

普通油茶无性系花粉离体萌发特性

李春林^{1,2}, 杨水平^{1*}, 姚小华², 任华东², 王开良², 林萍²

(1. 西南大学资源环境学院, 重庆 400716; 2. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400)

摘要:以6个普通油茶无性系花粉为试验材料,采用正交试验研究了不同温度、硼元素用量、蔗糖浓度、琼脂用量对花粉萌发的影响,以揭示普通油茶花粉在离体条件下的萌发特性。结果表明:4个影响花粉萌发率的试验因素中,温度是极显著影响因素,以25℃最优;蔗糖浓度也能显著影响多数无性系,以10%最优;硼元素用量和琼脂用量仅对个别无性系有显著影响,分别以100 mg·kg⁻¹和0.5%最优。结合多重比较,处理T9为试验优选组合;花粉管的生长从开始到停止略呈“慢—快—慢”的抛物线趋势;稍高的钙离子浓度显著抑制花粉萌发,低浓度锌、钼离子对花粉萌发略有促进,高浓度则效应为负。

关键词:普通油茶;花粉离体;萌发特性

中图分类号:S794.4

文献标识码:A

Characteristics of Pollen Germination *in Vitro* of *Camellia oleifera*

LI Chun-lin^{1,2}, YANG Shui-ping¹, YAO Xiao-hua², REN Hua-dong², WANG Kai-liang², LIN Ping²

(1. College of Resource and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China;

2. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, Zhejiang, China)

Abstract:To study the characteristics of pollen germination *in vitro* of six *Camellia oleifera* species, the orthogonal test using six *C. oleifera* species as the materials was aimed to examine the effects of the 4 factors consisting of temperature, boron consumption, sucrose, and agar usage on pollen germination. The results indicated that temperature was the most significant factor among the 4 factors and the optimum temperature was 25℃, sucrose markedly affected the pollen germination of most species and the optimum sucrose was 10%, and boron consumption and agar usage markedly impacted on individual clones and the optimum were 100 mg·kg⁻¹ and 0.5%. Combining multiple comparison, the optimum extractive condition is T9; the growth of pollen tube followed the “slow-fast-slow” trend. When the concentration of Ca²⁺ was high, the pollen germination was markedly inhibited. If the concentrations of Zn²⁺ and Mo⁶⁺ were low, the pollen tube growth would be enhanced. But when the concentrations of Zn²⁺ and Mo⁶⁺ were high, the pollen germination of pollen tube was negative effected.

Key words: *Camellia oleifera*; pollen *in vitro*; germination characteristic

普通油茶(*Camellia oleifera* Abel.)又名油茶、中果油茶等,属山茶科(Theaceae)山茶属(*Camellia* L.)木本油料植物,为常绿小乔木或灌木,适生于低山丘陵地带,为强阳性树种,喜光,喜温暖、湿润的气候,

在酸性、中性、微酸性土壤上均能生长,对土层厚度要求不严。树体根深叶茂,也是水土保持林和营造防火林带的优良树种。我国现有油茶(*Camellia* spp.)栽培面积4 531.3万hm²,主要分布在长江流

收稿日期:2010-07-27

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划“油茶高产优质新种质创制”(2009BADB1B01);中国林科院基本科研业务费专项资金项目“高油高抗油茶杂交新种质创制”(CAFYBB2008005)

作者简介:李春林(1983—),男,四川阆中人,硕士研究生,主要从事油茶栽培育种研究。

*通讯作者:E-mail:yang-sp@163.com

域及其以南的 18 个省(区、市)^[1-2]。普通油茶是山茶属中出油率高、丰产的主栽物种^[3]。茶油是当今世界上最佳的营养保健油,不饱和脂肪酸含量在 90% 以上,还含有橄榄油所没有的特定生理活性物质山茶甙、山茶皂甙和茶多酚等,不含对人体有害的芥酸,维生素 A 和维生素 E 含量高,容易被人体吸收,具有强心、溶血栓及预防高血压、高血糖、高血脂、心脑血管疾病的作用^[4-5];其副产品具有医药、保健、化工、生态等多种功能^[6-7]。

