

# 脱落酸(ABA)对不同裂果性枣叶片和果实表面气孔的影响

李彦玲<sup>1,2</sup>, 杨爱珍<sup>2,3</sup>, 王晓琴<sup>3</sup>, 师光禄<sup>3</sup>, 王有年<sup>2</sup>

(1. 北京农学院 植物科学技术学院, 北京 102206; 2. 北京农学院 农业部都市农业(北方)重点实验室, 北京 102206;  
3. 北京农学院 生物科学技术学院, 北京 102206)

**摘 要:**以‘京枣 39’(*Zizyphus jujuba* Mill. cv. ‘Jing 39’)和‘郎家园枣’(*Zizyphus jujuba* Mill. cv. ‘Langjiayuanzao’)为试材,研究了喷施脱落酸(ABA)后不同时间和在喷施 3 次 ABA 后对不同裂果性枣叶片和果实表面气孔的影响。结果表明:ABA 处理时,随着喷施次数的增加,‘京枣 39’品种叶片气孔密度逐渐降低,到第 3 次喷施后显著降低,而‘郎家园枣’在第 3 次喷施后气孔密度较第 2 次却有所回升;同时,‘京枣 39’果实气孔密度逐渐降低,与对照有显著差异,而‘郎家园枣’果实气孔密度变化不明显。在 ABA 处理后不同时间,‘京枣 39’叶片气孔密度、果皮气孔开度与对照处理有显著差异,果皮气孔密度无差异,‘郎家园枣’果皮气孔开度与对照处理有显著差异,果实和叶片气孔密度均无显著差异。‘京枣 39’果实气孔开度随着喷施 ABA 次数的增加而增加,到第 3 次喷施后显著增加,而‘郎家园枣’果实气孔开度和对照比较无显著差异。该研究结果对于指导枣的生产具有重要意义。

**关键词:**脱落酸(ABA);枣裂果;气孔密度;气孔开度

**中图分类号:**S 665.101 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)16-0022-05

枣(*Zizyphus jujuba* Mill.)是我国特有的经济林栽培树种,种质资源丰富,栽培历史悠久,但目前我国枣树生产中还存在着一些问题,如生产中普遍存在重栽培轻管理、良种缺乏、裂果和病虫害严重等问题,其中裂果问题尤为突出<sup>[1]</sup>。裂果的原因是多方面的,如品种的遗传性、过多的水分进入及植物生长调节剂等,其中与植物调节剂有很大相关性<sup>[2]</sup>。植物生长调节剂是植物体内天然存在的一系列调控植物生命活动的有机化合物,与植物的生长发育密切相关。其中,脱落酸属于抑制生长类调节剂,能够影响影响果实的裂果性。

目前有学者研究表明内源激素的变化是影响果实裂果的重要因素之一。早在 20 世纪 80 年代 SHARMA 等<sup>[3]</sup>就发现裂果果皮中的脱落酸(ABA)高于正常果,在采摘果实前喷施 ABA 会促进裂果的发生<sup>[4-5]</sup>。ABA 主

要是通过调节气孔的开闭,间接影响果实的裂果性。范晓荣等<sup>[6]</sup>研究发现利用外源不同浓度的 ABA 的溶液处理水稻叶片,发现其对水稻叶片的气孔开闭具有有效的调控作用;黄丽萍等<sup>[2]</sup>发现枣叶片气孔特性与裂果有一定相关性,抗裂品种在气孔密度、气孔大小和气孔开度 3 个方面均大于易裂品种。杨卫民等<sup>[7]</sup>研究了 ABA 在枣果实发育期的网络关系,得出 ABA 信号刺激促进了细胞的程序性衰亡,是诱发枣裂果发生的内因;前人主要集中在枣气孔的运动、分布、生长发育、信号诱导与干旱胁迫的相关性等,该试验在前人研究的基础上,对 2 种枣的果实表皮和叶片喷施不同次数的 ABA,观察和分析比较 2 种裂果性的枣品种叶片和果实表皮的气孔密度、气孔大小、气孔开度,明确了 ABA 对气孔特性的调节作用,分析了其与枣裂果性的相互关系,以期为指导生产服务。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为‘京枣 39’(*Zizyphus jujuba* Mill. cv. ‘Jing 39’)和‘郎家园枣’(*Zizyphus jujuba* Mill. cv. ‘Langjiayuanzao’),采自北京市丰台区太子峪村中华名枣博览园。根据生产实践得知,‘京枣 39’为易裂品种,

