

白沙枇杷果实发育、果实水势及与裂果关系研究

冯健君¹, 周慧芬², 胡美君^{3,4}, 郑洁^{3,5}, 郭延平^{3*}

(1. 浙江省宁海县农林局, 浙江 宁海 315600; 2. 浙江省农业厅, 杭州 310020; 3. 浙江大学园艺系, 杭州 310029;
4. 浙江永康市林业技术推广中心, 浙江 永康 321300; 5. 上海市柑橘研究所, 上海 201913)

摘要:对生长在山坡地 6 年生白沙枇杷(*Eriobotrya japonica* Lindl.)的裂果与果实发育、可溶性糖含量、土壤相对含水量及果实水势关系进行了研究,并探讨了覆盖地膜、断根和果实套袋技术对预防裂果的效果。结果表明,随着白沙枇杷果实的发育,果形指数变小;临近成熟期,果实的可溶性糖含量最高,土壤相对含水量增加,同时果实水势也升高。模拟大雨后,果实水势与裂果率呈正相关,相关系数 $R = 0.941$ 。这说明白沙枇杷临近成熟时,果实内积累了大量的可溶性糖等高渗透物质,从高含水量的土壤中大量吸收水分,使果实水势升高,导致裂果。以覆盖地膜、断根和果实套袋组合的技术预防裂果的效果最好,其中覆盖地膜和断根对预防裂果的贡献较大。

关键词: 枇杷; 裂果; 果实水势; 土壤相对含水量

中图分类号: Q945.65 文献标识码: A 文章编号: 1005-3395(2010)05-0536-05
doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2010.05.010

Relationship between Fruit Cracking and Fruit Development, Water Potential of White Flesh Loquat

FENG Jian-jun¹, ZHOU Hui-fen², HU Mei-jun^{3,4}, ZHENG Jie^{3,5}, GUO Yan-ping^{3*}

(1. *Agricultural and Forestry Bureau of Ninghai County, Ninghai 315600, China*; 2. *Department of Agriculture of Zhejiang Province, Hangzhou 310020, China*; 3. *Department of Horticulture, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China*;
4. *Yongkang Forestry Extension Center of Zhejiang, Yongkang 321300, China*; 5. *Shanghai Citrus Institute, Shanghai 201913, China*)

Abstract: Fruit cracking in six-year-old white flesh loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl. ‘Ninghaibai’) was studied at fruit development stages, and the fruit soluble sugar contents, relative water contents of soil and water potential of fruits were measured. The prevention effects on fruit cracking were also investigated by using covering plastic film, cutting roots and fruit bagging. The results showed that fruit shape index tended to decrease with fruit growth. When approaching maturity, the water potential in fruit and the relative water content of soil increased while the soluble sugar content in fruit reached the highest. After simulated heavy rain, fruit water potential had positive correlation with fruit cracking ($R = 0.941$). The loquat fruits accumulated permeable materials such as soluble sugars and absorbed water from soil when fruits were nearly mature, it made fruit water potential increase, and then caused the fruit cracking. The inhibition effects on fruit cracking were the best by combination of covering plastic film, cutting roots and fruit bagging, in which the covering plastic film and cutting roots had large contribution.

Key words: *Eriobotrya japonica*; Fruit cracking; Fruit water potential; Relative water content in soil

枇杷 (*Eriobotrya japonica* Lindl.) 为蔷薇科 (Rosaceae) 枇杷属植物, 是我国南方特有的常绿亚热带果树, 主要分布在四川、湖南、湖北、江苏、福建、浙江等长江流域; 在年均温 12℃ 以上的地区均可种植^[1]。枇杷不但味美, 营养丰富, 而且保健价值很高, 被誉为“果中之皇”, 近年来, 在果品产业

结构调整中枇杷种植面积迅速扩大。但是浙江地区枇杷的着色期和成熟期在 5 月份,此期降雨量较大,果实裂果严重。枇杷裂果不仅降低了果实的商品性,而且也制约了枇杷生产,已引起人们的高度重视。尽管采取一些栽培技术措施对防止枇杷裂果有一些效果,如果实套袋或选择一些抗裂果的品种等^[2],但对枇杷裂果机理的认识目前还不甚明了,势必有一定的盲目性。在生产上裂果的果树也比较多,如葡萄(*Vitis vinifera*)、油桃(*Prunus persica* var. *nectariana*)、樱桃(*Cerasus avium*)、李(*Prunus salicina*)等,对其裂果的机理也有些认识^[3-6],但还不够深入,阐明果实的裂果机理,不仅有利于生产也有利于抗裂果育种^[7]。本文以容易裂果的白沙枇杷为试材,探讨果实发育、水势与裂果的关系,为枇杷的栽培提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料与试验设计

