相近），内层鳞片 2 粒/片>1 粒/片>3 粒/片。1-4 粒微型鳞茎的鳞片数约占 88.0%以上，其中外层、中层、内层鳞片各占 84.3%、91.0%和 90.0%，中层和内层高于外层，形成 5-8 粒微型鳞茎的鳞片层次间差异不显著。从微型鳞茎重量来看，外层鳞片的一级微型鳞茎重量占总重量的 69.57%，二级微型鳞茎重量占 28.05%，三级微型鳞茎仅占 2.38%；中层鳞片的一级微型鳞茎重量占总重量的 41.72%，二级微型鳞茎占总重量的 46.47%，三级微型鳞茎占总重量 11.81%；内层鳞片的一级微型鳞茎重量占总重量 19.91%，二级微型鳞茎占总重量的 66.52%，三级微型

鳞茎占总重量 13.69%。呈现出外层鳞片的微型鳞茎重量一级>二级>三级,中层、内层鳞片的微型鳞茎重量二级>一级>三级,鳞片由外向内一级微型鳞茎的重量急剧下降,二级微型鳞茎和三级微型鳞茎的重量在大幅度增加。

5、无基质催培的先进性及效率分析

针对目前鳞片不同繁殖方式,由表 9 看出,无基质催培是鳞片分化率、鳞片繁殖系数、鳞茎繁殖率、繁殖效率最高的一种繁殖方式,较常规大田播种繁殖提高了 181.9%,单位鳞茎繁殖系数达到 130.8 倍/鳞茎,较扦插繁殖提高了 94.0%。而且扦插繁殖和大田直播鳞片要求的质量高于无基质催培,繁殖占地面积大于无基质催培,大田鳞片直播繁殖从播种到出苗和小鳞茎形成至少需要 13W 的时间,扦插繁殖也需要 9W 左右时间,而无基质催培最多只需要 7W 的时间,能极大地提高了繁殖效率,也缩短了繁殖时间繁殖周期也较长,同时这种繁殖方式不受季节变化的影响,一年四季均可进行繁殖生产,适用于优质种源高效快速繁殖,也适用于百合育种工作者小量鳞茎的加代繁殖。该种催培繁殖方法克服了大田繁殖周期长、占地面积大、繁殖效率低,管理困难的缺点。克服了扦插繁殖占地面积大、环境控制困难、无法满足大规模繁殖需要的缺点。

表 9 兰州百合鳞片繁殖差异性比较

繁殖方法	鳞茎重(g)	采集鳞片数(片)	鳞片分化率(%)	鳞片繁殖系数(粒/片)	单位面积播种量(片/m ²)	单位鳞茎繁殖率(粒/鳞茎)	效率比较(%)
大田直播	108.0	48.3	80.0	1.2	50	46.4	100

扦插繁殖	108.0	48.3	90.0	2.0	400	86.94	187.37
基质埋培	108.0	63.93	88.47	1.98	90000	111.90	241.16
无基质催培	108.0	63.93	93.0	2.2	4600	130.8	281.90

（七）清理疑似发病鳞片

催培期间，尤其是催培前 3 周，及时拣出疑似发病鳞片，降低疑似发病率。

（八）10 催培效果评价

参照 T/QHNX 006-2020 执行。

（九）11 微型鳞茎低温处理

参照 T/QHNX 006-2020 执行。

（十）12 产量及繁殖周期

规程本部分主要根据催培架设计和实际催培生产的上架数量、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成果形成的。

催培能力：无基质催培试验于 2018 年 4 月 21 日开始，6 月 24 日结束，共计 8 周。催培期间设计平均温度 20℃（见图 3），每天 9:00、12:00、17:00 使用温湿度计实时读取催培室内温度和相对空气相对湿度。催培过程中，催培室的温度都控制在 10℃到 25℃之间，其中，9:00 温度普遍较低，一般稳定在 11℃到 19℃；12:00 的温度最高，催培期间在 17℃到 25℃之间波动；17:00 的温度居中，温度稳定在 16℃到 23℃之间。随着催培时间的延长，三个时间点的温度大体上都呈现小幅上升（图 3）。

