

李裂果病防治研究

吴振林*

(黑龙江省农业科学院浆果研究所, 黑龙江绥棱 152204)

摘 要: 为了研究有效防止李 (*Prunus salicina* L.) 裂果问题, 从乙烯利抑制果实水分超量吸收和 GA₃ 促进表皮增长角度入手, 筛选试剂及其浓度、组合、剂量和施用时期最佳组合, 比较各处理组合果实内物质含量及果皮细胞结构差异。采收前 30 d 左右, 向果实均匀喷布 0.5 g · L⁻¹ 乙烯利, 第 2 天再用 0.5 g · L⁻¹ GA₃ 喷布 1 次, 此处理组合裂果率仅为 0.4% (对照 21.2%), 防治效果 98.13%, 果实可溶性糖、维生素 C 含量极显著高于对照, 可滴定酸、含水量极显著低于对照。对照的表皮细胞很小, 下皮层个别细胞很大, 生长速度不同步是导致果腹胀裂的原因。乙烯利可减少果实水分, 使下皮层细胞横向变窄小, 并由纵向长条形变为横向长条形排列, 果皮不易纵向开裂。GA₃ 使表皮细胞明显增大。乙烯利与 GA₃ 配合施用, 使表皮和下皮层两部分细胞同步增长。单独使用乙烯利易引起落果, 降低果实含糖量, 结合使用 GA₃ 可防止落果, 增加含糖量。

关键词: 李; 裂果; 防治; 乙烯利; 赤霉素

中图分类号: S 662.3

文献标志码: A

文章编号: 0513-353X (2012) 12-2361-08

Studies on Prevention of Plum Fruit Cracking Disease

WU Zhen-lin*

(Berries Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Suiling, Heilongjiang 152204, China)

Abstract: For the purpose of effectively prevent plum fruit (*Prunus salicina* L.) cracking disease, suppress the fruits of moisture absorption and GA₃ promote epidermal growth angles from ethephon. The optimum combination of the screening reagent concentration, composition, dosage and administration period, comparing each treatment differences matter content in the combination of fruit and peel the cell structure. Thirty days before harvest, painstaking sprayed ethephon (0.5 g · L⁻¹) one time, then sprayed GA₃ (0.5 g · L⁻¹) one time the day after. After this, the results shows that the cracking rate is only 0.4% (control 21.2%) and control efficiency is 98.13%. The contents of soluble sugar and vitamin C are significantly higher than the control group. Titratable acid and water content are significantly lower than the control group. The core reason of peel splitting is that the compared epidermal cells is relatively small and several cells in the cortical is relatively great and the growth rates are not synchronized. By reducing moisture, using ethephon could be narrow under cortical cells, and translate into a horizontal strip from a vertical strip while the longitudinal cracking of skin is not easy. GA₃ significantly increase the epidermal cells. Due to reducing water content, the epidermal cells and under cortical cells are increased simultaneously.

收稿日期: 2012-07-05; 修回日期: 2012-11-24

基金项目: 国家公益行业(农业)科研专项(201007058)

* E-mail: wuzhenlin1954@163.com

Using ethephon alone could lead premature fruits drop and reduce the sugar content of fruits. With combination of GA₃, premature fruits drop can be prevented and sugar content can be increase.

Key words: plum; fruit cracking; prevention; ethephon; gibberellin

‘绥李3号’(*Prunus salicina* L. ‘Suili 3’)是寒地优质大果李品种,但裂果较重。有人认为,李裂果的外因主要是水分,内因是果实外皮层与内部薄壁细胞生长不协调,并采用花后喷施硼砂的防治方法(张林静和桂明珠,2006),但是效果并不理想。也有人施用多种微量元素与氨基酸制剂‘裂果必治’(张军,2008),但效果也不明显。还有人用Ca(OH)₂(张林静和桂明珠,2006)及CaCl₂、H₂BO₃、K₂H₂PO₃、尿素或GA₃(刘文东和孙伟,1999)溶液喷布,效果都欠佳。

国内外有用Ca或含有Ca的“防裂素”防治油桃、甜樱桃等裂果(Sekse, 1995; 汪志辉等, 2005; 田玉命等, 2008)的报道。公布的专利“防裂素”中主要含CaCl₂和极微量异戊烯嘌呤和微量2,4-D(苗平生, 2002)。用“防裂素”可减少‘糯米糍’荔枝裂果37%~60%(高飞飞等, 1997)和74%~82%(麦达文, 2006)。上述研究大多依据“硼可以促进钙吸收、钙可使细胞壁变韧,减少裂果”(Gordon et al., 1995)的理论。