**第一作者简介:**李彦玲(1988-),女,硕士研究生,研究方向为果树生理。E-mail:buapp2092411yl@163.com.

**责任作者:**王有年(1953-),男,博士,教授,现主要从事果树科教研究和技术推广等工作。E-mail:wyn1951@126.com.

**基金项目:**北京市自然科学基金重点资助项目(5111001);北京市教委 14 科基-科创平台资助项目(PXM2013\_014207\_000040)。

**收稿日期:**2015-05-21

具有果大整齐、结实早、高产稳产、抗病、抗寒以及维生素 C、糖和可溶固形物含量高特性<sup>[8]</sup>；‘郎家园枣’为抗裂品种，经济价值高、适应性强，且具有推广价值。

## 1.2 试验方法

试验于 2014 年进行，选择树势中庸、长势一致的枣树，用浓度为 3 mg/L 的 ABA 溶液于幼果期(7 月 9—23 日)进行喷施处理，每个品种随机选取 4 颗，每颗枣树按不同方向选取 3 个枣枝，7 月 9 日对 4 颗枣树的每 3 个枣枝上的枣果和枣叶喷施 ABA，同时用等体积的清水处理 4 颗枣树作为对照，处理后每周取样和喷施处理，7 月 16 日为第 1 次取样，7 月 30 日将样品全部采回，喷施 1 次 ABA 记为 ABA+，2 次为 ABA++，3 次为 ABA+++，取样时叶片用黑色塑料袋包住，果实放于用 FAA 固定液中，均放于冰盒带回实验室冰箱保存备用。

## 1.3 项目测定

1.3.1 叶片气孔密度 采用透明胶带粘取法<sup>[9]</sup>，塑料透明胶带为普通型胶带，宽度为 8 mm，厚度为 4 mm。用塑料透明胶带拉开 2~5 cm，胶面朝上，平放在实验台面上，将叶片洗净用滤纸迅速吸干叶片的水分。将胶带粘贴在叶片上，然后用手指对捏叶片，使叶片的背面紧密粘贴在胶带上，将胶带撕开，叶片下表皮会或多或少的粘贴在胶带上，若叶片附着物较多或胶带上粘贴的下表皮太少，可连续重复粘贴。将带叶片下表皮的胶带剪成 1 mm×1 mm 的正方形。在载玻片上滴 2 滴 1% 的 I-KI 染液，将带叶片表皮的胶带胶面向下方在载玻片上染色 0.5~1.0 min，盖上盖玻片，压平后镜检。镜检使用的显微镜的视野半径为 0.224 7 mm，目镜为 10 倍，物镜为 40 倍，统计每个叶片中随机 5 个视野里的气孔个数。气孔密度=个数/视野面积=个数/0.159 mm<sup>2</sup>。

