

柿授粉生物学特性研究*

龚榜初 王劲风

摘要 试验结果表明: 柿不同物种品种的花粉粒大小、发芽率有极显著差异, 不完全甜柿、油柿、君迁子花粉发芽率在 40% 以上, 完全甜柿、涩柿品种的花粉发芽率低。5 ~ 20 mg/kg 硼砂能明显提高花粉发芽率。花粉在常温下仅能贮藏 5 ~ 10 d, 而常温干燥、低温干燥可分别贮藏 15 ~ 20 d、30 d 以上。甜柿和部分涩柿品种单性结实力弱, 生产上需配置授粉树。‘禅寺丸’是花期中等品种的授粉树。‘正月’是多数花期中、晚品种的授粉树。柿属种间杂交亲和性差。柿品种间杂交坐果率有较大差异, 以‘正月’为父本的授粉组合坐果率较高。提出了 5 个适宜做父本的优良杂交亲本。

关键词 柿 花粉 生活力 授粉生物学

掌握果树品种的授粉生物学特性, 有助于生产者在栽培中正确地配置授粉树, 创造良好的授粉受精条件, 为丰产奠定基础, 也有助于育种者正确选择与选配杂交亲本, 获得更多的优良杂交种子, 以提高选择效果。因此, 授粉生物学的研究一向为果树工作者所重视。甜柿的花粉发芽率、发芽条件、单性结实力等问题, 日本曾进行过观察和研究^[1,2], 确认涩柿类品种, 如平核无、会津身不知、四沟等单性结实力强, 而甜柿类品种如富有、天神御所等普遍单性结实力弱, ‘禅寺丸’、‘正月’等品种花粉量大、发芽率高。我国柿树研究工作是一个薄弱环节, 曾对柿、油柿、君迁子的花粉形态、大小作过简单的观察^[3]。关于甜柿花粉形态、发芽率、授粉生物学研究尚未见报道。本文试图就柿主要品种的花粉生活力、单性结实力、授粉亲和性等问题进行探讨, 以为柿树栽培和杂交育种工作提供科学依据。

1 材料与方法

(1) 试验于 1993 ~ 1995 年在中国林科院亚热带林业研究所柿属种质资源圃(浙江富阳市)进行, 试材采用资源圃 7 年生的 3 个物种计 19 个品种, 分别为油柿(*Diospyros oleifera* Cheng)、君迁子(*D. lotus* L.), 柿(*D. kaki* L. f.) 的完全甜柿(PCNA) 品种: 富有、次郎、松本早生富有、裂御所、骏河、腾原御所、晚御所、花御所、伊豆; 不完全甜柿(PVNA) 品种: 禅寺丸、西村早生、正月、东洋一; 涩柿品种: 平核无、甲州百目、玉环长柿、绿柿、恭城水柿及中国的罗田甜柿等共 19 个品种。包括了完全甜柿(PCNA)、不完全甜柿(PVNA) 和涩柿。

(2) 在盛花期采集不同种花粉进行生活力测定。花粉发芽条件和规律以柿品种中的‘禅寺丸’、‘正月’作试材。花粉贮藏试验采用常温、常温干燥、低温干燥三种不同方法贮藏, 常温即为 20 ~ 30 的室温条件, 常温干燥即将贮藏花粉的干燥器置室温条件下, 低温干燥即将贮藏花粉的干燥器置 4 ~ 7 冰箱中。花粉发芽率测定均采用 2% 琼脂 + 10% 蔗糖液作培养基, 在 25

1996—08—05 收稿。

龚榜初助理研究员, 王劲风(中国林业科学研究院亚热带林业研究所 浙江富阳 311400)。

* 本文为 1993 ~ 1995 年浙江省科学基金‘甜柿和涩柿杂交育种及其后代性状遗传研究’课题内容之一。

恒温箱中保湿培养 9~15 h 后镜检发芽数,当萌发的花粉管长度超过花粉粒直径便计为发芽粒。每次观察 3 个玻片,每片观察 3 个视野,100 粒以上花粉粒,每次共观察花粉粒 300 粒以上,花粉管生长速度,用 12% 蔗糖液+10 mg/kg 硼砂作培养基,播种“正月”品种新鲜花粉,置于 22~25 的室温和保湿条件下,发芽后标定出 3 粒以上花粉粒,每隔 0.5 h 定期观测花粉管生长长度。