花粉是植物体的雄性生殖细胞,是种子植物杂交遗传信息交流的载体^[8]。花粉落在适合的柱头上,经过水合、萌发,形成花粉管。花粉管通过花柱到达胚囊后顶端破裂,将精子及其它内容物释放到胚囊中,从而实现受精作用^[9]。因此花粉萌发作为受精作用的首要步骤,直接关系到受精过程能否顺利完成。普通油茶为异花授粉植物,自花授粉率低,对花粉离体萌发特性的研究是人工授粉、杂交育种的基础,可为解决普通油茶授粉不良落花落果、无性系间的杂交以及大小年现象提供理论依据。自 20 世纪五六十年代以来,我国在油茶栽培育种方面不断取得突破,相继培育出一批每公顷产茶油达 750 kg 以上的新品系,但对油茶花粉形态特性和花粉萌发研究较少^[10-13],有关普通油茶的研究和报道则更少。本试验对 6 个普通油茶无性系花粉在不同培养条件下的萌发及花粉管生长进行研究,试验结果可为普通油茶人工授粉、无性系间的合理配置及高效栽培等提供参考,从而为油茶高产优质新种质、高油高抗杂交新种质的创制提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

以国家审定的普通油茶长林 4 号、10 号、40 号无性系以及 82 号、178 号和 185 号无性系为试验材料,材料均采自中国林科院亚热带林业研究所建立在浙江省金华市婺城区东方红林场的油茶种质资源收集圃。该圃地位于 20°01' N, 119°30' E, 海拔高度 80 m, 全年平均气温 17.4 °C, 绝对最高气温 41 °C, 绝对最低气温 -9 °C, 有效积温 6 486.8 °C, 年降水量 1 408.4 mm, 年蒸发量 1 626.6 mm, 无霜期平均 265 d, 年日照时数为 2 072 h。属亚热带季风气候, 温暖湿润, 四季分明, 雨量适中, 无霜期长, 夏季高温, 冬春寒潮, 土壤以第四纪土壤形成的红壤为主, 土层较深厚, 间杂少量砂砾。

收集圃于 2006 年春采用随机区组营造, 分为 3 个小区, 每个小区各品种 7 个单株重复, 定植密度为 2 m × 3 m, 造林后按常规方法进行抚育管理。圃地内现保存有 118 个普通油茶无性系, 树体健壮, 长势良好, 于 2008 年正常开花结实。2009 年 11 月末普通油茶盛花期, 于上午 9:00 时露水干后, 采集 6 个具有代表性的无性系即将盛开的花蕾, 带回实验室进行水培, 注意防止花粉交叉污染, 散粉后先于室温下阴干 0.5 d, 待花药完全破裂, 花粉用硫酸纸收集、混匀后室温干燥 20 h 备用。

1.2 试验设计与方法

1.2.1 正交试验的花粉最佳萌发条件 以温度、硼元素用量、蔗糖浓度、琼脂用量为试验因素, 以花药离体培养法^[10-11]为试验方法, 采用 3 个水平 4 个因素 9 个处理($L_9(3^4)$)的正交试验设计(表 1), 观察普通油茶无性系花粉萌发。

表 1 花粉萌发的正交试验设计($L_9(3^4)$)

处理号	试验因素			
	温度/ °C	硼元素用量/ (mg · kg ⁻¹)	蔗糖浓度/ %	琼脂用量/ %
T1	12	10	5	0.5
T2	12	50	10	1.0
T3	12	100	15	1.5
T4	18	10	10	1.5
T5	18	50	15	0.5
T6	18	100	5	1.0
T7	25	10	15	1.0
T8	25	50	5	1.5
T9	25	100	10	0.5

注:6 h 以后测量花粉萌发率, 每个处理 4 次重复。

1.2.2 不同试验时间花粉管的生长 采用花药离体培养法, 以 10% 蔗糖浓度 + 100 mg · kg⁻¹ 硼元素用量 + 0.5% 琼脂用量的培养基为基本培养基, 25 °C 恒温培养箱中培养。以试验开始计, 每隔 2 h 测量花粉管的生长量, 计算萌发速率, 每个处理重复 3 次。

1.2.3 不同试验浓度对花粉萌发率的影响 采用花药离体培养法, 以 10% 蔗糖浓度 + 100 mg · kg⁻¹ 硼元素用量 + 0.5% 琼脂用量的培养基为基本培养基, 分别加入不同试验浓度的钙、锌、铜离子(表 2), 25 °C 恒温培养箱中培养。