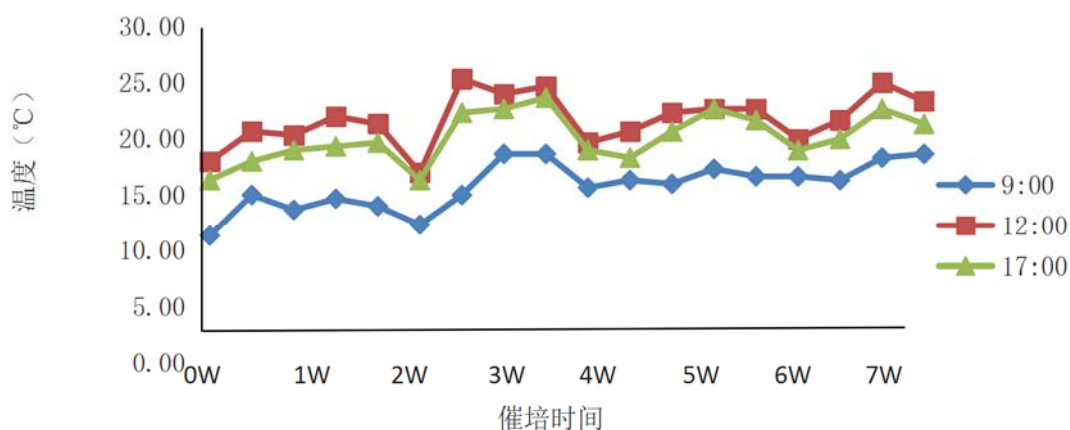


图 3 温度变化趋势

从催培开始兰州百合催培室内的空气相对湿度保持在 55.0%到 80.0%之间（图 4）。其中，9:00 和 17:00 的空气相对湿度变化大致相同，在 65.0%到 80.0%之间波动；12:00 的空气相对湿度较低，在 58.0%到 80.0%之间。催培室的光照强保持在 150lx-500lx 之间。2018 年共完成三个层次鳞片共计 120 盘催培，每盘放置鳞片 1500 克，约 850 枚鳞片。2018 年约繁殖微型鳞茎 20 万粒。

兰州百合混合鲜鳞片 155g/100 片左右，外层鳞片鲜重最高为 190.77g/100 片，内层鳞片鲜重最低为 115.27g/100 片。鲜鳞片平均含水量在 62.0%-72.0%之间，外层含水量高于内层和中层，呈现从外向内水含量逐渐降低的趋势。鲜鳞片体积平均在 145ml/100 片左右，从外向内鳞片体积逐渐减小，平均比重在 1.05g/ml-1.12g/ml，中层鳞片的比重略高于外层和内层鳞片。

鳞片疑似发病率在催培至 3 周时达到最大值，3W 以后逐渐下降，到催培结束时（7W）时最高疑似发病率约 2%，并表现出鳞片由外向

内的疑似发病率逐渐降低。

在催培 1W 后鳞片开始分化微型鳞茎，在第 3W-5W 时达到分化高峰，而内层鳞片达到分化高峰的时间早于中层和外层，在 5W 内将完成全部分化。在催培前 3 周不同鳞片层的微型鳞茎分化率差异显著，内层鳞片显著快于外层，在第 5W 后中层鳞片分化率赶超内层。在催培结束时，各层鳞片的微型鳞茎分化率均达到 93.0%左右。

各层次鳞片的微型鳞茎分化始于催培第 2W，内层和中层鳞片在第 2W、第 3W 时达到分化高峰期，外层鳞片在第 4W 才能达到分化高峰期，各层次鳞片一般 7W 将完成整个催培过程。在催培结束时，中层鳞片分化的微型鳞茎数最多，平均每片达到 2.13 粒，外层鳞片与内层鳞片相近，约为 1.92 粒，表明中层鳞片最适宜高效率催培繁殖。

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 9 条意见，其中格式、书写等问题意见 2 条，内容修改意见 7 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	2.6	“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、软腐的病征，后期自愈或者有肉眼可见的菌落。”	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
4	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	上会讨论是否必要
5	5 与 6.1	可以将两部分内容合并为鳞片采集与精选	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
6	6.2	建议改为“选用长 61.0 cm×32.0cm×3.5cm、底部具孔（孔径 0.3cm）且孔距为 1.5cm 的塑料育苗盘”	中国科学院西北高原生物研究所	采纳并修改
7	8 催培环境调控	改为“催培环境控制”，8.1 和 8.2 直接改为温度和湿度	中国科学院西北高原生物研究所	采纳并修改
8	9.3	“不断拣出”改为“及时拣出”，“统计疑似发病率”改为“降低疑似发病率”	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
9	全篇	“~”“-”符号统一、格式统一。	西宁市蔬菜研究所、青海民族大学	采纳并修改

七、 贯彻实施规范的要求、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、 规范编写的依据

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