

周敏,赵秋燕,张迪,等. 不同类型及不同品种百合的杂交亲和性与胚挽救[J]. 江苏农业科学,2023,51(7):132-138.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.07.018

不同类型及不同品种百合的杂交亲和性与胚挽救

周敏,赵秋燕,张迪,魏春梅,陶宇蝶,黄美娟,黄海泉

(西南林业大学园林园艺学院/国家林业和草原局西南风景园林工程技术研究中心/

云南省功能性花卉资源及产业化技术工程研究中心/西南林业大学园林园艺花卉研发中心,云南昆明 650224)

摘要:以不同杂种系的 22 个百合品种为材料进行杂交试验,探讨常规授粉对系内、系间子房膨大率、有胚率的影响,并用子房切片、幼胚培养方法对不同杂交组合进行胚挽救研究。结果表明,系内杂交除 LA 杂种系不亲和外,其他杂种系均表现为不同程度的亲和,其中 OO 杂种系子房的膨大率最高,为 30.00%~81.82%,并获得了 3 个杂交后代。在不同杂种系间杂交时,以东方杂种系为母本与亚洲、OT 百合进行杂交育种的亲和性较高,分别为 33.33%、50.00%,获得了 3 个杂交后代;而与麝香百合杂交表现为不亲和,子房不膨大且无杂交后代;以 OT 杂种系为母本与 LA、亚洲、东方、麝香杂种系 7 个品种进行杂交,其中紫色大理石×穿梭、紫色大理石×爱马仕、激情月球×卡里、罗宾娜×索邦和紫色大理石×小火箭 5 个杂交组合出现子房膨大并获得了有胚种子,子房膨大率最高达 100.00%,有胚率为 1.21%~13.03%。胚挽救试验结果显示,30 d 胚龄的幼胚最适合子房切片培养,其中帕拉左×小月亮杂交组合光培养后的萌发率最高,达 100.00%;而 60~75 d 胚龄的幼胚进行胚培养获得的杂交后代最多。研究探讨了不同类型百合及不同百合品种间的杂交亲和性规律,对培育花大色艳、抗性强的百合新品种具有一定的理论意义和实际应用价值。

关键词:百合;杂交亲和性;子房膨大率;有胚率;胚挽救

中图分类号:S682.2⁺65.02 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)07-0132-06

百合(*Lilium* sp.)是百合属植物的统称,因其花姿优美、寓意美好而受到众多消费者喜欢。目前市场上主要的百合栽培品种是亚洲百合杂种系(Asiatic hybrids)、东方百合杂种系(Oriental hybrids)、麝香百合杂种系(*Longiflorum* hybrids)及 OT (Oriental × Trumpet hybrids)、LA (*Longiflorum* × Asiatic)、OA (Oriental × Asiatic) 杂交种^[1]。亚洲百合开花早、花色丰富、种球小且耐贮藏,但不耐高温,易感灰霉病^[2];东方百合及 OT 百合花朵硕大且芳香,生长周期长,具有抗灰霉病的特性^[3],但其花色不够丰富;麝香百合花型独特,花香清新,但是花

色单一,抗病毒病的能力较差^[4];LA 百合综合了亚洲百合、麝香百合的特性,其花色丰富,但大多数无香。因此,为了培育综合性状优良的百合新种质,本研究以花色丰富、花大芳香、抗性作为育种目标进行百合的近缘、远缘杂交育种,探索不同百合品种间交配的亲和性规律,以期培育出具有自主知识产权的百合新品种。

杂交育种是获得百合新品种最主要的途径,但是百合杂交常表现出种间不亲和性,致使杂交失败。杂交不亲和主要包括受精前障碍、受精后障碍,其中受精前障碍主要是由于花柱的长度不同或是柱头上部和下部出现抑制作用,导致无法受精。罗建让研究发现,延迟多次授粉和蕾期多次授粉对克服百合自交障碍的效果较好,离体和切割柱头授粉对克服百合杂交过程的受精前障碍较为有效^[5]。受精后障碍主要是由胚胎、胚乳及母体组织间遗传物质的不平衡引起的^[6]。近年来,研究者对克服受精后障碍做了大量研究,如刘玉采用胚培养的方法成功获得了亚洲百合与 LA 的杂交苗^[7]。马冰研究发现,用授粉第 40~50 天卷丹百合与亚洲百合杂交的幼胚进行整个种子培养的萌发率较高^[8]。目前已有关于百合杂交亲和性^[9-13]、百合杂交障碍克服^[14-15]