1.3.2 果实气孔密度 用直径 6.5 mm 打孔器在枣果实上打取圆形小孔，能照戴洪义等<sup>[10]</sup>的解离法，将取下的圆形果皮放于解离液中，30 min 后用镊子夹出，置于载玻片上，用镊子轻轻刮去果肉，加一滴蒸馏水，用 I2-KI 染色，盖上盖玻片，显微镜下观察圆孔内气孔。每个品种 3 颗枣果，在每颗枣果表皮平均 3 个部位进行打孔取样计数，并求其平均值。计算单位面积内枣果实表皮气孔数，即为其气孔密度，以“气孔数/mm<sup>2</sup>”表示，40 倍物镜下随机观察 3 个气孔，测定气孔开度。统计气孔密度、气孔长度(外纵径和内纵径)和气孔宽度(外横径和内横径)，再进行统计分析(气孔外横径指 2 个保卫细胞外壁短轴两端间的距离；气孔外纵径指 2 个保卫细胞外壁长轴两端间距离；气孔内横径指 2 个保卫细胞内壁短轴两端间的距离；气孔内纵径指 2 个保卫细胞内壁长轴两端间距离)。气孔大小=外横径×外纵径；气孔开度=内横径×内纵径。

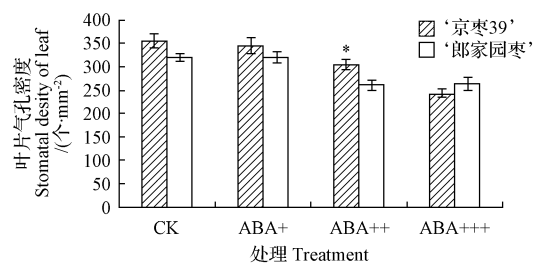
## 1.4 数据分析

采用 EXCLE 2010 和 SPSS 17.0 进行处理和分析数据。

## 2 结果与分析

### 2.1 2 个品种枣的气孔密度

2.1.1 不同 ABA 处理次数对 2 个枣品种叶片气孔密度的影响 由图 1 可以看出，‘京枣 39’在对照组、喷施 1 次 ABA 和喷施 2 次 ABA 时，叶片的气孔密度均高于‘郎家园枣’，并在喷施 2 次 ABA 时表现为显著性差异( $\alpha=0.05$ )，在喷施 3 次 ABA 时‘郎家园枣’叶片气孔密度高于‘京枣 39’。由表 1 可见，‘京枣 39’的叶片气孔密度随着 ABA 喷施次数的增加而下降，从(356.02±15.64)个/mm<sup>2</sup> 下降到(243.74±9.43)个/mm<sup>2</sup>，CK、喷施 1 次 ABA 和喷施 2 次的 3 个处理之间无显著差异，喷施 3 次 ABA 与 CK、喷施 1 次、喷施 2 次 ABA 有显著差异；‘郎家园枣’的叶片气孔密度随着 ABA 喷施次数的增加呈先下降后增加的趋势，喷施 2 次 ABA 时气孔密度最小为(261.15±11.14)个/mm<sup>2</sup> 并开始出现差异显著，最后气孔密度从(261.15±11.14)个/mm<sup>2</sup> 增加到(263.58±13.50)个/mm<sup>2</sup>，增加的趋势不是很明显，CK 和喷施 1 次 ABA 处理之间没有差异，喷施 2 次和喷施 3 次 ABA 处理之间没有差异。综上可知，抗裂品种的叶片气孔密度只有在喷施 3 次 ABA 时比易裂品种的大；易裂品种 ABA 喷施次数越多，叶片气孔密度越小，抗裂品种 ABA 喷施次数与叶片气孔密度之间无明显规律。



注：\* 表示在  $\alpha=0.05$  水平上的显著性差异。以下同。

Note: \* means the significant difference at 0.05 level. The same as below.

图 1 不同处理的 2 个品种的叶片气孔密度

Fig. 1 The stomatal density of leaves between two varieties with different treatments

表 1 不同处理叶片的气孔密度差异

Table 1 Difference of stomatal density of leaves between different treatments

处理 Treatment	气孔密度 Stomatal density/(个·mm <sup>-2</sup> )	
	‘京枣 39’ <i>Zizyphus jujuha</i> Mill. cv. ‘Jing 39’	‘郎家园枣’ <i>Zizyphus jujuha</i> Mill. cv. ‘Langjiayuanzao’
CK	356.02±15.64 a	320.09±8.57 a
ABA+	345.82±17.54 a	320.19±11.54 a
ABA++	304.94±10.19 a	261.15±11.14 b
ABA+++	243.74±9.43 b	263.58±13.50 b