1.3 测定指标与方法

花粉萌发率: 镜检时每个玻片取 3 个视野统计萌发率, 每个视野的花粉数不少于 60 个。以花粉管长度 2 倍于花粉粒直径作为萌发标准计算花粉萌发

率。花粉萌发率 = $\frac{\text{萌发数}}{\text{观察总数}} \times 100\%$

表 2 钙、锌、钼离子的不同试验浓度 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

钙离子浓度	锌离子浓度	钼离子浓度
0	0.0	0
100	0.1	10
500	1.0	50
1 000	10.0	100
5 000	100.0	500

注:6 h 以后测量花粉萌发率,每个处理 3 次重复。

花粉管生长量:选择显微镜视野中 60 粒以上花粉,自花粉管长出起开始测量生长长度(μm)。

花粉萌发速率:

$$\text{花粉萌发速率} = \frac{\text{花粉管生长量}(\mu\text{m})}{\text{萌发时间}(\text{h})}$$

2 结果与分析

2.1 试验因素对花粉萌发率的影响

经方差分析(表 3),不同温度、硼元素用量、蔗糖浓度、琼脂用量 4 个因素对普通油茶无性系花粉萌发率的影响存在一定差异,具体表现在:温度对所有无性系萌发率的影响具有极显著性;硼元素用量仅对 178 号无性系影响极显著,对其它无性系影响不显著;蔗糖浓度除了对 82 号无性系影响不显著外,对其它无性系的影响均显著或极显著;琼脂用量除对 185 号无性系影响显著外对其它无性系影响均不显著。

不同无性系对因素响应水平也不同,具体表现

在:4 号、10 号、40 号无性系受温度影响极显著,花粉萌发率效果为 $25\text{ }^\circ\text{C} > 18\text{ }^\circ\text{C} > 12\text{ }^\circ\text{C}$;受蔗糖浓度影响显著,花粉萌发率效果为 $10\% > 5\% \approx 15\%$;两因素影响主次顺序为温度 > 蔗糖浓度;硼元素用量和琼脂用量影响不显著。其它无性系除受温度极显著影响外,受另外 3 个因素影响各不相同,表现在:82 号无性系仅受温度极显著影响,花粉萌发率效果为 $25\text{ }^\circ\text{C} > 18\text{ }^\circ\text{C} > 12\text{ }^\circ\text{C}$;其它因素影响不显著。178 号无性系受蔗糖浓度和温度极显著影响,温度的花粉萌发率效果为 $25\text{ }^\circ\text{C} > 18\text{ }^\circ\text{C} > 12\text{ }^\circ\text{C}$;蔗糖浓度为 $10\% > 5\% \approx 15\%$;受硼元素用量影响显著,花粉萌发率效果以 $100\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 最佳, $50, 10\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 影响不明显;因素影响的主次顺序为温度 \approx 蔗糖浓度 > 硼元素用量,琼脂用量影响不显著。185 号无性系受温度和蔗糖浓度极显著影响,温度的花粉萌发率效果为 $25\text{ }^\circ\text{C} > 18\text{ }^\circ\text{C} > 12\text{ }^\circ\text{C}$;蔗糖浓度为 $10\% > 5\% \approx 15\%$;受琼脂用量影响显著,花粉萌发率效果以 0.5% 最佳,1.0% 和 1.5% 影响不明显;因素影响的主次顺序为温度 \approx 蔗糖浓度 > 琼脂用量,硼元素用量影响不显著。

总体而言,普通油茶无性系花粉萌发的正交试验中,根据因素显著性大小和无性系的表现可以确定 4 个因素的主次顺序为:温度 > 蔗糖浓度 > 硼元素用量 \approx 琼脂用量。各因素的花粉萌发率效果为:温度 $25\text{ }^\circ\text{C} > 18\text{ }^\circ\text{C} > 12\text{ }^\circ\text{C}$;蔗糖浓度 $10\% > 5\% \approx 15\%$;硼元素用量以 $100\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 最佳;琼脂用量以 0.5% 最佳。

