

DOI:10.11937/bfyy.201704005

# 枣果皮结构与枣裂果性的相关性

刘世鹏, 文欣, 刘申

(延安大学 生命科学学院, 陕西省红枣重点实验室, 陕西 延安 716000)

**摘要:**以晋枣、赞皇枣、无名大枣为试材,通过制作石蜡切片,对枣果的上、中、下及其环碗部的解剖结构进行观察和测定,研究枣裂果性与果皮解剖结构的关系。结果表明:枣果皮结构上、中、下各部差异性显著;枣果皮解剖结构与裂果性密切相关,蜡层厚、表皮层数、亚表皮层数、亚表皮厚与裂果指数间相关性不显著,角质层细胞密度、表皮厚度以及环碗部表皮厚度与裂果指数间存在负相关关系。

**关键词:**枣;果皮;解剖结构;裂果性;裂果指数

**中图分类号:**S 665.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)04-0020-05

枣(*Ziziphus jujuba* Mill.)属鼠李科(Rhamnaceae)枣属(*Ziziphus* Mill)植物,枣是喜温、喜光、耐旱的树种,原产中国,栽培历史悠久。枣适应性强,耐旱、耐瘠薄,不仅栽培分布的区域十分广阔,还可以作为开发沙地、盐碱地的经济树种<sup>[1]</sup>。陕西省是中国产枣大省之一,延安市是陕西省重点产枣地区<sup>[2]</sup>。近年来枣裂果现象十分严重,大大降低了枣产品的质量和产量,给栽枣单位和个人带来了很大的损失。枣裂果多发生在果皮开始局部变红到完全变红的脆熟期<sup>[3]</sup>。果皮开裂的果实,外观差、易腐败。降雨是引起裂果的最直接的外部因素,降雨量越大,持续时间越长,裂果就越重<sup>[4]</sup>。枣果裂果除了与枣采前降水、高温等外界因子密切相关外<sup>[5-6]</sup>,枣果本身的结构特点也是影响裂果的主要因素,枣不同品种之间裂果发生的程度差异很大<sup>[7]</sup>。通过制作石蜡切片来观察裂果性不同的枣果皮的蜡层、角质层、表皮、亚表皮细胞等,以期进一步了解裂果枣的果皮特点,探索果皮结构特点与裂果性的关系,从而为解决枣裂果问题提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料分别于2009年10月2日采自陕西省延

安市延川县延水关乡北村的晋枣、赞皇枣、无名大枣的东、西、南、北4个相对固定的位置,各品种均选择无病虫、无伤害、管理基本一致,发育良好并完整的果实。

供试试剂:95%乙醇、100%乙醇、二甲苯、石蜡液、粘贴液、番红、固绿、中性树胶等。

供试仪器:切片机(Leica CM1900);生物显微镜(B204LEDR);显微图像处理系统(Olympus-DP71内置式数码显微镜);生物组织摊烤片机(YT-6B);恒温箱等。

### 1.2 试验方法

1.2.1 枣果诱裂试验 每品种各选30个枣果,在室温下用清水浸泡进行人工诱裂,每隔4h观察记录一次,调查果实上裂纹条数,每品种重复3次。裂果分级标准见表1,分别统计各级裂果数,计算各品种裂

果指数。裂果指数 =  $\frac{\sum T_i \cdot i}{5n}$ , 式中,  $T_i$  为裂果级别为  $i$  的果数;  $i$  为裂果级别;  $n$  为调查总果数<sup>[8-9]</sup>。

1.2.2 组织解剖结构观察 FAA固定液固定材料-酒精系列脱水-二甲苯系列透明-石蜡包埋-切片成5  $\mu\text{m}$  或8  $\mu\text{m}$  厚,粘片-二甲苯脱蜡,乙醇脱水-用番红-固绿对染-中性树胶封片,制成永久切片,以备观察与拍照用<sup>[10]</sup>。

