

柿属植物 3 种及栽培柿 17 个品种的抗寒性

冷平

(中国农业大学园艺学院)

山村宏 板村裕之

(日本岛根大学生物资源科学部)

摘要 用电解质渗出率法和示差热分析法(DTA)测定了柿属植物(*Diospyros*) 3 个种及栽培柿(*D. kaki*) 17 个品种的抗寒性。结果表明, 柿属植物种间抗寒性存在着很大差异, 而栽培柿品种间抗寒性差异不大。供试材料中, 君迁子 *D. lotus* 最为抗寒, 其中 *D. lotus* 的抗寒性为 -29.1°C , *D. lotus* 的为 -28.6°C ; 其次为栽培柿 *D. kaki*, 供试 17 个品种的抗寒性范围在 -21.0°C ~ -27.0°C 之间; 原产于亚热带地区的台东豆柿 *D. taitoensis* 最不抗寒, 仅耐 -16.5°C 低温。降温速度对于树体冻害影响极大。若气温降至某一低温值, 则到达该低温值所用时间越长, 树体受低温伤害越重。低温驯化可在某种程度上提高柿品种的抗寒性。此外, 供试材料抗寒性的强弱与其是否为甜或涩品种无关。

关键词 柿; 抗寒性; 电解质渗出率; 示差热分析(DTA); 低温驯化

分类号 S665.2

Freezing Resistances of Three *Diospyros* Species and Seventeen Kaki Cultivars

Leng Ping

(College of Horticultural Science, CAU)

Yamanura Hiroshi Itamura Hiroyuki

(Shimane University, Japan)

Abstract The freezing resistance of three *Diospyros* species and seventeen cultivars of *D. kaki* was evaluated by the differential thermal analysis (DTA) and electrolyte leakage from the tissues after freezing treatments. The results showed that the difference of freezing resistance between the three *Diospyros*'s was significant, but there was no significant difference among the kaki cultivars. The hardiest species during the coldest period of the season was *D. lotus* (was -29.1°C , was -28.6°C) followed by *D. kaki* (-21.0°C ~ -27.0°C), and the least hardy was *D. taitoensis* (-16.5°C) which is distributed in subtropical Taiwan. The rate of temperature decreasing significantly affected the trees' freezing resistance. The duration to attain some low injury temperature was shown to be of significance: the results showed that, the more the duration was long, the more the trees suffered from freezing injury. To some degree, cold acclimation could increase the freezing resistances of kaki cultivars. No relationship was found between freezing resistance and sweet or astringent cultivars of Japanese persimmons.

Key words *Diospyros kaki*; freezing resistance; electrolyte leakage; DTA; cold acclimation

柿属植物(*Diospyros*) 主要分布于热带和亚热带, 少数产于温带, 全世界约有 200 余种, 我

收稿日期: 2000-06-23

冷平, 北京圆明园西路 2 号中国农业大学(西校区), 100094



国有49种^[1]。其中,在生产上作为果树或砧木而被大量应用的柿,君迁子,油柿,浙江柿等均原产我国。柿子自7世纪和14世纪先后传入日本及朝鲜半岛后,在东亚地区得到了长足发展^[2-5]。尤其是日本在品种改良,栽培技术及开发利用等方面均居国际领先地位。近年,柿子已由东亚逐渐传播到世界各国。然而,起源于亚热带森林的柿子不耐寒冷,在其栽培北限冻害问题相当严重,低温成为限制北部地区柿子生产的重要因素;而且迄今,评价柿属植物及柿品种抗寒性的客观数值指标极少。

本研究对柿属植物3种及17个柿品种的抗寒性进行调查,为柿属植物的抗寒性研究及北部地区柿子栽培与引种提供理论依据。

1 材料与方 法

本实验于1994-09~1995-01在日本岛根大学校内进行。

1.1 材 料

日本岛根大学生物资源科学部实验地栽植的柿属植物3种及柿品种17个。

君迁子 *D. lotus* 和、台东豆柿 *D. taiioensis* 和栽培柿 *D. kaki*。栽培柿 *D. kaki* 共17个品种,其中完全甜柿有富有、花御所;不完全甜柿有西村早生、禅寺丸、四谷;完全涩柿有西条、仓光、爱宕、寺社、三郎座、晚御所、横野、叶隐、守屋、磨盘;不完全涩柿有平核无、会津身不知。