有人从补充果实内源GA₃先天不足的角度喷布GA₃溶液,一般在落花后几周开始,用极低的浓度。如Yildirim和Koyuncu(2010)在非洲用0.015 g·L⁻¹ GA₃防治‘0900 Ziraat’甜樱桃裂果,防治效果为77.8%;在‘亚美尼亚’杏、‘朋娜’脐橙上,防治效果为30%~77.8%(叶正文等, 2002; 陈秋芳等, 2006),在‘红象牙’芒果上,减少裂果92%(马华南, 2009)。

也有人从GA₃加快果实表皮增长速度角度考虑,在‘玉环柚’开裂前用GA₃涂果顶,减少裂果50%(陈玳清等, 1995);在‘马都柑’上用0.5 g·L⁻¹ GA₃,或加入少量KH₂PO₃,或加入硼砂,进行叶面喷布,减少裂果21%~31%(林颖等, 1996; 朱振春和吴文明, 2005)。

关于乙烯利(ethephon)防治裂果的研究较少。有人用乙烯利防止枇杷裂果(吴溪木等, 1984),但出现落果现象。用乙烯利促枣早熟、躲过雨季,可减少裂果(马学文, 2007)。

本研究中从乙烯利抑制果实水分超量吸收和GA₃促进表皮增长两方面切入,开展了‘绥李3号’李的裂果病防治研究,取得了良好效果。

1 材料与方法

1.1 材料

乙烯利(40%水溶液)、多效唑(PP₃₃₃)、B₉、GA₃(40%可溶性粉剂“赤霉素”和40%水剂“九二〇”两种),均由上海同瑞生物有限公司生产。

‘绥李3号’,7~10年生。试验在黑龙江省农业科学院哈尔滨果树示范场、浆果研究所(绥棱)、肇源县和平乡立功村进行。

1.2 试剂筛选试验

2006年8月1日在哈尔滨果树示范场进行。PP₃₃₃和B₉各20、10、5、3.33、2 g·L⁻¹;乙烯利和GA₃各1.33、1.0、0.67、0.5、0.4 g·L⁻¹。每种浓度喷2株,试验前先摘除所有裂果。采收前调查,初选出有效降低裂果率的试剂。

1.3 试剂组合试验

2006年8月8日在绥棱浆果研究所进行。(1)先在李树上喷乙烯利(5个浓度:1.33、1.00、

0.67、0.50、0.40 g·L⁻¹); (2) 乙烯利喷后 24 h 再喷 B₉ (2 g·L⁻¹); (3) 乙烯利喷后 24 h 再喷 GA₃ (0.25 g·L⁻¹); (4) 在各浓度乙烯利中分别加入 B₉ (2 g·L⁻¹), 同时喷。每种组合喷 4 株。初选出有效的组合。

2010 年, 每个组合在 7 月 31 日分别喷 0.5 g·L⁻¹ 乙烯利; 在 8 月 1 日喷不同浓度的 GA₃, 1~4 组合 GA₃ 浓度 (g·L⁻¹) 分别为: 0.5、0.33、0.25、0。

组合 1 和 2 各 8 株, 组合 3 和 4 及对照各 4 株, 喷量每株 500 mL 左右。比较防治效果。防治效果 (%) = (对照裂果率 - 处理裂果率) / 对照裂果率 × 100。

用成对资料对比法进行 *t* 测验。

1.4 防治时期和展着剂效果试验

2011 年, 在绥棱浆果研究所试验。

防治时期试验: 第 1 天喷 0.5 g·L⁻¹ 乙烯利, 第 2 天喷 0.5 g·L⁻¹ GA₃, 进行不同防治时期 (7 月 24 日、30 日、8 月 5 日) 比较。

展着剂效果试验: GA₃ 加入鸡蛋清 (9.0 g·L⁻¹, 即每 15 L 水溶液加入 2 个鸡蛋清) 与不加入鸡蛋清比较。单独喷乙烯利与单独喷 GA₃ 比较。另外每处理 0.5 g·L⁻¹ 乙烯利不变, GA₃ 分别为 0.5 g·L⁻¹ 和 0.33 g·L⁻¹ 同期 (7 月 24 日) 对比。