2.1.2 不同 ABA 处理次数对枣 2 个品种果实表面气孔密度的影响 由图 2 可以看出,‘京枣 39’在每次处理时,果皮气孔密度均高于‘郎家园枣’,这表明抗裂品种的果实气孔密度在每次处理时均比易裂品种的小,并均在  $\alpha=0.05$  水平上表现显著差异;由表 2 可以看出,‘京枣 39’的果实表面气孔密度随着 ABA 喷施次数的增加一直呈下降趋势,从  $(2.23 \pm 0.19)$  个/ $\text{mm}^2$  下降到  $(1.44 \pm 0.12)$  个/ $\text{mm}^2$ ,每次 ABA 处理均与对照有显著差异。ABA 处理对‘郎家园枣’的果实表面气孔密度无显著降低作用,每次 ABA 处理均高于对照,但均与对照无显著差异。

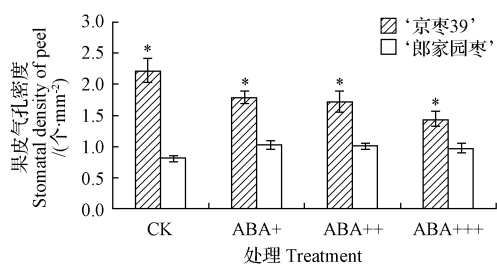


图 2 不同处理 2 个品种果皮的气孔密度

Fig. 2 The stomatal density of peel between two varieties with different treatments

表 2 不同处理 2 个品种果皮的气孔密度差异

Table 2 Difference of stomatal density of peel between two varieties with different treatments

处理 Treatment	气孔密度 Stomatal density/(个·mm <sup>-2</sup> )	
	‘京枣 39’ <i>Zizyphus jujuba</i> Mill. cv. ‘Jing 39’	‘郎家园枣’ <i>Zizyphus jujuba</i> Mill. cv. ‘Langjiayuanzao’
CK	2.23±0.19 a	0.80±0.05 a
ABA+	1.80±0.10 b	1.02±0.07 a
ABA++	1.72±0.16 b	1.01±0.05 a
ABA+++	1.44±0.12 b	0.97±0.08 a

2.1.3 ABA 处理后不同时间对枣 2 个品种叶片和果实表面气孔密度的影响 由表 3 可知,‘京枣 39’在 CK 处理时,随着时间的变化叶片气孔密度之间无显著差异,而在 ABA 处理时,在第 2 次取样时叶片气孔密度最大为  $(351.81 \pm 29.61)$  个/ $\text{mm}^2$  和第 1 次取样的  $(248.51 \pm 22.59)$  个/ $\text{mm}^2$  开始出现差异;‘郎家园枣’在 CK 处理和 ABA 处理时,随着时间的变化叶片气孔密度之间均无显著差异。由表 4 可知,‘京枣 39’在 CK 和 ABA 处理时,随着时间的变化果皮气孔密度之间无显著差异;‘郎家园枣’在 CK 和 ABA 处理时,果皮气孔密度随时间延长逐渐变小,从 CK 的  $(1.33 \pm 0.08)$  个/ $\text{mm}^2$  下降到  $(0.80 \pm 0.07)$  个/ $\text{mm}^2$ ,下降率约为 40%,ABA 从  $(1.54 \pm 0.18)$  个/ $\text{mm}^2$  下降到  $(1.02 \pm 0.07)$  个/ $\text{mm}^2$ ,下降率约为 25%。并均在第 2 次取样时果皮气孔密度开始出现差异。由此可得知,2 个枣品种的叶片在 CK 处理时,易裂和抗裂品种的叶片气孔密度均与时间无关,ABA 处理时,抗裂品