1.2 方 法

从供试树上采取1年生成熟枝条若干,做以下3个处理。

将每种或品种的枝条分成8组,放入程控冰箱内。从5℃开始,每1h降温5℃,在每个设定温度停留5h后再继续降温,即5℃→0℃,在0℃停留5h后,拿出1组样品,然后继续降温至-5℃,停留5h后再拿出第2组样品,依此类推,直至降温至-35℃。

将上述各处理后的枝条放在实验室内(室温18℃左右),24h后测定其电解质渗出率^[6],并留部分枝条进行水培,20d后观察芽的萌芽率及枝、芽组织褐变情况,判定以电解质渗出率达50%时的处理温度作为试材的抗寒性是否合适,并根据其他指标进行枝条抗寒性的综合判定。

电解质渗出率法^[6]:植物组织受到低温伤害后细胞膜透性变大,从细胞内流出的电解质变多,组织渗出液的导电率增大。通过组织渗出液导电率的变化可判断细胞受害情况。测定时取试材中上部枝段,剪成0.5cm长后称取5g放入150mL三角瓶中,加入重蒸馏水40mL,封口膜封口。12h后测定电导值 C_1 ,然后加盖煮沸30min杀死组织,取出再静置12h后测定电导值 C_2 ,重复3次。电解质渗出率= $C_1/C_2 \times 100\%$ 。

将供试材料放入程控冰箱内,从5℃开始每1h降温8.5℃,连续降温至-35℃。每隔1h拿出1组样品,测试方法同上。

用示差热分析法^[7-9](DTA, differential thermal analysis)测定供试材料的LTE(low temperature exotherm)值。如图1所示,用该法测定柿子‘富有’新梢木质部时,随着冷却温度降低,有2次明显的潜热放出。第1次潜热放出A出现在-11℃,它是细胞外冻结时放热所致,而在更低的温度下出现了第2次放热B。它是由细胞内冻结放热所致。细胞内冻结并潜热放出时的温度为该物种的抗寒性^[10,11]。测定时,试材取枝条中央约5cm长的枝段。DTA装置的2个接点,一个接对照(充分干燥使冷却处理时不发热),另一个接供试材料。木质部组织内

同时插入测温度用的热电偶, 测定 2 接点间的热电位差。降温速度为 $8.5 \cdot \text{h}^{-1}$, 连续降温。LTE 值取潜热发生最高点的值。

另外, 从秋至冬对供试材料进行低温驯化处理。自 1994-09~1995-01, 每月采取枝条后做以下 3 个处理(分别用 A, B, C 表示), A 立刻进行抗寒性测定; B 对枝条进行低温(9~10 月, 7 ; 11~12 月, 4 ; 1 月, 0)和连续照明处理(6 支 40 W 日光灯管), 5 d 后测定; C 对枝条进行同上低温处理和短日照(6 支 40 W 日光灯管, $8 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$ 照明)处理, 5 d 后测定。

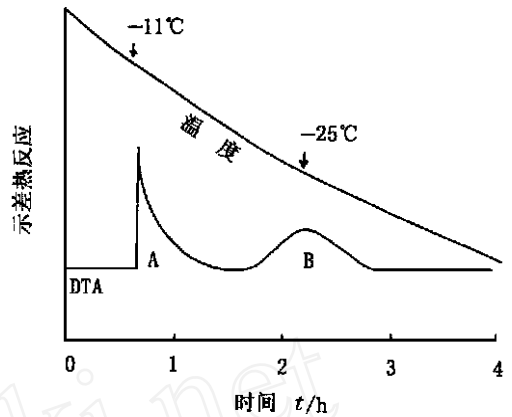


图 1 柿子‘富有’新梢木质部 DTA 分析
A. 细胞外结冰时放热 B. 细胞内结冰时放热

2 结果与分析

本实验对供试材料进行梯度温度处理后, 经水培后调查其萌芽率及组织褐变情况, 证明以电解质渗出率达 50% 时的处理温度作为试材的抗寒性是适宜的。用 DTA 和电解质渗出率 2 种方法所测数据基本一致。

