

CaCl₂ 浸果对新疆枣裂果率 及钙钾镁含量的影响

杨双双^{1,2}, 鲁晓燕^{1,2*}, 王青凤¹, 马兵钢¹, 茹思博¹,
王 策¹, 樊新民¹, 赵宝龙¹

(1 石河子大学 农学院, 新疆石河子 832003; 2 特色果蔬栽培生理与种质资源利用兵团重点实验室, 新疆石河子 832003)

摘 要:以新疆产不同抗裂性枣品种‘骏枣’、‘哈密大枣’、‘灰枣’、‘金铃圆枣’果实为试验材料,用不同浓度 CaCl₂ (0、2.5、25 g/L) 分别浸泡 12、36、60 h, 研究 CaCl₂ 对枣裂果率及果肉、果皮中 Ca、K、Mg 含量的影响。结果显示: (1) 2.5、25 g/L CaCl₂ 均能有效降低枣裂果率, 且 25 g/L CaCl₂ 对各品种枣的防裂效果均优于 2.5 g/L CaCl₂。 (2) 极抗裂品种枣的果皮、果肉中 Ca 显著高于极易裂品种, 且各品种 Ca 含量均随 CaCl₂ 浓度增加而增加。 (3) 极抗裂品种枣的果皮、果肉中 K 含量高于极易裂品种, 其 Mg 含量则表现出相反趋势, 但不同浓度 CaCl₂ 处理的枣果肉、果皮中 Mg、K 升降幅度变化不同。 (4) 枣果肉、果皮中 Ca、K 含量与裂果率呈负相关关系, Mg 含量与裂果率呈正相关关系。研究认为, CaCl₂ 浸果能有效增加枣果肉、果皮中钙含量, 影响各品种枣果实的钾镁含量, 显著降低枣裂果率, 并以 25 g/L CaCl₂ 效果最好。

关键词: 枣; CaCl₂; 裂果性; 钙; 钾; 镁

中图分类号: Q945.6⁺6

文献标志码: A

Influence of Fruit Soaked by CaCl₂ on Fruit Cracking Rate and Ca, K, Mg Content of Jujube in Xinjiang

YANG Shuangshuang^{1,2}, LU Xiaoyan^{1,2*}, WANG Qingfeng¹, MA Binggang¹,
RU Sibol¹, WANG Ce¹, FAN Xinmin¹, ZHAO Baolong¹

(1 Agricultural College of Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China; 2 Xinjiang Production and Construction Corps Key Laboratory of Special Fruits and Vegetables Cultivation Physiology and Germplasm Resources Utilization, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

Abstract: ‘Junzao’, ‘Huizao’, ‘Haomidazao’ and ‘Jinlingyuanzao’ which produced in Xinjiang were used as materials. They were immersed by different concentrations of CaCl₂ (0, 2.5, 25 g/L) at three stages (12, 36, 60 h) to study effects of CaCl₂ on jujube cracking rate and Ca, K and Mg contents of fruit pulp and peel. The result indicated that: (1) Both 25 and 2.5 g/L CaCl₂ can effectively reduce the jujube fruit cracking rate, and the former was superior than the latter. (2) The Ca content of fruit pulp and peel in the highest crack resistance cultivar was higher than that in the lowest crack resistance. With increasing of CaCl₂ concentration, the Ca content was also increased. (3) The K content of fruit pulp and peel in the highest crack

收稿日期: 2013-08-08; 修改稿收到日期: 2014-03-11

基金项目: 石河子大学重大科技攻关计划 (gxjs2010-zdgg05-01); 石河子大学博士基金 (RCZX200908)

作者简介: 杨双双 (1987—), 男, 硕士, 主要从事果树种质资源与遗传育种研究。E-mail: 767468088@qq.com

* 通信作者: 鲁晓燕, 博士, 教授, 主要从事果树学教学与科研工作。E-mail: lxyszhz@126.com

resistance jujube was higher than that in the lowest crack resistance. On the contrary, the Mg content of fruit pulp and peel in the highest crack resistance jujube was lower than that in the lowest crack resistance, but the K and Mg contents of fruit pulp and peel showed different change with different concentrations of CaCl_2 . (4) The contents of Ca and K in fruit pulp and peel were negative correlated with fruit cracking rate. The Mg content of fruit pulp and peel were positive correlated with fruit cracking rate. The study showed that the jujube fruit soaked by CaCl_2 reduced fruit cracking rate, increased Ca content of fruit pulp and peel, and impacted K and Mg contents of jujube.

Key words: jujube; CaCl_2 ; fruit cracking; Ca; K; Mg

枣 (*Ziziphus jujuba* Mill.) 为鼠李科 (Rhamnaceae) 枣属 (*Ziziphus* Mill.) 植物, 栽培历史悠久, 适应性强, 是喜温、喜光、耐旱的经济树种^[1]。新疆是中国枣重点栽培区之一, 枣树在新疆农业产业结构调整、退耕还林和出口创汇中发挥着重要作用, 截止 2012 年, 新疆枣树种植面积已有 456 074 hm^2 ^[2], 主要分布于南疆和哈密地区。主栽品种‘骏枣’^[3]和‘灰枣’^[4]分别原产于山西、河南, 引进新疆后品质和产量都优于原产地; ‘哈密大枣’^[5]是新疆特色品种; ‘金铃圆枣’^[6]原产于辽宁省, 抗寒能力强, 在新疆栽培表现良好。新疆发展红枣产业, 现已卓见成效, 枣产业为带动新疆经济发展起着重要作用, 实现了农民增加经济收入和国家改善生态环境双重效益。但生产上枣成熟期若遇到下雨, 会造成枣果面裂开, 果肉外露, 随之裂果腐烂变酸, 以致果实商品价值降低并造成经济损失, 挫伤种植户积极性, 枣裂果严重影响着新疆枣产业的发展。枣发生裂果的原因主要有两方面: 一是水分, 枣在成熟期时, 遇到连续降雨天气, 会造成枣果面裂开^[7]; 二是矿质营养, 裂果是一种生理失调症, 矿质营养缺乏或富集必会对这一生理失调产生影响^[8]。钙是细胞壁的重要结构成分, 它与果胶质结合形成钙盐, 可增加原生质弹性, 减弱质膜渗透性, 增强细胞耐压力和延伸性, 也可增强果皮抗裂能力。钾能维持细胞较高渗透压和膨压, 可为细胞分裂、细胞壁延伸及细胞扩张提供动力, 使细胞加速生长, 但施用过量的钾会加重裂果, 细胞溶质降低, 遇雨后会引起果实迅速吸收水分, 导致裂果^[9]。刘同才等^[10]从枣幼果期开始多次喷洒氯钙宝, 对预防裂果有一定作用。朱俊峰等^[11]在枣成熟期喷施 CaCl_2 和 KH_2PO_4 水溶液, 可增加枣果中钙、钾元素含量, 增强抗裂能力。