种的叶片气孔密度与时间无关,易裂品种的叶片气孔密度与时间有关。而枣果实在 CK 和 ABA 处理时,易裂品种的果实气孔密度均与时间无关,抗裂品种的果实气孔密度与时间有关,易裂品种的叶片气孔密度与时间有关,且随着时间的增长,果皮气孔密度逐渐变小。

表 3 ABA 处理不同时间叶片的气孔密度

Table 3 Stomatal density of leaf in different time with ABA treatment

不同时间 Different time /月-日	‘京枣 39’的气孔密度 Stomatal density of <i>Zizyphus jujuba</i> Mill. cv. ‘Jing 39’/(个·mm <sup>-2</sup> )		‘郎家园枣’的气孔密度 Stomatal density of <i>Zizyphus jujuba</i> Mill. cv. ‘Langjiayuanzao’/(个·mm <sup>-2</sup> )	
	CK	ABA+	CK	ABA+
07-16	331.88±12.95a	248.51±22.59b	355.93±13.40a	267.70±21.60a
07-23	308.58±24.87a	351.81±29.61a	313.54±18.13a	287.16±18.39a
07-30	356.02±15.64a	345.82±17.53a	320.09±8.57a	320.19±11.54a

表 4 ABA 处理不同时间果皮的气孔密度

Table 4 Stomatal density of peel in different time with ABA treatment

不同时间 Different time /月-日	‘京枣 39’的气孔密度 Stomatal density of <i>Zizyphus jujuba</i> Mill. cv. ‘Jing 39’/(个·mm <sup>-2</sup> )		‘郎家园枣’的气孔密度 Stomatal density of <i>Zizyphus jujuba</i> Mill. cv. ‘Langjiayuanzao’/(个·mm <sup>-2</sup> )	
	CK	ABA+	CK	ABA+
07-16	2.00±0.18a	1.87±0.10a	1.33±0.08a	1.54±0.18a
07-23	1.63±0.13a	2.24±0.29a	0.97±0.11b	1.21±0.11ab
07-30	2.23±0.19a	1.79±0.10a	0.80±0.07b	1.02±0.07b

## 2.2 2 个品种枣果实的气孔开度

2.2.1 不同 ABA 处理次数对枣 2 个品种果实表面气孔开度的影响 由图 3 可以看出,‘京枣 39’在对照组、喷施 2 次 ABA 和喷施 3 次 ABA 时,果皮气孔开度均高于‘郎家园枣’,并在喷施 2 次和 3 次 ABA 时表现为显著性差异( $\alpha=0.05$ ),在喷施 1 次 ABA 时,‘郎家园枣’果皮气孔开度高于‘京枣 39’,可知,抗裂品种在喷施 1 次 ABA 时气孔开度比易裂品种大,在其它处理时均小于易裂品种;由表 5 可知,‘京枣 39’果实表面气孔开度随着 ABA 喷施次数增多而增大,在喷施 3 次 ABA 时,气孔开度最大为  $(9\ 560.85 \pm 55.14) \mu\text{m}^2$ ,喷施 3 次 ABA 的内纵径、内横径、外横径、外纵径、气孔大小、气孔开度均与 CK、喷施 1 次、喷施 2 次 ABA 存在显著差异;‘郎家园枣’在 CK 和 ABA 处理时,果实表面气孔开度呈先增后降趋

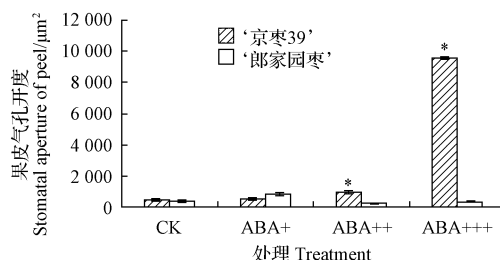


图 3 不同处理的 2 个品种的果皮气孔开度

Fig. 3 The stomatal aperture of peel between two varieties with different treatments