2.1 柿属植物种间抗寒性的比较

供试柿属植物中, 种间抗寒性存在很大差异, 而品种间差异不大(表 1)。其中, *D. lotus* 最为抗寒, *D. lotus* 的抗寒性为 -29.1 , *D. lotus* 为 -28.6 。栽培柿 *D. kaki* 的抗寒性次之, 供试 17 个品种的抗寒性范围在 $-21.0 \sim -27.0$ 。而原产于亚热带地区的台东豆柿最不抗寒, 仅抗 -16.5 低温。

2.2 栽培柿品种间抗寒性的比较

供试柿品种间的抗寒性范围是 $-21.0 \sim -27.0$ 。其中, 比中国北部的主栽品种‘磨盘’还抗寒的品种有‘守屋’(鹿儿岛原产)、‘仓光’(石川原产)、‘会津身不知’(福岛原产)。而‘西条’(广岛原产)、‘四谷’(福井原产)和‘叶隐’(福冈原产)的抗寒性最差。

2.3 降温速度及低温持续时间对抗寒性的影响

降温速度对于树体冻害影响极大^[12]。若气温下降至某一低温值, 则到达这一低温值所需时间越长, 树体受害越严重。所以, 降温速度过快, 则树体的致死低温值降低。如表 2 所示, 当以 $8.5 \cdot \text{h}^{-1}$ 的速度连续降温(处理 2, 处理 3)时, 所测得的临界致死低温数值低于处理 1 所测数值。在处理 2 和处理 3 快速降温条件下, 供试柿品种的致死低温范围在 $-24.6 \sim -31.6$ 。据调查, 这个温度范围比实际情况要低 3~4。

2.4 低温驯化对柿属植物(*D. iospyros*)和柿品种(*D. kaki*)抗寒性的影响

如表 3 所示, 低温驯化可使供试材料的抗寒性提高 1~2。低温和短日照组合处理的效果高于其他 2 处理。低温长日照处理的 B 值与 A 值差异大, 接近于 C 值, 表明处于休眠期的离体柿枝条在低温驯化过程中, 低温对提高其抗寒力的作用要强于短日照。

表1 柿属植物(*D. iospy ros*) 3种和栽培柿(*D. kaki*) 17个品种的抗寒性

种	品 种	抗 寒 性 θ /		
		安全界限温度	临界致死低温	
君迁子 <i>D. lotus</i> ()			- 29.1 ± 0.51	
			- 28.6 ± 0.60	
栽培柿 <i>D. kaki</i>	守屋	Moriya	- 20 ± 0.45	- 27.0 ± 0.54
	仓光	Kuramitsu	- 18 ± 0.65	- 25.6 ± 0.50
	会津身不知	Aizumishirazu	- 18 ± 0.46	- 25.2 ± 0.48
	磨盘	Mopan	- 18 ± 0.53	- 25.0 ± 0.57
	富有	Fuyu	- 17 ± 0.67	- 24.8 ± 1.00
	寺社	Jisha	- 17 ± 0.80	- 24.2 ± 1.01
	平核无	Hiratanenashi	- 16 ± 0.10	- 24.0 ± 1.50
	花御所	Hanago sho	- 16 ± 0.51	- 23.9 ± 0.50
	爱宕	Atago	- 15 ± 0.80	- 23.7 ± 0.84
	晚御所	Okugoshō	- 15 ± 0.40	- 22.9 ± 0.42
	横野	Yokono	- 15 ± 0.51	- 22.6 ± 0.51
	三郎座	Sabrouza	- 15 ± 0.58	- 22.3 ± 0.60
	禅寺丸	Zenjimarū	- 15 ± 0.67	- 22.2 ± 0.70
	西村早生	Nishimurawase	- 15 ± 0.67	- 22.0 ± 0.70
	西条	Saijō	- 15 ± 0.52	- 21.9 ± 0.51
	四谷	Yotan	- 15 ± 0.52	- 21.3 ± 0.53
	叶隐	Hagakushi	- 15 ± 0.45	- 21.0 ± 0.42
台东豆柿 <i>D. taitoensis</i>			- 10 ± 0.45	- 16.5 ± 0.40