各处理 30 株, 比较裂果率、落果率和防治效果。

1.5 果实主要成分检测

2010 年 8 月 16 日, 采成熟一致李果实, 检测其可溶性糖、可滴定酸、维生素 C、水含量等。测试单位: 农业部谷物及制品质量监督检验测试中心 (哈尔滨)。检测 2010 年肇源试验点处理组合 1、2、4 及对照, 对照也取不裂果。

试验数据中百分数换为反正弦值, 然后用新复极差法进行显著性分析。

1.6 果皮组织结构观察

2010 年 8 月 16 日在东北农业大学园艺学院化验室进行。取成熟果实果皮, FAA 固定, 石蜡切片法制片, OLYMPUS BH-2 光学显微镜下观察。

2 结果与分析

2.1 李裂果防治方法试验效果

2.1.1 不同试剂防治裂果的效果

调查结果表明, 乙烯利防治效果较好, 但有早熟和落果现象。其次是赤霉素 (GA₃) 和 B₉。多效唑被淘汰, 原因是只有浓度很高时才显示有一定防裂果效果, 并且看不出随稀释倍数有任何规律性增减, 不适合生产中应用。

2.1.2 不同浓度乙烯利与 GA₃、B₉ 组合防治裂果的效果

2006 年绥棱对比试验结果 (表 1): 先喷 0.5 g·L⁻¹ 乙烯利, 第 2 天再喷 0.25 g·L⁻¹ GA₃ 的处理组合 (Eth, GA₃) 裂果率为 4.8%, 显著优于不落果的其它组合。

2010 年试验结果 (表 2) 表明: 在即将裂果前 (7 月 31 日), 先喷 0.5 g·L⁻¹ 乙烯利, 第 2 天再喷 0.5 g·L⁻¹ 或 0.33 g·L⁻¹ GA₃, 防治裂果效果分别达 98.13% 和 98.18%, 并且落果率较低。

表 1 2006 年绥棱浆果所防治效果
Table 1 The results of control cracking in Berry Research Institute (Suiling, Heilongjiang) in 2006

处理/ (g · L ⁻¹) Treatment				果个数 Total fruit number	裂果数 Split fruit number	裂果率/ % Cracking rate	防治效果/ % Control effect	落果 Fruit drop
代号 Code	乙烯利 Ethephon	B ₉	GA ₃					
Eth	1.33	0	0	410	25	6.1	73.4	多 Many fruit drop
	1.00	0	0	293	32	10.9	52.4	少 Little fruit drop
	0.67	0	0	215	5	2.3	90.0	少 Little fruit drop
	0.50	0	0	288	69	24.0 ef	0 f	无 No fruit drop
	0.40	0	0	335	82	24.5 ef	0 f	无 No fruit drop
Eth, B ₉	1.33	2.00	0	804	10	1.2	94.8	多 Many fruit drop
	1.00	2.00	0	300	11	3.7	83.8	少 Little fruit drop
	0.67	2.00	0	464	46	9.9 c	56.8 c	无 No fruit drop
	0.50	2.00	0	398	46	11.5 c	49.8 c	无 No fruit drop
	0.40	2.00	0	592	85	14.4 cd	37.1 d	无 No fruit drop
Eth, GA ₃	1.33	0	0.25	390	2	0.5	97.8	多 Many fruit drop
	1.00	0	0.25	392	14	3.6	84.3	少 Little fruit drop
	0.67	0	0.25	247	15	6.1 b	73.4 ab	无 No fruit drop
	0.50	0	0.25	294	14	4.8 a	79.0 a	无 No fruit drop
	0.40	0	0.25	220	15	6.8 b	70.3 b	无 No fruit drop
Eth + B ₉	1.33	2.00	0	964	75	7.8	65.9	多 Many fruit drop
	1.00	2.00	0	1104	80	7.2	68.6	少 Little fruit drop
	0.67	2.00	0	971	121	12.5 cd	45.4 c	无 No fruit drop
	0.50	2.00	0	285	43	15.2 cde	33.6 d	无 No fruit drop
	0.40	2.00	0	367	75	20.4 e	10.9 e	无 No fruit drop
对照 Control	0	0	0	1001	229	22.9 ef		

注：表中同一列数据中字母不同者表示差异达 5% 显著水平。
Note: Different letters within the same column indicate significnat difference at 5% level.