### 1.3 数据分析

采用SPSS 11.0软件对试验结果进行单因素方差分析和一元线性回归分析,得出各指标之间的显著性差异表和相关性统计。

## 2 结果与分析

### 2.1 品种间裂果指数比较

由表2可知,晋枣、赞皇、无名大枣的裂果指数

**第一作者简介:**刘世鹏(1973-),男,硕士,副教授,研究方向为植物生态和植物生理。E-mail:liushipeng2003@126.com。

**基金项目:**陕西省教育厅重点实验室专项资助项目(2014JS014);延安市重大科研资助项目(2015CGZH12);延安大学重点资助项目(YD2012-11)。

**收稿日期:**2016-09-23

表 1 枣裂果分级体系标准

Table 1	Establishment of dividing standard of fruit cacking
级别 Grade	分级标准 Standard of dividing
0 级	果面无裂果现象
1 级	(1) 果面有一道裂口, 长度不超过果实纵径或横径的 1/2 (2) 果面裂口细小, 裂口部位面积不超过果面积的 1/4
2 级	(1) 果面有一道裂口, 长度超过果实纵径或横径的 1/2 (2) 果面有两道裂口, 长度不超过果实纵径或横径的 1/2 (3) 果面裂口细小, 裂口部位面积达果面面积的 1/4~1/3 (4) 果面裂口无规则, 裂口面积不超过果面面积的 1/4
3 级	(1) 果面有两道裂口, 长度超过果实纵径或横径的 1/2 (2) 果面有三道裂口, 长度不超过果实纵径或横径的 1/2 (3) 果面裂口细小, 裂口部位面积达果面面积的 1/3~1/2 (4) 果面裂口无规则, 裂口面积达果面面积的 1/4~1/3
4 级	(1) 果面有三道裂口, 长度超过果实纵径或横径的 1/2 (2) 果面有四道裂口, 长度不超过果实纵径或横径的 1/2 (3) 果面裂口无规则, 裂口面积达果面面积的 1/3~1/2
5 级	裂口面积超过果面面积的 1/2

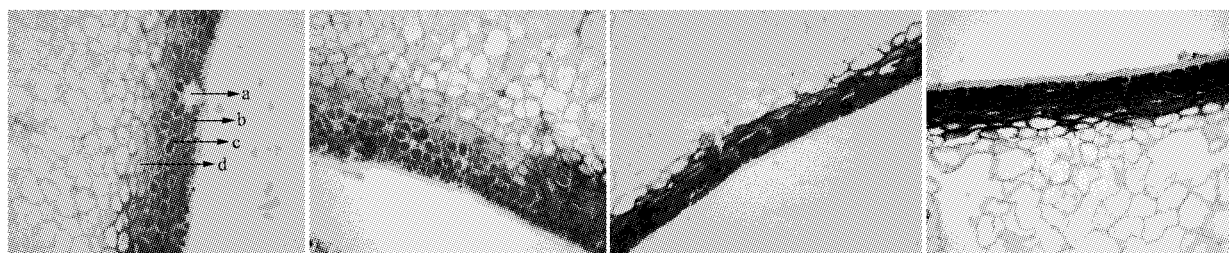
大小明显不同, 晋枣抗裂、赞皇、无名大枣较易裂。枣吸水后累计质量变化与枣裂果指数具有显著相关性, 证明了吸水膨胀是引起枣裂果的重要因素。

## 2.2 同一品种不同部位枣果皮解剖结构比较

枣果皮的细胞由外向内有角质层细胞、表皮细胞和亚表皮细胞组成<sup>[11]</sup>, 表皮细胞和亚表皮细胞不易区分, 表皮外附有一层蜡层(图 1A)。通过对其石蜡切片的观察可知, 同一品种其上、中、下各部的表皮厚度、亚表皮厚度、角质层细胞密度差异性较大, 枣果皮上部表皮厚度较大并且分布不均(图 1B、C、D)。

表 2 各枣裂果指数及其与枣吸水后累积质量判定系数  $R^2$  比较Table 2 Comparison of the jujube fruit cracking index and the cumulative mass determination coefficient  $R^2$  after water absorption

品种 Variety	晋枣 Jinzao	赞皇枣 Zanhuangzao	无名大枣 Wumingdazao
裂果指数 Fruit cracking index	0.476	0.793	0.944
$R^2$	0.877	0.900	0.899



A. 无名大枣上( $\times 400$ ) B. 无名大枣下( $\times 400$ ) C. 无名大枣中( $\times 400$ ) D. 无名大枣下( $\times 400$ )  
A. The upside of Wumingdazao( $\times 400$ ) B. The upside of Wumingdazao( $\times 400$ ) C. The middle part of Wumingdazao( $\times 400$ ) D. The bottom of Wumingdazao( $\times 400$ )

注: a. 气孔; b. 角质层; c. 表皮; d. 亚表皮。

Note: a. Stoma; b. Cuticle; c. Epidermal; d. Sub-epidermal.

