

网络出版时间:2012-06-08 16:10

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120608.1610.033.html>

不同倍性柿品种的杂交亲和性及结实性研究

赵 丹^a, 王 飞^b, 酒立君^a, 余 亮^a

(西北农林科技大学 a 林学院, b 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】通过对部分柿品种杂交亲和性的研究,为柿杂交育种亲本的选择及杂交组合的选配提供理论依据。**【方法】**采用“杂 3-2”、“禅寺丸”、“杂 4-2”和“正月”4 个雄株作父本,“黑柿”、“干帽盔”、“野柿”、“平核无”、“金枣柿”和“阳丰”6 个雌株作母本,设置自然授粉(对照)、套袋不授粉、套袋后进行无生活力花粉授粉和有生活力花粉不同组合杂交授粉 4 种处理,利用离体萌发法比较雄株的花粉生活力,利用荧光显微镜观察柿不同杂交组合的亲性和性,并比较不同杂交组合的坐果率、单果种子数和无籽果实率。**【结果】**4 个雄株花粉生活力由大到小依次为“杂 3-2”(52.53%)>“禅寺丸”(48.13%)>“杂 4-2”(40.02%)>“正月”(34.10%)。在 24 个杂交组合中,相同倍性的父本与母本杂交,柱头乳突细胞表面均无胼胝质(“阳丰”与各雄株杂交情况除外),且花粉粒在柱头上粘附萌发形成大量的花粉管并不同程度地参与了受精;不同倍性的父本与母本杂交,柱头上粘附的花粉粒少,柱头胼胝质的形成阻碍了花粉的萌发。24 个杂交组合中,坐果率和单果种子数最高的组合为“黑柿”×“杂 3-2”,分别为 74.44%和 4.00;坐果率最低的组合为“金枣柿”×“正月”,坐果率和单果种子数分别为 22.22%和 0.10,且人工授粉处理的坐果率和单果种子数均高于自然授粉处理。通过比较不同授粉方式下 6 个雌株的无籽果实率可知,“干帽盔”、“阳丰”、“平核无”存在真单性和刺激性单性结实现象,“黑柿”存在刺激性单性结实现象,“野柿”、“金枣柿”存在假单性结实现象。**【结论】**柿不同雄株间的花粉生活力存在差异;相同倍性的父本与母本杂交亲和性大于不同倍性间父本与母本杂交;人工授粉能明显提高各杂交组合的坐果率和单果种子数。

【关键词】 柿;花粉活力;亲和性;坐果率

【中图分类号】 S665.203.02

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2012)07-0141-08

Study on cross compatibility and fecundity of different ploidy persimmon cultivars

ZHAO Dan^a, WANG Fei^b, JIU Li-jun^a, YU Liang^a

(a College of Forestry, b College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 Cross compatibility on different ploidy persimmon cultivars was studied to provide theoretical basis for the selection of hybrid breeding parent and cross combination. **【Method】** “Za 3-2”, “Zenjimarui”, “Za 4-2” and “Shougatsu” were chosen as male plant and “Heishi”, “Ganmaokui”, “Yeshi”, “Hiratanenashi”, “Jinzaoshi” and “Youhou” as female plants. Natural pollination, bagged not pollination, non-vitality pollen pollination were normal pollen pollination. Pollen viability was observed by culture *in vitro*. Cross compatibility among different hybridized combinations was determined using fluorescence microscope. Fruit setting rate resulted from different combinations of crossing was calculated. **【Result】** The rank of male plants pollen viability of four cultivars from the highest to the lowest was “Za 3-2”

* [收稿日期] 2011-12-26

[基金项目] 农业部种质资源保护项目(NB2010-2130135-21)

[作者简介] 赵 丹(1988—),女,河北邢台人,在读硕士,主要从事园林植物生理生态研究。E-mail: Zhaodan0313@163.com

[通信作者] 王 飞(1954—),女,河南孟津人,教授,博士生导师,主要从事果树及花卉生理研究。

E-mail: xnwangfei521@126.com

(52.53%)>“Zenjimar” (48.13%)>“Za 4-2” (40.02%)>“Shougatsu” (34.10%)。Among the 24 hybridized combinations, the male parents were crossed with the female parents having the same ploidy levels. No callus was formed on the stigma cellulaemastoideae and abundant number of pollen tubes was established by germinating pollens. On the other hand, the male parents were crossed with female parents having different ploidy levels. Only a small number of pollens adhered to the stigma and the pollen germination was impeded by callus deposition. And among the 24 hybridized combinations “Heshi”×“Za 3-2” had the highest fruit setting rate (74.44%) and signal seed number (4.00), while “Jinzaoshi”×“Shougatsu” had the lowest fruit setting rate (22.22%) and signal seed number (0.10). The phenomenon of parthenocarpic and sti-parthenocarpic was observed in “Ganmaokui”, “Youhou”, “Hiratanenashi”. The phenomenon of sti-parthenocarpic was observed in ‘Heshi’. The phenomenon of non-parthenocarpic was observed in “Yeshi”, “Jinzaoshi”. 【Conclusion】 The cross compatibility and fruit setting rate varied among different cultivars, and the cross compatibility index had close correlation with fruit setting rate.