收稿日期:2022-06-13

基金项目:国家重点研发计划(编号:2019YFD1001002);国家林草局 948 项目(编号:2014-4-18);云南省花产办项目(编号:215308);云南省高校园林植物与观赏园艺科技创新团队(编号:51700204);云南省园林植物遗传改良与高效繁育博士生导师团队和云南省中青年学术和技术带头人培养项目(编号:2018HB-024)。

作者简介:周敏(1997—),女,云南曲靖人,硕士研究生,主要从事园林植物资源与应用研究。E-mail:1305849120@qq.com。

通信作者:黄美娟,博士,博士生导师,主要从事园林植物资源及应用研究,E-mail:xmhhq2001@163.com;黄海泉,博士,博士生导师,主要从事园林植物资源及应用研究,E-mail:haiquanl@163.com。

的相关报道,但是百合的遗传背景复杂,影响其杂交成功的因素诸多,需要进一步探究其内在机制。

我国是世界百合的起源中心,也是全世界百合属植物的主产地之一^[16],但是我国百合育种工作起步较晚,国内通过常规育种的百合新品种非常有限,在生产上大面积推广应用的仍以国外品种为主,自主品种微乎其微,对我国百合生产的规模和效益造成了一定影响。因此,本研究用 22 个百合品种进行杂交,通过常规授粉和胚挽救技术,探讨杂交亲和性并解决受精障碍,以期创制百合新种质奠定理论依据和实践基础。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料购自云南滇峰花卉有限公司,于 2021 年 4 月栽种于西南林业大学树木园试验大棚内。(1)东方百合杂种系:索邦,花为粉色;所罗门之王,花为玫红色且有白色花边;阳光冰岛,花为黄色;马提尼克,花为粉色且有白色花边;西伯利亚,花为白色;八点后,花为粉色且有白色花边。(2)OT 百合杂种系:紫色大理石,花为紫色;罗宾娜,花为玫红色;桌舞,花为淡粉色;闪点,花为白色且中心有玫红色斑纹;帕拉佐,花为黄色。(3)亚洲百合杂种系:小珍珠,花为粉色;小月亮,花为浅橙色;小火箭,花为红色;小图标,花为淡粉色。(4)麝香百合杂种系:白色海洋,花为白色;卡里,花为白色且中心有粉色斑纹。(5)LA 杂种系:帝王黄,花为黄色;眼线,花为白色且有黑色线形花边;甜蜜赞比亚,花为白粉色且具斑纹;穿梭,花为橙色;爱马仕,花中心呈黄色,边缘为红色。均采用种植袋(45 cm × 50 cm)进行种植,每袋放置 10 个种球。

1.2 试验方法

1.2.1 去雄及花粉生活力的测定 为了避免花朵开放后混入其他花粉,在花朵开放前 1~2 d 进行去雄套袋,同时为了防止组合间花期不遇,收集花药后带回实验室,置于室温下让其开裂,于 4 ℃ 保存花粉。花粉在授粉前均采用氯化三苯基四氮唑(TTC)法进行生活力的测定。

1.2.2 杂交授粉 采用常规的授粉方法进行杂交:待母本柱头分泌大量黏液时,将父本花粉涂抹于母本柱头上,并于授粉当天重复授粉 2 次,每个杂交组合授粉 10 朵,授粉后挂牌并标明母本、授粉日期。授粉后第 7 天开始观察并记录子房发育情况,第 30

天统计子房膨大数,计算膨大率,授粉后第 60~75 天采用油标卡尺测量蒴果大小,并计算干种子有胚率。子房膨大率 = 膨大子房数/授粉花朵数 × 100%;有胚率 = 有胚种子数/种子数 × 100%。

1.2.3 胚挽救技术 在笔者所在课题组前期研究的基础上,经过不断优化,筛选出的培养基配方为 MS + 1.0 mg/L 6-BA + 0.1 mg/L NAA + 30 g/L 蔗糖 + 6 g/L 琼脂,pH 值为 5.8~6.0。采用 2 种胚挽救技术:采收杂交后第 7~30 天停止发育的子房,进行消毒处理后用刀片将其切成 2 mm 的薄片进行子房切片培养(25 ℃ 暗培养 60 d 后取愈伤组织进行重新转接,进行光培养,培养基成分不变);采收授粉后 60~75 d 的子房进行幼胚培养(培养条件:光—暗周期为 16 h—8 h,温度为 20~25 ℃),60 d 后观察蒴果成活率和生长状况。