试验于 2006~2008 年在浙江省宁海县枇杷山进行,材料为 6 年生宁海白枇杷品种(*Eriobotrya japonica* Lindl. ‘Ninghaibai’),砧木为枇杷本砧,试验地面积 20 hm²,种植数量达 10000 株。选取生长状况一致的树,进行标记,作为试验材料,每 12 株为 1 个试验小区,共设 9 个试验小区:Ⅰ. 果实生长发育调查区;Ⅱ. 不覆地膜不断根不套袋区;Ⅲ. 不覆地膜不断根套袋区;Ⅳ. 不覆地膜断根不套袋区;Ⅴ. 不覆地膜断根套袋区;Ⅵ. 覆地膜断根不套袋区;Ⅶ. 覆地膜断根套袋区;Ⅷ. 覆地膜不断根不套袋区;Ⅸ. 覆地膜不断根套袋区。每小区内 2 株为 1 次重复,共 6 次重复。土壤为山地壤土,pH 值 6.8。

1.2 方法

果实大小测定 用游标卡尺测定果实的纵

径和横径。果形指数 = 纵径/横径。

水势测定 在天气晴朗的 9:00~10:30 随机选取树冠中部叶片和果实,用压力室(SEC3005, USA)测定叶片和果实的水势,重复 6 次。

土壤水含量 用土钻取树盘下 20~30 cm 处的土壤,用烘箱 80℃ 烘 12 h 至恒重,土壤相对含水量(%) = 土壤含水量/田间持水量 × 100%,土壤含水量(%) = (湿重 - 干重)/干重 × 100%。

果实可溶性糖含量 果实在 105℃ 杀青 15~20 min 后,70℃ 烘至恒重,取磨碎过 100 目筛的烘干样品 0.1 g 放入研钵中,加 5 mL 蒸馏水研磨均匀,全部移入离心管在 5000 × g 下离心 10 min,上清液倒入干净的离心管加入 5 mL 蒸馏水搅拌,离心(重复 2 次)。合并上清液后定容至 50 mL 待测。用蒽酮比色法^[8]测定可溶性总糖的含量。在 105℃ 下烘干 2 h 后的葡萄糖配成标准糖溶液作标准曲线,计算糖含量。

1.3 栽培技术措施及裂果率调查

栽培技术措施包括地膜覆盖、断根和套袋。裂果率调查为每株树调查 30 个果实,随机取样,2 株为 1 重复,6 次重复共调查果实 360 个。裂果率(%) = (裂果数/调查果数) × 100。

1.4 数据统计分析

采用 Origin 处理数据和制图,应用 SPSS 软件对数据进行统计分析。用多重比较方差分析处理间的差异显著性。

2 结果和分析

2.1 枇杷果实形态发育

白沙枇杷临近成熟期经常裂果,有些年份大雨后裂果率高达 70% 以上。从 2 月中旬到 4 月底是白沙枇杷果实迅速生长期,果实纵向和横向生长均

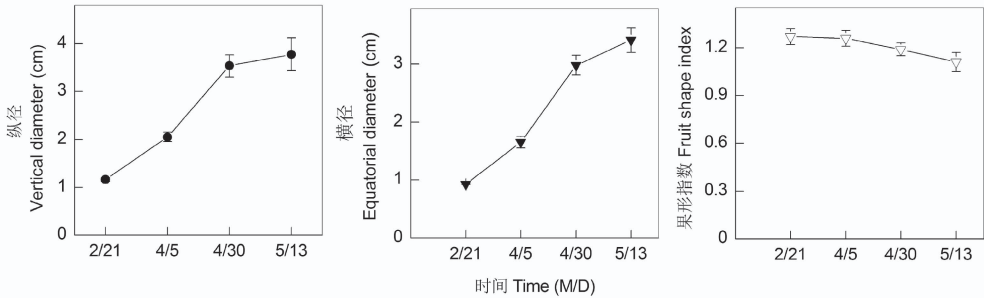


图 1 枇杷果实纵径、横径及果形指数的变化

Fig. 1 Changes in vertical and equatorial diameters and fruit shape index in loquat during development stages