Key words: persimmon; pollen viability; compatibility; fruit setting rate

我国是世界上栽培柿树最早的国家,将柿作为果树栽培有记载的历史已有 2 000 多年^[1]。柿属于柿科(Ebenaceae)柿属(*Diospyros*),对柿进行常规杂交育种,其亲本选择、选配以及要获得真正的杂交种子较其他果树困难得多^[2],原因是柿染色体组成有 2x、6x 和 9x,易导致减数分裂后配子的不正常,进而影响到父、母本杂交的亲和性与结实性;且柿有甜柿和涩柿之分^[3],甜柿又分为完全甜柿和不完全甜柿,涩柿也分为完全涩柿和不完全涩柿,它们之间杂交的当代和后代的遗传规律复杂多变;另外,柿结实性包括了单性结实、花粉刺激性结实以及假单性结实^[4];柿资源中有些表现为无核,有些为有核。上述诸多原因导致柿杂交亲本的选择与选配以及后代选育有相当的难度,因此研究柿的杂交亲和性和结实性,对柿杂交育种亲本的选择以及杂交组合的选配具有重要的理论意义和实用价值。柿为雌雄异株花果树,在育种中存在落花落果严重、品质较差等问题^[5-8],前人^[4,9-10]对柿杂种败育情况和胚挽救进行了研究,但未见对柿的杂交亲和性及结实性等进行系统报道。

为此,本试验通过观察柿各授粉组合的亲合性、授粉受精及结实率情况,研究杂交亲和性、坐果性和结实性之间的关系,以期对柿杂交亲本的选择及亲和机理和结实性研究奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验时间与地点

本研究的田间试验于 2009-05—2010-08 中旬在陕西杨凌示范区国家柿种质资源圃进行,室内试验在西北农林科技大学园艺学院实验室进行。

1.2 材料

供试材料母本为柿种的 6 个品种,父本为柿种的 4 个品种,各品种的具体特性及来源详见表 1。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验包括自然授粉(对照)、套袋不授粉、套袋后进行无生活力花粉授粉和有生活力花粉不同组合杂交授粉 4 种处理。

不同组合的杂交试验中,将父本头状花序开放散粉前套袋隔离,收集已套袋的父本新鲜花粉。

母本选取发育良好的花蕾,授粉时选取树冠不同部位的结果枝,在花蕾尖端刚露黄色时进行套袋。6 个雌株与 4 个雄株,共 24 个杂交组合,每个杂交组合授粉 30 朵,3 次重复。挂牌标记。

1.3.2 花粉采集及生活力测定 每个雄株品种各选 3 株在大蕾期采集花蕾,剥除花药,室温阴干,研磨过筛后置于-20℃的冰箱中备用。

花粉生活力测定采用离体萌发法,培养基为 5 g/L 琼脂+100 μg/g 硼酸,pH 值为 6.4~6.8,蔗糖质量浓度为 200 g/L。在载玻片上用滴管滴上配好的培养基,用头发丝蘸花粉均匀播种于培养基中,放入底部铺有湿滤纸的培养皿内,在 25℃温箱中进行离体培养,每个品种随机观察 5 个视野,观察的总花粉数量为 100 粒。分别于培养 1.5、3.0、4.5、6.0、9.0 h 后观察,每处理重复 3 次。

1.3.3 不同杂交组合的花粉亲和性观察 用刀片将授粉后 8 h 的花柱从基部切除,用 FAA (V(体积分数 90%酒精):V(乙酸):V(福尔马林)=90:5:5)固定 24 h 以上,再用 1 mol/L 的 NaOH 溶液在 65℃下软化脱色,样品变为褐色后(约 2 min)用清水冲洗,以含 0.1 mol/L K₃PO₄ 的体积分数

0.1%水溶性苯胺兰溶液浸泡 12 h,花柱压片参照 Kho 等^[11]的方法,在 Olympus BHF 荧光显微镜下观察柱头上的花粉附着与萌发情况(激发滤片 BG12,阻断滤片 475)并拍照。随机选取 10 个柱头观察花粉亲和性。亲和性判定采用 Thompson^[12]的方法,即根据花粉在柱头的萌发情况和花粉管在花

柱组织内的生长情况判断其亲和程度:花粉管在花柱表面扭曲,生长停滞,不能伸入到柱头里面为授粉不亲和;花粉管大量伸入到柱头里面并沿花柱道向下生长为授粉亲和;有花粉萌发但萌发量少的为部分亲和。