(3) 用光学显微镜测微尺测量新鲜花粉粒大小,每品种测量 100 粒,求得平均数。

(4) 单花开花习性以次郎、骏河两个品种的 4 株树为试材,每株树在树冠 4 个不同方位共标记 30 朵花,从早上 5 时到下午 7 时每隔 3~4 h 定期观察记载其开放过程,并结合全株树和其它品种观察记载。花期每品种定株观察 3 株,并结合全园观察记载。

(5) 授粉组合试验。①花粉的采集:在开花前对花蕾用玻璃纸套袋,当雄花刚开放时,立即将花采下,去除花瓣,取下花药,将花粉贮藏于干燥器中。②在雌花露白快开放时,进行套袋,当花开放后柱头出现粘液时,用贮藏 1~2 d 内的花粉进行人工授粉,授粉后立即套袋,并挂牌记载,当柱头枯萎后去袋。每授粉组合授 30 朵以上花,单性结实为套袋后不进行任何授粉。2~3 周后调查坐果率。在人工授粉的同时,每品种随机选取 30 朵以上花观察自然授粉结实率。

(6) 试验数据经方差分析后,用新复极差测验或 t 测验确定差异显著性水平。

2 结果与分析

2.1 柿不同物种、品种花粉形态及发芽率

柿正常花粉为长球形,赤道面观为长椭圆形或椭圆形。不同物种、品种间花粉粒大小有极显著差异,以栽培品种的花粉粒最大,油柿、君迁子花粉粒最小(表 1)。同一物种、品种的花粉发芽率在不同年份间,经分析无显著差异。但不同物种、品种间的花粉发芽率差异极显著,以“禅寺丸”、“正月”等的发芽率最高,“绿柿”、“晚御所”发芽率最低。这与日本的研究结果相近似^[1,2]。

表 1 柿花粉粒大小及生活力

物种 或 品种	花 粉 粒 大 小			花 粉 生 活 力 测 定					
	极轴 (μm)	赤道轴 (μm)	形态指数	1994 年			1995 年		
				观察 (粒)	萌发 (粒)	平均发芽率 (%)	观察 (粒)	萌发 (粒)	平均发芽率 (%)
禅寺丸	59.83 \pm 5.31 a A	32.73 \pm 3.37 a A	1.828 0	105	41	39.0	354	174	48.7 a A
正月	50.13 \pm 4.57 c C	31.85 \pm 3.92 b AB	1.573 9	110	52	47.3	309	146	47.1 ab A
西村早生							301	129	42.6 ab A
晚御所	55.04 \pm 5.09 b B	32.03 \pm 2.76 ab AB	1.718 3	200	46	23.9	224	55	24.5 d C
绿柿	60.48 \pm 3.06 a A	31.23 \pm 2.41 b B	1.936 6				309	101	32.6 c BC
油柿	42.80 \pm 3.06 a E	23.35 \pm 2.39 c C	1.833 0	200	100	51.5	305	137	45.1 ab A
君迁子	48.02 \pm 0.26 d D	24.10 \pm 1.77 c C	1.992 5	100	47	44.8	307	126	40.9 b AB

注:表中数字后英文小写字母不同表示差异显著,大写字母不同表示差异极显著,下同。

2.2 花粉发芽条件

2.2.1 不同培养基对花粉萌发的影响 不同培养基的花粉发芽率有极显著差异,当蔗糖液浓度降低到 5% 时,花粉发芽率显著下降,而在培养基中加入微量的硼,发芽率明显提高(表 2)。

2.2.2 温度对花粉萌发的影响 “油柿”花粉在 20~25 室温条件下培养 8 h,发芽率为 38.1%,在 25~28 温度下发芽率为 45.1%,当温度升高到 30~33 时,发芽率仅 13.0%。试验

中还发现花粉萌发具群体效应, 当花粉密度过稀, 发芽率较低; 花粉密度适当增大, 发芽率和发芽速度也随之提高。

表 2 不同培养基上花粉发芽率

(品种: 正月)