本研究从课题组前期研究的 10 个枣品种中选出 4 个不同裂果性代表品种^[12], 分析各品种中钙、镁、钾含量, 探讨不同浓度 CaCl_2 对果实中钙、镁、钾元素含量和裂果率影响, 阐明果实中钙、镁、钾含量与裂果的关系, 为枣裂果机制研究提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

本课题组前期对新疆生产建设兵团第二师 34 团生产的 10 个品种枣进行室内浸果诱裂试验, 并参考毛永民^[13]枣果实抗裂性的标准进行分级, 极易裂品种为‘骏枣’, ‘灰枣’为易裂品种, ‘哈密大枣’为抗裂品种, ‘金铃圆枣’为极抗裂品种^[12]。因此本研究选取‘骏枣’、‘灰枣’、‘哈密大枣’、‘金铃圆枣’4 个品种进行裂果性与矿质元素含量的相关性试验。

‘金铃圆枣’果实近圆形, 平均单果重 26.00 g, 果皮薄, 脆熟期容易变软; ‘骏枣’果实圆柱形或长倒卵形, 平均单果重 22.9 g, 果皮薄, 进入脆熟期易裂; ‘哈密大枣’果实极大, 平均单果重 24.96 g, 果面平滑, 脆熟期易落果; ‘灰枣’果实长倒卵形, 果重 12.30 g, 肉质紧密, 有弹性。枣果实白熟期到脆熟期之间, 每个品种选 3 株树, 每株摘取 30 个均一的果实, 保留果柄, 4℃冰箱保存。

1.2 浸果处理及指标测定

取 4 个品种的枣, 进行不同浓度的 CaCl_2 (0、2.5、25 g/L) 浸果处理, 每个处理 3 次重复, 每个重复浸果 30 个, 分 3 个时间段 (12、36、60 h) 记录果实裂果个数, 裂果率计算公式:

$$\text{裂果率}(\%) = \frac{\text{裂果数}}{\text{浸果果数}} \times 100\%$$

选取各处理大小均匀的枣果实, 洗净、擦干后迅速用不锈钢刀片分开果肉和果皮, 然后将枣样品用烘箱在 40℃下烘 48 h, 至恒重, 研磨成粉末, 准确称取烘干样 0.100 0 g, 3 次重复, 采用 H_2SO_4 - H_2O_2 消解法, 将消煮液转移 50 mL 容量瓶, 定容, 吸取待测液 5 mL, 定容于 50 mL 容量瓶, 用 ICE3500 原子吸收光谱仪 (上海生产) 测定各样品溶液的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^{+} 的质量浓度。

1.3 数据分析

用 Excel 2003 对数据进行整理, SPSS 11.5 进行差异显著性分析和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 CaCl₂ 浸果对枣裂果率的影响

由表 1 可知,0、2.5 和 25 g/L CaCl₂ 浸果 12、36、60 h 时,4 个枣品种间的裂果率均存在显著性差异($P<0.05$),以‘骏枣’的裂果率最高,随后依次为‘灰枣’和‘哈密大枣’,而‘金铃圆枣’最低(无裂果出现)。在 0 g/L CaCl₂ 浸果 60 h 时,‘骏枣’的裂果率最高(64.66%),‘金铃圆枣’无裂果出现;2.5 g/L CaCl₂ 浸果 12 h 时,‘骏枣’裂果率是‘哈密大枣’2.5 倍,25 g/L CaCl₂ 浸果 60 h 时,‘灰枣’的裂果率是‘哈密大枣’的 2.3 倍。

与对照(0 g/L CaCl₂,下同)相比,两种浓度的 CaCl₂ 浸果 12、36、60 h 时,除‘金铃圆枣’外其它 3 个品种的裂果率均显著降低。其中,如在浸果 36 h 时,‘骏枣’裂果率降低最多,2.5 和 25 g/L CaCl₂ 处理分别比对照降低了 24.04%和 38.97%;而浸果

12、36、60 h 时,‘骏枣’裂果率在 25 g/L CaCl₂ 处理下比 2.5 g/L CaCl₂ 处理分别多降低了 12.36%、23.96%、21.35%。以上结果说明,不同浓度 CaCl₂ 溶液均能有效降低各品种裂果率,尤其是对不抗裂果品种效果更明显;裂果率随 CaCl₂ 浓度升高而降低。

2.2 CaCl₂ 对枣果皮和果肉中钙含量的影响

2.2.1 果皮中钙含量 各浓度 CaCl₂ 浸果 12~60 h 时,4 个品种枣皮中钙含量表现为‘金铃圆枣’>‘哈密大枣’>‘灰枣’>‘骏枣’,且存在显著性差异(表 2)。如 0 g/L CaCl₂ 浸果 12 h 时,‘金铃圆枣’果皮中钙含量是‘骏枣’6.6 倍;2.5 g/L CaCl₂ 浸果 36 h 时,‘金铃圆枣’果皮中钙含量是‘骏枣’3 倍;25 g/L CaCl₂ 浸果 60 h 时,‘金铃圆枣’果皮中钙含量是‘骏枣’3 倍。即抗裂性强的枣品种果皮中的钙含量始终显著高于抗裂性弱品种。