表 2 2010 年 GA₃ 不同浓度防治裂果效果
Table 2 The results of control cracking under different concentrations of GA₃ in 2010

处理组合 Combination	乙烯利/ (g · L ⁻¹) Ethephon	GA ₃ / (g · L ⁻¹)	裂果数 Split fruit number	裂果率/% Cracking rate	防治效果/% Control effect	落果数 Fruit drop number	落果率/% Fruit drop rate
1	0.50	0.50	12	0.41 Aa	98.13 Aa	32	1.11 Aa
2	0.50	0.33	14	0.40 Aa	98.18 Aa	126	3.57 Bb
3	0.50	0.25	35	2.16 Bb	90.15 Bb	124	7.64 Cc
4	0.50	0	37	2.09 Bb	90.47 Bb	341	19.24 Dd
对照 Control			541	21.93 Cc	0 Cc	116	4.70 Bb

注：不同大写字母表示 1% 差异显著水平，不同小写字母表示 5% 差异显著水平，下同。
Note: Different small and capital letters mean significnat difference at 5% and 1% level, The same below.

2.1.3 防治时期和展着剂鸡蛋清防治裂果的效果

防治时期试验结果（表 3）表明，同样喷 0.5 g · L⁻¹ 乙烯利，第 2 天喷施 0.5 g · L⁻¹ GA₃，7 月 24 日、7 月 30 日、8 月 5 日这 3 个防治时期裂果率差异不显著，分别为 0.67%、0.92%、1.10%；防治效果分别为 94.24%、92.10%和 90.55%。结合多年试验观察，绥棱地区以果实成熟前 1 个月左右（即 7 月 24 日）、果实直径约 2 cm、发现极个别裂果时就开始喷布防治的，防治效果最好。

GA₃ 水溶液中加入鸡蛋清（9.0 g · L⁻¹）为展着剂的，防治效果显著高于不加的；而只喷乙烯利 0.5 g · L⁻¹ 和只喷 GA₃ 0.5 g · L⁻¹ 加入蛋清，都有防治效果，但都显著低于组合处理的效果。

表 3 2011 年喷施乙烯利和 GA₃ 处理时期李裂果防治效果
Table 3 The results of control cracking under spraying ethephon and GA₃ treatment in 2011

乙烯 Ethephon		GA ₃		蛋清/ (g·L ⁻¹)	裂果率/ %	防治效果/ %	结果数	落果数	落果率/ %
日期 Date	浓度/ (g·L ⁻¹) Concentration	日期 Date	浓度/ (g·L ⁻¹) Concentration	Eggwhite	Cracking rate	Control effect	Total fruit number	Fruit drop number	Fruit drop rate
07-24	0.50	07-25	0.50	9.0	0.67 a	94.24 a	2 211	17	0.77 ab
07-30	0.50	07-31	0.50	9.0	0.92 a	92.10 a	1 310	8	0.61 ab
08-05	0.50	08-06	0.50	9.0	1.10 ab	90.55 a	1 360	4	0.29 a
07-30	0.50	07-31	0.50	0	1.87 b	83.93 ab	1 655	8	0.48 a
07-30	0.50	07-31	0.33	9.0	0.98 a	91.58 a	921	11	1.19 b
07-30	0.50	-	-	0	2.72 b	76.63 b	368	35	9.51 d
-	-	07-31	0.50	0	5.47 c	53.01 c	548	0	0 a
对照 Control					11.64 d		1 143	67	5.86 c

2.2 乙烯利和 GA₃ 处理对李果实成熟期、单果质量和主要成分含量的影响

乙烯利与 GA₃ 的两个组合的果实成熟期比对照早熟 2 d，单独喷施乙烯利比对照早熟 5 d，比其它两个组合早熟 3 d（表 4）。

乙烯利和 GA₃ 组合处理与对照单果质量无显著差异；单独喷施乙烯利处理低于其它组合及对照，这与单独喷施乙烯利防治枇杷裂果，使枇杷果实质量减轻的结论（吴溪木，1984）一致。

单喷施乙烯利可溶性糖含量低于对照，配合喷施 GA₃ 比对照增加或无显著差异。

单独喷施乙烯利，果实含水量比对照低，维生素 C 和含酸量与对照无显著差异。由于果实含水量减少，所以单果质量减少，这也是由于乙烯利缩短了果实生育期，即减少了光合作用的结果。喷施乙烯利后又喷施 GA₃ 的两个处理组合，果实成熟期与对照差异变小，含糖量、维生素 C 含量高于对照或无差异，含酸量和含水量低于对照或无差异，含水量比对照低 1.5%。这是由于喷施乙烯利减少光合作用与喷施 GA₃ 增加光合作用相弥补，使单果质量达到了对照的水平（表 4）。

