

林院 1号无核黄皮无籽结实研究

Seedless Fruit-setting of Linyuan 1 Seedless Wampee

潘晓芳 黄宝灵 卢宣文*
Pan Xiaofang Huang Baoling Lu Xuanwen

(广西大学林学院 南宁市邕武路 16号 530001)
(Forestry College, Guangxi Univ., 16 Yongwulu, Nanning, Guangxi, 530001, China)

摘要 为了探讨林院 1号无核黄皮果实无籽的原因,于 1992年~ 2000年在广西大学林学院观察林院 1号无核黄皮的花器、花粉数量及饱满程度、花粉萌发情况,并和有核黄皮比较;采用随机区组试验设计,对林院 1号进行自然授粉、去雄不授粉套袋、去雄后用有核黄皮花粉授粉并套袋的授粉试验;观察林院 1号的授粉受精过程。研究结果表明:林院 1号无核黄皮的花器无畸形或无异常现象,胚珠和胚囊发育正常,与有核黄皮的花器构造相同,林院 1号无核黄皮无籽并非其花器构造和组织畸形或异常、胚珠或胚囊发育不良所致,而是与其花粉和自身的遗传特性有关。林院 1号无核黄皮花粉平均萌发率为 3.07%,与有核黄皮花粉平均萌发率 84.13%比较,有极显著性差异 ($F = 1544.97 > F_{0.01} = 98.5$);花粉管长 0.263 mm,比有核黄皮的花粉管 (0.387 mm)短,两者比较有极显著性差异 ($F = 158.17 > F_{0.01} = 98.5$)。林院 1号无核黄皮在无花粉刺激下,座果率仍达 19.3%,在有核黄皮花粉刺激的情况下,林院 1号无核黄皮的平均座果率为 77.1%,比自然授粉的平均座果率 (29.3%)提高 47.8%,具有自发性单性结实和刺激性单性结实现象;在有核黄皮花粉刺激下,林院 1号无核黄皮的无核率仍高达 76.0%,与自然授粉的无核率 (91.2%)比较,有显著性差异 ($F = 11.3 > F_{0.05} = 6.94$)。

关键词 无核黄皮 无核 单性结实

中图法分类号 S 666.637

Abstract To probe into the seedless reason of fruit of the Linyuan 1 seedless wampee, the Linyuan 1 seedless wampee is observed at its flower organs, pollen quantity and degree of satiation, and germination, and compared with the seed wampee. In terms of randomized block, the Linyuan 1 pollination experiment was conducted in three treatments: pollinated naturally, castrated without pollination and covered with paper bag, pollinated with pollen of seed wampee after being castrated and covered with paper bag. The process of pollination and fecundation was observed. The Linyuan 1 seedless wampee has the same flower construction with the seed wampee. Its ovule and embryo sac grow normally. The seedless is response to pollen and heredity. Its pollen germination rate was 3.07% on average, and significantly lower than the seed wampee's (84.13%) at $F = 1544.97 > F_{0.01} = 98.5$. Its pollen tube is 0.263 mm on average, significantly lower than seed wampee's (0.387 mm) at $F = 158.17 > F_{0.01} = 98.5$. Without stimulation of the seedless wampee's pollen, the fruit-setting rate was 19.3%. In the stimulation of the seedless wampee's pollen, the fruit-setting rate was up to 77.1%, much higher than the natural pollination (29.3%); but its seedless rate was 76.0%, no significantly different from the natural pollination (91.2%) at $F = 11.3 < F_{0.05} = 6.94$. This seedless wampee has the phenomena of spontaneous parthenocarpy and stimulative parthenocarpy.

Key words seedless wampee, seedless, parthenocarpy

黄皮 [*Clausena lansium* (Lour.) Skeels]是芸香科黄皮属的常绿小乔木,资源丰富,但大多数栽培品种(类型)果小核多,可食部分比例小。在自然条件

下,黄皮常发生变异,形成不同品系。近年来,广西省和广东省相继发现无核黄皮单株,并对无核黄皮进行了引种试验等研究^[1~3]。作者于 1992年在广西发现 1株无核黄皮单株(林院 1号,暂定名),并于 1992年~ 2000年对其进行花器解剖、花粉萌发试验、授粉试验、授粉受精过程观察和幼果解剖,探讨其无核的成因。

2001-05-25收稿,2001-06-06修回。

* 广西罗城县青明山林场,广西罗城,546411(Qingmingshan Forest Farm, Guangxi Luocheng, Luocheng, Guangxi, 546411, China)