很快,但进入 5 月份后,横向生长比纵向生长快,果形指数逐渐变小,从 2 月下旬的 1.27 下降到 5 月中旬的 1.1,下降了 13.4%(图 1)。由此可见,成熟期白沙枇杷果实的裂果与果实横向生长过快有关。

2.2 果实还原糖的变化

随着枇杷果实增大,果实中可溶性糖(蔗糖、果糖及葡萄糖)占总糖含量逐渐增加,从 4 月上旬的 4% 上升到 5 月底的 88%,增长 20 多倍(图 2)。可见,成熟期白沙枇杷果实裂果与可溶性糖的大量积累有关。

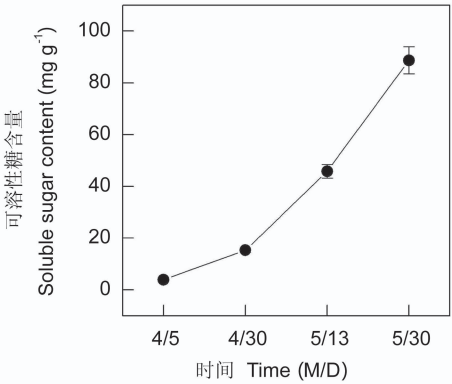


图 2 枇杷果实中可溶性糖含量的变化

Fig. 2 Changes in content of soluble sugar in loquat fruits

2.3 土壤含水量变化

由于是山地栽培,枇杷树供水主要靠自然降水。2~4 月降水量相对偏少,土壤相对含水量为 60%~70%,5 月份后降水量增加,土壤相对含水量达到 80%~90%(图 3)。成熟期的白沙枇杷裂果与土壤含水量升高密切相关。

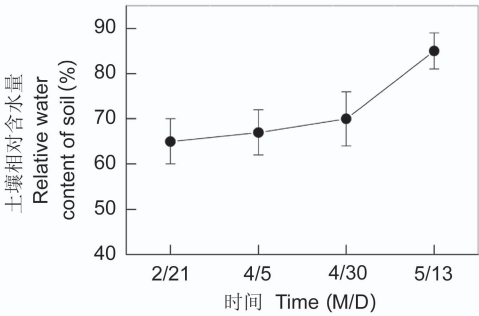


图 3 土壤相对含水量的变化

Fig. 3 Change in relative water content of soil

2.4 叶片和果实的水势变化

随着果实发育,叶片水势和果实水势逐渐升高,从 2 月下旬的 -4.95 和 -5.07 bar 上升到 5 月中旬的 -1.75 和 -1.9 bar(图 4)。可见,成熟期白沙枇杷果实水势也很高。

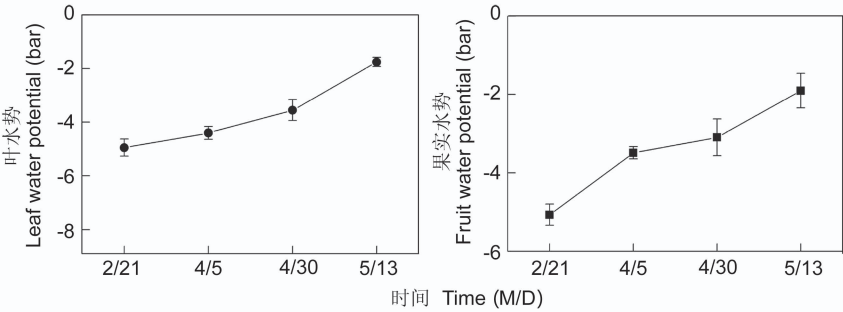


图 4 枇杷的叶片与果实水势的变化

Fig. 4 Changes in leaf and fruit water potentials in loquat

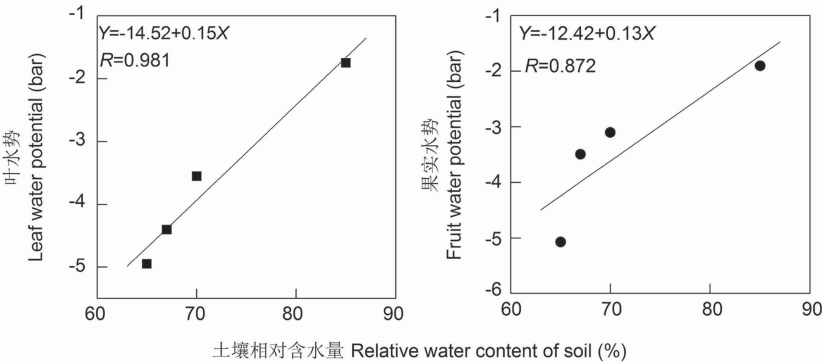


图 5 土壤相对含水量与枇杷叶片和果实水势的关系

Fig. 5 Relationship between relative water content of soil and fruit or leaf water potential