表 1 供试柿品种的具体特性及来源
Table 1 Characters and sources of persimmon

品种 Variety	倍性 Ploidy	类型 Type	特点 Feature	来源 Origin
雄株 Male plant	杂 3-2 <i>D. kaki</i> Thunb. cv. za 3-2	PCA	只开雄花,花粉量多 Staminate flower only, a large amount of pollen	中国陕西 Shaanxi, China
	杂 4-2 <i>D. kaki</i> Thunb. cv. za 4-2	PCA	雌花、雄花和完全花同株,雄花花粉量多 Pistillate flower, staminate flower and complete flower, staminate flower has a large amount of pollen	中国陕西 Shaanxi, China
	禅寺丸 <i>D. kaki</i> Thunb. cv. Zenjimarui	PVNA	雌花和雄花,雄花花粉量多 Pistillate flower, staminate flower, staminate flower has a large amount of pollen	日本 Japan
	正月 <i>D. kaki</i> Thunb. cv. Shougatsu	PVNA	雄花花粉量较多 Staminate flower has a large amount of pollen	日本 Japan
雌株 Female plant	黑柿 <i>D. kaki</i> Thunb. cv. Heishi	PCA	只开雌花,单性结实、无核 Pistillate flower only, parthenocarpy seedless	中国山西 Shanxi, China
雌株 Female plant	干帽盔 <i>D. kaki</i> Thunb. cv. Ganmaokui	PCA	只开雌花,果实中等,单性结实强 Pistillate flower only, middle fruit, parthenocarpy	中国陕西 Shaanxi, China
	野柿 <i>D. kaki</i> Thunb. cv. Yeshei	PCA	只开雌花,果实小,种子 5~6 粒 Pistillate flower only, small fruit, 5-6 seeds	中国浙江 Zhejiang, China
	平核无 <i>D. kaki</i> Thunb. cv. Hiratanenashi	PVA	只开雌花,单性结实力强 Pistillate flower only, parthenocarpy	日本 Japan
	金枣柿 * <i>Diospyros</i> L. Jinzaoshi	PCA	只开雌花,果实小,种子少 Pistillate flower only, small fruit, seedless	中国浙江 Zhejiang, China
	阳丰 <i>D. kaki</i> Thunb. cv. Youhou	PCNA	只开雌花,果实大,单性结实力强 Pistillate flower only, big fruit, parthenocarpy	日本 Japan

注:PCA. 完全涩柿;PCNA. 完全甜柿;PVA. 不完全涩柿。“*”。金枣柿分类地位不祥,属二倍体种。
Note:PCA. Completely astringent persimmon;PCNA. Completely non-astringent persimmon;PVA. Incompletely astringent persimmon.
“*”。Jinzaoshi taxonomy position is unknown, diploid of diospyros.

1.3.4 不同杂交组合的坐果率、单果种子数与无籽果实率调查 于授粉当天挂牌记录日期,待果园内所有雄花开放结束后,方可去袋。待果实成熟时调查其坐果率,坐果率=(坐果数/授粉花朵)×100%。每个组合随机选 10 个果实横切观察种子数,计算单果种子数。此外,调查无籽果实率,无籽果实率=(无籽果实数/坐果数)×100%。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2003 软件对数据进行统计分析,采用 Adobe Photoshop CS3 对图片进行分析。

2 结果与分析

2.1 柿 4 个雄株品种花粉生活力的比较

柿 4 个雄株花粉生活力的比较见图 1。

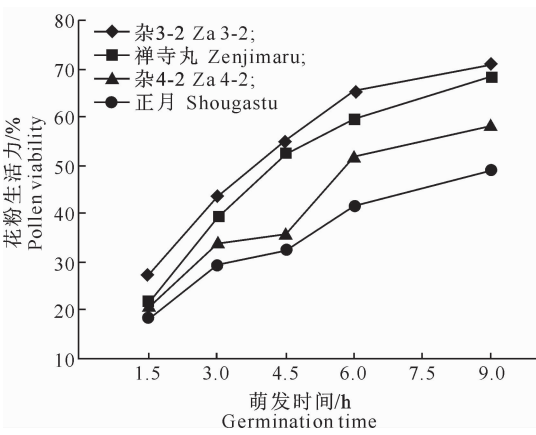


图 1 柿 4 个雄株品种花粉生活力的比较
Fig.1 Comparison of pollen viability of four persimmon male plants

由图 1 可知,离体培养 9 h,4 个供试雄株品种的平均花粉生活力为 43.69%,其中“杂 3-2”的平均

花粉生活力最高,为 52.53%;“正月”的最低,为 34.10%;“杂 4-2”和“禅寺丸”的平均花粉生活力介于二者之间,分别为 40.02%和 48.13%。可知不同雄株品种间花粉生活力有差异,但差异不大。培养 1.5~6 h 花粉生活力增加幅度较大,6~9 h 相对较