势,在喷施 1 次 ABA 时果皮气孔开度达到最大为  $(859.30 \pm 98.32) \mu\text{m}^2$ ,此后随着喷施次数增多,果皮气孔开度随之减小,喷施 2 次 ABA 后,果皮气孔开度从  $(859.30 \pm 98.32) \mu\text{m}^2$  下降到  $(245.43 \pm 35.28) \mu\text{m}^2$ ,下

降趋势较喷施 3 次 ABA 的大,‘郎家园枣’的内横径在喷施 1 次 ABA 和喷施 2 次 ABA、3 次 ABA 表现差异外,其它内纵径、外纵径、外横径、气孔大小以及果皮气孔开度在 CK 组和 ABA 处理组均无差异。

表 5 2 个品种在不同处理条件下气孔特性的比较

Table 5 Comparison of stomatal characteristics of two varieties between different treatments

品种 Variety	处理 Treatment	内纵径 Internal longitudinal diameter/ $\mu\text{m}$	内横径 Internal transverse diameter/ $\mu\text{m}$	外纵径 External longitudinal diameter/ $\mu\text{m}$	外横径 External transverse diameter/ $\mu\text{m}$	气孔大小 Stomatal size / $\mu\text{m}^2$	气孔开度 Stomatal aperture / $\mu\text{m}^2$
‘京枣 39’ <i>Zizyphus jujuba</i> Mill. cv.	CK	26.90 $\pm$ 2.18b	16.15 $\pm$ 1.63b	42.16 $\pm$ 2.08b	39.25 $\pm$ 1.25b	1 660.76 $\pm$ 117.04b	441.53 $\pm$ 65.97b
	ABA+	27.16 $\pm$ 3.13b	18.88 $\pm$ 1.07b	46.41 $\pm$ 4.91b	42.54 $\pm$ 3.00b	2 026.05 $\pm$ 358.64b	515.65 $\pm$ 72.73b
	ABA++	43.77 $\pm$ 12.55b	34.09 $\pm$ 7.15b	69.48 $\pm$ 20.76b	70.86 $\pm$ 21.30b	7 127.23 $\pm$ 685.39b	937.70 $\pm$ 81.44b
‘郎家园枣’ <i>Zizyphus jujuba</i> Mill. cv.	ABA+++	124.19 $\pm$ 6.99a	93.09 $\pm$ 11.01a	198.32 $\pm$ 8.11a	182.45 $\pm$ 6.12a	36 232.85 $\pm$ 2 076.64a	9 560.85 $\pm$ 55.14a
	CK	24.21 $\pm$ 1.37a	15.68 $\pm$ 2.00ab	43.17 $\pm$ 1.58a	41.68 $\pm$ 2.71a	1 801.27 $\pm$ 147.47a	390.83 $\pm$ 71.92a
	ABA+	33.42 $\pm$ 10.05a	21.32 $\pm$ 3.28a	58.04 $\pm$ 15.17a	54.22 $\pm$ 11.29a	3 990.97 $\pm$ 248.71a	859.30 $\pm$ 98.32a
‘Langjiayuanzao’	ABA++	20.34 $\pm$ 1.72a	11.80 $\pm$ 1.10b	38.52 $\pm$ 2.14a	35.09 $\pm$ 2.88a	1 367.43 $\pm$ 167.95a	245.43 $\pm$ 35.28a
	ABA+++	23.97 $\pm$ 0.62a	14.29 $\pm$ 1.25ab	42.62 $\pm$ 1.50a	39.11 $\pm$ 2.95a	1 686.93 $\pm$ 179.82a	342.80 $\pm$ 30.69a

