

T/HNBX

海南省标准化协会团体标准

T/HNBX XXXX—2025

菠萝蜜杂交育种技术规程

Technical regulations for hybrid breeding of jackfruit

(征求意见稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

海南省标准化协会 发布

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由海南省农业科学院提出并归口。

本文件起草单位：海南省农业科学院热带果树研究所、澄迈县农业技术推广中心、海南省标准化协会。

本文件主要起草人：范鸿雁、邱南英、李晓、肖敏、赵亚、刘慧转、李少卡、白丽、李鹏声、何梅、颜彩缤。

菠萝蜜杂交育种技术规程

1 范围

本文件规定了菠萝蜜 (*Artocarpusheterophyllus* Lam.) 杂交育种的术语和定义、基础条件要求、亲本选择与定向培育、杂交操作全流程、杂交后代分级培育与精准筛选、病虫害绿色防控、档案管理以及成果追溯等技术要求。

本文件适用于海南省内菠萝蜜常规杂交育种、远缘杂交育种（如菠萝蜜与面包果杂交）工作，尤其适配南繁硅谷育种季（10月-次年4月）的高效育种需求。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T8321.10 农药合理使用准则（第十部分）

NY/T393 绿色食品农药使用准则

NY/T394 绿色食品肥料使用准则

NY/T2383 热带作物品种审定规范 木菠萝

NY/T2384 热带作物种质资源描述规范 木菠萝

DB46/T55 菠萝蜜栽培技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

杂交育种

通过人工选择具有目标性状差异的菠萝蜜父、母本，经去雄、授粉等操作获得杂交种子，再通过多代（F₁-F₃代）定向筛选，培育遗传稳定、符合生产需求的优良新品种的技术体系，包括常规杂交与远缘杂交。

3.2

亲本

用于杂交的父本（提供可育花粉的健康植株）和母本（接受花粉并产生杂交种子的健壮植株），需经过至少2个生长周期的性状观测，确保性状稳定。

3.3

花粉活力

衡量父本花粉可育性的指标，以花粉萌发率或染色活性表示，菠萝蜜杂交育种中需 $\geq 80\%$ 方可用于授粉。

3.4

杂交后代筛选

对杂交种子萌发的实生苗（F₁代），按“苗期-幼树期-初产期-盛产期”分阶段，依据生长性状、抗逆性、品质性状等指标进行梯度淘汰，最终筛选优良单株的过程。

4 基础条件要求

4.1 育种场地

4.1.1 选址

需符合 NY/T2383 中“菠萝蜜育种基地选址要求”，选择地势平坦（坡度 $\leq 5^\circ$ ）、土壤 pH5.5-6.5、有机质含量 $\geq 1.5\%$ 、排灌便利的地块，且远离工业污染源（距离 $\geq 1\text{km}$ ），避免重金属或化学污染影响育种材料。

4.1.2 设施配置

配备玻璃温室（用于杂交果实保护，面积 $\geq 500\text{ m}^2$ ，配备温控系统：冬季 $\geq 15^\circ\text{C}$ 、夏季 $\leq 35^\circ\text{C}$ ）、人工气候箱（用于种子萌发，温度控制精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度 $\pm 5\%$ ）、分子检测实验室（配备 PCR 仪、电泳仪，用于后代遗传多样性检测）、花粉储藏冰箱（ $4^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ ，湿度 $50\% \pm 5\%$ ）。

4.2 工具与耗材

4.2.1 杂交工具

无菌镊子（尖头、圆头各 2 套，使用前经 75%酒精擦拭消毒）、毛笔（狼毫，笔尖直径 $\leq 1\text{mm}$ ，避免花粉浪费）、硫酸纸袋（规格 $10\text{cm} \times 15\text{cm}$ 、 $12\text{cm} \times 18\text{cm}$ 两种，用于不同大小雌花套袋，透光率 $\geq 85\%$ ）、标签牌（防水耐晒材质，记录亲本编号、操作日期）、离心管（ 1.5mL ，无菌，用于花粉收集）。

4.2.2 检测耗材

TTC 染色剂（ 0.5% 浓度，用于花粉活力测定）、多菌灵可湿性粉剂（ 50% 含量，用于种子消毒）、育苗基质（泥炭土：珍珠岩：椰糠=3:1:1，pH5.8-6.2，EC 值 $\leq 1.0\text{dS/m}$ ）、可溶性固形物测定仪（精度 $\pm 0.1\%\text{Brix}$ ）。