培养基	观察总数	发芽总数	平均发芽率(%)
2% 琼脂+ 5% 蔗糖液	310	38	12.1 d D
2% 琼脂+ 10% 蔗糖液	338	94	28.0 c C
2% 琼脂+ 15% 蔗糖液	376	116	30.9 bc BC
2% 琼脂+ 10% 蔗糖液+ 5 mg/kg 硼砂	331	130	39.2 a A
2% 琼脂+ 10% 蔗糖液+ 10 mg/kg 硼砂	335	128	35.8 a AB
2% 琼脂+ 10% 蔗糖液+ 20 mg/kg 硼砂	338	124	36.6 a AB

2.3 花粉发芽规律

2.3.1 花粉发芽进程 花粉在培养基上经培养 20 min 便发芽, 培养 8~9 h 后发芽率便停止增长(表 3)。

表 3 花粉发芽进程观测

(品种: 正月)

年份	培养不同时间(h)的发芽率(%)						
	1/2	1 灑	2 灑	4 灑	6 灑	9 灑	12
1994		21.45	24.05	31.0	33.4	45.2	46.1
1995	8.0	30.9	46.6	63.0	65.0	66.8	66.4

2.3.2 花粉管生长速度 花粉发芽后的 1 h 内花粉管生长速度为 1 $\mu\text{m}/\text{h}$, 发芽后 1~3 h 的生长速度为 2.0 $\mu\text{m}/\text{h}$, 3~5 h 为 2.1 $\mu\text{m}/\text{h}$, 5 h 后生长基本停止。平均生长速度为 1.84 $\mu\text{m}/\text{h}$ 。

2.4 不同贮藏条件对柿花粉生活力的影响

为调节授粉时间和异地运输所需进行的贮藏条件, 试验结果(表 4)表明: 甜柿花粉在常温条件下可保存 5~10 d; 常温干燥可保存 15~20 d, 而低温(4~7 $^{\circ}\text{C}$)干燥条件, 可大大延长花粉的生活力, 可保存达 1 个月以上, 贮藏 1.5 a 后还有个别花粉具有生活力。

表 4 不同贮藏条件的甜柿花粉生活力

品种	花粉贮藏条件	贮藏不同时间的花粉发芽率(%)								
		1 d	3 d	5 d	10 d	15 d	20 d	30 d	6 个月	1.5 a
禅寺丸 (1994 年)	常温	39.0	25.0	17.0	2.5	0	0	0	0	
	常温干燥	39.0	30.0	21.0	12.5	8.8	3.5	2.1	0	
	低温干燥	39.0	13.0 ^①	8.0 ^①	7.2 ^①	5.5 ^①		5.0	1.6 ^②	0.1
正月 (1995 年)	常温	55.5	32.5	28.8	2.6	0	0	0	0	
	常温干燥	55.5	43.1	34.8	25.6	19.6	3.6	0	0	
	低温干燥	55.5	39.5	33.2	32.8	25.4	17.0	11.6	7.8	

①从低温下拿出花粉立即在常温下播种, 可能有部分花粉仍处于抑制状态, 发芽率比常温干燥低, 其余是待花粉从低温恢复到常温后再播种。②贮藏 1 a。

2.5 柿各品种的开花生物学特性

2.5.1 开花物候期及开花习性 柿各品种的花期一般为 5 月上、中旬, 受当年气候因子影响甚大(表 5)。花期一般为 7~8 d, 雄花期可长达 10~15 d。大多数完全甜柿、涩柿品种仅具雌花, 裂御所、腾原御所、花御所、晚御所等完全甜柿和涩柿品种“绿柿”等具少量雄花, 每朵花的

花粉量很少;大多数不完全甜柿品种具有雄花,以“禅寺丸”、“正月”等品种的雄花多、花粉量大。花期较早的品种有西村早生、平核无,较迟的品种有罗田甜柿、骏河、水柿、正月;雄花期最长的为正月;油柿、君迁子的花期比正月还要迟4~6 d。富有、松本早生富有、东洋一、次郎等开花期中等的品种与“禅寺丸”雄花期较一致,而骏河、裂御所等花期晚的品种与“禅寺丸”雄花期不相遇。大多数花期中、晚的品种与“正月”雄花期较一致。“西村早生”与“赤柿”雄花期相一致,盛花期与“正月”雄花期可相遇2~3 d。

