

低温对杧果花粉母细胞减数分裂过程中核仁及染色体行为的影响

黄镜浩^{1,2,3}, 武红霞¹, 王松标¹, 梁国鲁³, 汪卫星³, 马蔚红^{1*}

(¹ 中国热带农业科学院南亚热带作物研究所, 广东湛江 524091; ² 福建省农业科学院果树研究所, 福州 350013; ³ 西南大学园艺园林学院, 重庆 400716)

摘要: 采用改良涂片法对低温和常温条件下杧果‘台农1号’和‘Irwin’花粉母细胞减数分裂过程进行观察, 结果表明: 杧果花粉母细胞胞质分裂为同时型。常温(25~30℃)条件下, 花粉母细胞减数分裂过程较为正常, 双线期染色体主要形成二价体, 二价体构型以“V”、“O”、“Y”、“X”型、点状和棒状等形式存在, 以点状、“V”和“O”型较多见, 出现少量的单价体和多价体, 其中台农1号为0.79%和4.76%, Irwin为0和3.57%; 同时仅在少量中期II和后期II花粉母细胞中观察到落后染色体。低温(10~20℃)条件下, 减数分裂过程中核仁的行为发生大量异常, 微核仁的平均检出率高达22.88%, 明显高于常温条件下的平均值(4.56%); 双线期单价体和多价体的发生频率有明显增加, 其中台农1号中为8.82%和17.65%, Irwin中为14.52%和24.19%; 减数分裂中期I、II及后期I、II均观察到落后染色体, 其中台农1号的异常率为12.73%、5.63%、15.79%和4.76%, Irwin为11.11%、7.61%、9.52和6.38%。低温条件下减数分裂异常可能是造成雄性不育的重要原因。

关键词: 杧果; 花粉母细胞; 低温; 减数分裂; 异常

中图分类号: S 667.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2008) 08-1101-08

Effect of Low Temperature on Nucleolus and Chromosomes' Behavior of Mango (*Mangifera indica* L.) PMC During Meiosis

HUANG Jing-hao^{1,2,3}, WU Hong-xia¹, WANG Song-biao¹, LIANG Guo-lu³, WANG Wei-xing³, and MA Wei-hong^{1*}

(¹ South Subtropical Crops Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Zhanjiang, Guangdong 524091, China; ² Pomological Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350013, China; ³ College of Horticulture and Landscape, Southwest University, Chongqing 400716, China)

Abstract: The developed smearing method was adopted to observe the process of PMC meiosis of Mango (*Mangifera indica* L.) ‘Tainong 1’ and ‘Irwin’ in this article. The results were as follows: The cytoplasm deviation of mango PMC was simultaneous type. Under normal temperature (25–30℃), the process of pollen mother cell meiosis is normal; The most of chromosomes become bivalents which like “V”, “O”, “Y”, “X”, sticks and dots, and mainly like dots, “V” and “O”, but a few of univalent (0.79% of Tainong 1 and 0 of Irwin) and multivalent (4.76% of Tainong 1 and 3.57% of Irwin) had been observed. While under natural low temperature (10–20℃), a great deal of abnormalities, including micro nucleoli, scattered and lagged chromosomes and anaphase bridges were detected during PMC meiosis, even though the abnormalities were different between the two cultivars; The ratio of micro nucleoli was 22.88% of average, which was obviously higher than that of control (4.56% of average under normal temperature); And the ratios of univalent

收稿日期: 2008-04-24; 修回日期: 2008-06-17

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项项目; 林业科技支撑计划项目(2006BAD01A1705); 公益性行业科研专项项目(nyhyz07-032-3); 农业科技成果转化项目(2006GB23260382)

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: zjwhma@163.com)

and multivalent in diplotene, which increased seriously, were 8.82% and 17.65% of Tainong 1, and 14.52% and 24.19% of Irwin under natural low temperatures. Abnormalities during meiosis under natural low temperatures might play a role in male sterile.

Key words: *Mangifera indica* L.; PMC; low temperature; meiosis; abnormality

杧果 (*Mangifera indica* L.) 果核大, 果实的可食率相对较低。提高果实的可食率, 对食用品质的改善具有重要的现实意义。自然条件下, 花期的持续低温可诱导杧果无胚果实形成。国内外研究发现, 温度对杧果花粉活力影响很大 (Issarakraisila & Considine, 1994; 范眸天 等, 1996; Dag et al., 2000), 当温度由 30 °C 下降到 20 °C 以下时, 参试品种的平均花粉萌发率由 80.23% 下降至 53.93% (Sukhvibul et al., 1999), 甚至无萌发 (范眸天 等, 1996), 因而国内外学者将杧果有性生殖期间低于 20 °C 的温度定义为低温。系统观察低温条件下杧果花粉母细胞减数分裂过程中的染色体和核仁行为及其异常现象, 对杧果的发育生物学研究, 探究雄性不育的机理具有理论意义。