小,这期间花粉在柱头上粘附、水合、萌发,花粉管穿过柱头在花柱内生长,实现授粉受精。

2.2 柿不同杂交组合的亲性和分析

柿不同杂交组合亲性和性的荧光观察见图 2。

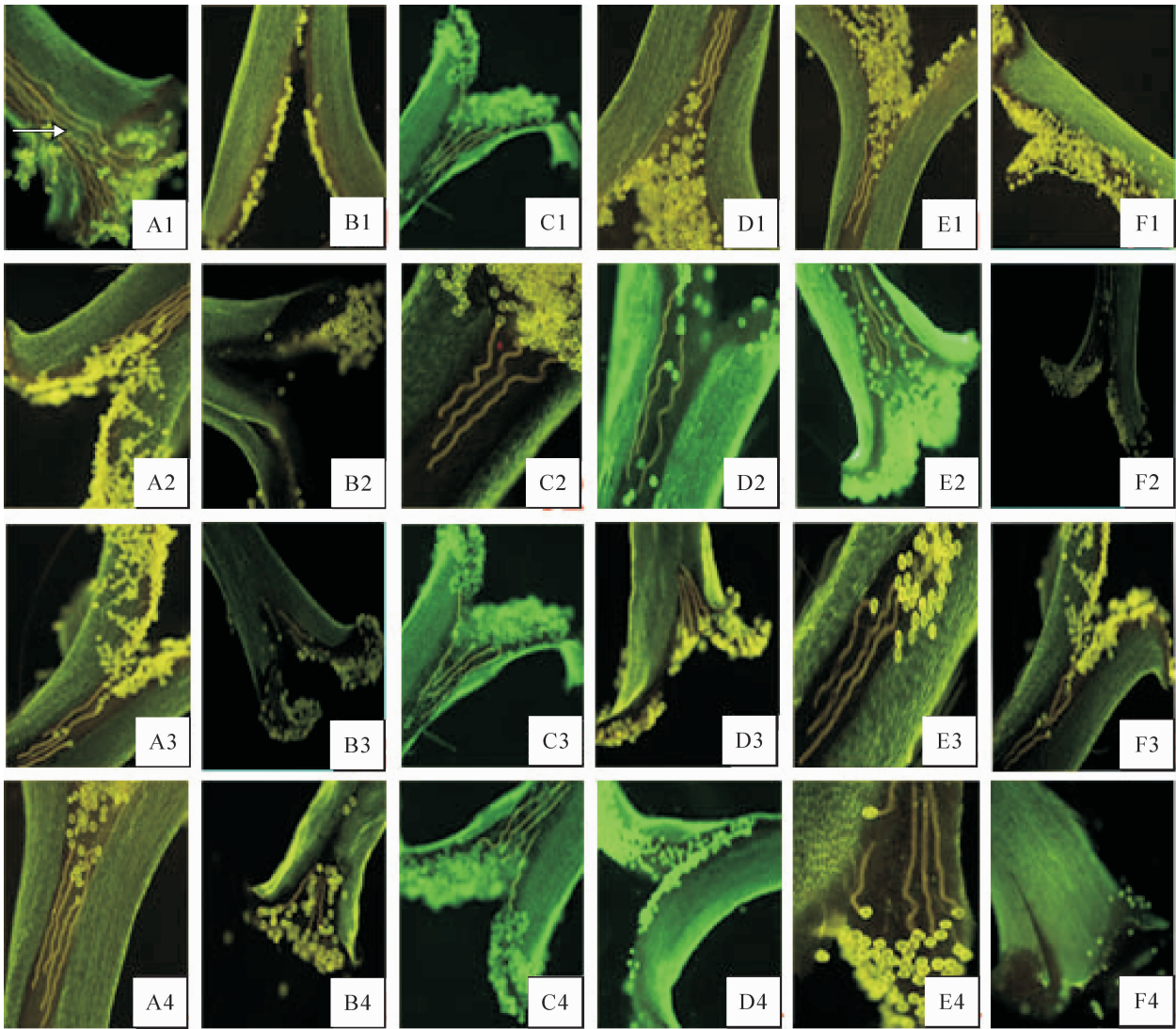


图 2 柿不同杂交组合亲性和的荧光观察

A~F. 母本(A. 黑柿,B. 干帽盔,C. 阳丰,D. 野柿,E. 平核无,F. 金枣柿);1~4. 父本(1. 杂 3-2,2. 禅寺丸,3. 杂 4-2,4. 正月)。

A1 中箭头所指为花粉管萌发和伸长的方向,B1~B4、C1~C4、F1~F4 箭头所指为柱头表面所形成的胼胝质

Fig. 2 Fluorescence observation of cross-compatibility between different combinations

A—F. Female plant (A. Heishi, B. Ganmaokui, C. Youhou, D. Yeshi; E. Hiratanenashii;

F. Jinzaoshi); 1—4. Male plant (1. Za 3-2; 2. Zenjimaruru; 3. Za 4-2; 4. Shougatsu)

The arrows on A1 stand for the direction of pollen tube germinate and extension,

The arrows on B1—B4, C1—C4, F1—F4 stand for the callose on the surface of chapter

花粉在柱头粘附是授粉受精反应的第 1 步,花粉管进入花柱并且在花柱内生长是实现受精过程的保证。柿柱头的形态包括了单柱头(图 2 的 A1 与 F4)、双柱头(图 2 中的 B1、F1、B2、A2 等)和三柱头(图 2 中的 A3 和 A4)。同一品种柱头也有不同的

形态,如“黑柿”柱头有 3 种类型,即单柱头、双柱头和三柱头。各杂交组合中,4 个父本的花粉均可在母本的柱头上附着、萌发并不同程度地受精,但萌发并受精的程度明显不同,表明各组合有一定的杂交亲性,但存在一定的差异。

图 2 中的 A1~A4 为 6 倍体“黑柿”与 4 个 6 倍体雄株分别杂交的亲性和情况。“杂 3-2”、“禅寺丸”、“杂 4-2”和“正月”的花粉均能在“黑柿”的柱头上附着萌发并参与受精,且每个柱头萌发的花粉数平均为 6~9 个,说明“黑柿”可与“杂 3-2”、“禅寺丸”、“杂 4-2”和“正月”杂交获得种子。