5 亲本选择与定向培育

5.1 亲本选择原则

5.1.1 目标导向

根据育种目标确定亲本组合，如培育早熟优质型品种，母本选‘香蜜1号’菠萝蜜（果肉率45%、可溶性固形物28%），父本选‘拔甲红’菠萝蜜（果实发育期120 d、抗果锈病）；培育‘抗逆高产型’品种，母本选‘琼引1号’（亩产2500kg），父本选‘拔甲红’（抗寒等级-2℃、抗裂皮病）。

5.1.2 遗传差异

亲本间需存在显著遗传差异，通过SSR分子标记检测，遗传相似系数 ≤ 0.6 ，避免近缘杂交导致后代衰退；优先选择不同地理来源的种质，如海南本地种质与马来西亚、泰国引进种质搭配。

5.2 亲本性状要求

5.2.1 母本

树龄5-8年（盛产期，性状稳定），连续2年观测：果实可溶性固形物 $\geq 20\%$ 、果肉率 $\geq 40\%$ 、单果重10-15kg（商品果规格），果锈病发病率 $\leq 10\%$ 、裂皮病发病率 $\leq 5\%$ ，无黄龙病、根腐病等检疫性病害。

5.2.2 父本

树龄4-6年，花粉活力 $\geq 80\%$ （TTC染色法测定：取0.1g花粉，用0.5%TTC溶液浸泡30min，显微镜下观察，红色花粉粒占比 $\geq 80\%$ ），且具备至少1项互补性状，如早熟（果实发育期 $\leq 120\text{d}$ ）、抗逆（抗台风等级 ≥ 10 级）、优质（果肉甜度 $\geq 25\%$ Brix）。

5.3 亲本定向培育

5.3.1 修剪整形

杂交前1年冬季进行修剪，保留3-4个主枝，疏除过密枝、病虫枝，使树冠通风透光（透光率 $\geq 60\%$ ），促进雌花均匀分布；春季萌芽后，每主枝保留2-3个健壮结果枝，其余抹除。

5.3.2 养分管理

按DB46/T55执行，萌芽前（2月、8月）株施腐熟有机肥（鸡粪：羊粪=2:1）50kg+过磷酸钙1kg，促进花芽分化；雌花发育期（3月、9月）叶面喷施0.3%磷酸二氢钾溶液，每周1次，连续3次，提高雌花质量。

5.3.3 病虫害防控

采用“预防为主、综合防治”策略，冬季清园时喷施3-5波美度石硫合剂，减少越冬病虫源；果锈病发病初期（雌花谢花后10d）喷施50%多菌灵可湿性粉剂800倍液，间隔7d1次，连续2次；发现裂皮病植株，及时刮除病斑，涂抹5%丙二醇溶液，防止病害扩散，严格遵循GB/T 8321.10规定，禁止使用甲胺磷、氧乐果等高毒农药。

6 杂交操作全流程

6.1 杂交时间确定

6.1.1 花期观测

提前 15d 开始观测亲本花期，记录雌花“大蕾期”（柱头呈淡黄色）出现时间，海南省南部（三亚、陵水）一般为 3-4 月、9-10 月，北部（澄迈、海口）为 4-5 月、10-11 月，选择晴好天气（无雨、风力 ≤ 3 级）进行操作，避开高温时段（10:00-15:00，避免花粉失活）。

6.1.2 最佳授粉期

母本雌花伸出柱头后 24-48h，当柱头分泌透明黏液（用干净棉签轻触可拉丝）时为最佳授粉期，此时柱头活力最强，授粉坐果率可达 60%以上。

6.2 雌花选择

在母本树冠中上部选择生长健壮、无病虫害的结果枝，每枝保留 2-3 个“大蕾期”雌花，其余疏除，避免养分竞争。

6.3 父本花粉采集与处理

6.3.1 花粉采集

在父本雄花完全开放（花瓣展开、花药呈金黄色）时，于早晨 6:00-8:00 采集，将雄花装入干净信封，带回实验室后，将花药剥离置于干燥培养皿中，放入 25℃、相对湿度 50%的恒温干燥箱中晾干 1-2h，待花药开裂散出花粉后，用 100 目尼龙筛过滤（去除花药残渣），收集纯净花粉。

6.3.2 花粉活力检测

每批花粉采集后，立即取 0.05g 进行活力测定，采用 TTC 染色法：将花粉放入 0.5%TTC 溶液中，25℃避光孵育 30min，在光学显微镜（10×10 倍）下观察，随机选取 3 个视野，统计红色花粉粒（有活力）占比， $\geq 80\%$ 方可使用，若活力不足，需重新采集或更换父本。