表 3 不同无性系花粉萌发率方差分析及多重比较

%

试验因素	项 目	4 号无性系	10 号无性系	40 号无性系	82 号无性系	178 号无性系	185 号无性系
温度	显著性水平	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	12 $^\circ\text{C}$	12.98 c	18.60 c	24.14 c	26.82 c	15.58 c	15.60 c
	18 $^\circ\text{C}$	19.70 b	29.82 b	34.66 b	38.81 b	24.59 b	27.50 b
	25 $^\circ\text{C}$	33.60 a	35.81 a	39.10 a	50.45 a	35.90 a	41.32 a
硼元素用量	显著性水平	0.982	0.343	0.355	0.151	0.010	0.239
	$10\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	22.37 a	28.89 a	31.41 a	34.90 a	21.68 b	27.32 a
	$50\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	22.10 a	27.60 a	33.59 a	40.03 a	23.88 b	26.24 a
	$100\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	21.82 a	27.74 a	32.89 a	41.15 a	28.32 a	30.84 a
蔗糖浓度	显著性水平	0.002	0.026	0.039	0.206	0.000	0.000
	5%	19.46 b	28.65 ab	30.83 b	39.89 a	24.17 b	26.04 b
	10%	28.19 a	31.98 a	35.67 a	40.93 a	31.08 a	35.07 a
	15%	18.64 b	24.60 b	31.38 b	35.25 a	20.82 b	23.31 b
琼脂用量	显著性水平	0.879	0.279	0.282	0.910	0.131	0.050
	0.5%	21.57 a	25.94 a	30.96 a	39.02 a	26.93 a	31.72 a
	1.0%	22.81 a	29.19 a	34.16 a	39.25 a	23.50 a	27.19 ab
	1.5%	21.91 a	29.10 a	32.76 a	37.81 a	25.64 a	25.50 b

由正交试验处理对普通油茶无性系花粉萌发率影响的多重比较可见(表 4):T9 处理花粉萌发率效果最好,即 $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 硼元素用量 + 10% 蔗糖浓度 + 0.5% 琼脂用量培养基 + 25 °C 恒温培养组合花粉萌发率显著优于其它处理,所以试验一般选用 T9 处理;而 T1 处理可能由于受到因素组合的限制,从而影响酶活性的发挥,物质的吸收、运转和代谢以及渗透压的稳定,其花粉萌发率效果最差,应避免选用。

表 4 正交试验处理对花粉萌发率的多重比较

处理号	花粉萌发率/%	5% 显著水平	1% 显著水平
T9	45.34	a	A
T8	37.74	b	B
T7	35.02	bc	BC
T4	32.25	bc	BCD
T6	29.67	cd	CDE
T5	25.61	de	DE
T2	23.37	e	E
T3	17.12	f	F
T1	16.37	f	F

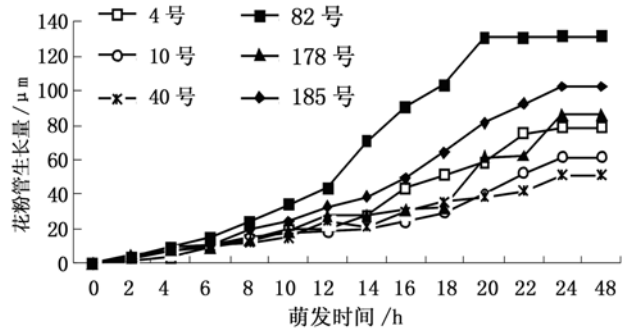
2.2 花粉管生长量和萌发速率

普通油茶无性系花粉在 $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 硼元素用量 + 10% 蔗糖浓度 + 0.5% 琼脂用量的培养基中 25 °C 恒温培养,30 min 左右开始萌发。从普通油茶无性系花粉管生长量动态可见(图 1):所有无性系花粉管生长开始略缓,12 h 左右生长加速,22 h 后生长越来越趋于平缓,无性系花粉在萌发后 24 h 花粉管基本停止生长。花粉管生长量最长的是 82 号无性系,达 $132 \mu\text{m}$,其次为 185 号无性系 $100 \mu\text{m}$,最短的是 40 号无性系,仅为 $48 \mu\text{m}$ 。整个萌发速率差异显著 ($P < 0.05$),从开始到最后略呈“慢—快—慢”的抛物线趋势。萌发速率最快的是 82 号无性系,达 $5.5 \mu\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$,其次为 185 号无性系 $4.3 \mu\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$,最慢的是 40 号无性系,仅为 $2.1 \mu\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