1 材料与方法

1.1 花器解剖

各随机抽取 5 朵林院 1 号无核黄皮和有核黄皮的花进行解剖,观察记录花各部分的构造,并进行比较。分别将林院 1 号无核黄皮和有核黄皮的雌蕊徒手切片制成临时玻片,用显微镜观察比较

1.2 花粉数量和饱满程度检查

取林院 1 号无核黄皮和有核黄皮花朵已达气球状、饱满、正常、未开裂的花药各 100 个,分别放在小培养皿中,加入 1.5 ml 蒸馏水,将花药弄碎,搅匀使花粉呈悬浮状态,然后取 1 滴于玻片上观察,统计 6 个视野的花粉数量和花粉粒的饱满程度

1.3 花粉萌发试验

1.3.1 花粉来源

林院 1 号无核黄皮和有核黄皮花粉均于 2000 年 4 月 16 日上午 9:30,采自广西大学林学院内生长正常、正处于盛花期的无核黄皮和有核黄皮植株,所采花朵为花瓣刚展开但花药未开裂或饱满、花瓣微开的花朵^[4],采后放入经彻底灭菌且贴有标签的干燥烧杯中,待花药开裂后立刻进行播粉。

1.3.2 无核黄皮新鲜花柱酒精浸提液的准备

将新鲜花朵剥去花瓣、雄蕊,将花柱切下,天平称取 1.00 g,用蒸馏水漂洗净粘有的花粉,然后加入 10 ml 95% 酒精,压碎,浸提 2 h 以研究林院 1 号无核黄皮花柱是否含有抑制花粉萌发的物质。

1.3.3 培养方法

采用固体培养基培养法。培养基用蒸馏水配制,林院 1 号无核黄皮和有核黄皮在每种培养基上分别做 3 个重复。培养基 A 为 0.75% 琼脂+ 10% 蔗糖+ 0.001% 硼酸;培养基 B 为林院 1 号无核黄皮新鲜花柱浸提液培养基,培养基 C (培养基 B 的对照) 为 0.75% 琼脂+ 酒精。培养基 B 的配制方法为:先配好 1% 琼脂的培养基 30 ml,灭菌,再加入 10 ml 林院 1 号无核黄皮新鲜花柱浸提液;培养基 C 的配制方法为:1% 琼脂培养基 30 ml,灭菌,再加入 10 ml 95% 酒精。使培养基 B 和 C 的琼脂含量均为 0.75%。培养基和播粉所用工具均用蒸气灭菌法彻底灭菌^[5]。将上述培养基分别倒入凹形载玻片的凹槽中,待培养基冷却后在其面上均匀撒上花粉,然后将这些载玻片放在大培养皿 (培养皿底垫放湿润的滤纸,以保持培养皿内湿度) 中,加盖后置于室温 (18°C~ 27°C) 下培养。

1.3.4 观测方法

播粉后每隔 0.5 h 观察萌发情况,记录花粉萌发

数、花粉管长度、花粉管粗度。参照赖焕林等^[6]的研究方法,观察花粉萌发时,以花粉管长度大于或等于花粉粒直径时即为萌发。待萌发至稳定状态:花粉粒瘪缩,花粉管未收缩、破裂时进行花粉萌发率测定。用显微镜观测,每一玻片观测 6 个视野以上,每个视野花粉数在 50 粒~ 100 粒以上,统计每次的花粉萌发数量,计算其花粉萌发率,在同一重复中求其平均值来代表该重复花粉萌发率^[7]。用显微测微尺测量花粉管长度和粗度^[8],每一重复的各个处理分别随机测量 16 粒花粉的花粉管长度和粗度,取其平均值作为该处理的结果。

1.4 授粉试验

1.4.1 材料

试验植株为嫁接第一代 3 年生林院 1 号无核黄皮植株,平均株高 1.5 m 左右,树冠幅平均为 2.0 m × 1.8 m,植株生长良好,无病虫害。花穗健壮,花蕾饱满

1.4.2 试验方法

采用随机区组试验设计,设 3 个处理:处理 1:自然授粉,即保留一定数量正在开放的花朵,让其在自然状态下授粉,其余的摘除。处理 2:去雄不授粉,套袋。方法是选择饱满待放但花药未开裂的花,将雄蕊去净 (包括去净花萼、花瓣),然后套袋。去雄时要求不伤雌蕊,不弄破花药。去雄前先将无用的花去掉,以防花粉落在处理花朵的柱头上。处理 3:去雄后用有核黄皮花粉授粉,套袋。去雄方法和注意事项同处理 2