图 1 同一品种枣果皮解剖结构

Fig. 1 Pericarp anatomical structure of the same variety jujube

由表 3 可知, 晋枣、赞皇枣及无名大枣, 同一品种上部、中部、下部的蜡层厚度均具极显著性差异, 角质层厚度和角质层细胞密度也具有显著性差异。除赞皇枣角质层厚度外, 同种枣上部的角质层厚度、角质层细胞密度均大于中部和下部。

由表 3 还可知, 晋枣、赞皇枣、无名大枣, 同一品种上、中、下各部的表皮厚度具显著性差异, 除晋枣、无

名大枣亚表皮层数和赞皇枣亚表皮厚度外, 表皮层数、亚表皮层数、亚表皮厚在同一品种中差异性不显著。

## 2.3 不同品种同一部位枣果皮解剖结构比较

由表 4 可知, 不同品种同一部位, 除赞皇枣、无名大枣上部和中部的角质层密度无差异性外, 枣果皮蜡层厚度、角质层厚度、角质层细胞密度均具有显著性差异。值得注意的是, 晋枣上部和中部的角质

表 3 同一品种不同部位果皮解剖结构比较

Table 3 Comparison of the anatomical structure of peel in different parts of the same species

品种 Variety		蜡层厚度 Wax layer thickness / $\mu\text{m}$	角质层厚度 Cuticle thickness / $\mu\text{m}$	角质层细胞密度 Cuticle cell density /( $\text{个} \cdot \text{mL}^{-1}$ )	表皮层数 Epidermis layer	表皮厚度 Epidermal thickness / $\mu\text{m}$	亚表皮层数 Sub-epidermis layer	亚表皮厚 Sub-epidermis thickness / $\mu\text{m}$
晋枣 Jinzao	上部	6.34±0.68A	11.27±1.99A	12.35±1.19A	6.00±0.73A	73.75±8.89A	2.05±0.51C	34.62±8.43B
	中部	4.12±0.56C	9.40±1.02B	26.50±1.09B	11.89±0.47B	52.57±4.82B	2.90±0.31B	53.93±8.19A
	下部	5.12±0.32B	9.23±1.00B	7.11±0.70C	4.65±0.49B	45.20±4.64C	3.60±0.50A	58.24±7.09A
赞皇枣 Zanhuanzao	上部	7.37±0.59B	9.32±1.28b	8.86±0.99A	4.65±0.49A	60.57±5.10A	3.05±0.39B	44.63±3.78b
	中部	5.68±0.59C	8.45±0.81c	6.90±0.75C	3.25±0.64B	34.80±5.74B	3.10±0.45B	39.40±9.00c
	下部	10.15±0.88A	13.22±0.66a	7.74±0.84B	4.40±0.68A	58.32±8.51A	3.60±0.50A	60.14±5.76a
无名大枣 Wumingdazao	上部	6.36±0.67B	12.97±2.09A	9.16±0.89A	5.05±0.83A	60.15±5.81A	2.20±0.41a	31.50±4.28A
	中部	5.25±0.35C	9.16±0.90C	7.03±0.66B	4.65±0.59A	44.02±4.94C	1.90±0.31b	32.79±7.00A
	下部	7.15±0.68A	11.42±1.18B	6.72±0.72B	5.00±0.65A	53.32±5.66B	1.90±0.55b	31.12±7.05A

注:表中大写字母表示 0.01 水平上的显著差异性,小写字母表示 0.05 水平上的显著差异性。下同。

Note:Lowercase and capital letters mean significant difference at 0.05 and 0.01 levels,respectively. The same below.