表 4 乙烯利和 GA₃ 处理对李果实成熟期和品质的影响
Table 4 Effects of ethephon and GA₃ treatment on fruit maturity stage and quality

乙烯利/ (g·L ⁻¹) Ethephon	GA ₃ / (g·L ⁻¹)	成熟期/ Maturity stage	平均单果质量/ g Fruit weight	维生素 C/ (mg·kg ⁻¹) Vitamin C	可溶性糖/% Soluble sugar	可滴定酸/% Titratable acid	含水量/% Water content
0.50	0.50	08-18	53.53 A	159.9 Aa	9.71 A	1.34 B	86.95 C
0.50	0.33	08-18	53.30 A	157.3 Aab	8.82 B	1.37 A	88.30 A
0.50	0	08-15	45.22 B	149.7 Ac	8.28 C	1.37 A	87.63 B
对照 Control		08-20	53.48 A	152.2 Abc	8.78 B	1.43 A	88.24 A

2.3 防裂果果实皮层组织结构的变化

对照（图 1，A1）比乙烯利处理（图 1，B1）和 GA₃ 处理（图 1，C1）的下皮层细胞明显大而饱满；并且有少量细胞（d）比同区其它细胞和表皮细胞大数倍，应是长速过快导致胀裂的关键细胞。这说明：果实开裂，并不是“果实外皮层与内部薄壁细胞（g 区）生长不协调所致（张林静和桂明珠，2006）”，而应是果实表皮与下皮层细胞生长不协调所致。

乙烯利和乙烯利 + GA₃ 组合处理的果实（图 1，B1、C1）皮层薄壁细胞区明显膨大的细胞（g）比对照（图 1，A1）多；而下皮层细胞区明显膨大的细胞（f）比对照（图 1，A1）少。这是由于喷

乙烯利后果实下皮层细胞(f)中部分水分减少和转移到内侧的皮层薄壁细胞(g)中,使下皮层几层细胞(f)失水后缩小,细胞内的压力自然减小,细胞壁收缩变厚,变韧,不易开裂。

对照(图1, A1、A2)的下皮层区,细胞横切面(图1, A1)略呈椭圆,纵切面(图1, A2)呈长条形,立体细胞呈长柱形纵向排列。而经过乙烯利处理的(图1, B1、B2)和乙烯利与 GA_3 组合处理的(图1, C1、C2),却与对照相反,细胞横向拉长了,纵向缩短了。

乙烯利与 GA_3 组合处理(图1, C1、C2)的表皮细胞明显增大,与相近的下皮层细胞体积差异减小。而对照(图1, A1、A2)及单用乙烯利处理的(图1, B1、B2)表皮细胞相对较小。说明 GA_3 明显促进了表皮细胞的生长。