与对照相比,2.5 g/L CaCl₂ 在浸果 12 和 60 h

表 1 不同浓度 CaCl₂ 对枣裂果率的影响

Table 1 The influence of different concentrations of CaCl₂ on jujube fruit cracking rate

CaCl ₂ 浓度 Concentration of CaCl ₂ /(g/L)	时间 Time/h	金铃圆枣 Jinlingyuanzao	哈密大枣 Hamidazao	灰枣 Huizao	骏枣 Junzao
0	12	0.00 a(d)	20.00 c(c)	24.58 d(b)	49.88 c(a)
	36	0.00 a(d)	29.66 b(c)	39.37 b(b)	59.75 b(a)
	60	0.00 a(d)	33.30 a(c)	41.27 a(b)	64.66 a(a)
2.5	12	0.00 a(d)	10.39 f(c)	15.53 g(b)	27.79 f(a)
	36	0.00 a(d)	16.21 e(c)	23.11 e(b)	35.69 e(a)
	60	0.00 a(d)	18.81 d(c)	31.46 c(b)	43.12 d(a)
25	12	0.00 a(d)	1.46 i(c)	8.97 i(b)	15.43 h(a)
	36	0.00 a(d)	6.57 h(c)	13.73 h(b)	20.78 g(a)
	60	0.00 a(d)	8.59 f(c)	19.85 f(b)	26.97 f(a)

注:数据后括号外和内标记的不同小写字母分别表示处理间(同列)和品种间(同行)在 0.05 水平存在显著性差异;下同。

Note: The normal letters out and in the brackets represent the significant difference among treatments (in the same column) and among cultivars (in the same row) at 0.05 level, respectively; The same as below.

表 2 不同浓度 CaCl₂ 处理下枣果皮和果肉中钙含量的变化

Table 2 The calcium content of jujube fruit peel and pulp with different CaCl₂ treatments

CaCl ₂ 浓度 CaCl ₂ concentration /(g/L)	时间 Time /h	果皮中钙含量 Ca content of jujube fruit peel/(μg/g)				果肉中钙含量 Ca content of jujube fruit pulp/(μg/g)			
		金铃圆枣 Jinlingyuanzao	哈密大枣 Hamidazao	灰枣 Huizao	骏枣 Junzao	金铃圆枣 Jinlingyuanzao	哈密大枣 Hamidazao	灰枣 Huizao	骏枣 Junzao
0	12	628.90 g(a)	491.85 f(b)	320.08 g(c)	95.06 f(d)	467.43 f(a)	269.80 g(b)	137.92 g(c)	45.90 g(d)
	36	647.90 g(a)	508.65 f(b)	327.80 g(c)	195.21 e(d)	505.58 ef(a)	286.93 g(b)	142.10 g(c)	71.35 f(d)
	60	663.11 fg(a)	519.93 f(b)	333.88 fg(c)	202.37 e(d)	538.47 ef(a)	308.38 f(b)	171.67 f(c)	77.96 f(d)
2.5	12	686.05 ef(a)	536.25 e(b)	346.33 ef(c)	212.28 e(d)	568.60 de(a)	342.21 e(b)	189.91 e(c)	90.97 e(d)
	36	696.55 de(a)	543.42 de(b)	358.23 de(c)	226.10 de(d)	594.92 d(a)	377.05 d(b)	200.42 de(c)	97.86 de(d)
	60	717.57 d(a)	553.37 d(b)	369.00 d(c)	241.58 cd(d)	715.82 c(a)	411.60 c(b)	208.17 d(c)	100.65 d(d)
25	12	789.17c(a)	564.15 c(b)	385.87 c(c)	262.87 bc(d)	777.28 c(a)	421.00 bc(b)	221.43 c(c)	111.97 c(d)
	36	832.57 b(a)	582.68 b(b)	425.38 b(c)	279.70 ab(d)	862.98 b(a)	434.27 ab(b)	234.70 b(c)	122.75 b(d)
	60	860.48 a(a)	595.68 a(b)	455.80 a(c)	294.10 a(d)	988.20 a(a)	448.35 a(b)	250.51 a(c)	134.08 a(d)

时,各品种枣果皮中钙的含量均显著递增,如浸果 12 和 60 h 时,‘骏枣’显著增加 123.40% 和 19.37%,浸果 12 h ‘灰枣’和浸果 60 h ‘哈密大枣’仅分别增加 8.20%、6.40%;另外,在浸果 36 h 时,除‘骏枣’外其它品种枣果皮中钙含量也呈显著递增趋势。与对照相比,25 g/L CaCl_2 在浸果 12~60 h 时,枣果皮中钙含量呈显著递增趋势,且‘骏枣’果皮中钙含量增加最多,‘哈密大枣’增加最少,前者在浸果 12、36、60 h 时增加幅度分别为 176.53%、52.50%、45.32%,后者分别为 14.69%、14.55%、14.56%。由此说明各处理枣果皮钙的含量随着 CaCl_2 浓度增加而增加,且极易裂果品种的增加幅度最大。

2.2.2 果肉中钙含量 与果皮钙含量表现相似,各浓度 CaCl_2 浸果 12~60 h 内,4 个品种的枣果肉中钙含量从高到低依次为‘金铃圆枣’、‘哈密大枣’、‘灰枣’、‘骏枣’,且存在显著性差异(表 2)。其中,‘金铃圆枣’果肉中钙含量在 0 g/L CaCl_2 浸果 12 h、2.5 g/L CaCl_2 浸果 36 h、25 g/L CaCl_2 浸果 36 h、25 g/L CaCl_2 浸果 60 h 时分别是同期‘骏枣’的 10 倍、6 倍、7 倍和 7 倍。说明各处理条件下极抗裂枣品种果肉中的钙含量始终显著高于极易裂品种。