花粉管生长量和萌发速率是决定花粉正常完成受精的前提条件,在适宜的授粉条件下,花粉管先到达胚珠的先完成授精,节省了授粉时间,对授粉有利。

2.3 钙、锌、钼离子对花粉萌发率的影响

在基本培养基中加入不同浓度的钙、锌、钼离子,25 °C 恒温培养。6 h 后的萌发情况表明:相同钙、锌、钼离子浓度对不同普通油茶无性系萌发率作用效果不同;不同低浓度的钙、锌、钼离子对相同无性系萌发率作用效果存在差异,但高离子浓度作用效果均表现出显著抑制 ($P < 0.05$)。



培养条件: $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 硼元素用量 + 10% 蔗糖浓度 + 0.5% 琼脂用量 + 25 °C 恒温培养

图 1 普通油茶不同无性系花粉管生长量动态

2.3.1 不同钙离子浓度对花粉萌发率的影响

由图 2 可见:钙离子浓度对普通油茶无性系花粉的萌发表现出一定的负效应,并随着浓度的增加花粉萌发率受抑制而规律性地下降。无钙离子时花粉萌发率最高,82 号无性系花粉萌发率达 55%;而当钙离子浓度达到 $5000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,除 40 号无性系外,花粉萌发率均较低,多为 10% 左右。结果表明:普通油茶无性系花粉的萌发对钙离子非常敏感,低浓度钙离子对花粉萌发作用虽不明显,但稍高浓度时花粉萌发率则显著降低 ($P < 0.05$)。

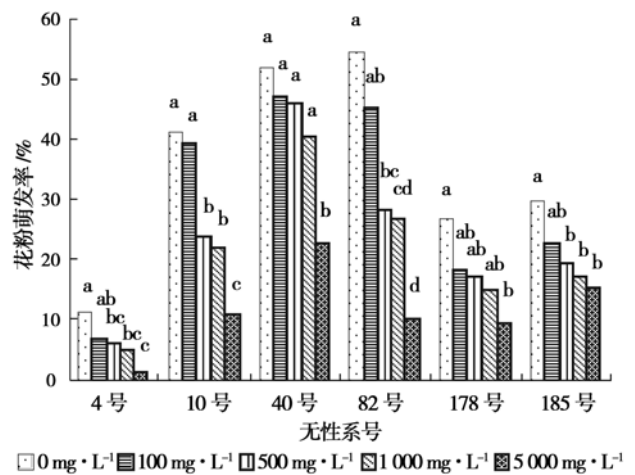


图 2 钙离子浓度对普通油茶无性系花粉萌发率的影响

2.3.2 不同锌离子浓度对花粉萌发率的影响

由图 3 可见: $0.1 \sim 1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 范围的低浓度锌离子对普通油茶无性系花粉萌发率略有促进,82 号无性系花粉萌发率达 60%,这可能与锌参与合成生长素有关。大于 $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的高浓度锌离子则对花粉萌发率产生抑制,而当浓度达到 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,花粉萌发率小于 5%,花粉萌发受到极显著抑制 ($P <$

0.01)。结果表明:锌离子不能明显提高普通油茶无性系花粉萌发率,高浓度时反而使花粉萌发率降低。

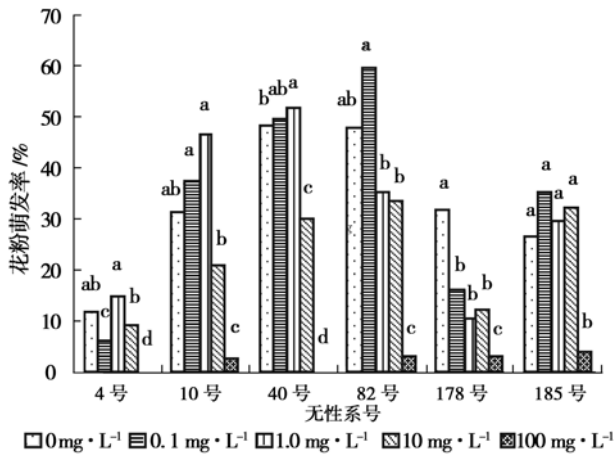


图3 锌离子浓度对普通油茶无性系花粉萌发率的影响

2.3.3 不同钼离子浓度对花粉萌发率的影响 由图4可见:低浓度钼离子对普通油茶无性系花粉萌发率的作用与锌离子相似。0~50 mg·L⁻¹范围的低浓度钼离子对普通油茶无性系花粉萌发略有促进,82号无性系花粉萌发率达75%;大于100 mg·L⁻¹的高浓度钼离子则抑制花粉萌发;而当浓度达到500 mg·L⁻¹时,花粉萌发率小于5%,花粉基本不萌发。结果表明:浓度0~50 mg·L⁻¹的钼离子能提高普通油茶无性系花粉的萌发率,过量则效应为负。