表 4 不同品种同一部位枣果皮解剖结构比较

Table 4 Comparison of the anatomical structure of peel in different varieties of the same parts

品种 Variety		蜡层厚度 Wax layer thickness / $\mu\text{m}$	角质层厚度 Cuticle thickness / $\mu\text{m}$	角质层细胞密度 Cuticle cell density /( $\text{个} \cdot \text{mL}^{-1}$ )	表皮层数 Epidermis layer	表皮厚度 Epidermal thickness / $\mu\text{m}$	亚表皮层数 Sub-epidermis layer	亚表皮厚 Sub-epidermis thickness / $\mu\text{m}$
上部 Upper	晋枣	6.34±0.68B	11.27±1.99B	12.35±1.19A	6.00±0.73A	73.75±8.89A	2.05±0.51B	34.62±8.43B
	赞皇枣	7.37±0.59A	9.32±1.28C	8.86±0.99B	4.65±0.49B	60.57±5.10B	3.05±0.39A	44.63±3.78A
	无名大枣	6.36±0.67B	12.97±2.09A	9.16±0.89B	5.05±0.83B	60.15±5.81B	2.20±0.41B	31.50±4.28B
中部 Middle	晋枣	4.12±0.56c	9.40±1.02A	26.50±1.09A	11.89±0.47A	52.57±4.82A	2.90±0.31A	53.93±8.19A
	赞皇枣	5.68±0.59a	8.45±0.81C	6.90±0.75B	3.25±0.64B	34.80±5.74C	3.10±0.45A	39.40±9.00B
	无名大枣	5.25±0.35b	9.16±0.90B	7.03±0.66B	4.65±0.59A	44.02±4.94B	1.90±0.31B	32.79±7.00B
下部 Bottom	晋枣	5.12±0.32C	9.23±1.00C	7.11±0.70AB	4.65±0.49A	45.20±4.64B	3.60±0.50A	58.24±7.09a
	赞皇枣	10.15±0.88A	13.22±0.66A	7.74±0.84A	3.25±0.64B	58.32±8.51A	3.60±0.50A	60.14±5.76b
	无名大枣	7.15±0.68B	11.42±1.18B	6.72±0.72B	5.00±0.65A	53.32±5.66A	1.90±0.55B	31.12±7.05c

层细胞密度均大于赞皇和无名大枣,且具有极显著性差异。

由表 4 还可知,赞皇枣和无名大枣其上部表皮层数、表皮厚度,中部亚表皮厚度,下部表皮厚度均无差异性。晋枣与赞皇枣、无名大枣二者相比,除下部表皮厚度外其上、中、下各部的表皮层数、表皮厚度值都大于赞皇枣和无名大枣。且除晋枣和无名大枣中、下部的表皮层数外,晋枣与赞皇枣、无名大枣二者相比,其表皮层数、表皮厚度均具有极显著性差异。亚表皮层数和亚表皮厚无论是上部、中部、下部,3 种枣

的差异性程度均明显小于表皮层数和表皮厚度。

#### 2.4 不同品种枣环碗部同一部位差异性比较

通过观察石蜡切片可知,枣环碗部蜡层、角质层细胞、表皮细胞分布极其不均,有的地方甚至没有蜡层。环碗部表皮最薄处、角质层最薄处有的只有 1、2 层细胞(图 2A~H)。

由表 5 可知,在晋枣、赞皇枣、无名大枣之间,其环碗部角质层最厚处、表皮最厚处的细胞厚度具极显著性差异。其中,晋枣环碗部的表皮最厚处、表皮最薄处细胞厚度明显大于赞皇和无名大枣。

表 5 不同品种枣环碗部同一部位差异性比较

Table 5 Comparison of the bowl central division in different varieties of the same parts

品种 Variety	角质层最厚处 Thickest stratum corneum	角质层最薄处 Thinnest stratum corneum	表皮最厚处 Thickest skin	表皮最薄处 Thinnest skin
晋枣 Jinzao	89.10±7.18B	11.88±1.47B	298.49±12.96A	60.14±7.23A
赞皇枣 Zanhuanzao	133.65±12.06A	17.33±1.67A	195.17±18.28B	25.88±2.75B
无名大枣 Wumingdazao	78.70±7.52C	12.03±2.93B	178.50±17.63C	27.67±2.62B