1 材料与方法

试验材料为保存于中国热带农业科学院南亚热带作物研究所杧果种质资源圃内的杧果台农 1 号 (Tainong 1) 和 Irwin 品种, 二者均为二倍体 ($2n=40$)。

2005 年 1 月下旬和 2006 年 3 月下旬, 冷空气来临后的第 2 天或第 3 天, 当田间日最高气温低于 20 °C 而最低温度在 10 °C 以上时, 随机从两品种植株上选取花序用卡诺氏固定液固定 6 h 以上, 转移至 70% 乙醇中于 4 °C 冰箱内保存备用。2006 年 10 月中下旬当田间日最高气温低于 30 °C 而最低温度不低于 25 °C 时, 随机从两品种植株上选取花序作为对照。用游标卡尺选取直径 0.8 ~ 1.3 mm 的花蕾, 用解剖针于解剖镜下剥取花药于 1.5 mL 离心管中, 去离子水洗去残余酒精, 混合酶液 (果胶酶 0.3%, 纤维素酶 4.5%) 于 27 °C 条件下酶解 3.5 ~ 4.0 h, 卡诺氏固定液固定 0.5 h 以上, 改良涂片法 (梁国鲁和李晓林, 1991) 制片, Giemsa 染色, Olympus BX-51 显微镜镜检摄像。