每个处理的花数为 50 朵以上,每个处理设 3 个重复。实施时,选择 3 株生长势相同、生长健壮、无病虫害、花量大致相等的植株,每株为 1 个重复,在同一株上同时安排上述 3 个处理。所选的花穗要求无病虫害的树冠外围的花穗。处理时间为上午 9:00~ 9:30,授粉 45 d 后检查座果率。

1.5 授粉受精过程观察

选择花瓣松动待开或正在开放的花 150 朵,去净其雄蕊和花瓣,并于上午 9:00 用林院 1 号无核黄皮花粉对 150 朵花在 5 min 内授粉,然后分别在授粉当日 11:00、13:00、15:00、17:00、19:00、21:00,次日 7:00、9:00、13:00、15:00 各取上述处理的花 10 朵,用卡诺溶液固定 2 h 后,移至 70% 酒精溶液中漂洗 1 h,最后用 70% 酒精溶液保存。对所取标本的雌蕊进行石蜡切片制成永久玻片,一共制成 114 片,每期 6 个以上雌蕊切片。观察花粉在柱头的萌发情况、花粉管在花柱中的生长情况及胚囊的发育情况。

1.6 幼果解剖

谢花后 45 d, 取 50 颗幼果进行解剖, 观察果实和种子发育情况

2 结果

2.1 花器观察结果

林院 1 号无核黄皮的花为完全花, 萼片、花瓣各 5 瓣, 分离; 雄蕊 10 枚, 着生于一伸长的花托周围, 其中 5 枚较长, 另外 5 枚较短, 花药粉黄色, 饱满有光泽; 子房上位, 镜检可见 5 室, 每室 2 个胚珠, 胚珠发育正常, 未发现花柱有异常现象。与有核黄皮比较, 花器构造相同, 各部分比例无差异。

2.2 花粉检查和萌发试验结果

2.2.1 花粉粒及萌发状况

林院 1 号无核黄皮雌雄同熟, 有核黄皮和林院 1 号无核黄皮花药晾干后, 均可用肉眼看到花粉, 林院 1 号无核黄皮镜检平均每视野花粉量为 204 粒, 有核黄皮平均每视野花粉量为 187 粒, 两者的花粉量无太大差异。林院 1 号无核黄皮与有核黄皮新鲜花粉粒均呈饱满的圆球状, 无异常现象, 但前者花粉粒稍大、大小不均匀, 而后者花粉粒相对较小、较均匀。林院 1 号无核黄皮和有核黄皮的花粉易失水皱缩。

从播粉至萌发初始, 林院 1 号无核黄皮与有核黄皮均约需 5 h~6 h, 林院 1 号无核黄皮花粉萌发不整齐且持续时间较长, 而有核黄皮花粉萌发迅速而整齐。萌发后期, 二者花粉粒均干瘪皱缩, 花粉管出现弯曲、破裂现象。

2.2.2 花粉萌发试验结果

从表 1 的花粉萌发试验结果可见。在加有蔗糖和表 1 黄皮花粉萌发试验结果

Table 1 Pollen germination of wampee in experiment

培养基 Culture medium	萌发率 Germination rate (%)		花粉管长度 Pollen tube length (mm)		花粉管粗度 Pollen tube diameter (mm)	
	有核黄皮 Seed- bearing wampee	无核黄皮 Seedless wampee	有核黄皮 Seed- bearing wampee	无核黄皮 Seedless wampee	有核黄皮 Seed- bearing wampee	无核黄皮 Seedless wampee
A	84.13	3.07	0.387	0.263	0.040	0.040
B	0.78	0.33	0.357	0.220	0.031	0.037
C	4.55	0.30	0.373	0.242	0.034	0.038

硼酸的培养基 A 中, 有核黄皮花粉平均萌发率为 84.13%, 林院 1 号无核黄皮花粉平均萌发率为 3.07%, 经检验, 两者存在极显著差异 (处理间和区组间的均方比分别为 1 544.97 和 0.15, $F_{0.01}(1, 2) = 98.5$), 有核黄皮花粉萌发率为林院 1 号无核黄皮的 27.4 倍。花粉管长度也存在极显著的差异 (处理

间和区组间的均方比分别为 158.17 和 7.89, $F_{0.01}(1, 2) = 98.5$), 有核黄皮花粉管长度是林院 1 号无核黄皮花粉管长度的 1.47 倍, 但花粉管粗度差异不显著 (处理间和区组间的均方比分别为 0.00 和 0.20, $F_{0.01}(1, 2) = 18.5$)。