注: 表中数值为3个重复处理的平均值 ± 标准差。

表2 快速降温时柿属植物(*D. iospy ros*) 及柿品种(*D. kaki*) 的低温耐性

种	品 种	低 温 耐 性 θ /		
		安全界限温度	临界致死低温	
栽培柿 <i>D. kaki</i>	守屋	Moriya	- 22.0 ± 0.56	- 31.6 ± 0.62
	仓光	Kuramitsu	- 18.2 ± 0.50	- 29.4 ± 0.32
	会津身不知	Aizumishirazu	- 18.7 ± 0.37	- 28.3 ± 0.46
	磨盘	Mopan	- 17.2 ± 0.78	- 28.1 ± 0.74
	富有	Fuyu	- 16.8 ± 0.89	- 27.7 ± 1.13
	寺社	Jisha	- 16.7 ± 0.87	- 27.2 ± 1.04
	平核无	Hiratanenashi	- 16.3 ± 0.12	- 27.1 ± 1.67
	花御所	Hanago sho	- 16.0 ± 0.67	- 27.0 ± 0.54
	爱宕	Atago	- 15.9 ± 0.89	- 26.6 ± 0.92
	晚御所	Okugoshō	- 15.6 ± 0.57	- 25.7 ± 0.32
	横野	Yokono	- 15.8 ± 0.56	- 25.7 ± 0.50
	三郎座	Sabrouza	- 15.8 ± 0.56	- 25.3 ± 0.66
	禅寺丸	Zenjimarū	- 16.2 ± 0.10	- 25.2 ± 0.76
	西村早生	Nishimurawase	- 16.1 ± 0.10	- 24.9 ± 0.10
	西条	Saijō	- 15.1 ± 0.54	- 24.8 ± 0.49
	四谷	Yotan	- 15.0 ± 0.52	- 24.8 ± 0.69
	叶隐	Hagakushi	- 15.2 ± 0.45	- 24.6 ± 0.32
台东豆柿 <i>D. taitoensis</i>			- 10.0 ± 0.46	- 19.2 ± 0.60

注: 表中数值为3个重复处理的平均值 ± 标准差。

表 3 低温驯化对台东豆柿 (*D. taitoensis*) 和柿品种 (*D. kaki*) 的抗寒性的影响

种 品种	处理	取 样 时 间 θ /				
		9 月	10 月	11 月	12 月	1 月
富有	A	- 5.1	- 10.2	- 20.5	- 22.1	- 24.8
	B	- 6.4	- 12.4	- 22.4	- 23.6	- 26.5
	C	- 6.9	- 12.6	- 22.6	- 24.8	- 27.2
平核无	A	- 5.3	- 10.2	- 17.8	- 21.2	- 24.0
	B	- 6.5	- 11.1	- 21.4	- 23.4	- 26.4
	C	- 6.9	- 12.1	- 22.1	- 24.8	- 26.9
西条	A	- 4.7	- 10.7	- 20.0	- 22.6	- 21.9
	B	- 5.3	- 11.7	- 22.2	- 21.9	- 23.7
	C	- 5.8	- 11.8	- 22.8	- 23.3	- 24.8
磨盘	A	- 5.3	- 11.5	- 20.7	- 23.2	- 25.0
	B	- 6.5	- 12.6	- 22.4	- 24.0	- 28.2
	C	- 6.8	- 13.0	- 22.7	- 25.0	- 28.3
台东豆柿	A	- 4.0	- 8.3	- 12.0	- 15.5	- 16.5
	B	- 4.4	- 8.2	- 14.5	- 15.5	- 18.4
	C	- 4.5	- 8.3	- 17.1	- 15.8	- 18.6

注: 表 3 中数值为 3 次重复处理的平均值。

2.5 柿品种的抗寒性与其品种的甜、涩无关

一般认为, 涩柿品种比甜柿品种抗寒。但在本试验中, 供试品种树体抗寒性的强弱与其是否是甜或涩柿无关。如供试品种中完全涩柿 (PCA: pollination constant astringent) ‘西条’ 的抗寒性比完全甜柿 ‘富有’ (PCNA: pollination constant non astringent) 及不完全甜柿 ‘平核无’ (PVNA: pollination variant non astringent) 的都弱。在秋季气温较低的地区, 甜柿果实挂在树上不能完全脱涩。但是, 甜柿的树体未必不抗寒。