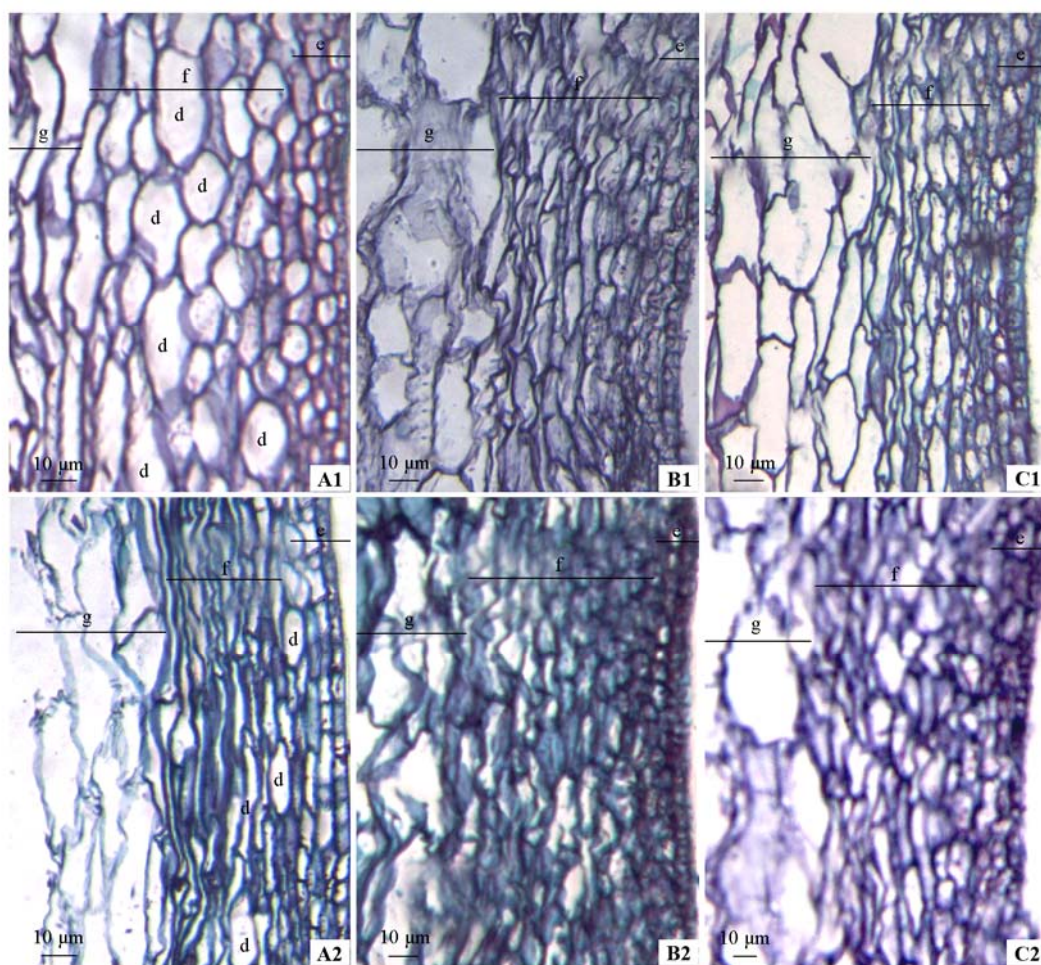


图1 ‘绥李3号’果皮石蜡切片显微照片

A: 对照; B: 乙烯利处理; C: 乙烯利 + GA_3 处理; A1、B1、C1: 横切; A2、B2、C2: 纵切。

d: 下皮层超大细胞; e: 表皮细胞; f: 下皮层细胞; g: 皮层薄壁细胞。

Fig. 1 ‘Suli 3’ plum peel paraffin micrographs

A: Control; B: Ethephon treatment; C: Ethephon + GA_3 treatment; A1, B1, C1: Cross-section; A2, B2, C2: Longitudinal; d: Several great subcortical cells; e: Three layers of epidermal cells; f: Subcortical cells; g: Parenchyma cells in cortex.

3 讨论

有专家认为李裂果的主要原因“为果实外皮层与内部薄壁组织细胞生长不协调所致”(张林静和

桂明珠, 2006)。本试验的理念与“果实内外生长不协调所致裂果”一致, 但区别在于本试验中的“内部”指紧挨表皮的“下皮层”, 非皮层内侧薄壁细胞。

果实含水量与果实细胞液增减导致是否裂果。本试验中防治效果最好的两个组合是喷施乙烯利 $0.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 第 2 天喷施 GA_3 0.5 或 $0.33 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。仅喷施乙烯利处理的果实含水量较对照减少 0.7% , 添加低浓度 GA_3 ($0.33 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) 处理, 含水量恢复至对照水平 (88.30%); 添加高浓度 GA_3 ($0.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) 处理, 含水量比对照减少 1.5% (表 4)。这两种浓度 GA_3 处理组合都减少裂果 98% 以上 (表 2)。只是含水量低的组合果实含糖量增加较多, 而含水量高的 (与对照无显著差异) 糖增加相对较少。将两组合果实各自糖和水含量相加 ($9.71\% + 86.95\%$; $8.82\% + 88.30\%$), 各总和仅相差 0.46% , 即两组合果实细胞液总含量差异小, 因此裂果率也同样无显著差异。说明先喷施的乙烯利减少了李果实中的水分, 减缓果实细胞的生长速度和膨胀压力, 尽管喷施 $0.33 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \text{GA}_3$ 的组合果实含水量和含糖量都与对照无显著差异 (即等于又恢复了喷施乙烯利已失去的水分, 表 4), 也可以说明其中喷施的乙烯利仍起着控制果实含水量的作用。因为对照果实也都是未裂果, 尽管对照含水量已达到了较高的水平, 却尚未达到裂果的含水量程度。