对用林院 1 号无核黄皮新鲜花柱浸提液制成的培养基 B 的试验结果 (表 1) 进行双因素方差分析 (表 2) 表明, 有核黄皮和林院 1 号无核黄皮、林院 1 号无核黄皮新鲜花柱的酒精浸提液培养基和对照培养基 C 在花粉萌发率、花粉管长度和花粉管粗度方面差异都不显著。说明林院 1 号无核黄皮新鲜花柱浸提液对黄皮花粉的萌发无抑制作用, 不含有抑制黄皮花粉萌发的物质。

表 2 黄皮花粉萌发的方差分析 F 值

Table 2 The analysis of F value variance in wampee pollen germination

因素 Factor	花粉萌发率 Germination percent of pollen (%)	花粉管长度 Pollen tube length (mm)	花粉管粗度 Pollen tube diameter (mm)
品种 Variety	1.54	2.81	25.00
培养基 Culture medium	0.97	0.06	4.00

$F_{0.05}(1, 1) = 161$

2.3 授粉试验结果

林院 1 号无核黄皮授粉试验结果见表 3

表 3 无核黄皮授粉试验结果

Table 3 The result of pollination of seedless wampee in experiment

重复 Repeat	处理 Treatment	座果率 Fruit setting percent (%)	无核率 Seedless percent (%)
I	1	26.4	94.7
	2	17.9	90.0
	3	81.5	79.5
II	1	27.1	89.5
	2	21.2	90.9
	3	74.0	67.6
III	1	34.5	89.5
	2	18.9	100.0
	3	75.8	80.9

2.3.1 不同处理方法对座果率的影响

自然授粉、去雄不授粉套袋和去雄后用有核黄皮花粉授粉套袋的平均座果率分别为 29.3%、19.3% 和 77.1%。方差分析结果表明处理间座果率有极显著差异 (处理间 $F = 166.2^{**} > F_{0.01}(2, 4) = 18$), 经邓肯氏新复极差测验法多重比较, 用有核黄皮花粉对林院 1 号授粉的座果率极显著高于林院 1 号自然授

粉的座果率(处理 3与处理 1座果率平均数差值 = 47.8 > $LSR_{0.01}(2, 4) = 15.56$),也极显著高于无花粉情况下的座果率(处理 3与处理 2座果率平均数差值 = 57.8 > $LSR_{0.01}(3, 4) = 16.25$)林院 1号无核黄皮花粉对座果率的影响也显著高于无花粉刺激(处理 1与处理 2座果率平均数差值 = 10.0 > $LSR_{0.05}(2, 4) = 9.39$)说明花粉的有无影响到林院 1号无核黄皮的座果率,在有花粉的刺激下,座果率得到显著提高。但是,在无花粉的情况下,林院 1号仍能座果(座果率为 19.3%),具有自发性单性结实现象。

2.3.2 不同处理方法对无核率的影响

林院 1号无核黄皮去雄不授粉、自然授粉、去雄后用有核黄皮花粉授粉的平均无核率分别为 93.6%、91.2%、76.0%。方差分析得出处理间无核率差异显著(处理间 $F = 11.3 > F_{0.05}(2, 4) = 6.94$),经邓肯氏新复极差测验法多重比较,去雄不授粉与自然授粉的无核率差异不显著(两者无核率之差值 = 2.4 < $LSR_{0.05}(2, 4) = 11.17$)而用有核黄皮花粉对林院 1号无核黄皮授粉,其无核率显著低于去雄不授粉和自然授粉(处理 2与处理 3无核率平均数差值 = 17.6 > $LSR_{0.05}(3, 4) = 11.39$,处理 1与处理 3无核率平均数差值 = 15.2 > $LSR_{0.05}(2, 4) = 11.17$)。说明,林院 1号无核黄皮自身花粉使其果实产生有核的影响极小,而有核黄皮花粉能使林院 1号无核黄皮产生较多的有核果实。

2.4 授粉受精过程观察结果

通过显微镜观察雌蕊切片可见,柱头的表皮细胞呈毛状突起,有利于花粉附着其上,花柱组织未见异常现象,花柱中央可见 2条明显的花柱道,胚珠、胚囊发育正常。在人工培养条件下,林院 1号无核黄皮花粉在播粉后 5 h即可萌发,18 h后花粉管破裂,但在自然条件下,林院 1号无核黄皮花粉授粉到柱头 30 h后,柱头上仍未见花粉萌发,花柱中也未发现有花粉管和受精现象。