1.3 数据处理

用 SPSS 23.0 对数据进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 花粉生活力的测定

从表 1 可知,在不同百合品种之间,新鲜花粉生活力差异显著,其中东方百合所罗门之王的花粉生活力最高,是同杂种系索邦的 1.7 倍;OT 百合紫色大理石的花粉生活力最高,是同杂种系闪点的 1.61 倍;亚洲百合小火箭的花粉生活力最高,是同杂种系小月亮的 1.5 倍;LA 百合穿梭的花粉生活力最高,是同杂种系眼线的 1.15 倍。

由图 1 可以看出,平均花粉生活力表现为麝香百合 > 东方百合 > LA 百合 > 亚洲百合 > OT 百合,说明在杂交育种中,麝香百合、LA 百合和东方百合的花粉生活力较高,可以作为良好的父本材料,OT 与亚洲百合则可作为母本材料。

2.2 百合同杂种系内不同品种杂交亲和性的比较与分析

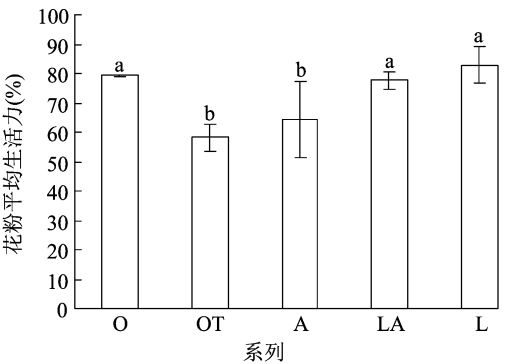
如表 2 所示,不同百合品种之间系内正反交其杂交结实情况均存在一定差异。OO 杂种系内正反交除马提尼克 × 八点后杂交组合未获得有胚种子外,其他组合均不同程度地获得了膨大子房及有胚种子,在索邦 × 所罗门之王组合中,其正交组合的子房膨大率、蒴果大小分别是反交组合的 2.73、1.14 倍,反交组合的有胚率是正交组合的 1.45 倍。在索邦 × 西伯利亚组合中,其反交组合的子房膨大率是正交组合的 1.11 倍,蒴果大小、有胚率分别是

表 1 百合不同品种的花粉生活力

类型	品种名	花粉生活力
O	索邦	51.91 ± 15.61b
O	所罗门之王	88.33 ± 1.71a
O	阳光冰岛	80.25 ± 4.94a
O	马提尼克	86.96 ± 5.82a
O	西伯利亚	81.13 ± 2.20a
O	八点后	86.67 ± 7.11a
OT	紫色大理石	79.33 ± 7.42a
OT	罗宾娜	52.51 ± 11.98b
OT	桌舞	63.60 ± 4.56b
OT	闪点	49.23 ± 3.92b
A	小珍珠	60.90 ± 15.49ab
A	小月亮	50.00 ± 6.00b
A	小火箭	75.00 ± 2.89a
A	小图标	61.14 ± 17.40ab
L	白色海洋	87.67 ± 8.09a
L	卡里	78.26 ± 3.92a
LA	帝王黄	75.67 ± 4.05ab
LA	眼线	72.15 ± 3.83b
LA	甜蜜赞比亚	77.01 ± 5.14ab
LA	穿梭	83.05 ± 3.49a
LA	爱马仕	75.31 ± 5.10ab

注:同列数据后标有不同小写字母表示在 0.05 水平上有显著差异。O 表示东方百合;OT 表示 OT 系列百合;A 表示亚洲百合;LA 表示 LA 系列百合;L 表示麝香百合;下同。

反交的 1.13、2.82 倍。将 OT 杂种系桌舞和罗宾娜进行系内正反交,发现其正交组合的子房膨大率、蒴果大小分别是反交组合的 3.44、1.71 倍,但是正



不同处理间标有不同小写字母表示具有显著差异(P<0.05)

图1 百合不同杂种系花粉生活力的平均值

交组合并未获得有胚种子,反交组合的有胚率为 38.48%。对 AA 杂种系小月亮 × 小珍珠而言,仅正交组合获得了有胚种子,其反交组合的子房膨大率是正交的 2.22 倍,且反交组合的蒴果比正交组合小 7.5%。在 LA 杂种系甜蜜赞比亚和眼线系内的正反交组合中,仅正交组合获得了膨大子房,子房膨大率为 57.14%,有胚率均为 0,说明杂交的亲水性较差,存在严重的受精后障碍。综上可知,同杂种系内不同品种的杂交亲水性各不相同,其中 OO 杂种的系内亲水性较好,LA 杂种的系内亲水性较差。