本试验未取裂果样本检测的原因是果实裂口后, 水分很快从裂口处蒸发, 糖含量比实际高, 水分含量比实际低。

本试验中发现先喷施乙烯利降低了果实的含水量 (表 4) 和下皮层超大细胞的长速 (图 1), 特别是与 GA_3 的配合喷施处理, 可消除乙烯利易引起落果和平均单果质量减小等副作用。从 1983 年育成新品种‘绥李 3 号’至 2011 年, 在实际调查中可知, 每年降雨量大小都与李裂果多少密切相关。现已公认: 果实成熟前雨水多或前期干旱、后期雨水多的气候条件, 是导致‘绥李 3 号’果实吸水胀裂的外因 (刘文东和孙伟, 1999; 张林静和桂明珠, 2006; 张军, 2008), 果实主要物质含量检测结果和果皮细胞显微切片证明: 喷施乙烯利有效地减少和阻止了果实超量吸水; 并且使下皮层部分易胀裂的超大细胞中过量水分转移, 使细胞变小, 有效防止了裂果。

本试验与一些用 GA_3 防治其它水果裂果的侧重点不同。有的研究是从补充内源 GA_3 不足的角度, 所用浓度为 $0.02 \sim 0.05 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 比本试验低 10 倍以上, 都是在落花后几周喷布 3 ~ 10 次 (叶正文 等, 2002; 陈秋芳 等, 2006; 马华南, 2009)。也有用 GA_3 与本试验侧重点相同的, 试验浓度 $0.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 也相同 (林颖, 1996), 充分利用 GA_3 向植物体内部传导性差、易增大表皮细胞体积的特性。但以上两种不同侧重点的试验都没有先喷施乙烯利, 相对防治效果低, 又有晚熟、皮厚和着色差等副作用。本试验中利用乙烯利与 GA_3 的拮抗作用, 既避免了乙烯利引起落果, 也避免了 GA_3 的这些不足。

需要注意的是, 乙烯利的浓度要严格控制在 $0.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 浓度高了或在适宜浓度喷施速度太慢情况下 (反复喷) 都会造成落果。 GA_3 的浓度低于 $0.33 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 则达不到防裂效果。

References

- Chen Dai-qing, Zhang Chun-quan, Zhou Jin-hua. 1995. Split mechanism of Yuhuan ponelo and related preventions. *Journal of Fruit Science*, 12 (2): 139 - 140. (in Chinese)
- 陈玳清, 章春泉, 周今华. 1995. 玉环柚的裂果机制与防治. *果树科学*, 12 (2): 139 - 140.
- Chen Qiu-fang, Wang Min, Chen Jun-mei. 2006. Studies on preliminary of Armenian apricot fruit cracking. *Shanxi Fruits*, (6): 13 - 14. (in Chinese)
- 陈秋芳, 王 敏, 陈俊美. 2006. 预防亚美尼亚杏裂果试验初报. *山西果树*, (6): 13 - 14.
- Gao Fei-fei, Li Jian-guo, Xu Jian-kai, Chen Jie-zhong, Huang Hui-bai, Li Yu-cai, Ye Tai-he, Li Fu-cheng, Ouyang Rong-pei, Luo Xiu-ying. 1997. Control fruit drop by chemical regulation and prevention of fruit cracking. *Journal of Guangdong Agriculture Science*, (2): 20 - 22. (in Chinese)
- 高飞飞, 李建国, 许建楷, 陈杰忠, 黄辉白, 黎宇才, 叶泰和, 黎富成, 欧阳容培, 罗秀英. 1997. 荔枝化学调控技术的保果、防裂果