2.5 土壤相对含水量与叶片、果实水势的关系

5 月份后,土壤相对含水量增加,同时叶片和果实水势升高,土壤相对含水量与叶片水势、果实水势之间呈显著正相关(图 5)。

2.6 模拟降雨及栽培措施对枇杷叶、果水势及裂果的影响

利用大型喷雾器,模拟 50 mm 的降雨后,第二天测定枇杷叶水势和果实水势,并调查裂果率。模拟降雨前的相对土壤含水量为 82%,果实平均水势为-1.98 MPa。人工降雨后,无地膜覆盖的土壤相对含水量近饱和,有地膜覆盖的土壤相对含水量为 94%,从表 1 看出,有地膜、断根和套袋处理的叶片和果实水势最低,裂果率也最低;无任何栽培措施的,叶片和果实水势和裂果率最高;利用覆地膜、

断根和套袋均可以降低裂果率,不过这 3 个处理中,断根和覆地膜组合对降低裂果率贡献最大。枇杷裂果率与果实水势之间呈正相关(图 6)。

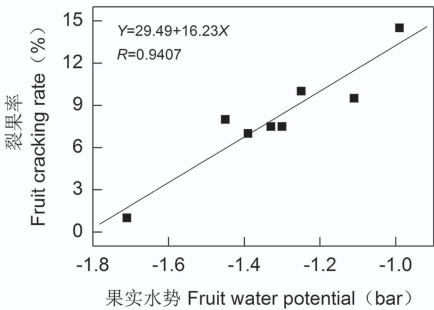


图 6 枇杷果实水势与裂果率的关系
Fig. 6 Relationship between fruit water potential and fruit cracking rate in loquat

表 1 模拟降雨后栽培措施对果实水势和裂果率的影响(0~20 cm)

Table 1 Effects of cultivation on fruit water potential and fruit cracking rate after simulation rain

覆地膜 Covering film	断根 Root pruning	果实套袋 Fruit bagging	水势 Water potential (MPa)		裂果率 Fruit cracking rate (%)
			叶片 Leaf	果实 Fruit	
-	-	-	-0.95 ± 0.06a	-0.99 ± 0.02	14.8a
-	-	+	-0.98 ± 0.18a	-1.30 ± 0.04	9.7b
-	+	-	-1.13 ± 0.18b	-1.25 ± 0.07	9.0b
-	+	+	-1.16 ± 0.20b	-1.33 ± 0.09	8.1c
+	+	-	-1.38 ± 0.14d	-1.39 ± 0.37	5.0d
+	+	+	-1.41 ± 0.13d	-1.71 ± 0.12	3.0e
+	-	-	-1.23 ± 0.16c	-1.11 ± 0.29	9.5b
+	-	+	-1.20 ± 0.14c	-1.45 ± 0.37	8.0c

同列数据后不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。Data followed different small letters within column indicate significant differences at 0.05 level.

3 讨论

一般裂果发生在临近果实成熟期。对临近成熟期的葡萄、油桃、樱桃、李等果树研究表明,容易裂果的品种,其果实表面细胞层数少,多为纵向排列且较松散,抗外部压力弱,易产生裂果;而外部因子多与降水或不科学的灌溉有关^[3,5,9-10]。在本研究中,随着枇杷果实的发育,尽管果实纵径和横径都增大,但 5 月果实纵径生长变缓,果形指数变小(图 1),裂果的枇杷果实多为纵向开裂,与甜樱桃相似^[11]。因此,我们推测果实横径生长较纵径快,可能会导致细胞疏松,为雨季裂果的结构性原因。

干旱后大量灌溉会导致葡萄^[6]和李^[12]裂果,这是因为干旱导致可溶性物质在果实内大量积累,果实渗透压增加,致使果实过度吸水,将果皮涨破。本研究枇杷果实在成熟期的总可溶性糖含量达最大

(图 2),且 5 月中下旬的大量降雨使土壤含水量增加(图 3),果实水势升高(图 4,图 5),我们推测成熟期的枇杷果实可溶性糖大量积累,使渗透压增加,大量降雨又导致果实过度吸水,果实水势升高,从而涨破果皮,这可能是枇杷雨季裂果的重要力学原因。