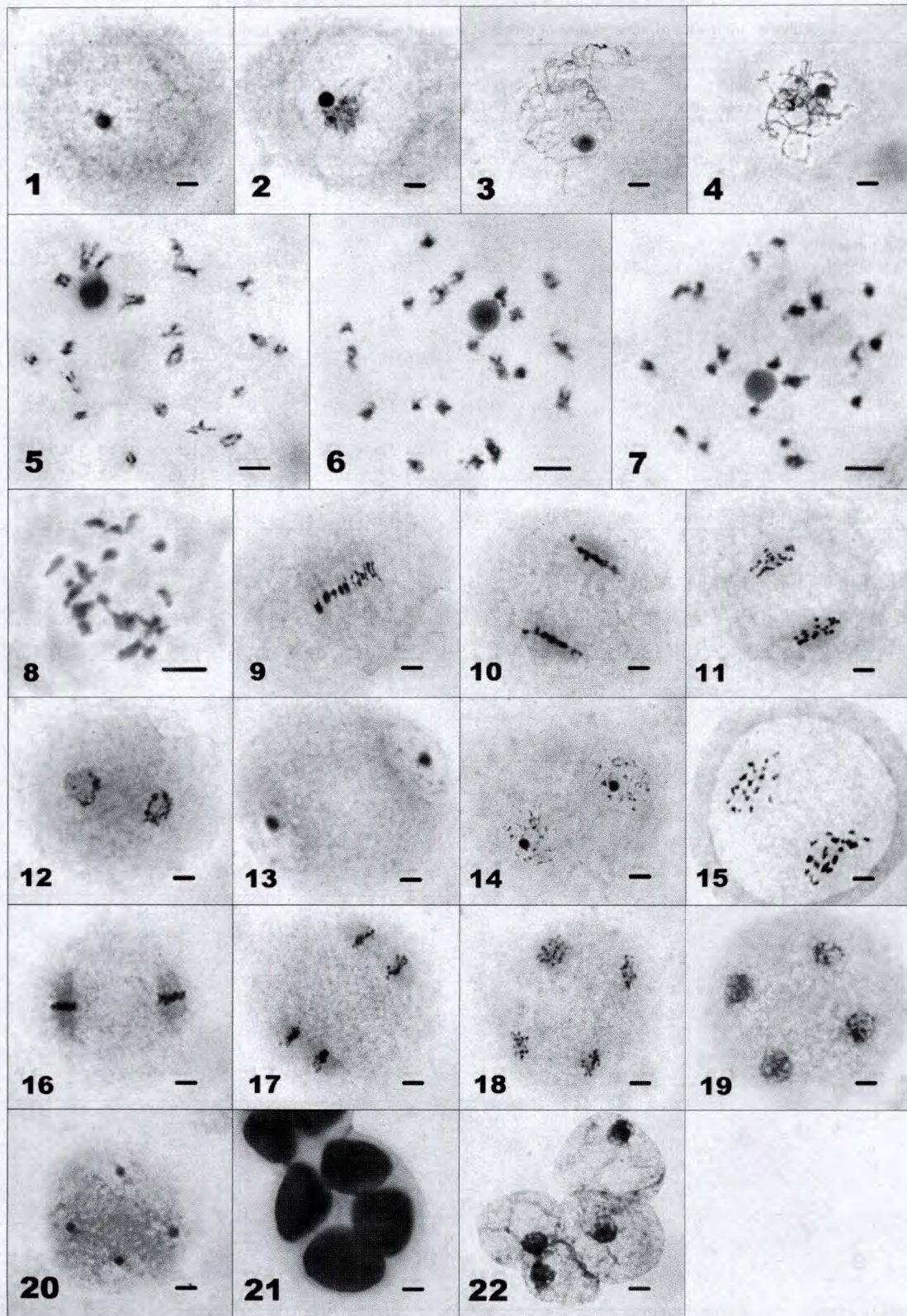
2 结果与分析

2.1 常温条件下花粉母细胞减数分裂

杧果为杂性花, 每花具 1 或 2 枚发育健全的雄蕊。花药具 4 药室, 同一药室内花粉母细胞的减数分裂过程基本同步, 且与花蕾的直径 (横径) 存在一定相关性: 花蕾直径约 0.8 mm (台农 1 号为 0.8 mm, Irwin 为 1.0 mm) 时花粉母细胞进入减数分裂时期, 当直径超过 1.3 mm 时, 减数分裂已基本完成, 直径超过 1.5 mm 时, 雄配子体已完成分化。花粉母细胞胞质分裂为同时型。

减数分裂过程如图版 I 所示。双线期染色体主要形成二价体。二价体构型以“V”型、“O”型、“Y”型、“X”型、点状和棒状等形式存在, 并以点状、“V”型和“O”型较多; 一般有 2 或 3 个二价体与核仁相连 (最多可达 5 个)。双线期可见少量的单价体和多价体, 其中台农 1 号为 0.79% 和 4.76%, Irwin 为 0 和 3.57%。终变期核仁消失, 二价体结构紧密而无法区分单价体。仅在 1.79% (台农 1 号) 中期 II PMC 和 1.43% (台农 1 号)、1.39% (Irwin) 后期 II PMC 中观察到落后染色体。同时仅在台农 1 号花粉母细胞中观察到少量染色体桥, 其异常率为 1.53% (表 1)。

Explanation of plate I: Meiosis of mango PMC under normal temperature 1. Premeiotic interphase; 2. Leptotene; 3. Zygotene; 4. Pachytene; 5. Diplotene (showing club-shaped, “O”-shaped, “V”-shaped and “Y”-shaped bivalents); 6. Diplotene (showing dots and “X”-shaped bivalents); 7, 8. Diakinesis; 9. Metaphase I (lateral side); 10, 11. Anaphase I; 12. Interphase I; 13. Prophase II; 14, 15. Telophase II; 16. Metaphase II; 17. Anaphase II; 18, 19, 20. Interphase II; 21, 22. Tetra stage; Bars for 5 μ m.



图版 I 说明：常温下花粉母细胞减数分裂 1. 前减数分裂间期；2. 细线期；3. 偶线期；4. 粗线期；5. 双线期（示棒状、“O”型、“V”型及“Y”型二价体）；6. 双线期（示点状及“X”型二价体）；7, 8. 终变期；9. 中期 I（侧面观）；10, 11. 后期 I；12. 末期 I；13. 间期 II；14, 15. 前期 II；16. 中期 II；17. 后期 II；18, 19, 20. 末期 II；21, 22. 四分体；标尺均为 5 μm 。