6.3.3 花粉保存

暂不使用的花粉装入 1.5mL 无菌离心管，密封后放入 4℃冰箱保存，保存期 ≤ 48 h，保存期间每日检测 1 次活力，若活力降至 70%以下则废弃，避免影响坐果率。

6.4 人工授粉操作

6.4.1 授粉准备

授粉前将花粉从冰箱取出，置于室温（25℃）环境中回温 30min，避免温差导致花粉失活；用毛笔蘸取少量花粉（笔尖覆盖薄层即可，约 0.01g），轻轻抖动去除多余花粉，防止花粉过多导致柱头损伤。

6.4.2 授粉过程

打开母本雌花的硫酸纸袋，用毛笔轻涂柱头 2-3 次，确保花粉均匀覆盖柱头表面，避免反复涂抹；授粉后立即重新套上纸袋，检查袋口是否密封，防止风媒或虫媒花粉污染，在标签牌上补充记录父本编号（如 F-05）、授粉日期（YYYY-MM-DD）。

6.5 去袋与坐果保护

6.5.1 去袋时间

授粉后 15d-20d, 观察到子房明显膨大 (直径 $\geq 1\text{cm}$)、柱头开始枯萎时, 选择晴好天气去除硫酸纸袋, 去袋时动作缓慢, 避免触碰幼果导致脱落; 去袋后每 2d 观察 1 次幼果生长情况, 记录坐果数量。

6.5.2 幼果保护

去袋后立即套上防虫袋 (无纺布材质, 规格 $15\text{cm}\times 20\text{cm}$, 透气性好), 防止果蝇、吸果夜蛾危害; 幼果长至 $5\text{cm}\times 5\text{cm}$ 时, 疏除畸形果、弱小果, 每枝保留 1 个健壮幼果, 确保持分集中供应; 遇台风、暴雨等恶劣天气, 提前搭建防风网 (高度 $\geq 2\text{m}$)、防雨棚, 减少灾害损失。

7 杂交后代分级培育与精准筛选

7.1 杂交果实采收与种子处理

7.1.1 果实采收

杂交果实成熟后 (果皮变黄、表面瘤状凸起变软、有浓郁香气) 及时采收, 采收时保留果柄 5-10cm, 避免损伤果实; 记录单果重、果实发育期 (从授粉到成熟的天数), 按 GB/T19174 方法测定果肉率 (果肉重量/单果重 $\times 100\%$)、可溶性固形物 (用测定仪检测果肉中心部位, 重复 3 次取平均值)。

7.1.2 种子处理

采收后 24h 内取出种子, 用清水冲洗干净, 去除果肉残留; 选取饱满、无病虫害的种子 (千粒重 $\geq 1200\text{g}$), 用 50%多菌灵可湿性粉剂 500 倍液浸泡 30min, 捞出后置于阴凉通风处晾干 (含水量降至 15%-20%, 手感不粘手), 避免阳光直射导致种子失活。

7.2 杂交后代培育

7.2.1 苗期培育 (1-2 年生)

将处理后的种子播种于育苗基质 (泥炭土: 珍珠岩: 椰糠=3:1:1) 中, 播种深度 2-3cm (种子平放, 胚根朝下), 置于玻璃温室中, 保持基质湿润 (含水量 60%-70%)、温度 25-30℃, 种子发芽率可达 85%以上; 幼苗长出 2 片真叶时进行间苗, 保留株距 10cm 的健壮苗; 1 年生苗高 $\geq 50\text{cm}$ 时, 移栽至育种圃, 株行距 $2\text{m}\times 3\text{m}$, 移栽时施足基肥 (腐熟有机肥 2kg/株+复合肥 0.2kg/株)。

7.2.2 幼树期培育 (3-4 年生)

每年春季 (3 月)、秋季 (9 月) 各施 1 次肥, 春季施氮磷钾复合肥 (1:1:1) 0.5kg/株, 促进新梢生长; 秋季施有机肥 3kg/株+过磷酸钙 0.3kg/株, 增强树势; 定期修剪, 培养开心形树冠, 保留 3 个主枝, 疏除交叉枝、重叠枝, 确保通风透光。

7.2.3 结果期培育 (5 年生及以上)

初产期 (5-6 年生) 每株施有机肥 5kg/株+复合肥 1kg/株 (2:1:2, 氮磷钾比例), 盛产期 (7 年生及以上) 增加至有机肥 8kg/株+复合肥 1.5kg/株, 分 2 次施用 (萌芽前、采果后); 果实发育期 (谢花后 30d) 喷施 0.3%磷酸二氢钾+0.2%硼砂溶液, 提高果实品质。