就一株树而言,树冠上层的花先开放,接着是中下层;同层柿花,朝南方向先开,朝北的迟开;同一结果枝上着生多数花时,中下部的花先开,最基部和最上端的花迟开。具雄花的品种,表现为雄花比雌花先开1~2 d,花期迟结束2~3 d。同一花序的雄花,中间一朵先开,旁边的后开。一天中,以清晨5~6时为开放高峰,其次为下午2~4时。

表5 柿主要品种的花期

品种	性别	日期(日) 1994—05			花期天数 (d)	日期(日) 1995—05			花期天数 (d)
		初花期	盛花期	末花期		初花期	盛花期	末花期	
富有		06~07	08~09	10~11	6	10~12	13~15	16~17	8
次郎		05~06	07~08	09~11	7	09~11	12~15	16~18	10
禅寺丸	雄花	04~05	06~08	09~13	10	08~11	12~15	16~19	12
	雌花	05~06	07~08	09~12	8	09~10	11~12	13~15	7
松本早生富有		07~08	09~10	11~12	6	11~13	14~16	17~18	8
罗田甜柿		09	10~12	13~14	6	14~15	16~18	19~20	8
西村早生	雄花	01~04	05~09	10~13	13	05~08	09~13	14~18	14
	雌花	02~03	04~06	07~10	9	06~07	09~10	11~13	8
平核无		05	06~07	08~09	5	08~09	10~13	14~15	8
甲州百目		08	09~10	11~13	6	14	15~17	18~19	6
裂御所		07~08	09~11	12~13	7	13~16	17~18	19~20	8
骏河		08~09	10~11	12~14	7	14~17	18~19	20~21	8
腾原御所		07	08~09	10~12	6	13~14	15~17	18~19	7
东洋一		07	08~09	10~11	5	12~13	14~17	18~19	8
若杉系次郎		05	06~07	08~09	5	08~09	10~12	13~15	8
正月	雄花	02~04	05~10	11~15	14	08~10	11~15	16~22	15
	雌花	04~06	07~09	10~12	9	10~13	14~16	17~19	10
伊豆		07	08~09	10~12	6	09~13	14~18	19~20	12
晚御所	雄花	03~05	06~09	10~12	10	08~10	11~17	18~20	13
	雌花	04~05	06~08	09~11	8	09~12	13~16	17~18	10
花御所		04~05	06~07	08~09	6	09~10	11~13	14~16	8

2.5.2 单花开放过程 单花开放可分为7个时期:(1)现蕾:一般在4月上、中旬出现。(2)裂萼露白:花萼分离,露出白色或稍带绿色的花瓣。从现蕾到这一时期需20 d左右。(3)瓣松:花瓣全露,花瓣间松动。从露白到瓣松需5~6 d。(4)初开:花瓣松动,尖端出现小孔,但仍紧包柱头。从瓣松到初开需0.5~1 d。(5)瓣立:花瓣分离,呈直立状,可见到柱头。从初开到瓣立需0.5~1 d。(6)瓣倒:花瓣平展或向后反卷,露出子房和退化雌蕊,从瓣立到瓣倒需0.5 d。(7)瓣枯枯萎:花瓣枯落,柱头枯萎。花开放2 d后花瓣便开始枯黄脱落。经自然授粉和人工授粉的花,开放3~4 d后柱头变焦黄,无授粉能力。而套袋没有授粉的花6 d内柱头仍保持新鲜。单花开放过程中与气温关系较大。如晴天气温高,从瓣松到瓣倒需1 d,而阴雨天需2~3 d。

2.6 单性结实的观察

从表 6 可知, 除甲州百目外, 涩柿类多数品种单性结实力较强, 甜柿多数品种单性结实力弱。这与日本的研究结果相同^[1]。经检验, 大部分品种的自然授粉坐果率与单性结实坐果率间有极显著差异。通常甜柿和涩柿优良品种多属单雌性, 因此, 在生产中甜柿和部分涩柿品种极有必要配置授粉树。

表 6 柿品种的单性结实力

授粉方式	项目	完全甜柿			不完全甜柿			涩柿		
		晚御所	腾原御所	骏河	东洋一	正月	平核无	甲州百目	玉环长柿	水柿
单性结实	花总数(朵)	30	31	40	32	14	37	28	38	36
	坐果率(%)	3.3	0	15	0	7.1	40.5	0	57.9	100
自然授粉	花总数(朵)	43	31	32	29	38	44	26	36	32
	坐果率(%)	58.1**	41.9**	53.1**	62.1**	84.2**	63.6	46.2**	72.2	100