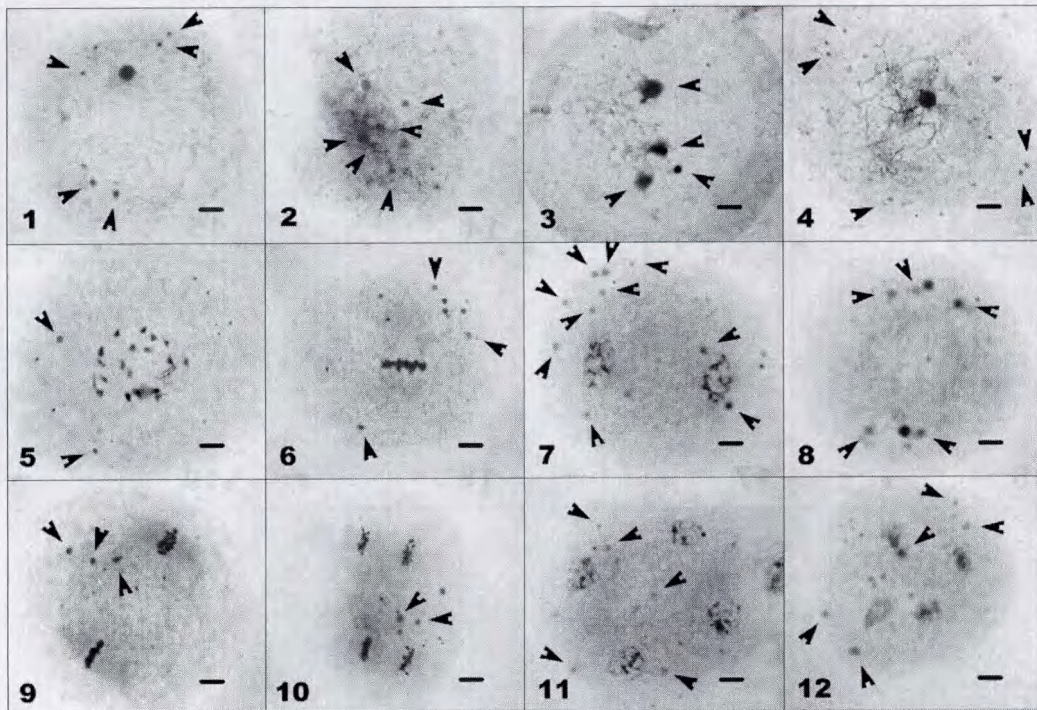
表 1 低温条件下芒果减数分裂各时期异常细胞数及其百分率统计

Table 1 Statistics of abnormality of different stage in meiosis of mango under low temperature

异常形式 Abnormality	低温下 Low temperature						常温下(对照) Natural temperature (Control)					
	异常细胞 Abnormal cells		观察细胞总数 Cells observed		百分率/% Percentage		异常细胞 Abnormal cells		观察细胞总数 Cells observed		百分率/% Percentage	
	台农 1 号 Tainong 1	Irwin	台农 1 号 Tainong 1	Irwin	台农 1 号 Tainong 1	Irwin	台农 1 号 Tainong 1	Irwin	台农 1 号 Tainong 1	Irwin	台农 1 号 Tainong 1	Irwin
	Tainong 1	Irwin	Tainong 1	Irwin	Tainong 1	Irwin	Tainong 1	Irwin	Tainong 1	Irwin	Tainong 1	Irwin
细线期双核 Syncytium	3	4	86	71	3.49	5.63	0	0	184	70	0	0
中期 I 落后染色体 Scattered chromosomes	7	3	55	27	12.73	11.11	0	0	79	50	0	0
后期 I 落后染色体 Lagging chromosomes	4	7	71	92	5.63	7.61	0	0	60	84	0	0
中期 II 落后染色体 Scattered chromosomes	3	4	19	42	15.79	9.52	1	0	56	67	1.79	0
后期 II 落后染色体 Lagging chromosomes	1	3	21	47	4.76	6.38	1	1	70	72	1.43	1.39
后期染色体桥 Chromosome bridges	0	1	92	139	0	0.72	2	0	130	99	1.53	0
单价体 Univalents	3	9	34	62	8.82	14.52	1	0	126	56	0.79	0
多价体 Multivalents	6	15	34	62	17.65	24.19	6	2	126	56	4.76	3.57
末期微核 Micronucleus	12	9	90	57	13.33	15.79	0	0	98	71	0	0
微核仁 Micro nucleoli	158	169	700	729	22.57	23.18	59	26	1 187	628	4.97	4.14

2.2 低温条件下花粉母细胞减数分裂

低温条件下花粉母细胞减数分裂过程中存在大量异常现象。常可观察到大量被 Giemsa 染成粉红色的大小不一的球形体，因其形状和着色与核仁结构极为相似，认为此类结构为微核仁（图版 II）。



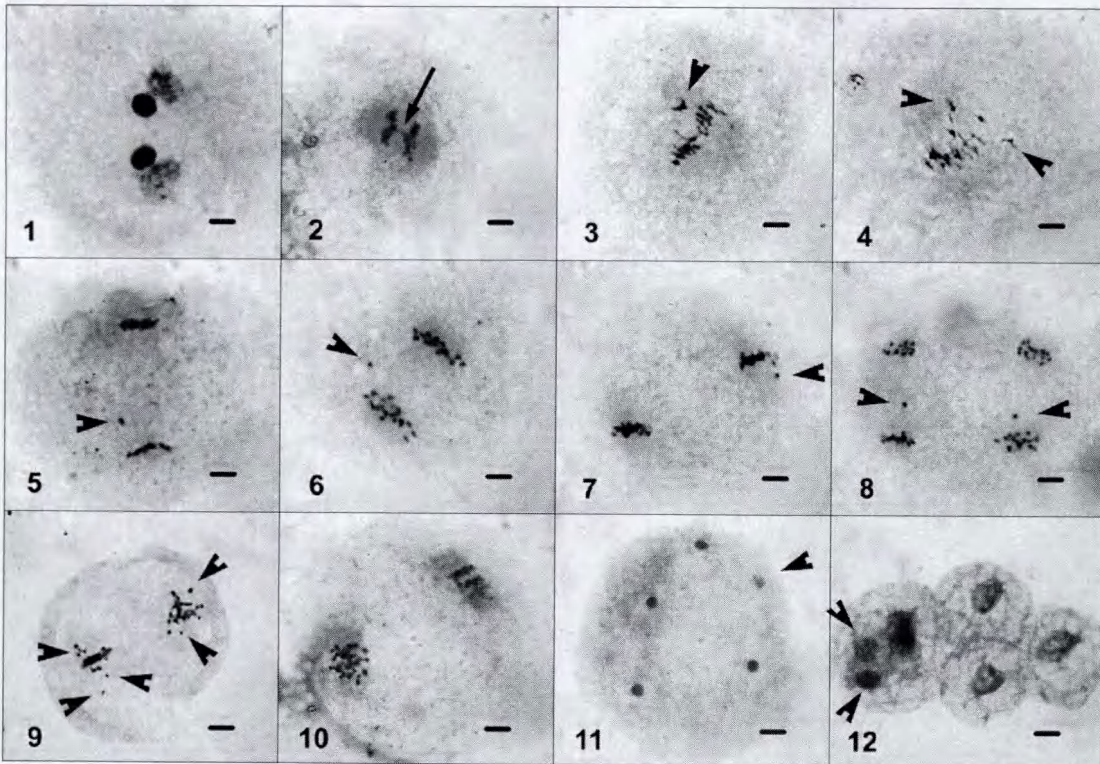
图版 II 说明：微核仁 1. 前减数分裂间期；2. 细线期；3. 偶线期；4. 粗线期；5 终变期；6. 中期 I；7. 末期 I；8. 间期 II；9. 中期 II；10. 后期 II；11, 12. 末期 II。标尺均为 5 μm。