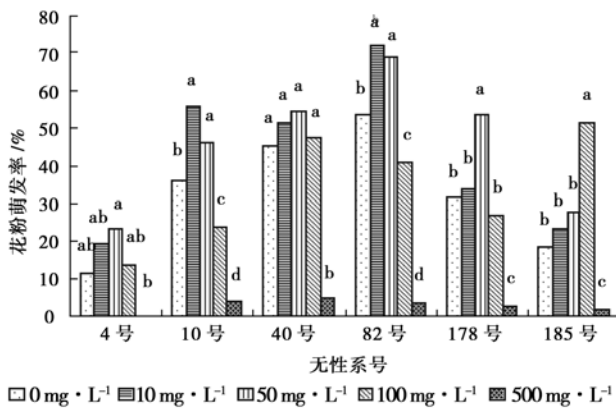


图4 钼离子浓度对普通油茶无性系花粉萌发率的影响

3 小结与讨论

试验表明:温度、硼元素用量、蔗糖浓度、琼脂用量4个影响普通油茶无性系花粉萌发率的因素中,温度是极显著影响因素,表明普通油茶无性系授粉受到温度的极大影响,在试验条件范围内温度高则萌发率高,反之萌发率显著下降。近年来,由于油茶

花期受到冻害而使授粉不能正常进行,花粉管不能正常萌发和生长,从而导致座果率低、茶果减产问题时有报道^[14],因此育种花期的选择尤为重要,应结合不同气候条件选择早花或者抗冻性较强的无性系。由于植物体受到环境极限温度的影响,结合本试验结果,普通油茶无性系花粉萌发温度一般适宜控制在25℃左右,过高或过低的温度对花粉萌发均有负效应。其次,蔗糖能为花粉萌发和花粉管的生长提供营养,能维持对外界环境的一定的渗透压,试验中蔗糖浓度显著影响多数普通油茶无性系花粉萌发即可说明。蔗糖浓度均以10%最佳,这也与此前油茶花蜜量较大的研究相符^[15]。琼脂用量仅对个别无性系影响显著,0.5%用量为最佳的结果与此前1.0%用量的结论略有差异^[10-13],需进一步单因素试验加以验证。硼元素是花粉萌发的必需元素,具有增加花粉对糖的吸收、运转和代谢,促进果胶物合成的作用^[16-17];而本试验硼元素用量仅表现出对极个别无性系影响显著,因此,关于硼元素对普通油茶无性系花粉萌发的影响,今后还需进行单因素、多无性系试验加以验证。

油茶花粉管生长量和萌发速率决定了花粉完成受精的时间,本试验普通油茶无性系花粉生长量粗略反映了授粉后花粉管的生长情况,但花粉的萌发是一个持续的过程,试验中花粉萌发受到试验环境、营养元素配置和消耗的影响,尚不能完全代表油茶花粉的真实生长情况,今后应结合活体萌发、组织切片继续深入研究。普通油茶无性系花粉萌发所表现出的“慢—快—慢”的生长模式跟余甘子(*Phyllanthus emblica* L.)、沙棘(*Hippophae rhamnoides* L.)等花粉由快到慢的报道不符,这可能是由于普通油茶花期大多处于冬春季节,花粉经过授粉后花粉管的生长需要对环境加以适应有关。

影响普通油茶无性系花粉萌发的钙、锌、钼离子中,钙离子与花粉萌发中细胞骨架的组装、分泌小泡的运输和融合、花粉管伸长方向调控等有关^[17];而本试验钙离子却明显抑制普通油茶无性系花粉萌发,其原因可能是由于普通油茶喜生于偏酸性土壤环境,经过长期演化形成了适应酸性环境的习性,其内源钙能达到花粉萌发和花粉管生长的要求,外源钙则会引起花粉细胞钙离子中毒,从而限制了花粉的萌发。锌是吡啶乙酸生物合成所必需的元素,缺锌可使植物蛋白质合成受阻从而影响花粉萌发,因此加入一定量的锌离子就能促进普通油茶无性系花