7.3 杂交后代精准筛选

7.3.1 苗期筛选（1-2 年生）

淘汰标准：株高年增长 $<80\text{cm}$ 、茎粗年增长 $<5\text{cm}$ （用游标卡尺在离地 30cm 处测量）、叶片出现黄化或病虫害（如叶斑病发病率 $>10\%$ ）的植株，保留率控制在 $40\%-50\%$ ；对保留植株进行 SSR 分子标记检测，筛选遗传多样性丰富（与亲本遗传差异显著）的单株，标记为 F1-XX（如 F1-32）。

7.3.2 幼树期筛选（3-4 年生）

观测生长性状（树高、冠幅、分枝角度）和抗逆性，淘汰树体徒长（分枝角度 $<30^\circ$ ）、抗寒性差（冬季低温后叶片冻伤率 $>20\%$ ）、抗台风能力弱（台风后倒伏或断枝率 $>10\%$ ）的植株，保留率 $20\%-30\%$ ；同时测定叶片叶绿素含量（SPAD 值 ≥ 45 ），筛选光合能力强的单株。

7.3.3 初产期筛选（5-6 年生）

连续 2 年观测果实性状，淘汰果实可溶性固形物 $<20\%$ 、果肉率 $<40\%$ 、单果重 $<8\text{kg}$ 或 $>20\text{kg}$ （商品性差）的植株，保留果锈病发病率 $\leq 8\%$ 、裂皮病发病率 $\leq 3\%$ 的单株，保留率 $10\%-15\%$ ；对优良单株进行人工授粉繁殖，获得 F2 代种子，开展后续筛选。

7.3.4 盛产期筛选（7 年生及以上）

连续 3 年测定产量（盛产期亩产 $<1500\text{kg}$ 淘汰）、品质（可溶性固形物 $\geq 22\%$ 、果肉率 $\geq 45\%$ ）、抗逆性（综合抗逆指数 ≥ 0.8 ，按 NY/T2383 计算），最终筛选出 1-2 个符合育种目标的优良单株，提交品种审定（参照 NY/T2383），如“琼蜜 1 号”“琼蜜 3 号”等。

8 档案管理及成果追溯

8.1 档案建立

8.1.1 亲本档案

建立《菠萝蜜亲本资源档案》，记录内容包括：亲本编号、品种名称、来源地（如海南澄迈、马来西亚沙巴）、引入时间、性状观测数据（连续 2 年的树高、冠幅、产量、品质、抗逆性数据）、分子标记检测报告（SSR 遗传相似系数结果）、繁殖方式（实生、嫁接）等，每份档案需附亲本植株照片（花期、果期各 1 张）。

8.1.2 杂交操作档案

建立《菠萝蜜杂交操作记录表》，按“单次杂交”建档，记录内容包括：杂交批次编号（如 HZ-2025-01）、父本编号及品种、母本编号及品种、去雄日期与时间、授粉日期与时间、操作人员、花粉活力检测结果（%）、套袋/去袋时间、坐果数量（个）、坐果率（%），并粘贴标签牌照片（去雄后、授粉后各 1 张）。

8.1.3 后代培育档案

为每株保留的杂交后代（F1 代及以后）建立《菠萝蜜杂交后代生长发育档案》，按年度记录：株号（如 F1-32-05）、树龄、年生长量（树高、茎粗）、物候期（萌芽期、花期、果期）、病虫害发生情况（病害名称、发病率、防治措施）、果实性状（单果重、果肉率、可溶性固形物），每年附植株全貌及果实特写照片。

8.1.4 筛选结果档案

建立《菠萝蜜杂交后代筛选结果汇总表》，分阶段记录：筛选阶段（苗期/幼树期/初产期/盛产期）、筛选年份、参与筛选株数、淘汰株数、保留株数、保留率（%）、淘汰原因（如“可溶性固形物 $18\% < 20\%$ ”“台风后断枝率 $15\% > 10\%$ ”），最终优良单株需附 3 年连续观测数据及分子检测报告（如 F3 代遗传稳定性检测）。

8.2 档案管理要求

8.2.1 存储方式

采用“纸质+电子”双备份存储，纸质档案存入防水防潮档案柜（温度 $15\text{--}25^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $45\%\text{--}60\%$ ），电子档案（含文档、照片、检测报告扫描件）存储于专用服务器（配备 RAID5 备份），并定期（每季度）备份至外接硬盘（2 块，异地存放）。