Explanation of plate II : Micro nucleoli 1. Premeiotic interphase ; 2. Leptotene ; 3. Zygotene ; 4. Pachytene ; 5. Diakinesis ; 6. Metaphase I ; 7. Interphase I ; 8. Prophase II ; 9. Metaphase II ; 10. Anaphase II ; 11, 12. Interphase II . Bars for 5 μm.

低温条件下, 接受检测的台农 1 号与 Irwin 共 1 429 个花粉母细胞中, 含微核仁 (micro nucleoli) 的花粉母细胞数为 327 个, 平均异常率达 22.88%, 与对照的平均 4.56% 相比, 差异明显 (表 1)。

微核仁存在于整个减数分裂过程中, 并以间期 I、II 和中期 I、II 较多见, 其数目从 4 至 11 个不等, 体积变化不具明显的规律性 (图版 II)。

试验中发现, 少量细线期花粉母细胞具有双核结构, 即有两个核仁和两个团状染色丝结构, 分别占该时期观察细胞总数的 3.49% 和 5.63%, 而对照中并未发现此类结构 (图版 III, 1, 表 1)。

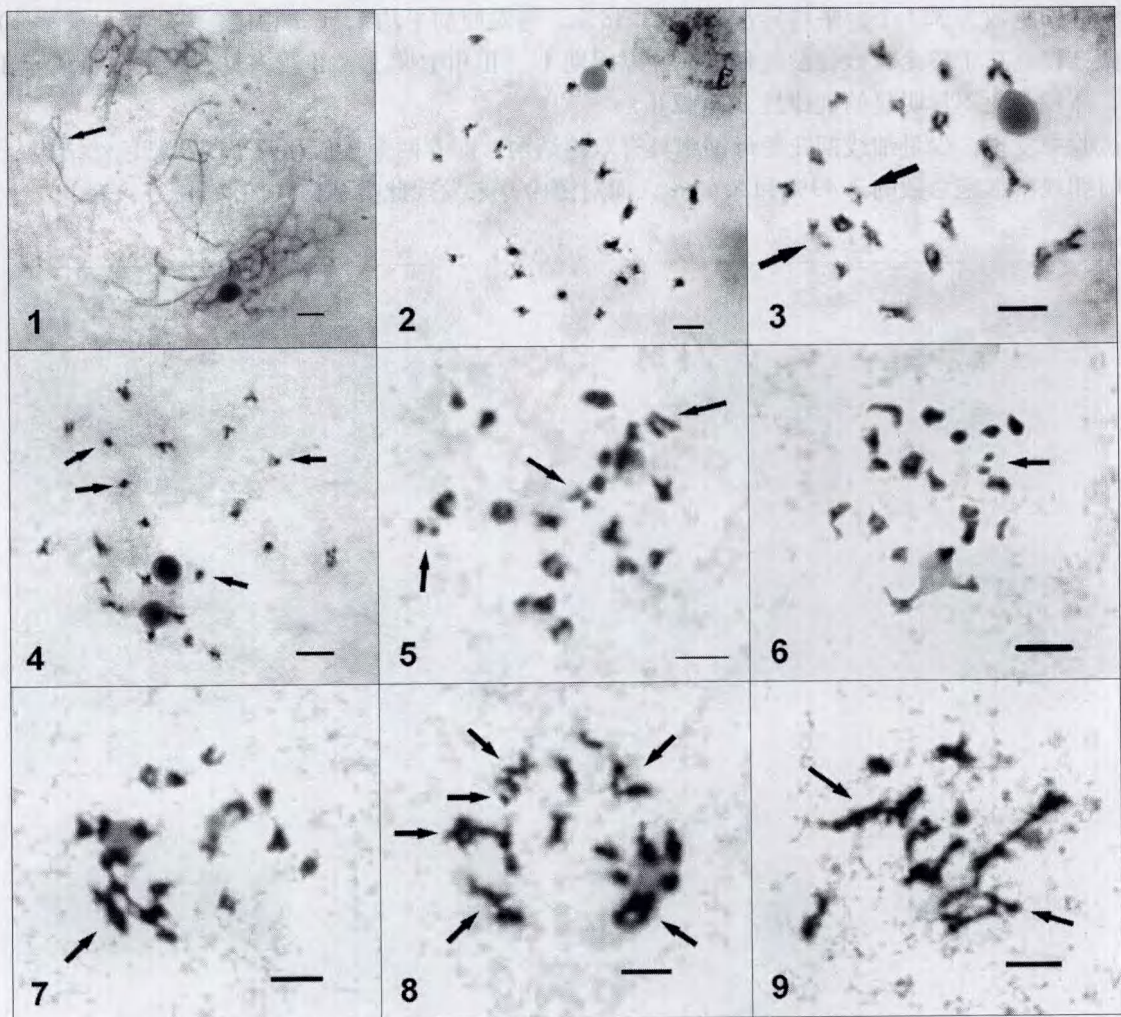


图版 III 说明: 染色体行为异常 1. 细线期, 示双核; 2. 后期 I, 示染色体桥; 3~8. 示落后染色体 (3, 4. 中期 I; 5, 6. 后期 I; 7. 中期 II; 8. 后期 II); 9, 10. 中期 II (示分裂不同步及落后染色体); 11. 末期 II (示微核); 12. 四分体 (示微核); 标尺均为 5 μm 。

Explanation of plate III : Abnormal chromosome behavior 1. Leptotene, showing syncytium; 2. Anaphase I, showing chromosome bridge; 3~8. Showing lagging or scattered chromosomes (3, 4. Metaphase I; 5, 6. Anaphase I; 7. Metaphase II; 8. Anaphase II); 9, 10. Metaphase II (showing scattered chromosomes and desynchronization of chromosomes segregation); 11. Interphase II (showing micronucleus); 12. Tetra stage (showing micronucleus). Bars for 5 μm .

双线期至终变期染色体构型较为复杂, 单价体和多价体的发生频率均有明显增加, 但不同品种单价体和多价体的比例有所不同, 其中台农 1 号为 8.82% 和 17.65%, Irwin 为 14.52% 和 24.19% (表 1)。