如表 2 所示,与对照相比,2.5 g/L CaCl_2 浸果 12、36、60 h 时均使同期各品种枣的果肉中钙含量显著递增。其中,各时期果肉中钙增加最多品种分别为‘骏枣’、‘灰枣’、‘哈密大枣’,增加幅度分别为 98.19%、41.04%、33.47%;增加最少品种分别为‘金铃圆枣’、‘金铃圆枣’、‘灰枣’,增加幅度分别为 21.64%、17.67%、21.26%。25 g/L CaCl_2 浸果也同样使各时期(12、36、60 h)各品种枣的果肉中钙的含量显著呈递增。其中,各时期钙含量增加最多品

种分别为‘骏枣’、‘骏枣’、‘金铃圆枣’,分别增加 143.94%、72.03%、83.51%;增加最少品种均为‘哈密大枣’,分别增加 56.04%、51.35%、45.38%。说明各品种枣果肉中钙的含量也随着 CaCl_2 处理浓度的增加而提高,且抗裂性弱品种增加幅度较大。

2.3 CaCl_2 对枣果皮和果肉中镁含量的影响

2.3.1 果皮中镁含量 各浓度 CaCl_2 浸果 12~60 h 内,4 个品种枣皮中镁含量均表现为‘骏枣’>‘灰枣’>‘哈密大枣’>‘金铃圆枣’(表 3)。在 0 g/L CaCl_2 浸果 12、36 h 时,‘金铃圆枣’果皮中镁含量与‘哈密大枣’、‘灰枣’、‘骏枣’差异显著,其中的‘骏枣’分别是‘金铃圆枣’10、2.5 倍;浸果 60 h 时,‘骏枣’显著高于‘金铃圆枣’,‘骏枣’是‘金铃圆枣’2.3 倍。在 2.5 g/L CaCl_2 浸果 12 h 时,‘金铃圆枣’与‘灰枣’、‘骏枣’差异显著;浸果 36、60 h 时,‘骏枣’与‘金铃圆枣’差异显著,‘骏枣’分别是‘金铃圆枣’的 2.5、1.5 倍。在 25 g/L CaCl_2 浸果 12、36、60 h 时,‘骏枣’与‘金铃圆枣’、‘哈密大枣’差异显著,‘骏枣’分别是‘金铃圆枣’2.2、2.8、1.2 倍。说明各 CaCl_2 浸果处理条件下极易裂枣品种果皮中镁含量始终显著高于极抗裂品种。

与对照相比,2.5 g/L CaCl_2 浸果 12 h 时,‘骏枣’、‘金铃圆枣’有明显的差异,‘金铃圆枣’的果皮中镁含量显著升高 125.00%,‘骏枣’显著降低 23.27%;浸果 36 h 时,‘金铃圆枣’、‘骏枣’显著降低,‘骏枣’降低 45.88%,但‘哈密大枣’显著升高 23.22%;浸果 60 h 时,‘金铃圆枣’显著升高 23.71%。与对照相比,25 g/L CaCl_2 浸果 12 h 时,‘金铃圆枣’显著升高 2.4 倍,‘骏枣’显著降低 27.44%;浸果 36 h 时,‘骏枣’、‘金铃圆枣’显著降

表 3 不同浓度 CaCl_2 处理下枣果皮和果肉中镁含量的变化

Table 3 The magnesium content of jujube fruit peel and pulp with different CaCl_2 treatments

CaCl ₂ 浓度 concentration (g/L)	时间 Time /h	果皮中镁含量 Mg content of jujube fruit peel/(μg/g)				果肉中镁含量 Mg content of jujube fruit pulp/(μg/g)			
		金铃圆枣 Jinlingyuanzao	哈密大枣 Hamidazao	灰枣 Huizao	骏枣 Junzao	金铃圆枣 Jinlingyuanzao	哈密大枣 Hamidazao	灰枣 Huizao	骏枣 Junzao
0	12	67.16 i(c)	293.55 bc(b)	341.53 bc(b)	712.56 a(a)	338.93 a(c)	482.76 a(b)	508.98 a(ab)	516.47 bc(a)
	36	290.69 c(c)	300.12 bc(c)	527.92 ab(b)	734.02 a(a)	316.70 e(c)	438.33 ab(b)	460.02 a(b)	493.23 bc(a)
	60	264.16 d(b)	313.05 bc(b)	378.13 c(b)	620.53 ab(a)	352.45 bcd(b)	408.43 ab(ab)	453.17 a(a)	490.58 bc(a)
2.5	12	152.58 h(c)	249.52 c(bc)	356.45 bc(b)	546.72 bc(a)	325.20 de(c)	443.45 a(b)	472.57 a(b)	576.43 ab(a)
	36	155.00 g(b)	393.48 bc(a)	383.48 a(a)	397.18 c(a)	299.90 e(b)	463.51 a(a)	464.12 a(a)	521.93 bc(a)
	60	326.80 b(b)	428.05 b(a)	472.63 bc(a)	511.80 bc(a)	371.95 bc(c)	444.17 a(bc)	470.96 a(b)	580.72 ab(a)
25	12	228.04 e(b)	262.48 c(b)	487.87 bc(a)	517.03 bc(a)	379.32 b(b)	380.88 ab(b)	472.65 a(b)	651.58 ab(a)
	36	199.13 f(b)	283.32 bc(b)	462.3 bc(a)	558.86 b(a)	347.00 cd(c)	388.40 ab(b)	433.38 a(a)	449.13 c(a)
	60	647.06 a(b)	632.23 a(b)	692.10 a(a)	740.11 a(a)	372.67 bc(b)	410.13 ab(b)	442.25 a(b)	531.17 bc(a)