2.3 百合不同杂种系间杂交亲水性的比较与分析

如表 3 所示,不同杂种系间杂交后,其杂交结实情况差异明显。以东方百合杂种系为母本与亚洲百合、OT 系列和 LA 系列进行杂交育种,发现其子房膨大率、蒴果大小及有胚率均存在一定差异。其中在东方百合杂种系与亚洲百合杂种系的杂交组合中,索邦 × 小图标的子房膨大率、蒴果大小分别

表 2 不同品种间的系内杂交情况

组合	母本	父本	子房膨大率 (%)	蒴果长 (cm)	蒴果宽 (cm)	蒴果长宽比	有胚率 (%)
OO	索邦	所罗门之王	81.82	7.630	2.59	2.94	20.58 ± 8.15c
	所罗门之王	索邦	30.00	6.410	2.48	2.58	29.90 ± 7.91bc
	索邦	西伯利亚	60.00	7.450	2.73	2.72	58.04 ± 4.62a
	西伯利亚	索邦	66.67	6.210	2.59	2.40	20.60 ± 8.97c
	八点后	马提尼克	62.50	6.170	2.46	2.51	31.82 ± 3.63b
	马提尼克	八点后	50.00	4.870	2.59	1.88	0
OTOT	桌舞	罗宾娜	17.65	3.660	0.69	5.34	0
	罗宾娜	桌舞	5.13	6.351	2.03	3.13	38.48 ± 7.57b
AA	小月亮	小珍珠	37.50	3.084	1.96	1.57	9.70 ± 2.42d
	小珍珠	小月亮	83.33	2.770	1.90	1.46	0
LALA	眼线	甜蜜赞比亚	57.14	4.720	1.92	2.45	0
	甜蜜赞比亚	眼线	0	0	0	0	0

是马提尼克×小月亮的 2.00、1.21 倍,但是有胚率比马提尼克×小月亮低 92.08%。在东方百合杂种系与麝香百合杂种系的杂交组合中,马提尼克与麝香百合白色海洋、卡里的子房膨大率均为 0,未获得有胚种子,说明东方百合与麝香百合之间杂交不亲和,存在受精障碍。在东方百合杂种系与 OT 系列的杂交组合中,所罗门之王×激情月球的子房膨大率、蒴果大小分别是马提尼克×闪点的 2.00、1.58 倍,仅所罗门之王×激情月球获得有胚种子,有胚率为 42.42%。以 OT 杂种系为母本,与 LA、麝香百合、亚洲百合、东方和 OT 杂种系进行杂交育种,发现其子房膨大率、蒴果大小及有胚率均存在一定差异。在 OT 系列与 LA 系列的杂交组合中,紫色大理石×穿梭的子房膨大率是紫色大理石×爱马仕的 1.49 倍,但有胚率比紫色大理石×爱马仕低 90.71%。在 OT 系列与东方百合杂种系的杂交组

合中,罗宾娜×索邦的子房膨大率是罗宾娜×所罗门之王的 3.00 倍,蒴果比罗宾娜×所罗门之王小 8.97%,仅罗宾娜×索邦获得有胚种子,有胚率为 12.12%。在 OT 系列与亚洲百合杂种系的杂交组合中,紫色大理石×小火箭的子房膨大率是帕拉佐×小月亮的 2.22 倍,蒴果比帕拉佐×小月亮小 50.94%。索邦×小图标、紫色大理石×穿梭、激情月球×卡里和紫色大理石×小火箭等不同杂交组合虽然都获得了较高的子房膨大率和蒴果长宽比,但是有胚种子的获得率较低,说明其可能是胚发育不完全或受花粉刺激出现的假膨大^[17]。马提尼克×闪点、罗宾娜×所罗门之王和帕拉佐×小月亮的有胚率为 0,说明存在严重的受精后障碍。由此可见,不同杂种系间杂交亲和性程度各不相同,其杂交结实情况受正反交等诸多因素影响,有待进一步研究。