2.5 幼果解剖

去雄不授粉形成的幼果,大部分无种子,仍有极少数幼果具有 1粒种子,该种子可分离成四裂片。无种子的空室中,可见到每室有 1-2个用肉眼可观察到未发育的胚珠,在自然授粉和用林院 1号无核黄皮花粉授粉的情况下也有这种现象。自然授粉和用林院 1号无核黄皮授粉后,林院 1号无核黄皮的有核果实中也只具有 1粒种子。

3 讨论

从花器解剖、花粉数量和切片观察结果看,花器

无畸形或异常现象,胚珠和胚囊发育正常,与有核黄皮的花器构造相同,说明林院 1号无核黄皮果实无籽并非其花器构造和组织畸形或异常、胚珠或胚囊发育不良所致。这一点与丘瑞强^[1]对广东揭西县龙山无核黄皮的研究有相同的结果。

本研究所用的培养基是经多次预备性试验后筛选出的最佳培养基,在此培养基上,与有核黄皮相比,林院 1号无核黄皮花粉萌发率极低(平均萌发率为 3.07%,为有核黄皮的 1/27.4),花粉管极短(为有核黄皮的 1/1.47),花粉萌发持续时间长,萌发不整齐。与龙山无核黄皮^[1]相比,林院 1号无核黄皮花粉萌发率明显偏低,笔者在培养基筛选试验中也曾用 10%蔗糖+1%琼脂作培养基,在此培养基上,林院 1号无核黄皮花粉萌发率只有 3.0%,而龙山无核黄皮花粉在 10%蔗糖+1%琼脂培养基上的萌发率为 26.5%^[1]。

花粉萌发试验结果表明,林院 1号无核黄皮新鲜花柱浸提液无抑制花粉萌发的物质。为了防止花柱上粘有的花粉对试验造成影响,在浸提前,将切下的花柱用蒸馏水漂洗,虽然处理时间很短,但这种处理方法仍会造成一些水溶性的物质损失,若抑制花粉萌发的物质属于水溶性物质时,对试验结果会有一定的影响。而笔者在田间观察时也发现,林院 1号无核黄皮在开花时遇下雨天气时的无核率与晴天时的无核率无差异,其无核率也不会因花柱被雨水淋而降低,说明林院 1号无核黄皮的花柱含有水溶性抑制物质的可能性不大。

对林院 1号进行不授粉和自然授粉处理,果实的无核率分别为 93.6%和 91.2%,差异不显著而且非常接近,说明林院 1号无核黄皮花粉自然落到柱头后难以萌发或无法受精,无法形成种子。

从授粉试验和花粉萌发试验结果综合分析,认为林院 1号无核黄皮果实无籽与其花粉、自身的遗传特性有关。一方面,是由于花粉萌发率极低,花粉管极短的原因,花粉落到柱头后很难萌发,即使萌发也由于花粉管太短而难以受精。另一方面,林院 1号无核黄皮之所以能结无籽果实,可能与刺激果实生长的植物激素有关,Leopold^[9](1964)认为这些刺激果实早期生长的植物激素是生长素、赤霉素和细胞分裂素,且在开花期已有相当高的含量水平。因此,在不授粉的情况下,可能是这些植物激素的作用,使座果率仍达到 19.3%,使林院 1号无核黄皮具有自发性单性结实能力。在有花粉刺激下,座果率得到显著提高,表明林院 1号无核黄皮同时又具有刺激性单性结实

(下转第 235页 Continue on page 235)

极限值。若 COD入海量按 10% 年增长率增长, 按照一类水质要求, 大约超过 6年, 如按二类水质要求, 大约超过 8年, 环境容量即达极限值。

表 3 排污口选择利用对 COD入海量的影响

Table 3 Effect of location of sewage holes on environmental capacity of Tieshan Bay

试验 方案 Option	排污口位置 Location of sewage holes				环境容量 Environ- mental capacity(t)	
	营盘和安 浦港近海 Yingpan and Anpu offing	石头埠至 北暮近海 -Beimu offing	铁山河入 海处 Portal of Tieshan River	白沙河入 海处 Portal of Bisha River	潮周期 tidal period	年周期 Annual period
I	5	15	5	5	182.5	66598.7
II	10	20	10	10	341.2	124551.6
III	15	5	12	15	234.7	85661.3