图 2 中的 B1~B4 为 6 倍体“干帽盔”与 4 个 6 倍体雄株分别杂交的亲性和情况。“杂 3-2”、“禅寺丸”和“杂 4-2”的花粉均能在“干帽盔”的柱头上附着萌发并参与受精,且每个柱头萌发的花粉数平均为 6~9 个;“正月”的花粉也可在“干帽盔”的柱头上附着萌发并参与受精,且每个柱头萌发的花粉数平均为 3~6 个。说明“干帽盔”可与“杂 3-2”、“禅寺丸”、“杂 4-2”和“正月”杂交获得种子。

图 2 中的 C1~C4 为 6 倍体“阳丰”与 4 个 6 倍体雄株分别杂交的亲性和情况。“阳丰”与“杂 3-2”、“杂 4-2”、“禅寺丸”和“正月”杂交时柱头乳突细胞表面产生大量的胼胝质,说明“阳丰”与“杂 3-2”、“禅寺丸”、“正月”和“杂 4-2”杂交均不易获得种子。

图 2 中的 D1~D4 为 6 倍体“野柿”与 4 个 6 倍体雄株分别杂交的亲性和情况。“杂 3-2”、“禅寺丸”、“杂 4-2”的花粉均能在“野柿”的柱头上附着萌发并参与受精,且每个柱头萌发的花粉数平均为 6~9 个;“正月”的花粉也可在“野柿”的柱头上附着萌发并参与受精,且每个柱头萌发的花粉数平均为 2~3 个。说明“野柿”可与“杂 3-2”、“禅寺丸”、“杂 4-2”和“正月”杂交获得种子。

图 2 中的 E1~E4 为 9 倍体“平核无”与 4 个 6 倍体雄株分别杂交的亲性和情况。“平核无”与“杂 3-2”、“禅寺丸”、“正月”和“杂 4-2”杂交,柱头表面虽

有大量的花粉附着,但几乎没有萌发,原因可能是柱头乳突细胞表面不同程度地产生了胼胝质。说明“平核无”与各父本杂交不能获得种子,其根本原因是“平核无”为 9 倍体,相当于其他园艺作物的 3 倍体,理论上应该不育。

图 2 中的 F1~F4 为 2 倍体“金枣柿”与 4 个 6 倍体雄株分别杂交的亲性和情况。“金枣柿”与“杂 3-2”杂交,柱头表面虽有大量的花粉附着,但仅有极少量萌发;而其与“禅寺丸”、“杂 4-2”和“正月”杂交,柱头表面粘附的花粉量较少,且乳突细胞表面产生大量的胼胝质。说明“金枣柿”与各父本杂交不易获得种子,其原因是“金枣柿”极有可能是柿种的另一个新种^[13],种间杂交亲和性低。

综上所述可知,不同倍性的父本与母本杂交,各组合柱头表面粘附的花粉量不同,且有的组合柱头乳突细胞表面会不同程度地产生胼胝质。

2.3 柿不同杂交组合坐果率与单果种子数的比较

从表 2 可以看出,父本“杂 3-2”与各母本杂交后的平均坐果率为 56.22%,平均单果种子数为 2.05;以“禅寺丸”作为父本与各母本杂交的平均坐果率为 50.48%,平均单果种子数为 1.82;以“杂 4-2”作为父本与各母本杂交的平均坐果率为 47.05%,平均单果种子数为 1.75;以“正月”作为父本与各母本杂交的平均坐果率为 39.07%,平均单果种子数为1.38。

从杂交结果(表 2)来看,各杂交组合的坐果率和种子数均存在一定的差异。在 24 个杂交组合中,坐果率最高的为组合“黑柿”×“杂 3-2”,坐果率为 74.44%,单果种子数为 4.00;坐果率最低的组合为“金枣柿”×“正月”,坐果率为 22.22%,单果种子数仅为 0.10。

表 2 柿不同杂交组合坐果率和单果种子数的比较

Table 2 Comparison of fruit setting rate and seed number between different persimmon combinations										
雌株(♀) Female plant	雄株 Male plant(♂)								自然授粉 Natural pollination	
	杂 3-2 Za 3-2		禅寺丸 Zenjimaruru		杂 4-2 Za 4-2		正月 Shougastu			
	坐果率/% Fruit setting rates	单果种子数 Seed number of single fruit	坐果率/% Fruit setting rates	单果种子数 Seed number of single fruit	坐果率/% Fruit setting rates	单果种子数 Seed number of single fruit	坐果率/% Fruit setting rates	单果种子数 Seed number of single fruit	坐果率/% Fruit setting rates	单果种子数 Seed number of single fruit
黑柿 Heishi	74.44	4.00	68.89	3.00	66.78	4.00	55.55	3.00	48.33	2.00
干帽盔 Ganmaokui	72.22	3.00	73.33	4.00	64.45	3.00	52.22	3.00	43.22	1.00
野柿 Yeshi	70.00	4.00	62.22	3.00	65.55	3.00	51.11	2.00	38.00	0.80
平核无 Hiratanenashi	41.78	0.00	38.68	0.00	30.00	0.00	27.78	0.00	24.89	0.00
金枣柿 Jinzaoshi	38.89	0.60	30.00	0.40	26.68	0.20	22.22	0.10	15.56	0.10
阳丰 Youhou	40.00	0.70	37.78	0.50	28.89	0.30	25.55	0.20	20.78	0.10
平均 Average	56.22	2.05	50.48	1.82	47.05	1.75	39.07	1.38	31.80	0.67