表 3 不同品种系间杂交结果

组合	母本	父本	子房膨大率 (%)	蒴果长 (cm)	蒴果宽 (cm)	蒴果长宽比	有胚率 (%)
OA	索邦	小图标	33.33	6.01	2.39	2.51	0.60±0.30c
	马提尼克	小月亮	16.67	4.87	2.36	2.07	7.58±2.12b
OL	马提尼克	白色海洋	0	—	—	—	0
	阳光冰岛	卡里	0	—	—	—	0
OOT	所罗门之王	激情月球	50.00	6.07	2.17	2.79	42.42±5.75a
	马提尼克	闪点	25.00	3.66	2.07	1.77	0
OTLA	紫色大理石	穿梭	100.00	3.30	1.98	1.67	1.21±0.91c
	紫色大理石	爱马仕	66.67	3.50	1.63	2.14	13.03±4.54b
OTL	激情月球	卡里	85.00	4.30	1.03	4.16	0.91±0.61c
OTO	罗宾娜	索邦	50.00	7.06	2.67	2.64	12.12±3.94b
	罗宾娜	所罗门之王	16.67	6.26	2.16	2.90	0
OTA	紫色大理石	小火箭	100.00	3.79	1.83	2.07	1.21±0.61c
	帕拉佐	小月亮	45.00	5.40	1.28	4.22	0

2.4 不同胚挽救方式对幼胚成活的影响

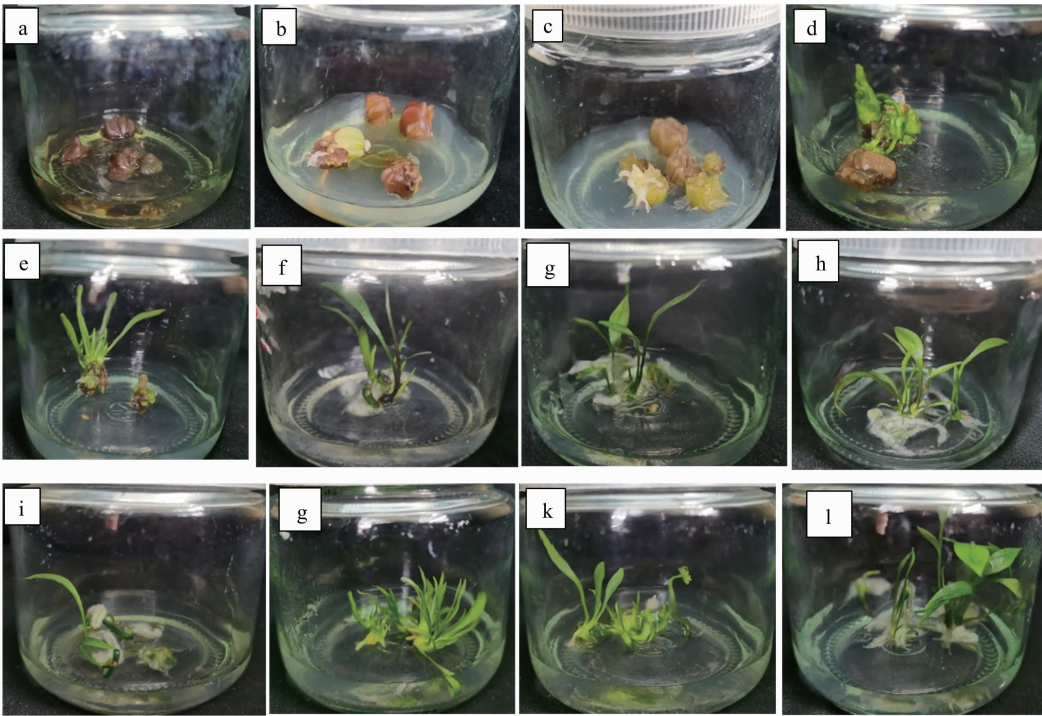
由表 4 可以看出,不同培养方式对不同杂交组合幼胚的成活率影响较大。子房切片暗培养 60 d 后,OTOT 杂交组合普拉芬多×桌舞与 OA 杂交组合帕拉左×小月亮的成活率达到 50.00%,是罗宾娜×桌舞的 4.55 倍,之后将成活的幼胚转接至光下培养 60 d 左右,仅 30 d 胚龄的罗宾娜×桌舞、帕拉左×小月亮成活,成活率分别是暗培养的 4.55、2.00 倍。胚培养 60 d 左右时,OO 杂种系八点后×马提尼克的萌发率最高,比所罗门之王×索邦高 1.40%,比马提尼克×八点后高 16.67%。AA 杂种系中仅小珍珠×小月亮萌发,萌发率为 65.00%。以东方百合杂种系为母本与亚洲百合、OT 百合进行