- 研究. 广东农业科学, (2): 20 - 22.
- Gordon B, Steve W, Wayne B. 1995. Effects of copper-calcium sprays on fruit cracking in sweet cherry. *Scientia Horticulturae*, 62: 75 - 80.
- Lin Ying, Li San-yu, Zheng Yong-hua, Tong Chang-hua, Wu Shao-hua, Lu Ping-zhong, Cheng Wen-xiang. 1996. Studies on preliminary of Yuhuan Ponelo fruit cracking by using L-type crack element. *Zhejiang Citrus*, 13 (2): 43 - 45. (in Chinese)
- 林 颖, 李三玉, 郑永华, 童昌华, 吴少华, 陆平中, 程文祥. 1996. L 型防裂素对玉环柚防裂果的研究初报. 浙江柑橘, 13 (2): 43 - 45.
- Liu Wen-dong, Sun Wei. 1999. Prevention of 'Suili 3' fruit cracking test. *Shanxi Fruits*, (2): 8 - 9. (in Chinese)
- 刘文东, 孙 伟. 1999. 预防绥李 3 号裂果试验. 山西果树, (2): 8 - 9.
- Ma Hua-nan. 2009. An experiment to control dehiscence fruit of non-embryony 'Hongxiangya' mango by gibberellin. *Journal of Guangxi Agriculture*, 24 (1): 19 - 20. (in Chinese)
- 马华南. 2009. 利用赤霉素控制红象牙芒无胚果裂果试验. 广西农学报, 24 (1): 19 - 20.
- Mai Da-wen. 2006. The test of control 'Nuomici' litchi fruit cracking by using egg shell powder. *Guangdong Agricultural Science*, (2): 35 - 36. (in Chinese)
- 麦达文. 2006. 鸡蛋壳粉对糯米糍荔枝的防裂果试验. 广东农业科学, (2): 35 - 36.
- Ma Xue-wen. 2007. Technology of preventing date fruit cracking. *Xibei Horticulture*, (4): 52. (in Chinese)
- 马学文. 2007. 如何防止枣裂果. 西北园艺, (4): 52.
- Miao Ping-sheng. 2002. Control cracking pharmacy patents. *Chinese Fruit Network*, 6 - 19. (in Chinese)
- 苗平生. 2002. 防裂素专利. 中国水果网, 6 - 19.
- Sekse L. 1995. Fruit cracking in sweet cherries (*Prunus avium* L.) some physiological aspects - a mini review. *Scientia Horticulturae*, 63: 135 - 141.
- Tian Yu-ming, Han Ming-yu, Zhang Man-rang, Wang An-zhu, Zhao Cai-ping, Wang Shu-li. 2008. Advance in research on nectarine fruit cracking. *Journal of Fruit Science*, 25 (4): 472 - 576. (in Chinese)
- 田玉命, 韩明玉, 张满让, 王安柱, 赵彩平, 王淑莉. 2008. 油桃裂果研究进展. 果树学报, 25 (4): 472 - 576.
- Wang Zhi-hui, Liao Ming-an, Sun Guo-chao. 2005. The effects of mineral elements on fruit cracking in nectarine. *Northern Horticulture*, (6): 41. (in Chinese)
- 汪志辉, 廖明安, 孙国超. 2005. 矿质元素对油桃裂果的影响. 北方园艺, (6): 41.
- Wu Xi-mu, Chen Kai-ming, Lin Jia-zhu. 1984. Prevention of loquat fruit cracking test by using ethephon. *Fujian Agricultural Science and Technology*, (2): 54 - 55. (in Chinese)
- 吴溪木, 陈开明, 林佳珠. 1984. 乙烯利防止枇杷裂果的研究. 福建农业科技, (2): 54 - 55.
- Ye Zheng-wen, Ye Lan-xiang, Zhang Xue-ying. 2002. The fruit cracking rules of navel orange varieties such as 'Pengna' and the effect of gibberellin (GA) preventing fruits from cracking. *Acta Agriculturae Shanghai*, (4): 52. (in Chinese)
- 叶正文, 叶兰香, 张学英. 2002. '朋娜' 等脐橙裂果规律及赤霉素防裂效果. 上海农业学报, (4): 52.
- Yildirim Adnan N, Koyuncu Fatma. 2010. The effect of gibberellic acid applications on the cracking rate and fruit quality in the '0900 Ziraat' sweet cherry cultivar. *African Journal of Biotechnology*, 9 (38): 6307 - 6311.
- Zhang Jun. 2008. The test of control 'Suili 3' fruit cracking by using "Lieguobizi". *China Fruits*, 35 (3): 20 - 22. (in Chinese)
- 张 军. 2008. 裂果必治防治绥李 3 号裂果试验. 中国果树, 35 (3): 20 - 22.
- Zhang Lin-jing, Gui Ming-zhu. 2006. Split mechanism of *Prunus salicina* and related preventions. *Acta Horticulturae Sinica*, 33 (4): 699 - 704. (in Chinese)
- 张林静, 桂明珠. 2006. 李的裂果机制及防止措施. 园艺学报, 33 (4): 699 - 704.
- Zhu Zhen-chun, Wu Wen-ming. 2005. Prevention of Madu Mandarin fruit cracking test. *Zhejiang Citrus*, 22 (3): 21 - 23. (in Chinese)
- 朱振春, 吴文明. 2005. 马都柑裂果防治试验. 浙江柑橘, 22 (3): 21 - 23.