** 示差异极显著。

2.7 柿品种授粉组合的亲合性

2.7.1 不同物种、品种授粉组合的坐果率 从表 7 可以看出, 不同受粉组的坐果率由 32% ~ 100% 不等, 以“正月”为父本的授粉组合坐果率较高, 而以“晚御所”为父本的较低。在以“骏河”为母本的组合中, 用“西村早生”作父本坐果率低, 仅 35.3%, 低于其自然授粉坐果率(表 6), 以“正月”、“晚御所”作父本, 坐果率 60% 以上。以“裂御所”为母本的组合中, 用“正月”作父本坐果率高达 100%。以“平核无”为母本的授粉组合, 果常常无种子或即使有极少数种子也发育不饱满。次郎(六倍体、母本) × 油柿(二倍体)、次郎 × 君迁子(二倍体)、东皋红柿(六倍体、母本) × 君迁子、平核无(九倍体) × 君迁子等组合都未获得成功, 表现出亲本间不亲和。以伊豆为母本的授粉组合, 坐果率通常在 10% 以下。

表 7 不同授粉组合的坐果率

(单位: %)

父本♂	母本						
	松本早生富有	罗田甜柿	平核无	裂御所	骏河	腾原御所	东洋一
西村早生	45.5	77.7		88.2	35.3	62.5	53.5
正月		95.1	51.7	100	60		64.7
晚御所	50	88.9	45.5	58.3	62.5	32.4	50

2.7.2 品种间正反交的坐果率 经检验(表 8), 相同品种组合的正反交坐果率都无显著差异。不同组合中, “腾原御所”与“晚御所”之间正、反交的坐果率都较低, “晚御所”、“西村早生”与“正月”之间, 正反交坐果率高, “晚御所”、“正月”自花授粉率高。

2.7.3 不同类型品种间的授粉组合 从表 9 可见, 以完全甜柿作父本的组合中, 坐果率

较低, 而以不完全甜柿作父本坐果率较高。在以完全甜柿为母本的组合, 特别是完全甜柿相互间的交配, 获得有种子组合数的比例较低。根据池田勇等^[3]的研究结果, 完全甜柿与非完全甜柿这两种性状是质量性状的遗传, 且前者对于后者是隐性。因此, 要培养出我国优良的完全甜

表 8 柿不同品种间正反交、自交坐果率

组合类型	品种组合	正交(%)	反交(%)
PCNA × PCNA	腾原御所 × 晚御所	32.4	23.1
PCNA × PCNA	晚御所 × 花御所	73.3	66.7
PCNA × PCNA	晚御所 × 晚御所	86.8	
PCNA × PVNA	晚御所 × 正月	66.7	59.5
PVNA × PVNA	西村早生 × 正月	74.4	66.7
PVNA × PVNA	正月 × 正月	66.7	

柿品种, 必须扩大完全甜柿品种间的交配。

表 9 1993~1995 年柿不同类型品种授粉组合的坐果率

亲 本	完全甜柿♂				不完全甜柿♂				涩 柿 ♂			
	授粉 组合数	获得 组合数	授粉 花数	坐果率 (%)	授粉 组合数	获得 组合数	授粉 花数	坐果率 (%)	授粉 组合数	获得 组合数	授粉 花数	坐果率 (%)
完全甜柿()	8	5	182	56.04	12	11	248	67.3	2	2	38	57.9
不完全甜柿()	2	2	41	58.5	7	7	254	65.0				
涩柿()	1	1	44	45.5	5	3	172	47.7				
罗田甜柿()	2	2	60	55.0	3	3	237	71.3	1	1	8	62.5
合 计	13	10	327	54.7	27	24	911	64.0	3	3	46	58.7

3 结 论

(1) 不同物种、品种的花粉粒大小、花粉生活力有明显差异。花粉发芽率一般在 40% 以上, 高者达 66.8%, 但完全甜柿、涩柿品种发芽率较低。温度 25℃、10%~15% 蔗糖液适宜于花粉发芽, 花粉密度适当增大和 5~20 mg/kg 硼砂促进花粉的萌发。因此在花期喷硼, 授粉时增加花粉量及适宜天气、气温有利于授粉和受精。