我们的模拟降雨实验表明,果实水势越高,裂果率也越高(表 1),裂果率与果实水势呈正相关,相关系数达 0.94(图 6)。降雨前覆盖地膜是为了防止雨水直接渗入到根部附近,断根是为了减少根系的吸收面积,降低树体的吸水量。有研究表明土壤含水量升高,植物根系对水分的吸收也增加^[13]。因此,通过覆地膜、断根和果实套袋可以适当地降低裂果率,尤以这 3 种方式组合的效果最好,其中断根和覆地膜组合对减少裂果的贡献率最大。

土壤含水量高时,植物叶片水势也高^[14]。果实水势升高的同时,叶片水势也较高,但二者并不完全一致。所以,我们认为叶片中的水分向果实中运动并不是主要的,也不是引起裂果的动力,果实中的水分供应主要来自根系。

总之,白沙枇杷裂果主要是由于成熟期的果实内积累了大量的可溶性糖等高渗透物质,根系从高含水量的土壤中大量吸水后,水分运输到果实致使果实水势升高,加之果皮较薄,抗张力较弱,导致裂果。

参考文献

[1] Qiu W L(邱武陵), Zhang H Z(章恢志). China Fruit Eecords, Longan and Loquat Volume [M]. Beijing: Chinese Forestry Press, 1996: 99–104.(in Chinese)

[2] Fang M F(方梅芳), Liao J Q(廖剑锹), Wu D Y(吴德宜). Preventive of fruit cracking in loquat plants [J]. Fujian Fruit(福建果树), 2004(4): 59–60.(in Chinese)

[3] Tian Y M(田玉命), Han M Y(韩明玉), Zhang M R(张满让), et al. Advance in research on nectarine fruit cracking [J]. J Fruit Sci(果树学报), 2008, 25(4): 572–576.(in Chinese)

[4] Zhang G(张阁), Zhu G Y(朱国英), Liu C L(刘成连), et al. Change of Ca^{2+} concentration in sweet cherry (*Prunus avium* L.) fruit and its relationship with fruit cracking [J]. J Fruit Sci(果树学报), 2008, 25(5): 646–649.(in Chinese)

[5] Zhang L J(张林静), Gui M Z(桂明珠). Cracking mechanism of *Prunus salicina* and related preventions [J]. Acta Hort Sin(园艺学报), 2006, 33(4): 699–704.(in Chinese)

[6] Fan Y S(范永山), Wang H Q(王红旗), Zhu S H(朱世宏), et al. The

study on the cccurrence of the physiological split of grapes [J]. J Agri Univ Hebei(河北农业大学学报), 1999, 22 (3): 52–55. (in Chinese)

[7] Clark J R. Grape breeding at the University of Arkansas: Approaching forty years of progress [J]. Acta Hort, 2003, 603: 357–360.

[8] Wen R(文蓉), Sun Q(孙群). Measuring of solubility sugar and starch in plant tissue [M]// Guidebook of Experimental Plant Physiology. Xi'an: Shaanxi Science & Technology Press, 1987: 113–117.(in Chinese)

[9] Gilbert C, Chadoeuf J, Vercambre G, et al. Cuticular cracking on nectarine fruit surface: Spatial distribution and development in relation to irrigation and thinning [J]. J Amer Soc Hort Sci, 2007, 132(5): 583–591.

[10] Chen Y C(陈银朝). The comparison of dehiscent fruit of different nectarines and controlling measures [J]. Acta Agri Boreal-Occid Sin(西北农业学报), 2007, 16(2): 165–168.(in Chinese)

[11] Sekse L. Fruit cracking in sweet cherries —— Some recent advances [J]. Acta Hort, 2008, 795: 615–623.

[12] Milad R E, Shackel K A. Water relations of fruit and cracking in French prune (*Prunus domestica* cv. French) [J]. J Amer Soc Hort Sci, 1992, 117(5): 824–828.

[13] Cui X Y(崔晓阳), Song J F(宋金凤), Qu M H(屈明华). Effect of soil water potential on hydraulic parameters of *Fraxinus mandshurica* seedlings [J]. Chin J Appl Ecol(应用生态学报), 2004, 15(12): 2237–2244.(in Chinese)

[14] Hu J C(胡继超), Jiang D(姜东), Cao W X(曹卫星), et al. Effect of short-term drought on leaf water potential, photosynthesis and dry matter partitioning in paddy rice [J]. Chin J Appl Ecol(应用生态学报), 2004, 15(1): 63–67.(in Chinese)