杂交,结果显示,马提尼克×闪点的萌发率是马提尼克×小月亮的 2.18 倍。

由图 2 可知,马提尼克×白色海洋、阳光冰岛×卡里暗培养 60 d 左右时,子房经过初期膨大后逐渐褐化死亡;罗宾娜×桌舞和帕拉左×小月亮子房膨大且逐渐生成愈伤组织,之后转至光下培养,成功获得了幼苗。所罗门之王×索邦、马提尼克×八点后、八点后×马提尼克、小珍珠×小月亮、马提尼克×小月亮、马提尼克×闪点、罗宾娜×索邦经胚挽救后均获得了杂交苗且叶片肥厚、根系粗壮,部分组合胚挽救不成功。综上可知,不同杂交组合间均存在受精后障碍,胚挽救方式应根据不同杂交组合的胚龄来选择。

表 4 不同培养方式对胚成活率的影响

方法	组合	母本	父本	胚龄 (d)	暗培养下的 成活率(%)	光照培养下的 成活率(%)
子房切片	OTOT	普拉芬多	桌舞	14	50.00	0
	OTOT	罗宾娜	桌舞	30	11.00	50.00
	OA	帕拉左	小月亮	30	50.00	100.00
	OL	马提尼克	白色海洋	7	0	0
	OL	阳光冰岛	卡里	14	0	0
胚培养	OO	所罗门之王	索邦	60	—	64.71
		索邦	所罗门之王	70	—	0
		索邦	西伯利亚	65	—	0
		西伯利亚	索邦	75	—	0
		马提尼克	八点后	70	—	56.25
		八点后	马提尼克	65	—	65.63
		小月亮	小珍珠	75	—	0
		小珍珠	小月亮	70	—	65.00
		马提尼克	小月亮	60	—	42.85
		索邦	小图标	65	—	0
	OOT	马提尼克	闪点	65	—	93.33
		所罗门之王	激情月球	60	—	0
	OTLA	紫色大理石	穿梭	70	—	0
		紫色大理石	爱马仕	65	—	0
	OTL	激情月球	卡里	75	—	0
	OTA	紫色大理石	小火箭	60	—	0
	OTO	罗宾娜	所罗门之王	60	—	0
		罗宾娜	索邦	70	—	11.11



a—马提尼克×白色海洋(暗培); b—阳光冰岛×卡里(暗培); c—罗宾娜×桌舞(暗培); d—帕拉佐×小月亮(光培); e—罗宾娜×桌舞(光培); f—罗宾娜×索邦; g—马提尼克×小月亮; h—马提尼克×闪点; i—马提尼克×八点后; j—小珍珠×小月亮; k—八点后×马提尼克; l—所罗门之王×索邦

图2 杂交后代组培苗的生长状况

3 讨论与结论

在百合的杂交育种中,花粉生活力是评估花粉细胞活性的重要依据之一,其测定结果的准确性决定了杂交育种的成败^[18-19]。本研究结果显示麝香百合和东方百合花粉生活力较高,在杂交亲本的选配中更适合作父本,但本研究表明,麝香百合作父本仅与 OT 百合激情月球杂交子房膨大率为 85.00%,与东方百合马提尼克、阳光冰岛杂交均为 0;东方百合作母本其子房膨大率均等。与花粉生活力测定结果不一致,推测可能是因为授粉受精不仅需要正常的雌雄配子体亲和,还与花粉发芽、花粉管生长等内外因子有关,因此在杂交授粉前,应先采用 TTC 染色法来快速测定花粉活性,反映花粉的存活状态,再结合花粉离体萌发法^[20],以更准确地选择授粉亲本。

杂交亲本的选配是重要的因素之一,本研究对百合系内、系间杂交亲和性进行比较,发现无论是系内还是系间品种之间的杂交,杂交组合不同其结果也明显不同,正反交的子房膨大率和有胚率也存在较大差异。LA 杂种系眼线与甜蜜赞比亚系内正反交,其正交亲和反交不亲和,可能与染色体间的差异^[6]或细胞质遗传基因有关^[21],也可能是因为 LA 遗传复杂,花粉育性低^[17]。东方百合系列与麝香百合系列杂交均不亲和,可能是由于花柱长度及系间杂交双亲生理上的不协调造成的^[6],也可能是受 S 基因控制的不亲和机制^[22]。因此,在今后的杂交育种工作中,为提高育种成功率,应借鉴国内外百合的育种经验,将亲缘关系与同源性差异相结合,以更好地进行杂交亲本的选配。