(2) 温度、湿度、时间是影响花粉贮藏和生活力的主要因子。4~7℃ 低温干燥条件能显著延长花粉生活力, 但半年后花粉生活力降至 10% 以下, 不宜用于人工授粉。因此, 要延长花粉贮藏时间, 必须采取更低的温度贮藏。

(3) 柿品种花期一般为 7~8 d, 同一品种雄花期比雌花期长 3~5 d, 单花寿命 5~7 d。一天中以早上 5~6 时为开放高峰, 在上午柱头出现粘液便可进行人工授粉。我国在涩柿传统栽培中, 很少考虑过授粉树的配置。作者认为, 甜柿和部分涩柿品种单性结实力弱, 生产上极有必要配置授粉树, 以提高产量。授粉品种的选择, 应考虑授粉的亲和性、花期、花粉量及其生活力、授粉品种果实的商品价值等情况。有雄花的完全甜柿、涩柿品种及油柿、君迁子等不宜作授粉树。不完全甜柿品种“禅寺丸”、“正月”等花期长、花粉多、发芽率高, 是较理想的授粉树; “西村早生”花粉量较少, 花期过早, 与大多数品种花期不一致, 不宜作授粉树。“禅寺丸”宜作开花期中等品种, 如富有、松本早生、东洋一、次郎等的适宜授粉品种, 而不宜作花期晚的品种如骏河、裂御所等的授粉树; “正月”是大多数开花期中、晚品种的适宜授粉树; 开花最早的“西村早生”宜用“赤柿”作授粉树, “正月”次之。

(4) 柿、油柿、君迁子种间杂交表现不亲和性, 其原因有待进一步观察。9 倍体平核无同 6 倍体柿品种间的杂交难以获得杂交后代。完全甜柿品种晚御所、花御所、腾原御所、裂御所等是具雄花的优良杂交亲本。“正月”果实大、风味佳, 与众多品种授粉亲和性好, 也是一个优良的杂交亲本。以完全甜柿作父本授粉坐果率低, 作者认为完全甜柿品种花粉量少、发芽率低是其主要原因。因此, 要获得优良的完全甜柿品种, 必须加大完全甜柿品种间的杂交, 并采用多次授粉增加花粉量、花期喷硼等方法来提高其授粉成功率。

参 考 文 献

- 1 傍岛善次. 柿. 日本东京: 朝仓书店, 1961. 120~121.
- 2 中川昌一(曾骥等译). 果树园艺原论. 北京: 农业出版社, 1982. 97~117, 202~246.

- 3 中国科学院植物研究所形态室孢粉组. 中国植物花粉形态. 北京: 科学出版社, 1960. 115 ~ 116.
- 4 池田勇, 山田昌彦, 栗原昭夫, 等. カキの甘渉の遺云. 园艺学会杂志, 1985, 58(1): 39 ~ 45.

Study on Pollination Biology in Persimmon Trees

Gang Bangchu Wang Jinfeng

Abstract There were great differences among different persimmon varieties and species for pollen size and pollen germination. The pollen germination rates for pollination variant of non-astringent, *Diospyros oleifera* and *D. lotus* were greater than 40%, but lower for pollination constant of non-astringent. Boron (5 ~ 20 mg/kg) greatly improved pollen germination rate. The storage period of fresh pollen in normal temperature range was from 5 ~ 10 days, but 15 ~ 20 days in normal temperature and dry condition, and over 30 days in cooler temperature and dry condition. Parthenocarpy capacity was poor for non-astringent varieties and some astringent varieties, so pollen supplying trees are necessary to be planted in fruit gardens. Zenjiomaru variety was used as pollen trees which have middle flowering period. But Shougatsu variety has middle or later flowering period. The compatibility among species from persimmon genus was poor, but there were greater differences for fruit setting among varieties, with higher setting rate if Shougatsu was used as male parent tree. 5 superior male parent varieties were suggested.

Key words persimmon pollen vitality pollination biology

Gang Bangchu, Assistant Professor, Wang Jinfeng (The Research Institute of Subtropical Forestry CAF Fuyang, Zhejiang 311400).