低,并以‘金铃圆枣’降低最多(31.37%);浸果 60 h 时,除‘骏枣’外其它品种镁含量显著升高,升高最多的‘金铃圆枣’达到 1.5 倍。即不同浓度 CaCl₂ 处理下,不同处理时间各品种枣果皮中镁的含量升降变化不同。

2.3.2 果肉中镁含量 各浓度的 CaCl₂ 浸果 12、36、60 h 时,4 个品种枣果肉中镁含量从高到低依次为‘骏枣’、‘灰枣’、‘哈密大枣’、‘金铃圆枣’(表 3)。其中,在 0 g/L CaCl₂ 浸果 12~60 h 时,‘金铃圆枣’与‘骏枣’、‘灰枣’、‘哈密大枣’差异显著,‘骏枣’分别是‘金铃圆枣’1.5、1.6、1.4 倍。在 2.5 g/L CaCl₂ 浸果 12、36 h 时,‘金铃圆枣’与‘骏枣’、‘哈密大枣’、‘灰枣’差异显著,‘骏枣’分别是‘金铃圆枣’1.8、1.7 倍;浸果 60 h 时,‘金铃圆枣’与‘骏枣’、‘灰枣’差异显著,‘骏枣’是‘金铃圆枣’1.5 倍,‘金铃圆枣’与‘哈密大枣’差异不显著。25 g/L CaCl₂ 浸果 12、60 h 时,‘骏枣’与其它 3 个品种差异显著,‘骏枣’分别是‘金铃圆枣’1.7、1.4 倍;浸果 36 h 时,骏枣与‘金铃圆枣’、‘哈密大枣’差异显著,‘骏枣’是‘金铃圆枣’1.5 倍。即各处理条件下极易裂品种枣的果肉镁含量始终显著高于极抗裂品种。

同时,与对照相比,2.5 g/L CaCl₂ 浸果 12 h 时,‘金铃圆枣’果肉镁含量显著降低 4.05%,‘骏枣’显著升高 11.60%;浸果 36 h 时,‘金铃圆枣’果肉镁含量降低 5.30%,‘骏枣’显著升高 5.8%;浸果 60 h 时,‘骏枣’果肉镁含量显著升高 18.37%。同时,25 g/L CaCl₂ 浸果 12 h 时,‘哈密大枣’果肉镁含量显著降低 21.10%,‘骏枣’则显著升高 26.16%;浸果 36 h 时,‘金铃圆枣’显著升高 9.56%;浸果 60 h 时,‘骏枣’升高 8.27%,‘灰枣’下

降 2.40%。以上结果说明各浓度 CaCl₂ 处理条件下不同时期各品种枣果肉中镁含量升降变化趋势和幅度不同。

2.4 不同浓度的 CaCl₂ 对枣果皮和果肉中钾含量的影响

2.4.1 果皮中钾含量 从表 4 可知,各浓度的 CaCl₂ 浸果 12~60 h 时内,4 个品种枣果皮中钾含量从高到低依次为‘金铃圆枣’、‘哈密大枣’、‘灰枣’、‘骏枣’。其中,在 0 g/L CaCl₂ 浸果 12 h 时,‘金铃圆枣’果皮钾含量与‘灰枣’、‘骏枣’差异显著,‘金铃圆枣’是‘骏枣’的 2 倍;浸果 36、60 h 时,‘骏枣’与其它 3 个品种差异显著,‘金铃圆枣’均是‘骏枣’的 2 倍。在 2.5 g/L CaCl₂ 浸果 12 h 时,‘金铃圆枣’、‘哈密大枣’果皮钾含量与‘灰枣’、‘骏枣’差异显著,‘金铃圆枣’是‘骏枣’的 1.6 倍;浸果 36 h 时,‘金铃圆枣’钾含量与‘骏枣’差异显著,它是‘骏枣’的 2 倍。在 25 g/L CaCl₂ 浸果 12h 时,‘金铃圆枣’果皮钾含量与‘骏枣’差异显著,是‘骏枣’1.6 倍;浸果 36 h 时,‘金铃圆枣’与‘灰枣’、‘骏枣’差异显著;浸果 60 h 时,‘骏枣’与其它 3 个品种差异显著,且‘金铃圆枣’是‘骏枣’1.4 倍。即各处理条件下极易裂品种枣果皮中钾含量始终显著低于极抗裂品种。

同时,与对照相比,2.5 g/L CaCl₂ 浸果 12、36 h 时,‘金铃圆枣’果皮中钾含量分别显著降低 12.78%、10.28% ‘骏枣’分别升高 0.72%、1.21%;浸果 60 h 时,‘灰枣’降低 5.17%,‘骏枣’升高 65.21%。与对照相比,25 g/L CaCl₂ 浸果 12 h 时,‘金铃圆枣’、‘骏枣’果皮中钾含量分别显著升高 10.50%、33.30%;浸果 36h 时,‘金铃圆枣’显著降

表 4 不同浓度 CaCl₂ 处理下枣果皮和果肉中钾含量的变化
Table 4 The kaliun content of jujube fruit peel and pulp with different CaCl₂ treatments