#### 2.5 各结构指标与枣裂果指数相关性比较

由表 6 可知,角质层细胞密度、表皮厚度与裂果指数有显著相关性,表皮层数与裂果指数有相关性趋势,蜡层厚度、角质层厚度、亚表皮厚和亚表皮层

数与裂果指数无相关性关系。

角质层细胞密度与裂果指数回归方程: $\hat{y}=1.889-0.114x$ ;表皮厚度与裂果性回归方程: $\hat{y}=2.653-2.96 \times 10^{-2}x$ 。由方程可知,角质层细胞密度、

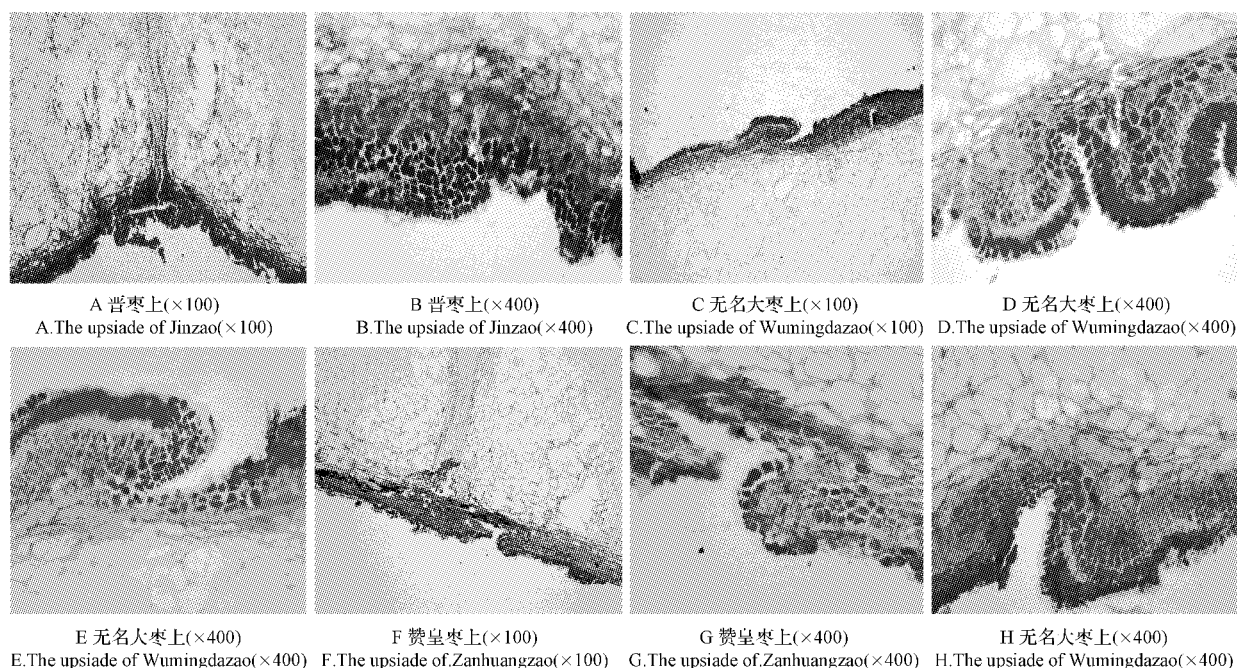


图2 不同品种枣环碗部解剖结构

Fig. 2 Comparison of the anatomical structure of the bowl central division of jujube in different varieties

表皮厚度都与裂果指数具负显著相关性。

由表7可知,表皮最厚处和表皮最薄处与裂果指数具负显著相关性,角质层最厚处、角质层最薄处与裂果指数无相关性。表皮最厚处与裂果指数回归

方程: $\hat{y}=1.546-3.61\times 10^{-3}x$ ;表皮最薄处与裂果指数回归方程: $\hat{y}=1.176-1.16\times 10^{-2}x$ 。由方程可知,表皮最厚处、最薄处细胞厚度都与裂果指数呈负显著相关性。