资料与表 1同 From the same source as Table 1

(2) 营盘—三合以北海域, 若维持海域平均 COD 浓度不超过一类水质标准, COD入海量在现有的基础上, 1个潮周期内还可增加 369.7 t, 1年内还可增加 134 940.5 t 如离岸 650 m 范围内不超过二类水质标准, 其余海域不超过一类水质标准, 则 COD入海量, 1个潮周期还可增加 421.4 t, 1年还可增加 153 811.0 t

(上接第 226页 Continue from page 226)

现象, 生产上应利用这一特点, 在盛花期用无核黄皮花粉进行人工授粉, 以提高座果率。建议今后对林院 1号无核黄皮在开花期和幼果期的激素种类和含量进一步研究, 以探讨激素的影响程度。

有核黄皮花粉萌发率高, 从理论上说, 用有核黄皮花粉对林院 1号无核黄皮进行授粉, 无核黄皮的座果率和有核率应大大提高。授粉试验结果表明, 用有核黄皮花粉对林院 1号无核黄皮进行授粉后, 无核黄皮座果率得到极显著提高, 比自然授粉提高 47.8%, 但仍有较高的无核率 (76.0%), 说明林院 1号无核黄皮与有核黄皮存在一定程度的花粉不亲和。

对林院 1号无核黄皮用其花粉进行人工授粉 30 h后, 取处理的花朵对其雌蕊切片观察, 其结果是在柱头上未见有花粉萌发, 在花柱中未发现有花粉管, 也未发现有受精现象, 可能是花粉无法萌发或处理时间不够长, 但从花粉萌发试验和授粉试验来看, 由于花粉不萌发的可能性更大些。建议今后在这方面研究时应延长处理时间再采样, 进一步研究观察林院 1号无核黄皮授粉受精过程。

致谢

玻片的制作过程中得到广西大学生物中心艾素

若 COD入海量按 5% 年增长率增长, 按一类水质要求, 大约超过 29年, 如按 10% 年增长率增长, 大约超过 14年, 环境容量即达极限值。如离岸 650 m 范围按二类水质要求, 其它水域按一类水质要求, COD入海量按 5% 年增长率增长, 大约超过 31年, 按 10% 年增长率增长, 大约超过 15年, 环境容量即达极限值。

(3) 工业的发展势必增加污染物的入海量, 如何有效地利用现有环境容量, 正确地选择排污口, 是水域保持良好水质关键。排污口选择利用与 COD入海量组合的数值试验表明: 铁山河与白沙河入海处, 以及安浦港近海, 水浅流弱, 水交换能力较差, 不利于污染物的迁移扩散; 而石头埠至北暮近海两槽区, 水深流强, 水交换能力较强, 有利于污染物的稀释扩散, 是排污口的良好位置所在。

参考文献

- 1 余 顺. 关于环境容量的探讨. 海洋环境科学, 1984, 3 (2): 72~ 77.
- 2 国家海洋局第一海洋研究所. 铁山港及其邻近海域环境调查研究报告, 1994, 10.

(责任编辑: 蒋汉明)

云老师的大力帮助, 广西大学林学院学生龙冬云、牙韩强参加部分试验工作, 谨此致谢。

参考文献

- 1 丘瑞强. 揭西县无核黄皮的成因与生产应用探讨. 广东农业科学, 1990, (2): 24~ 28.
- 2 江新能, 吕仕洪, 李 纯等. 无核黄皮生物学特性研究. 广西植物, 1998, 18 (3): 275~ 280.
- 3 韦昔娟, 朱鸿杰, 蒋运生等. 无核黄皮引种试验研究. 广西科学院学报, 1996, 12 (1): 31~ 34.
- 4 华中农业大学主编. 果树研究法. 第 2版. 北京: 农业出版社, 1991. 142~ 183.
- 5 颜昌敬编著. 植物组织培养手册. 上海: 上海科学技术出版社, 1990. 8~ 10.
- 6 赖焕林, 陈天华, 徐 进等. 马尾松种子园无性系花粉生活力研究. 林业科学研究, 1994, 7 (5): 555~ 560.
- 7 华中农业大学主编. 果树研究法. 第 2版. 北京: 农业出版社, 1991. 342, 142~ 171.
- 8 郑国主编. 生物显微技术. 北京: 人民教育出版社, 1979. 185~ 214.
- 9 [日]中川昌一著. 果树园艺原论. 曾 骧, 孟昭清, 傅玉瑚等译. 北京: 农业出版社, 1982. 164~ 201, 248~ 260.

(责任编辑: 邓大玉)