从表 2 还可以看出,无论何种组合,人工授粉处理的坐果率及单果种子数均明显高于自然授粉处理,自然授粉处理的坐果率最高为 48.33%,最低为 15.56%,平均值为 31.80%;自然授粉处理的单果种子数最高为 2.00,最低为 0.10,平均值为 0.67。可见,人工授粉对提高柿子坐果率和种子数具有重要作用。

2.4 柿不同杂交组合无籽果实率的比较

由表 3 可以看出,在自然授粉(对照)条件下,6 个供试雌株均可产生无籽果实,而产生无籽果实的能力各不相同,从高到低依次为“平核无”、“金枣柿”、“阳丰”、“野柿”、“干帽盔”、“黑柿”,其无籽果实率分别为 100.00%,63.12%,62.23%,48.07%,45.58%和 41.17%;在套袋不授粉条件下,“黑柿”、“干帽盔”、“野柿”、“平核无”、“金枣柿”、“阳丰”的坐果率分别为 0.00%,38.88%,0.00%,26.65%,0.00%和 20.37%,无籽果实率分别为 0.00%,100.00%,0.00%,100.00%,0.00%和 100.00%。在自然授粉条件下,“黑柿”、“干帽盔”、“野柿”、“平核无”、“金枣柿”、“阳丰”的坐果率分别为 48.33%,

43.22%,38.00%,24.89%,15.56%和 20.78%,说明“干帽盔”、“平核无”、“阳丰”属真单性结实。

套袋后用无生活力花粉授粉,“黑柿”、“干帽盔”、“野柿”、“平核无”、“金枣柿”、“阳丰”的坐果率分别为 38.67%,26.22%,0.00%,29.34%,0.00%和 20.67%,无籽果实率分别为 100.00%,100.00%,0.00%,100.00%,0.00%和 100.00%,说明“黑柿”、“干帽盔”、“平核无”、“阳丰”可在花粉刺激下结实;而“野柿”和“金枣柿”属假单性结实。上述结果表明,“干帽盔”、“阳丰”、“平核无”存在真单性和刺激性单性结实现象,“黑柿”存在刺激性单性结实现象,“野柿”、“金枣柿”存在假单性结实现象。

由表 3 还可知,在生产上要想获得无核果实,需选用“干帽盔”、“阳丰”、“平核无”柿子品种;在育种中,要想获得杂交种子数多的后代,可选假单性结实和刺激性单性结实的品种。因此,掌握柿的杂交亲和性及结实性特点,在柿子生产与杂交育种过程中具有重要的意义。

表 3 柿不同杂交组合及不同处理无籽果实率的比较

Table 3 Comparison of seedless fruit rate between different persimmon combinations and different conduct									
雌株(♀) Female plant	无籽果实率/% Seedless fruit rate					套袋不授粉 Bagging and non-pollination		套袋进行无生活力 花粉授粉 No vitality pollen pollination	
	雄株 Male plant(♂)				自然授粉 Natural pollination	坐果率/% Fruit setting rates	无籽果实率/% Seedless fruit rate	坐果率/% Fruit setting rates	无籽果实率/% Seedless fruit rate
	杂 3-2 Za 3-2	禅寺丸 Zenjimaru	杂 4-2 Za 4-2	正月 Shougatsu					
黑柿 Heishi	3.78	5.99	6.03	8.98	41.17	0.00	0.00	38.67	100.00
干帽盔 Ganmaokui	5.02	4.98	6.76	9.04	45.58	38.88	100.00	26.22	100.00
野柿 Yeshi	5.48	7.12	6.23	9.12	48.07	0.00	0.00	0.00	0.00
平核无 Hiratanenashi	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	26.65	100.00	29.34	100.00
金枣柿 jinzaoshi	28.37	38.77	42.18	47.68	63.12	0.00	0.00	0.00	0.00
阳丰 Youhou	25.72	29.24	41.06	43.72	62.23	20.37	100.00	20.67	100.00

3 讨 论

柿栽培品种一般只有雌花,少数雌雄同株,具有雄花的优良亲本很少,由于选择适合的父本较为困难,因而限制了柿的杂交育种进程^[14-16]。柿不同雄株的花粉生活力不同,这与基因型及环境有关^[15]。本研究中,4 种供试雄株的花粉生活力以“杂 3-2”最高,为 52.53%;其次为“禅寺丸”,生活力为 48.13%;再次为“杂 4-2”,生活力为 40.02%;“正月”最小,花粉生活力仅为 34.10%。这表明柿不同雄性种质的花粉生活力存在差异。为了克服柿杂交不易获得种子的缺陷,在其杂交育种过程中,雄株的选择非常重要。