粉萌发;但过高浓度的锌离子会使花粉内部的合成产物大量积累,从而使花粉萌发受到抑制。锌离子对植物花粉萌发的作用从本试验得到了验证。钼是植物所必需的微量营养元素,参与多种酶的合成,因此低浓度钼离子会促进普通油茶无性系花粉的萌发;而过高浓度的钼离子明显抑制其花粉萌发率,花粉基本不萌发,其原因可能是由钼离子中毒或者合成物的堆积所造成。试验中钙、锌、钼离子对普通油茶无性系花粉的影响也与其它植物花粉的研究报道一致^[17-18]。

普通油茶各无性系种源地的不同,造成了无性系遗传特性的差异。因此,普通油茶各无性系在生长和开花结实等方面的表现都体现出了差异性,这从其花粉相同条件下离体培养的不同萌发率和花粉管生长量的不同也能得到验证。因此油茶的栽培育种除了应考虑造林地的实际立地条件、油茶种质的适应性外,还应综合考虑无性系间花粉的可育性、萌发特性、遗传的差异性。本试验虽然初步揭示了普通油茶无性系花粉的离体萌发特性,但无性系间花粉萌发的差异及活体萌发的表现仍需进一步试验研究。

参考文献:

- [1] 中国高等植物编委会. 中国高等植物:第4卷,山茶科[M]. 青岛:青岛出版社,2000:579-580
- [2] 林萍,姚小华,王开良,等. 油茶长林系列优良无性系的SRAP分子鉴别及遗传分析[J]. 农业生物技术学报,2010,18(2):272-279
- [3] 国家油茶科学中心. 油茶高效实用栽培技术[M]. 北京:科学出版社,2010:102-104
- [4] 庄瑞林,周启仁,姚小华,等. 中国油茶[M]. 2版. 北京:中国林业出版社,2008:58-61
- [5] 韩宁林,赵学名. 油茶高产品种栽培[M]. 北京:中国农业出版社,2008:86-88
- [6] 邓小莲,谢光盛,黄树根. 保健茶油的研制及其调节血脂的作用[J]. 中国油脂,2002,27(5):96-97
- [7] 聂明,杨水平,姚小华,等. 不同加工方式对油茶籽油理化性质及营养成分的影响[J]. 林业科学研究,2010,23(2):165-169
- [8] 王开发. 花粉营养成分与花粉资源利用[M]. 上海:复旦大学出版社,1993:1-20
- [9] 吴国芳,冯志坚,马炜梁,等. 植物学[M]. 北京:高等教育出版社,1992:215-218
- [10] 袁德义,谭晓风,邹锋,等. 油茶花粉生活力检查比较[J]. 西南林学院学报,2009,29(4):10-12
- [11] 邹锋,袁德义,谭晓风,等. 油茶花粉数量及4℃贮藏萌发率特性研究[J]. 江西农业大学学报,2009,31(5):892-895
- [12] 袁德义,谭晓风,胡青素,等. 油茶花粉特性及其不同贮藏条件下生活力的研究[J]. 浙江林业科技,2008,28(5):66-69
- [13] 何春燕,谭晓风,袁德义,等. 7种油茶花粉数量及花粉萌发率的测定[J]. 中南林业科技大学学报,2009,29(1):74-77
- [14] 黎章矩,曾燕如,戴文圣. 油茶低产低效的内外影响因子调查[J]. 林业科技开发,2009,23(5):26-31
- [15] 邓园艺,喻勋林,雷瑞虎,等. 油茶的传粉生物学特性[J]. 经济林研究,2009,27(1):72-75
- [16] 王钦丽,卢龙斗,吴小琴,等. 花粉的保存及其生活力测定[J]. 植物学通报,2002,19(3):365-373
- [17] 姚成义,赵洁. 钙和硼对蓝猪耳花粉萌发及花粉管生长的影响[J]. 武汉植物学研究,2004,22(1):1-7
- [18] 杨界,李燕,罗莉,等. 无机元素对狭叶重楼花粉萌发及花粉管生长的影响[J]. 四川农业大学学报,2009,27(2):199-202