观察发现, 粗线期并未有单价体形成, 粗线期过后的双线期早期, 联会染色体彼此分离出现正常的交叉, 形成交叉结, 因而此时期的染色体行为可以认为是正常的; 但进入双线期, 部分花粉母细胞的联会复合体便提前发生分离, 产生单价体; 观察还发现, 部分终变期花粉母细胞的二价体的结构亦不如正常花粉母细胞的紧密 (图版 IV)。



图版IV说明: 联会异常 1. 早双线期 (示二价体形成的交叉结); 2. 示正常花粉母细胞二价体; 3. 双线期 (示二价体结构不紧密); 4. 终变期 (示单价体); 5. 终变期 (示二价体结构不紧密); 6. 终变期 (示单价体); 7, 8. 终变期 (示多价体及单价体); 9. 中期 I (示多价体); 标尺均为 5 μm 。

Explanation of plate IV: Abnormal synapsis of homologous chromosomes 1. Early diplotene, showing the synaptic variant of bivalents; 2. Showing synaptic variant of normal PMC in diplotene; 3. Asynaptic variant in diplotene; 4. Univalent chromosomes in diplotene; 5, 6. Asynaptic variant of homologous chromosomes in diakinesis; 7, 8. Showing synaptic variant of chromosomes in diakinesis; 9. Metaphase I, showing multivalents. Bars for 5 μm .

此外, 减数分裂中期 I、II 及后期 I、II 均观察到落后染色体, 其中台农 1 号异常率为 12.73%、5.63%、15.79% 和 4.76%, Irwin 为 11.11%、7.61%、9.52 和 6.38%。末期 II 至四分体时期可见微核存在, 分别占 13.33% 和 15.79%。低温条件下仅在 Irwin 中观察到 1 例后期染色体桥, 占所观察后期细胞总数的 0.72%, 因而低温不是染色体桥发生的直接原因 (表 1, 图版 III)。

3 讨论

核仁是真核生物细胞核中最明显的结构, 其形态、功能随着细胞周期的进行而发生变化, 存在分离和聚合现象。其存在状态与细胞中蛋白质合成的旺盛程度密切相关 (李悦有 等, 2002)。细胞分

裂周期中前核仁体由于无法聚合成大核仁而以游离状态存在于细胞中可形成微核仁（曹清河等，2005），而游离于细胞质中的滞留染色体或片段染色体可形成微核。微核仁与微核成分有质的区别。微核仁必须经 RNA 酶解后再由 AgNO_3 进行染色确定。但由于条件所限，我们未能进行这方面的试验，只根据两者的形态及着色进行初步区分。低温条件下，杧果减数分裂中观察到的末期微核，与中期 I、II 及后期 I、II 的落后染色体有着密切的关系。