不同的胚挽救方式对不同杂交组合幼胚的成活率影响较大^[23]。本研究发现子房切片培养对于 30 d 胚龄的子房最有效,其在暗培养 60 d 后生成愈伤组织再进行光培养出苗率高达 100.00%,与刘晓丽等对新铁炮百合品种和岷江百合杂交授粉 10~20 d 的子房进行切片培养取材时间不同,说明取材时间应根据不同的杂交组合、子房膨大时间来选择^[24]。60~75 d 胚龄的幼胚进行适时剥离有利于胚吸收营养,提高萌发率^[23],与邵杨等研究结果^[25]相一致。本研究发现有部分组合虽获得有胚种子,但未萌发,与郭朋辉等研究紫斑百合远缘杂交亲和性结果^[9]相似,推测其可能是因为胚和胚乳发育不良,胚挽救时间、培养基配方等多种因素造成的,但

具体原因还需进一步探究。

本研究以百合不同杂种系的花色、花型、花香、抗性等方面的特点,进行杂交亲本的选配,无论是系内正反交还是系间不同品种的杂交,组合不同其杂交结果也明显不同,不同的胚挽救技术对不同杂交组合幼胚的成活率影响也明显不同。总体来看,除 LA 杂种系不亲和,其他杂种系系内杂交均不同程度亲和;东方杂种系与 OT 杂种系为母本进行系间杂交亲和性更好;不同胚龄的幼胚需要采用不同的胚挽救技术,幼胚培养比子房切片培养更容易获得杂交后代,成苗率更快。该研究初步探索了不同百合品种杂交亲和性规律,为今后百合杂交育种提供了理论参考,同时为创制百合新种质奠定了基础。

参考文献:

- [1] 李悦. 百合杂交育种和胚拯救培养的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2008.
- [2] 焦雪辉. 亚洲百合杂交育种研究[D]. 北京:北京林业大学,2012.
- [3] 喇燕菲,张启翔,潘会堂,等. 弱光条件下东方百合的生长发育及光合特性研究[J]. 北京林业大学学报,2010,32(4):213-217.
- [4] 潘云兵,吴景芝,欧琳钧,等. 野生百合与栽培百合远缘杂交亲和性的研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学版),2018,33(2):286-293.
- [5] 罗建让. 百合交配亲和性及其不亲和性克服方法的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2006.
- [6] Arne M. Hybrid incompatibility and the origin of polyploidy[J]. Hereditas,2010,18(1/2):33-55.
- [7] 刘玉. 百合种间杂种与 LA 系百合及亚洲百合杂交亲和性研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2020.
- [8] 马冰. 卷丹百合种间杂种与亚洲百合杂交亲和性及胚培养研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2017.
- [9] 郭朋辉,吴景芝,王玉英,等. 紫斑百合远缘杂交亲和性分析及杂交障碍克服[J]. 南方农业学报,2019,50(9):1903-1912.
- [10] 罗远义,胡小京,崔嵬,等. 不同百合品种杂交亲和性试验[J]. 现代农业科技,2019(13):127-129.
- [11] 冯秀丽,岳玲,赵兴华,等. 百合系间杂交以铁炮百合为父本的亲和性[J]. 浙江农业科学,2018,59(1):56-57,63.
- [12] 陈轶. 亚洲百合种内杂交亲和性研究[J]. 中国农学通报,2014,30(13):173-177.
- [13] 田忠平,杨利平. 百合远缘杂交亲和性比较[J]. 河北农业大学学报,2013,36(4):22-25,48.
- [14] 温韦华,张克中,贾月慧,等. 不同授粉技术对克服百合杂交受精前障碍的影响[J]. 北京农学院学报,2010,25(4):32-36.
- [15] 谢松林,王仙芝,牛立新,等. 百合杂种系间杂交障碍的克服及 3 种幼胚离体培养方法的比较研究[J]. 西北植物学报,2010,30(8):1573-1578.
- [16] 陈香秀. 百合的研究进展[J]. 福建热作科技,2010,35(2):45-48.
- [17] 王中轩,杨爽,廉玉芹,等. 百合品种间杂交亲和性的比较

李梦琪,赵 冲,罗 航,等. 不同凋落物水浸提液对杉木种子萌发和幼苗早期生长的化感作用[J]. 江苏农业科学,2023,51(7):138-146.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.07.019

不同凋落物水浸提液对杉木种子萌发和幼苗早期生长的化感作用

李梦琪¹, 赵 冲³, 罗 航¹, 陈 杭¹, 刘 博², 王正宁²

(1. 福建农林大学林学院, 福建福州 350007; 2. 曲阜师范大学生命科学学院, 山东曲阜 273100; 3. 莆田南门学校, 福建莆田 351100)