花粉落到柱头之后,需要经过粘附、水合、萌发及花粉管穿过柱头、在花柱内生长、穿过珠孔等一系列过程才能实现受精^[17-18]。有关花粉与柱头的相互作用机制,Knox 在杨属植物的种间杂交研究中提出了主动识别的概念,即柱头在识别了不亲和的花粉壁蛋白后,均在乳突细胞内迅速产生胼胝质,阻止花粉管的继续侵入^[16]。为了探明柿杂交育种中的规律,本试验选择自然授粉条件下产生无核果实能力强的“金枣柿”(2x)、“平核无”(9x)及“黑柿”(6x)、“干帽盔”(6x)、“野柿”(6x)、“阳丰”(6x)为母本,以“禅寺丸”(6x)、“正月”(6x)、“杂 3-2”(6x)、“杂 4-2”(6x)为父本,在研究中发现,以 2 倍体“金枣柿”和 9 倍体“平核无”作为母本分别与 4 个 6 倍体父本分别

杂交时,柱头表面粘附和萌发的花粉量少,且柱头乳突细胞表面不同程度地产生了胼胝质,其原因可能是父本与母本的倍性不同,花粉在与雌蕊的相互识别作用过程中,雌蕊柱头存在抑制因子,阻碍了花粉的萌发,诱导胼胝质沉积;而倍性相同的父本与母本杂交时,其亲和性及坐果率较不同倍性的杂交组合高,但也存在一定的差异,如“阳丰”与“杂3-2”、“禅寺丸”、“杂4-2”和“正月”的杂交亲和性都较低,其原因尚不明确,有待进一步探讨。

本试验通过对不同倍性柿杂交坐果率的研究发现,不同雄株对同一雌株授粉或同一雄株对不同雌株授粉后坐果率差异明显。如“杂3-2”与6个母本杂交,坐果率最高的组合为“黑柿”×“杂3-2”,最低的组合为“金枣柿”×“杂3-2”;当母本同为“黑柿”时,坐果率最高的组合为“黑柿”×“杂3-2”,最低的组合为“黑柿”×“正月”,其原因可能与各组合的杂交亲和性有关。与自然授粉相比,人工授粉明显提高了各母本的坐果率,这与前人对猕猴桃^[19-20]和葡萄^[21]等的研究结果一致。

园艺作物的单性结实性能是指子房未授粉或经过授粉但未受精而形成果实现象^[22-23]。国内外柿树生产中能产生无核果实的品种很多,如不进行实际研究,无核果实由何种类型产生还不清楚^[24]。本研究通过对不同亲本单性结实的调查统计及杂交后代单果种子数的研究发现,“干帽盔”、“阳丰”、“平核无”3个品种存在真单性和刺激性单性结实现象。“黑柿”存在刺激性单性结实现象,“野柿”、“金枣柿”存在假单性结实现象。因此,通过试验能够掌握哪些柿品种杂交可以获得种子,哪些品种可种植在一起,保证柿子的无核率,这些对柿子的杂交及其在生产上的应用十分重要。

4 结 论

无论是柿4个不同雄株分别授粉在同一雌性品种上,还是同一雄株花粉授粉在不同的雌性品种上,其杂交亲和性和坐果率均不同,且花粉生活力、各杂交组合的亲和性以及坐果率三者密切联系。同一杂交组合下人工授粉处理的坐果率明显高于自然授粉处理,且单果种子数明显提高。杂交后代果实的无核率与亲本的选择密切相关。

〔参考文献〕

[1] 罗正荣,蔡礼鸿,胡春根. 柿属植物种质资源及其利用研究现状[J]. 华中农业大学学报,1996,15(4):381-388.

- Luo Z R, Cai L H, Hu C G. Research development of germplasm resources of *Diospyros* and their utilization [J]. Journal Huazhong Agricultural University, 1996, 15(4): 381-388. (in Chinese)
- [2] 童敏,康志雄,程诗明,等. 柿树遗传资源学研究进展[J]. 湖北农业科学,2008,47(8):962.
- Tong M, Kang Z X, Cheng S M, et al. Research progress in the genetic resources of *Diospyros kaki* (persimmon) [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2008, 47(8): 962. (in Chinese)
- [3] 陈建业. 柿品种鉴定及分类研究进展[J]. 山东林业科技, 2007(4): 60-63.
- Chen J Y. Research progress in cultivar identification and classification of persimmon cultivars [J]. Journal of Shandong Forestry Science and Technology, 2007(4): 60-63. (in Chinese)
- [4] 扈惠灵,冷平,高琪洁. 磨盘柿杂种败育特性的研究[J]. 果树学报, 2006, 23(1): 13-16.
- Hu H L, Leng P, Gao Q J. Study on the seed abortion of persimmon cultivar Mopanshi [J]. Journal of Fruit Science, 2006, 23(1): 13-16. (in Chinese)
- [5] 王劲风,方正明. 甜柿引种栽培[M]. 北京:中国农业出版社, 1995: 5.
- Wang J F, Fang Z M. Introduction and cultivation of persimmon [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1995: 5. (in Chinese)
- [6] 刘善军,刘勇,范国荣,等. 柿花粉发芽及人工授粉对果实品质影响的研究[J]. 江西农业大学学报, 2004, 26(6): 885-888.
- Liu S J, Liu Y, Fan G R, et al. Pollen germination *in vitro* and effect of artificial pollination on fruit quality of persimmon [J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2004, 26(6): 885-888. (in Chinese)
- [7] 中村三夫. 果樹のせと生理学. カキ生理生態③-種子の生理生態[J]. 農耕と園芸, 1992, 17: 53-56.
- [8] 木村光雄. 柿篇[J]. 養賢堂, 1952, 21: 67-74.
- [9] 徐莉清,张青林,罗正荣. 幼胚发育阶段对次郎柿胚抢救效果的影响[J]. 果树学报, 2008, 25(1): 45-48.
- Xu L Q, Zhang Q L, Luo Z R. Effect of embryo development stage on embryo rescue for Jirou persimmon cultivar [J]. Journal of Fruit Science, 2008, 25(1): 45-48. (in Chinese)
- [10] 扈惠灵,张慧,李宝,等. 磨盘柿的合子胚挽救培养[J]. 园艺学报, 2005, 32(6): 1077-1079.
- Hu H L, Zhang H, Li B, et al. *In vitro* rescue culture of Zygotic embryo of Mopanshi persimmon [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2005, 32(6): 1077-1079. (in Chinese)
- [11] Kho Y O, Bear J. Observing pollen tubes by means of fluorescence [J]. Euphytica, 1968, 17: 298-302.
- [12] Thompson M M. Incompatibility alleles in *Corylus avellana* cultivars [J]. Theor Appl Genet, 1997, 54: 29-33.
- [13] 徐象华,陈民管,李永强,等. 金枣柿与部分柿属植物亲缘关系的ISSR分析[J]. 浙江农业学报, 2012, 22(6): 731-735.
- Xu X H, Chen M G, Li Y Q, et al. Genetic diversity analysis between Jinzao persimmon and genus of *Diospyros* (persimmon) using ISSR technique [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis

sis,2012,22(6):731-735. (in Chinese)

[14] 张青林,罗正荣. 部分柿属雄性种质巨大花粉、花粉离体及其在罗田甜柿柱头上的萌发率 [J]. 果树学报,2006,23(2):293-296.

Zhang Q L, Luo Z R. Observation of giant pollen and pollen germination ability *in vitro* of some *Diospyros* spp. (persimmon) and their pollen germination on the stigma of *Diospyros kaki* (persimmon) [J]. Journal of Fruit Science, 2006, 23(2): 293-296. (in Chinese)

[15] 杨 勇,阮小凤,王仁梓,等. 柿种质资源及育种研究进展 [J]. 西北林学院学报,2005,20(2):133-137.

Yang Y, Ruan X F, Wang R Z, et al. Advances in research of germplasm resources and breeding of *Dispyros kaki* L. (persimmon) [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2005, 20(2): 133-137. (in Chinese)

[16] Knox R B. Role of pollerr wall proteins as recognition substances in inter specific incompatibility in poplars [J]. Nature, 1972, 237: 381-390.

[17] 孟金陵,刘定富,蔡得田. 植物生殖遗传学 [M]. 北京: 科学出版社, 1997: 300-305.

Meng J L, Liu D F, Cai D T. Plant reproductive and developmental [M]. Beijing: Science Press, 1997: 300-305. (in Chinese)

[18] Mayer E, Gottsberger G. Pollen viability in the gegnus *Silene* (*Caryophyllaceae*) and its evaluation by means of different test procedures [J]. Flora, 2000, 195: 349-353.

[19] 贾爱平,王 飞,张潮红,等. 中华猕猴桃品种间亲和性研究 [J]. 园艺学报, 2010, 37(11): 1829-1835.

Jia A P, Wang F, Zhang C H, et al. Cross compatibility among different cultivars of *Actinidia chinensis* Planch [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2010, 37(11): 1829-1835. (in Chinese)

[20] Mckenzie R J, Ward J M, Lovis J D, et al. Morphological evidence for natural intergenic hybridization in the New Zealand Gnaphalieae (Compositae): *Anaphalioides bellidioides* × *Ewartia sinclairii* [J]. Botanical Journal of the Linnean Society, 2004, 145: 59-75.

[21] 张延龙,贺普超. 葡萄花粉萌发力的研究 [J]. 落叶果树, 1991 (1): 3-4.

Zhang Y L, He P C. The study of pollen germination force on grape [J]. Deciduous Fruits, 1991(1): 3-4. (in Chinese)

[22] 陈学好,陶 俊,曹碚生. 园艺作物单性结实的类型 [J]. 生物学通报, 2001, 35(9): 6-7.

Chen X H, Tao J, Cao B S. The categories of horticultural plants parthenocarpy [J]. Bulletin of Biology, 2001, 35(9): 6-7. (in Chinese)

[23] 许 敏,黄作喜. 瓜类单性结实的研究进展 [J]. 北方园艺, 2009(11): 118-122.

Xu M, Huang Z X. Review on research melons parthenocarpy [J]. Northern Horticulture, 2009(11): 118-122. (in Chinese)

[24] 扈惠灵,曹永庆,李 壮,等. 柿生殖生物学研究评述 [J]. 中国农业科学, 2006, 39(12): 2557-2562.

Hu H L, Cao Y Q, Li Z, et al. Review on reproduction biology in *Diospyros kaki* L. (persimmon) [J]. Scientia Agricultural Sinica, 2006, 39(12): 2557-2562. (in Chinese)