表6

枣果皮解剖结构与裂果指数的关系

Table 6

Relationship of the anatomical structure of peel and dehiscent fruit index

项目	蜡层厚	角质层厚	角质层细胞密度	表皮厚	表皮层数	亚表皮厚	亚表皮层数
Project	Wax layer thickness	Stratum corneum	Cuticle cell density	Epidermal thickness	Epidermis layer sub	Sub-epidermis thickness	Sub-epidermis layer
$R^2$	0.049	0.077	0.848	0.916	0.668	0.001	0.112

表7 枣环碗部结构与裂果指数的关系

Table 7 Relationship of the bowl central division and dehiscent fruit index

项目	角质层最厚处	角质层最薄处	表皮最厚处	表皮最薄处
Project	Thickest stratum corneum	Thinnest stratum corneum	Thickest skin	Thinnest skin
$R^2$	0.001	0.050	0.963	0.871

### 3 讨论与结论

不同品种枣裂果性具差异很大,寇晓虹等<sup>[12]</sup>的研究也证明了这一观点。表皮细胞和亚表皮细胞是构成鲜枣果实的外围细胞,表皮细胞层数和亚表皮细胞层数直接左右着表皮厚度,表皮厚度大,可抵抗由于外界湿度和温度变化而引起的果实开裂的能力就强<sup>[13]</sup>,由于表皮细胞位于果实的最外侧,果实的开裂又是由外开始,所以表皮就成了与裂果相关性最显著的部位,高京草等<sup>[14]</sup>的研究结果支持了这一推断。

同时,试验结果表明,枣裂果指数与其吸水后累积质量变化呈正相关关系,也就是说吸水膨胀是引起枣裂果的重要外部因素,这也与实际中枣在雨季容易裂果相符合。反观枣果皮的解剖结构特征,不同品种同一部位解剖结构大都具有显著性差异,而同一品种的上、中、下不同部位差异性也较显著。试验表明,枣的裂果指数与枣果皮角质层细胞密度、枣果皮厚度、环碗部果皮厚度呈负显著相关性,而在环碗部易裂的无名大枣和赞皇其表皮最薄处分别只有27.67、25.88  $\mu\text{m}$ ,明显小于耐裂的晋枣的环碗部最薄处细胞厚度60.14  $\mu\text{m}$ ,也小于其自身上部、中部及下部的表皮厚度,实际生活中枣也大都裂于环碗部。由此可见,枣裂果与其环碗部表皮细胞分布不均和环碗部表皮最薄处显著相关。左辞秋<sup>[15]</sup>在研究芒果的裂果时发现,外果皮细胞层数多且扁平整齐的品

种不易裂果,外果皮细胞层数少并为圆形细胞的易裂果。试验结果显示,蜡层厚、角质层厚、亚表皮层数及厚度对裂果指数无显著相关性,但石志平等<sup>[16]</sup>的研究表明,亚表皮细胞排列紧密程度与裂果指数呈负显著相关趋势,上述有关机理有待于进一步研究和探讨。

综上所述,枣裂果指数与枣吸水后累计质量变化呈正相关关系,吸水膨胀是引起枣裂果的重要因素。枣裂果指数与其角质层细胞密度、表皮厚度,环碗部表皮最厚处、最薄处细胞厚度具负显著相关性。枣果皮环碗部蜡层、角质层、表皮分布不均,以及环碗部有些部位表皮细胞厚度太小是引起枣裂果的重要因素。但枣裂果是一个复杂的问题,与多方面因素有关,品种抗裂性、品种成熟期、品种用途及果实表皮厚度是引起裂果的内在因素<sup>[17-18]</sup>,但枣裂果还与地理条件、降雨量、降雨时期等外在因素有关<sup>[19-20]</sup>。该试验主要研究了枣裂果性与果皮解剖结构的关系。若想更准确的确定一种枣的裂果性,还有待于结合外部条件与内部因素进行更加全面而综合性的研究。

#### 参考文献

[1] 卢华英. 影响枣裂果因子的研究进展[J]. 现代园艺, 2007, 6(9): 44-47.  
[2] 王长柱, 高京草, 高华. 枣主栽品种的抗裂性鉴定[J]. 西北农业学报, 1998, 7(2): 78-81.  
[3] 刘铁铮, 徐继忠, 王连荣, 等. 水果裂果研究进展[J]. 河北林果研究, 2004, 19(3): 282-287.  
[4] 曲泽洲, 王惠惠, 周吉柱, 等. 枣果实发育与细胞分裂和增长的关系[J]. 河北农业大学学报, 1964, 3(1): 25-31.