摘要:凋落物可以通过产生化感物质影响种子萌发及幼苗生长,进而影响林下植被的更新。通过盆栽试验研究不同凋落物类型[杉木凋落物、木荷凋落物、杉木凋落物与木荷凋落物的混合物(质量比为1:1,简称混合凋落物,下同)]和5种浸提液浓度(0、10、20、50、100 g/L)对杉木种子萌发及幼苗早期生长的影响。结果显示,(1)在3种凋落物水浸提液处理下,杉木种子萌发和早期生长整体表现为低浓度促进($RI > 0$)、高浓度抑制($RI < 0$)的现象。(2)在不同浓度浸提液处理下,杉木幼苗各器官的敏感程度和反应存在差异,幼苗根部受到浸提液浓度的影响较大,根长、根生物量在高浓度浸提液处理下受到明显抑制。(3)在低浓度浸提液处理下,杉木叶片中的丙二醛(MDA)含量变化不大,超氧化物歧化酶(SOD)活性呈上升趋势。随着凋落物浸提液浓度的提升,过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性呈递增态势,杉木叶片中的MDA含量大幅上升,SOD活性下降。由上述研究结果可见,浸提液浓度会对杉木种子萌发和早期生长产生影响,低浓度凋落物浸提液处理对杉木幼苗萌发和成长起到一定的促进作用,而高浓度浸提液处理则破坏了幼苗细胞的生物膜,最终抑制杉木幼苗叶片的正常代谢及生长。

关键词:杉木;凋落物;浸提液;种子萌发;苗木生长

中图分类号:S791.270.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)07-0138-09

凋落物是森林生态系统中的一部分,参与了生态系统的物质循环,在很大程度上影响了森林的生长及天然更新^[1]。凋落物层是植物种子脱落后的最初阶段接触的物理环境,而在森林天然更新的过程中,种子萌发及早期生长阶段最为敏感和脆弱,也明显受到凋落物的影响^[2-4]。目前,凋落物的

水源涵养和水土保持功能、养分循环状况及分解速率等一直是凋落物生态学方面研究的重点,而目前尚少见将凋落物作为单独的因子研究其对森林植被更新的影响^[5-6]。

物理、化学和生物作用机制是凋落物影响种子萌发和早期生长的三大作用机制,其中化学作用,即化感作用具有重要影响^[7]。研究发现,森林凋落物可以通过雨水淋溶、腐烂分解或者微生物作用等途径将化感物质释放入土壤环境中,影响种子休眠、萌发、幼苗生长等过程,进而调节群落的物种组成,并进一步影响种群的自然更新和群落演替等过程^[8-9]。罗侠等的研究结果显示,不同干质量浓度(0.025、0.050、0.100、0.200、0.300 g/mL)的天山

收稿日期:2022-06-14

基金项目:国家自然科学基金(编号:31570448、31670714);福建农林大学科技创新专项基金(编号:KFA20032A)。

作者简介:李梦琪(1997—),女,河南信阳人,硕士研究生,主要从事林木种苗培育技术研究。E-mail:13939718502@163.com。

通信作者:刘 博,博士,教授,主要从事恢复生态学及森林天然更新机制研究。E-mail:lboshandong@126.com。

[J]. 西北农业大学学报,2012,21(9):113-120.

[18]赵统利,周 翔,朱朋波,等. 百合花粉活力测定方法的比较研究[J]. 江苏农业科学,2006,34(5):88,144.

[19]孙晓梅,王大政,杨宏光,等. 不同处理和贮藏方法对百合花粉活力的影响[J]. 辽宁农业科学,2000(6):27-30.

[20]李庆飞,王梦梦,张曼楠,等. 不同储藏温度及时间对南瓜花粉活力的影响[J]. 北方园艺,2020(10):116-121.

[21]周厚高,张西丽,张 焱,等. 百合品种交配亲和性研究[J]. 广西农业生物科学,2000,19(4):223-227.

[22]Ascher P D. Special styler property required for compatible pollen-tube growth in *Lilium longiflorum* Thunb. [J]. Botanical Gazette, 1975,136(3):317-321.

[23]邢大洲. 百合胚拯救育种技术及引进百合新品种筛选研究[D]. 北京:北京林业大学,2009.

[24]刘晓丽,李文媛,贾桂霞. 11种野生百合杂交亲和性的初步研究[J]. 北京林业大学学报,2012,34(3):85-90.

[25]邵 杨,温韦华,崔金腾,等. 东方百合系内杂交授粉技术与胚抢救技术研究[J]. 西北植物学报,2014,34(6):1119-1124.