3 讨论

日本的柿子多为 7 世纪前后从中国大陆传入, 经改良而成为现在的柿品种^[2-5]。日本的地形南北跨度大, 从鹿儿岛到新泻, 冬季的气温差相当大。可是本实验在进行比较时, 柿品种间抗寒性在 -21.0~ -27.0 范围, 品种间的最大差在 6 以内。说明日本柿子的抗寒遗传变化范围很窄。本实验所测数值与近年姜成求、杉浦 明^[13] 及王仁梓、杨勇、李高超^[14] 对柿子抗寒性研究的结果相一致。

作为柿属植物, 柿品种抗寒性的鉴定方法, 与电解质渗出率法相比, 示差热分析法具有简便、快速、精确度高, 节省试材等优点。缺点是不能同时进行大量样品的比较。

本实验处理 1 模仿自然降温状况而设计 (每 1 h 降温 5 °C 且在每个设定温度停留 5 h) 所测数据比较符合实际情况。而处理 2 和处理 3 降温速度过快, 且是连续降温, 这种情况在自然界少见, 所测数值与实际情况相比偏低。

植物的抗寒力是在具有抗寒种质的基础之上通过低温锻炼而获得的。一般经过 3 阶段。

第1阶段由短日照和低温引起,叶片内光敏色素感知短日照后,产生1种或多种激素,传至全株使之停长,并改变其代谢作用,当气温低于15℃则低温驯化开始。停长是进入低温驯化第1阶段的一个重要条件。因为只有停长,才能降低组织的水势和作用,并改变代谢方向。南方树种引种到北方后,由于秋季不能停长,因而很难顺利通过第1阶段。第2阶段由低温(0℃左右)和代谢的变化而引起。第3阶段由于长时间处于低温(-10~-30℃或更低)而引起。本实验所用试材为早已停长且进入休眠期的柿枝条,因而在低温驯化过程中,低温对其诱导作用要大于短日照。即表3中B值与A值差异大,接近于C值。

参 考 文 献

- 1 牟云官,曲泽州,孙云蔚编 果树种类论 北京:农业出版社 1990,244~ 253
- 2 Ng F S P. The origin of *Diospyros lotus* and other notes on the genus *Diospyros* (Ebenaceae). Malaysian Forester, 1979, 42: 165~ 170
- 3 山村 宏 柿子. 见:杉浦 明编. 果树. 园艺ハンドブック. 东京:养贤堂, 1991, 412~ 413
- 4 池上隆雄 栽培柿の起源に関する形态学的研究 大阪学芸大学纪要, 1964, B-13: 151~ 202
- 5 杉浦 明 カキの起源と品种分化 育种学最近の进步 日本育种学会编, 1983, 25: 30~ 37
- 6 孙秉钧,黄礼森,李树玲,浦富慎 利用电解质渗出率方法测定梨的抗寒性 中国果树, 1987, (1): 15~ 18
- 7 酒井 昭 植物的耐冻性と寒冷适应——冬の生理、生态学,学会出版センター, 1982, 98~ 104
- 8 酒井昭 ツツジ属の耐寒性 日本园艺学会杂志, 1983, 52: 294~ 301
- 9 Quamme H A. Application of thermal analysis to breeding fruit crops for increased cold hardiness Hort Science, 1991, 26: 513~ 517
- 10 Quamme H A, Chen P M, Gusta L V. Relationship of deep supercooling and dehydration resistance to freezing injury in dormant stem tissues of 'Sarkis Delicious' apple and 'Siberian C' peach. J Amer Soc Hort Sci, 1982, 107: 299~ 304
- 11 Ashworth, et al The freezing of water in woody tissues of apricot and peach and the relationship to freezing injury. J Amer Soc Hort Sci, 1983, 108: 299~ 303
- 12 贺来章辅 低温伤害 见:胜见允行,增田芳雄编. 实验生物学讲座(第五册),植物生理 东京:丸善, 1983, 226~ 236
- 13 姜成求,本杉日野,米森敬三,杉浦 明 示差热分析によるカキ冬芽の耐冻性の評価について. 日本园艺学会杂志, 1993, 62(别2,园艺学会大会论文集): 188~ 189
- 14 Wang Renzi, Yang Yong, Li Gaochao. Research on cold hardiness of germplasm resources of persimmon (*Diospyros kaki*). Acta Hort, 1997, 436: 101~ 107