CaCl ₂ 浓度 concentration /(g/L)	时间 Time /h	果皮中钾含量 K content of jujube fruit peel/(μg/g)				果肉中钾含量 K content of jujube fruit pulp/(μg/g)			
		金铃圆枣 Jinlingyuanzao	哈密大枣 Hamidazao	灰枣 Huizao	骏枣 Junzao	金铃圆枣 Jinlingyuanzao	哈密大枣 Hamidazao	灰枣 Huizao	骏枣 Junzao
0	12	22.17 cd(a)	21.67 ab(a)	19.83 bc(b)	11.50 d(c)	22.00 b(a)	20.33 ab(a)	21.33 a(a)	18.17 ab(b)
	36	26.83 a(a)	23.50 a(b)	20.17 abc(c)	13.17 cd(d)	22.67 b(a)	18.50 c(b)	18.00 bc(b)	18.00 ab(b)
	60	22.50 cd(a)	22.33 a(a)	22.00 ab(a)	11.50 d(b)	20.83 b(a)	18.67 c(b)	18.33 bc(b)	16.67 b(b)
2.5	12	19.33 e(a)	19.33 b(a)	17.00 d(b)	12.33 d(b)	22.17 b(a)	21.50 a(a)	18.83 bc(b)	17.83 ab(c)
	36	24.17 b(a)	21.50 ab(b)	20.83 abc(b)	13.33 cd(c)	21.33 b(a)	20.83 a(a)	17.67 c(b)	17.17 ab(b)
	60	21.33 d(a)	21.33 a(a)	19.33 c(a)	19.00 a(a)	35.67 a(a)	19.00 bc(b)	18.67 bc(b)	17.33 ab(c)
25	12	24.50 b(a)	23.17 a(a)	22.17 abc(a)	15.33 b(b)	22.00 b(a)	21.33 a(a)	21.33 a(a)	17.83 ab(b)
	36	22.17 cd(a)	22.00 a(a)	18.83 cd(b)	13.33 cd(c)	21.50 b(a)	20.83 a(a)	19.17 b(b)	17.00 b(c)
	60	20.67 de(a)	21.50 ab(a)	20.33 abc(a)	14.67 bc(b)	21.83 b(a)	20.17 a(b)	18.50 bc(b)	18.50 a(b)

表 5 枣果实果皮和果肉中 Ca、Mg、K 元素含量与其裂果率相关系数

Table 5 Correlation coefficients between Ca, Mg, K contents of peel and pulp in jujube fruit and its cracking rate

品种 Cultivar	果皮 Peel			果肉 Pulp		
	钙 Ca	镁 Mg	钾 K	钙 Ca	镁 Mg	钾 K
骏枣 Junzao	-0.666**	0.334	-0.277	-0.733**	0.332	-0.145
灰枣 Huizao	-0.542**	0.135	-0.204	-0.606**	0.010	-0.459*
哈密大枣 Hamidazao	-0.683*	0.048	-0.180	-0.743**	0.123	-0.765**
金铃圆枣 Jinlingyuanzao	—	—	—	—	—	—

注: ** 和 * 分别表示相关系数在 0.01 和 0.05 的水平上显著。

Note: ** and * represent significance of correlation coefficients at the 0.01 level and 0.05 level.

低 17.36%; 浸果 60 h 时, 除‘骏枣’显著升高 27.56% 外, 其它品种钾含量无显著变化。以上结果说明各 CaCl_2 处理条件下不同浸果时间各品种枣果皮中钾含量升降变化趋势和幅度各异。

2.4.2 果肉中钾含量 各浓度 CaCl_2 浸果 12~60 h 时内, 4 个品种枣果肉中钾含量从高到低依次为‘金铃圆枣’、‘哈密大枣’、‘灰枣’、‘骏枣’(表 4)。其中, 在 0 g/L CaCl_2 浸果 12 h 时, ‘骏枣’果肉中钾含量与其它 3 个品种差异显著, 且‘金铃圆枣’是‘骏枣’1.20 倍; 浸果 36、60 h 时, ‘金铃圆枣’与其它 3 个品种差异显著, ‘金铃圆枣’分别是‘骏枣’1.26、1.25 倍。在 2.5 g/L CaCl_2 浸果 12~36 h 时, ‘金铃圆枣’、‘哈密大枣’果肉中钾含量与‘灰枣’、‘骏枣’差异显著, ‘金铃圆枣’分别是‘骏枣’的 1.24、1.24 倍; 浸果 60 h 时, ‘金铃圆枣’与‘骏枣’、‘灰枣’、‘哈密大枣’差异显著。在 25 g/L CaCl_2 浸果 12 h 时, ‘骏枣’果肉中钾含量与其它 3 个品种差异显著, 但‘金铃圆枣’是‘骏枣’1.20 倍; 浸果 36 h 时, ‘金铃圆枣’与‘灰枣’、‘骏枣’差异显著; 60 h 时, ‘金铃圆枣’与其它 3 个品种差异显著, ‘金铃圆枣’是‘骏枣’1.13 倍。说明在各 CaCl_2 处理条件下极易裂品种枣的果肉钾含量始终低于极抗裂品种。

同时, 与对照相比, 2.5 g/L CaCl_2 浸果 12 h 时, ‘灰枣’果皮中钾含量显著降低 11.71%; 浸果 36 h 时, ‘哈密大枣’显著升高 12.61%; 浸果 60 h 时, ‘金铃圆枣’显著升高 71.24%。与对照比较, 25 g/L CaCl_2 浸果 12 h 时, ‘哈密大枣’果皮中钾含量降低 4.90%; 浸果 36 h 时, ‘哈密大枣’、‘灰枣’分别显著升高 12.61%、6.40%; 浸果 60 h 时, ‘哈密大枣’、‘骏枣’分别显著升高 13.39%、10.97%。即不同浓度 CaCl_2 处理下各品种枣果肉中钾含量发生不同幅度的升降变化。

2.5 枣果皮、果肉元素含量与裂果率相关分析

枣果实的果皮、果肉中 K、Ca、Mg 含量(0 g/L

CaCl_2 浸果 60 h) 与其裂果率相关性分析结果如表 5 所示。其中, ‘骏枣’裂果率与果皮、果肉中 Ca 含量呈极显著性负相关, 相关系数分别为 -0.666** 和 -0.733**; 而与果皮、果肉中 K 含量均呈负相关, 与果皮、果肉中 Mg 含量均呈正相关, 但均未达到显著性水平。‘灰枣’裂果率也与其果皮、果肉中 Ca 含量呈极显著性负相关, 相关系数分别为 -0.542** 和 -0.606**; 与果皮中 K 含量呈不显著负相关, 而与果肉中 K 含量呈显著性负相关 (-0.459*); 与其果皮、果肉中 Mg 含量呈不显著正相关。‘哈密大枣’裂果率与果皮中 Ca 含量呈显著性负相关 (-0.683*), 与果肉中 Ca 含量呈极显著负相关 (-0.743**); 与果皮 K 含量呈不显著负相关, 与果肉中 K 含量呈极显著负相关 (-0.765**); 与果肉、果皮中 Mg 含量呈不显著正相关性。由于‘金铃圆枣’是极抗裂枣品种, 裂果率为 0, 即相关系数无数值。说明各品种枣果实裂果率与其果皮和果肉中 Ca 含量均呈显著负相关性, 部分品种与还其果肉中 K 含量均呈显著负相关性, 但均与其果皮和果肉中 Mg 含量无显著相关。这也可能是 CaCl_2 浸果增强枣抗裂性的原因之一。