[5] 何祥生. 裂果烂枣与炕枣技术[J]. 山西林业科技, 1987, 8(2): 25-29.  
[6] 陈红萍, 朱俊峰, 李文辉. 红枣成熟期裂果与气象条件的关系[J]. 山西农业科学, 2007, 35(6): 71-73.  
[7] 卢华英. 抗裂性不同的枣品种 RAPD 体系优化和标记[D]. 太谷: 山西农业大学, 2008.  
[8] 单公华, 周广芳, 刘秀芳, 等. 枣果实裂果程度观察[J]. 落叶果树, 2003, 12(4): 9-10.  
[9] 卢艳清. 枣抗裂种质筛选及其抗裂机理初步探究[D]. 保定: 河北农业大学, 2008.  
[10] 辛艳伟, 集贤, 刘和. 裂果性不同的枣品种果皮及果肉发育特点观察研究[J]. 中国农学通报, 2006, 22(11): 253-257.  
[11] MISRA R S, KHAN I. Effect of 2, 4, 5-T and micronutrients on fruit size, cracking, maturity and quality of litchi cv. Rose Scented[J]. Progressive Horticulture, 1981, 13(6): 87-90.  
[12] 寇晓虹, 王文生, 吴彩娥, 等. 鲜枣果实解剖结构与其耐藏性关系的研究[J]. 食品科技, 2001, 18(5): 67-69.  
[13] KNOCHE M, PESCHEL S, HINZ M. Studies on water transport through the sweet cherry fruit[J]. Plantarum, 2002, 21(5): 414-421.  
[14] 高京草, 王长柱, 高华. 影响枣裂果因子的研究[J]. 西北林学院学报, 1998, 13(4): 23-27.  
[15] 左辞秋. 芒果裂果机制观察[J]. 园艺学报, 1984, 11(2): 612-615.  
[16] 石志平, 王文生. 鲜枣裂果及其与解剖结构相关性研究[J]. 华北农学报, 2003, 18(2): 92-94.  
[17] 王勋陵. 枣果实发育解剖学的初步观察[J]. 植物学报, 1974, 16(2): 161-169.  
[18] TIAN Y N, HAN M Y. Relation fruit cell tissue structure with splitting in nectarine[J]. Acta Agriculture Borealis-occidentalis Sonica, 2000, 9(1): 108-110.  
[19] 李克志. 枣裂果机理的初步研究[J]. 果树科学, 1990, 7(4): 221-222.  
[20] 张志善. 山西省枣树裂果情况调查初报[J]. 经济林研究, 1991, 9(1): 58-61.

## Correlation of Fruit Crack and Anatomical Structure in Jujube Fruit

LIU Shipeng, WEN Xin, LIU Shen

(College of Life Sciences, Yan'an University/Shaanxi Key Laboratory of Chinese Jujube, Yan'an, Shaanxi 716000)

**Abstract:** Jinzao, Zanzhuangzao, Wumingdazao were used as test materials, by making paraffin slice, the anatomical structure of fruit peel such as the parts of upper, observing middle and bottom and bowl central division of experiment were observed and measured. The results showed that, there were significant difference on the upper, middle and bottom of jujube fruit. Fruit cracking and jujube peel anatomical structure had significant correlation, there was no significant correlation between wax thickness, the number of epidermal cell layer, the number of sub-epidermal cell layer, sub-epidermis thickness and dehiscent fruit index. There were negative correlation between the density of the stratum corneum cells, epidermal thickness and dehiscent fruit index.

**Keywords:** jujube; fruit peel; anatomical structure; fruit cracking; dehiscent fruit index