曹清河等（2005）在黄瓜花粉母细胞中的观察结果显示，微核仁的数目和体积随分裂时期不同相应地发生变化：减数分裂二次分裂过程微核仁的数目都是由多到少再到多，呈单谷分布，体积由小到大再到小，呈单峰分布。与此不同，低温及常温条件下杧果减数分裂过程中微核仁一直存在，其数目及大小变化随细胞周期的进行并不表现出明显的规律性。Risso-Pascotto 等（2002）在臂形草（*Brachiaria decumbens*）减数分裂前期 I 以外的各时期均观察到微核仁，认为微核仁是由前期的大核仁裂解而来，是基因发生自然突变所致。曹清河等（2005）则认为微核仁是由于基因互作不协调，导致前核仁体（prenucleolarbodies, PNBs）不能完全合成大核仁也不能彻底解体。本结果倾向于支持曹清河的观点。对照试验结果显示，低温不是导致杧果减数分裂过程中微核仁产生的直接原因，但是低温对微核仁的产生具有促进作用，微核仁的发生频率从常温下的平均 4.56% 增加至平均 22.88%。杧果减数分裂过程中核仁的异常现象表明，核仁结构的异常存在复杂的生物学机制，并且可能与环境的复杂变化存在某种相关性，其机理有待进一步探讨。

另外作者还观察发现，存在微核仁的花粉母细胞减数分裂过程中，染色体的行为并未发生异常，表明微核仁的产生与染色体行为的异常没有直接联系。曹清河等（2005）通过花粉萌发试验表明，存在微核仁的材料，其萌发率降低。微核仁的产生是否降低植物育性还需试验证明。

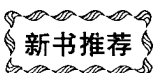
杧果减数分裂过程中，二价体结构多为紧密，并以“V”型和点状为主要形式，难以区分单价体与二价体。观察杧果二价体构型的最佳时期为双线期早期，此时染色单体间彼此分离而染色体尚未高度缢缩，绝大部分的二价体构型清晰可见。而双线期晚期至终变期二价体间彼此分离且染色体高度浓缩，便于配对染色体的计数。低温可诱发花粉母细胞减数分裂过程中染色体联会发生异常。张新忠等（2003）等经低温处理观察到辣椒花粉母细胞减数分裂过程中联会染色体的提前分离和消失。本试验结果表明，杧果减数分裂过程中染色体联会异常与环境温度密切相关。低温条件下台农 1 号和 Irwin 的单价体与多价体的比例均明显高于对照；且品种间存在一定差异（表 1）。单价体在后期 I 向细胞两极的移动是随机的，联会染色体的提前分离，可导致减数分裂形成的配子染色体数量的不平衡；多价体可导致减数分裂产生的配子染色体质量上的不平衡，从而在很大程度上降低了花粉育性（于恒秀等，2000）。

Boldrini 等（2006）在观察禾本科植物 *Brachiaria humidicola* 花粉细胞减数分裂过程中发现花粉母细胞间发生胞质融合，可导致花粉母细胞减数分裂各时期产生多核现象。依据 Nirmala 和 Rao（1996）的观点，化学物质、环境温度、种植条件及遗传因素均可导致细胞发生融合。低温可抑制细胞有丝分裂过程中微管蛋白的装配，导致分裂产生的子代细胞染色体分配不平衡及诱发染色体自发加倍（韩玉琴，2004）。低温条件下，杧果细线期出现的双核异常，是由于细线期花粉母细胞间发生融合，还是由于造孢细胞有丝分裂过程中微管异常导致核分裂而胞质不分裂形成的，我们尚无法做出判断。理论上，细线期出现双核的花粉母细胞，进入后续细胞分裂实现细胞核融合，可以产生 $2n$ 花粉，但由于所观察细胞样本容量较小，试验中并未发现具有同源 $4x$ 染色体的粗线期或双线期花粉母细胞。双核细胞是否在进入粗线期之前发生败育，还有待进一步研究。

减数分裂的异常必然会影响到小孢子的发育（郭晶心等，2001），同时可导致配子体细胞遗传物质结构异常，造成植物育性的降低。低温可造成杧果花粉母细胞减数分裂过程中核仁结构、染色体联会以及有丝分裂异常，可能是杧果雄性不育的重要原因。