3 讨论

3.1 浸果 CaCl_2 浓度与不同品种枣果实中钙含量的关系

新疆是干旱少雨的地区, 但是枣脆熟期如果遇到下雨, 加上高温, 果实容易开裂。钙在果实生长发育尤其是果皮细胞壁结构形成过程中起着非常重要的作用, 大部分钙以果胶酸钙的形式存在于植物果皮细胞的细胞壁中, 对增加相邻细胞间的连结性非常重要, 同时还可以增加细胞壁的延展性和耐压性, 减少裂果的发生^[14]。钟伟良等^[15]研究认为荔枝果皮组织内外的钙浓度梯度是钙吸收的动力, 因此外施的钙浓度越高, 越有利钙的吸收。本试验结果也

表明,25 和 2.5 g/L CaCl₂ 处理都能显著促进的枣果肉及果皮中钙含量增加,并以 25 g/L 处理的促进效应优于 2.5 g/L CaCl₂ 处理,且抗裂性弱的品种增加的幅度更大。

3.2 不同抗裂性品种枣中的 Ca、Mg、K 元素含量与裂果率关系

杨淑娟等^[16]关于‘灵武长枣’正常果与裂果的 Ca²⁺ 细胞化学定位研究发现,裂果果皮中很少能观察到钙离子存在。另外,抗裂的‘怀枝’荔枝果皮细胞壁的钙含量比易裂的‘糯米糍’高^[15];抗裂枣品种‘圆铃枣’各个发育时期果皮及果肉细胞中钙含量均高于易裂品种‘俊枣’^[17];甜樱桃果肉中钙含量越高的品种,裂果率越低,而钙含量越低,裂果率越高^[18]。本试验的结果显示,极抗裂的枣品种果皮及果肉钙含量高于极易裂品种,原因可能是极抗裂品种枣的细胞壁结合外源钙的能力强于极易裂品种。但温明霞等^[19]关于柑橘果皮表皮钙信号的原位分析结果表明,抗裂的柑橘品种表皮层不存在富钙细胞和富钙层,而不抗裂品种的果皮表皮层却有明显的富钙细胞和富钙层,本研究的结果与之不一致,可能是由于果实种类不同所致。如据王宁等^[20]研究报告,锦橙裂果率随叶片和果皮钙含量的增加而升高,因为树体含钙量过多,钙对钾产生强烈拮抗作用,造成缺钾而导致裂果。

镁是植物体内重要的必需元素,是叶绿素、肌醇六磷酸钙镁和果胶的成分,是磷酸酶化酶的活化剂,在蛋白质、脂肪、碳水化合物代谢中起着重要作用,镁缺少或者过量都会影响果实品质。如油桃正常果皮中的镁含量明显低于裂果^[21],抗裂荔枝果皮中的镁含量明显低于裂果果皮^[22],正常锦橙果皮镁含量低于裂果果皮^[20],本试验的结果与前者的结论一致。但刘铁铮^[23]认为裂纹果的红富士镁含量与不

裂纹果差异不显著,邱燕萍等^[24]研究表明裂果的荔枝镁含量低于正常果,因此镁与裂果关系需要进一步探讨。

钾是生物体多种酶的活性剂,在果实利用光能时需要钾离子调节气孔开闭,有助于光合作用产生有机物,如纤维素、类脂、蛋白质等,从而为果实发育提供充足结构建成物质,对增加果皮韧度起到良好的作用。汪志辉等^[25]认为极易裂果的油桃果肉中 K 的含量均极显著地高于不裂果的油桃,即 K 能促进果实裂果。本试验中极易裂枣品种果肉中 K 的含量显著高于极抗裂品种,这可能是树种不同,其果肉中 K 的含量不同,其具体原因还有待于进一步研究。林兰稳等^[22]研究荔枝裂果率表明,果皮中 K 含量低的果实易发生裂果;王宁等^[20]报道,锦橙裂果果皮 K 含量低于正常果,而本试验研究结果表明,极易裂果品种果皮 K⁺ 含量低于极抗裂品种。

裂果与多种矿质营养元素有关,其发生存在着一个矿质营养平衡的问题。植物对镁、钾的吸收存在拮抗作用,因此果皮中钾、钙、镁等诸元素协调平衡是影响裂果的重要因子^[14]。在荔枝上的研究表明,果皮中的钙与裂果密切相关,其果实的裂果率一般与果实中的钙含量呈负相关^[25],彭良志^[26]认为钾含量适当也可减少锦橙裂果,过多则使果皮粗厚,反而容易产生裂果。本试验的结果显示,枣裂果率与果皮、果肉中钙、钾含量呈显著性负相关,与镁含量呈正相关。

综上所述,CaCl₂ 浸果能有效降低枣裂果率;极抗裂枣品种果肉、果皮中钙、钾含量均高于极易裂品种,镁含量反之;枣裂果率与果皮、果肉中钙、钾含量呈显著性负相关,与镁离子呈正相关;随 CaCl₂ 浓度增加,枣果肉、果皮中钙含量升高,但不同品种枣的果实中钾、镁含量升降变化不同。