8.2.2 保管期限

亲本档案、优良单株筛选结果档案永久保存；杂交操作档案、后代培育档案（未保留植株）保存期限不少于 10 年；超过保管期限的档案，需经育种团队负责人审批后，按《档案法》规定销毁，并记录销毁清单。

8.2.3 查阅权限

建立档案查阅登记制度，内部科研人员查阅需经团队负责人同意，外部单位（如品种审定机构、合作科研单位）查阅需签订《档案保密协议》，明确查阅范围与保密责任，禁止私自复制或外传核心数据（如亲本遗传标记信息）。

8.3 成果追溯机制

8.3.1 品种追溯

通过“杂交批次编号-后代株号”关联，可追溯优良品种的亲本来源、杂交操作细节及各代筛选过程，如品种“南繁蜜 1 号”（审定编号琼审果 2028001），可追溯至杂交批次 HZ-2025-01（父本“早蜜 1 号”、母本“香蜜 1 号”）、F1 代株号 F1-32、F2 代株号 F2-32-08、F3 代株号 F3-32-08-02。

8.3.2 数据追溯

若后续发现品种性状异常（如抗逆性下降），可通过后代培育档案回溯特定生长阶段的环境条件（如某年冬季低温 -3°C ）、管理措施（如施肥量不足）或病虫害影响，分析异常原因；通过花粉活力检测记录，可追溯授粉质量对后代性状的潜在影响。

8.3.3 责任追溯

杂交操作、后代观测、筛选检测等环节均明确操作人员，若出现数据造假（如虚报可溶性固形物数值）、档案缺失等问题，可通过操作记录追溯责任人员，按团队管理制度追责。

附 录 A
(资料性)

菠萝蜜杂交育种相关记录表

A.1 菠萝蜜杂交操作记录表（样表）

菠萝蜜杂交操作记录表（样表）

表A.1 菠萝蜜杂交操作记录表（样表）

杂交批次 编号	父本信息	母本信息	收集花粉 信息	授粉信息	花粉活力	坐果情况	操作人 员	备注
HZ-2025-01	编号：F-05 品种：拔甲红	编号：M-08 品种：香蜜 1 号	日期：2025-03-15 时间：08:30	日期：2025-03-16 时间：09:10	85%	坐果数：3 个坐果率：60%	张三	无

A.2 菠萝蜜杂交后代生长发育档案（样表，年度记录）

菠萝蜜杂交后代生长发育档案（样表，年度记录）

表A.2 菠萝蜜杂交后代生长发育档案（样表，年度记录）

株号	树龄	年生长量	物候期	病虫害情况	果实性状（盛产期）	照片编号
F1-32-05	3 年	树高：1.2m 茎粗：4.5cm	萌芽期：2025-02-20 花期：2025-04-05	叶斑病：发病率 2%防治：喷施多菌灵	未结果	F1-32-05-2025-01
F1-32-05	4 年	树高：1.8m 茎粗：6.8cm	萌芽期：2026-02-18 花期：2026-03-28	无病害	未结果	F1-32-05-2026-01
F1-32-05	5 年	树高：2.3m 茎粗：8.2cm	萌芽期：2027-02-15 花期：2027-03-25 果期：2027-08-10	果锈病：发病率 5%防治：喷施多菌灵	单果重：12kg 果肉率：42% 可溶性固形物：21%	F1-32-05-2027-01

附录 B

(资料性)

菠萝蜜花粉活力 TTC 染色法检测步骤

B.1 试剂准备：配制 0.5%TTC 溶液（称取 0.5gTTC 粉末，溶于 100mL 磷酸缓冲液中，pH7.0，4℃避光保存，有效期 7d）。

B.2 样品处理：取 0.05g 待检测花粉，置于干净离心管中，加入 1mL0.5%TTC 溶液，轻轻摇匀。

B.3 孵育：将离心管放入 25℃恒温培养箱中，避光孵育 30min，期间每隔 10min 轻轻摇匀 1 次，确保花粉与溶液充分接触。

B.4 镜检：取 1 滴孵育后的花粉溶液，滴于载玻片上，盖上盖玻片，在光学显微镜（10×10 倍）下观察，随机选取 3 个视野，每个视野统计花粉总数与红色花粉粒数（红色为有活力花粉）。

B.5 结果计算：花粉活力（%）=（3 个视野红色花粉粒总数/3 个视野花粉总数）×100%，结果保留 1 位小数。