References

- Boldrini K R, Pagliarini M S, do Valle C B. 2006. Cell fusion and cytotoxicity during microsporogenesis in *Brachiaria humidicola* (Poaceae). South African Journal of Botany, 72: 478–481.
- Cao Qing-he, Chen Jin-feng, Guo Jun-yang, Qian Chun-tao. 2005. Observation on micronucleolus during meiosis of pollen mother cell in cucumber. Journal of Wuhan Botanical Research, 23 (1): 11–14. (in Chinese)
曹清河, 陈劲枫, 郭军洋, 钱春桃. 2005. 黄瓜花粉母细胞减数分裂过程中微核仁现象的研究. 武汉植物学研究, 23 (1): 11–14.
- Dag A, Eisenstein D, Gazit S. 2000. Effect of temperature regime on pollen and the effective pollination of 'Kent' mango in Israel. Scientia Horticulturae, 86 (1): 1–11.
- Fan Mou-tian, Li Shu-yun, Li Yun. 1996. Studies on the male sterility and pollen sprouting of mango. Journal of Yunnan Agricultural University, 11 (1): 25–27. (in Chinese)
范眸天, 李树云, 李 云. 1996. 芒果雄性不育现象及花粉萌发研究初报. 云南农业大学学报, 11 (1): 25–27.
- Guo Jing-xin, Sun Ri-fei, Song Jia-xiang, Zhang Shu-jiang. 2001. Microsporogenesis of several male-sterile lines in *Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*. Acta Horticulturae Sinica, 28 (5): 409–414. (in Chinese)
郭晶心, 孙日飞, 宋家祥, 张淑江. 2001. 大白菜雄性不育系小孢子发生的细胞形态学研究. 园艺学报, 28 (5): 409–414.
- Han Yu-qin. 2004. Study on the technique of strengthening seedling and doubling chromosome of pollen plant of spring wheat. Chinese Agricultural Science Bulletin, 20 (3): 4–5, 37. (in Chinese)
韩玉琴. 2004. 春小麦花粉植株的壮苗及染色体加倍技术研究. 中国农学通报, 20 (3): 4–5, 37.
- Issarakraisila M, Considine J A. 1994. Effects of temperature on pollen viability in mango cv. 'Kensington'. Annals of Botany, 73 (3): 231–240.
- Li Yue-you, Wang Xue-de, Xu Ya-nong. 2002. Cytological observation of cytoplasmic male-sterile anther of brown cotton. Journal of Zhejiang University: Agric & Life Sci, 28 (1): 11–15. (in Chinese)
李悦有, 王学德, 徐亚浓. 2002. 棕色棉细胞质雄性不育花药的细胞学观察. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 28 (1): 11–15.
- Liang Guo-lu, Li Xiao-lin. 1991. Improved smear method of plant meiosis on citrus. South China Fruits, (2): 40–41 (in Chinese)
梁国鲁, 李晓林. 1991. 植物减数分裂改良涂片法在柑桔上的应用. 中国南方果树, (2): 40–41.
- Nirmala A, Rao P N. 1996. Genesis of chromosome numerical mosaicism in higher plants. The Nucleus, 39: 151–175.
- Risso-Pascotto C, Pagliarini M S, Valle C B. 2002. Abnormal nucleolar cycle in microsporogenesis of *Brachiaria decumbens* (Gramineae). Cytologia, 67 (4): 355–360.
- Sukhivibul N, Whitley A W, Smith M K, 1999. Hetherington Suzan E, Vithanage V. Effect of temperature on inflorescence and floral development in four mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. Scientia Horticulturae, 82: 67–84.
- Yu Heng-xiu, Cheng Zhu-kuan, Gong Zhi-yun, Gu Ming-hong. 2000. Isolation and cytological identification of a desynaptic variant in rice. Acta Genetica Sinica, 27 (5): 418–422. (in Chinese)
于恒秀, 程祝宽, 龚志云, 顾铭洪. 2000. 一种联会消失突变水稻的发现及其细胞学研究. 遗传学报, 27 (5): 418–422.
- Zhang Xin-zhong, Liu Guo-jian, Yan Li-ying, Zhao Yong-bo, Chang Rui-feng, Wu Lu-ping. 2003. Cytogenetic mechanism of 2n pollen formation induced with heat-shock or low temperature in *Capsium annuum* L. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 7 (3): 7–13. (in Chinese)
张新忠, 刘国俭, 闫立英, 赵永波, 常瑞丰, 吴禄平. 2003. 热激或低温诱导辣椒产生 2n 花粉的细胞学机理. 河北农业科学, 7 (3): 7–13.



新书推荐

《果实品质生理》

本书针对现代果树生产状况与未来发展趋势, 在分析果实的品质与生理生化的基础上, 着重从分子、细胞和整体水平总结果实外观品质和重要内含物的生成与代谢规律, 分析影响果实品质的内、外部因素, 阐述树体、营养、激素、生态和技术诸因素对果实品质的影响机制, 以及果实常见生理失调的发生机制与调控。本书可供高等院校和科研单位的果树科技工作者阅读参考。本书由关军锋主编, 科学出版社 2008 年 7 月出版, 定价 42 元。

购书者请通过邮局汇款至北京中关村南大街 12 号中国农科院蔬菜花卉所《园艺学报》编辑部, 邮编 100081。