参考文献:

- [1] 郭裕新. 枣[M]. 北京:中国林业出版社,1982:20—35.
- [2] 新疆维吾尔自治区统计局. 新疆统计年鉴[M]. 乌鲁木齐:中国统计出版社,2012:397.
- [3] WEI SH L(魏书鉴),YU J ZH(于继洲),Study of growth characteristics of *Ziziphus jujube* cv. Junzao[J]. *China Fruit Research* (中国果品研究),1993;4(in Chinese).
- [4] ZHANG P(张 萍),SHI Y J(史彦江),SONG F H(宋锋慧),Investigation on variation and correlation of the main nutrition quality traits of *Ziziphus jujube* cv. Huizao from south of Xinjiang[J]. *Journal of Fruit Science* (果树学报),2011,28(1):77—81(in Chinese).
- [5] 崔培毅. 枣树优良品种——哈密大枣[N]. 新疆科技报,2000-11-10(02).
- [6] ZHANG L Z(张连增),ZHANG L(张 莉),ZHU Y F(朱永丰),New variety of cold tolerance and fresh in jujube[J]. *China Fruits* (中国果树),2003,(1):6—8(in Chinese).

- [7] DU W(杜 魏), LI X G(李新岗), WANG CH ZH(王长柱), *et al.* Mechanism of fruit cracking in *Zizyphus jujube*[J]. *Journal of Fruit Science*(果树学报), 2012, **24**(7): 25–27(in Chinese).
- [8] YANG J Q(杨俊强), WANG X Y(王小原). Cracking identification of improved varieties in jujube[J]. *Shanxi Agricultural Sciences*(山西农业科学), 2008, **36**(11): 86–89(in Chinese).
- [9] LI J G(李建国), HUANG H B(黄辉白). Progress of cracking fruit in litchi[J]. *Journal of Fruit Science*(果树学报), 1996, **13**(4): 257–261(in Chinese).
- [10] LIU T C(刘同才), LIU B Q(刘宝轻). Prevention technologies and reason of cracking fruit in jujube[J]. *Hebei Fruits*(河北果树), 2006, (3): 55(in Chinese).
- [11] ZHU J F(朱俊峰), CHEN H P(陈红萍), FAN Y L(范永玲). The climate background and defense fruit cracking of jujube[J]. *Friends of Science Amateurs*(科学之友), 2010, 19: 155–157(in Chinese).
- [12] YANG SH SH(杨双双), LU X Y(鲁晓燕), WANG W(王 维). The influence of calcium chloride on fruit cracking of different jujube cultivars in Xinjiang[J]. *Acta Agriculture Boreali-Occidentalis Sinica*(西北农业学报), 2014, **1**(23): 1 004–1 389(in Chinese).
- [13] 毛永民, 申莲英, 毕 平. 不同枣品种果实抗裂果能力的比较研究[C]. 首届全国干果生产与科研进展学术研讨会论文集, 1998.
- [14] LIU Y C(刘英翠). Study progress of correlation between calcium and cracking[J]. *Shanxi Forestry Science and Technology*(山西林业科技), 2008, 9. 3(in Chinese).
- [15] ZHONG W L(钟伟良), YUAN W Q(袁伟群), HUANG X M(黄旭明). A study on the absorption of exogenous calcium and sucrose and their deposit onto the cell walls in litchi per carp[J]. *Journal of Fruit Science*(果树学报), 2006, **23**(3): 350–354(in Chinese).
- [16] YANG SH J(杨淑娟), ZHENG G Q(郑国琦), ZHANG Y C(章英才). Ultracytochemical localization of Ca^{2+} jujube in the normal fruits and cracking ones of Lingwu Long-jujube[J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.*(西北植物学报), 2011, **31**(1): 84–88(in Chinese).
- [17] CAO Y B(曹一博), ZHANG L Y(张凌云), LI Y Y(李艳云). Dynamic changes of Ca^{2+} distribution in different cracking resistance during jujube fruit development[J]. *Journal of Chinese Electron Microscopy Society*(电子显微镜学报), 2006, **23**(3): 350–354(in Chinese).
- [18] ZHANG G(张 阁), ZHU G Y(朱国英), LIU CH 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]. *Journal of Fruit Science*(果树学报), 2005, **25**(5): 646–649(in Chinese).
- [19] 温明霞. 重庆柑橘钙素营养及调控研究[D]. 重庆: 西南大学, 2012.
- [20] WANG N(王 宁), QIN X N(秦焯南). The effect of Jincheng cracking on mineral nutrition[J]. *Journal of Southwest Agricultural University*(西南农业大学学报), 1987, **9**(4): 458–464(in Chinese).
- [21] 丁 勤. 油桃果实生长发育与裂果的关系研究[D]. 陕西杨陵: 西北农林科技大学, 2004.
- [22] LIN L W(林兰稳). Effect of mineral nutrition on fruit cracking rate of *Litchi chinensis*[J]. *Soil and Environmental Sciences*(土壤与环境), 2001, **10**(1): 55–56(in Chinese).
- [23] 刘铁铮. 红富士苹果果实裂纹与果皮结构及其生理指标变化的研究[D]. 河北保定: 河北农业大学, 2004.
- [24] QIU Y P(邱燕萍), CHEN J ZH(陈洁珍), OU L X(欧良喜). The effect of fruit cracking in litchi changes of mineral nutrition[J]. *Acta Agriculture of Guangdong*(广东农业科学), 2001, (1): 25(in Chinese).
- [25] WANG ZH H(汪志辉), LIAO M(廖 明), SUN G CH(孙国超). The impact of fruit cracking in nectarine on mineral elements[J]. *Northern Horticulture*(北方园艺), 2005, (6): 41(in Chinese).
- [26] PENG L ZH(彭良志). The effective ways and methods of prevention navel orange yellow cracking at present[J]. *South China Fruit*(中国南方果树), 1998, (2): 6(in Chinese).