2.2.2 ABA 处理后不同时间对枣 2 个品种果实表面气孔开度的影响 由表 6 可知,‘京枣 39’和‘郎家园枣’在 CK 处理时,枣果皮表面气孔的内纵径、内横径、外纵径、外横径、气孔大小和气孔开度均与时间无关;ABA 处理时,‘京枣 39’果皮表面气孔的内纵径和外横径在不同时间表现的无显著差异,其它外纵径、内横径、气孔大小和气孔开度均在第 2 次取样时较小,气孔开度从  $(584.09 \pm 61.22) \mu\text{m}^2$  下降到  $(262.97 \pm 35.96) \mu\text{m}^2$ ,并开始出现显著差异,但第 2 次与第 3 次取样时无显著差异。‘郎家园枣’内横径和外纵径在不同时间表现的无

显著差异,外横径和气孔大小在第 2 次取样时最大,分别为  $(47.33 \pm 2.52) \mu\text{m}$  和  $(2 117.49 \pm 206.74) \mu\text{m}^2$ ,并在第 2 次取样时开始出现差异,气孔开度在第 2 次取样时达到最大为  $(330.79 \pm 36.20) \mu\text{m}^2$  和第 1 次的  $(211.48 \pm 11.82) \mu\text{m}^2$ 、第 3 次  $(132.82 \pm 10.09) \mu\text{m}^2$  有显著差异,内纵径在第 1 次、第 2 次和第 3 次相互之间均存在显著差异。从而得知,2 个 CK 处理均与时间无关,ABA 处理时,易裂第 3 次取样出现差异,抗裂第 2 次取样和第 1、3 次有差异。

表 6 ABA 处理不同时间果皮气孔特性的比较

Table 6 Comparison of peel stomatal characteristics of ABA treatment between different treatment time

品种 Variety	处理 Treatment	时间 Time	内纵径 Internal longitudinal diameter/ $\mu\text{m}$	内横径 Internal transverse diameter/ $\mu\text{m}$	外纵径 External longitudinal diameter/ $\mu\text{m}$	外横径 External transverse diameter/ $\mu\text{m}$	气孔大小 Stomatal size / $\mu\text{m}^2$	气孔开度 Stomatal aperture / $\mu\text{m}^2$
‘京枣 39’ <i>Zizyphus jujuba</i> Mill. cv.	CK	07-16	28.00 $\pm$ 1.31a	18.01 $\pm$ 3.24a	46.97 $\pm$ 1.90a	46.01 $\pm$ 3.50a	2 168.29 $\pm$ 203.13a	517.28 $\pm$ 113.89a
		07-23	30.41 $\pm$ 3.36a	20.06 $\pm$ 2.64a	48.07 $\pm$ 2.58a	43.27 $\pm$ 1.73a	2 095.26 $\pm$ 179.68a	641.22 $\pm$ 123.86a
		07-30	26.90 $\pm$ 2.18a	16.15 $\pm$ 1.63a	42.16 $\pm$ 2.08a	39.25 $\pm$ 1.25a	1 660.76 $\pm$ 117.04a	441.53 $\pm$ 65.97a
	ABA+	07-16	28.01 $\pm$ 1.07a	20.61 $\pm$ 1.65a	51.05 $\pm$ 2.61a	42.07 $\pm$ 1.80a	2 159.26 $\pm$ 171.62a	584.09 $\pm$ 61.22a
		07-23	21.51 $\pm$ 1.63a	12.03 $\pm$ 0.9b	39.42 $\pm$ 1.2b	35.32 $\pm$ 2.02a	1 390.87 $\pm$ 91.25b	262.97 $\pm$ 35.96b
		07-30	23.20 $\pm$ 2.38a	14.67 $\pm$ 1.8b	38.72 $\pm$ 2.1b	38.14 $\pm$ 2.24a	1 497.1 $\pm$ 162.69b	357.49 $\pm$ 68.59b
‘郎家园枣’ <i>Zizyphus jujuba</i> Mill. cv.	CK	07-16	28.36 $\pm$ 1.60a	22.01 $\pm$ 2.69a	44.80 $\pm$ 1.62a	47.24 $\pm$ 2.61a	2 125.08 $\pm$ 161.47a	641.42 $\pm$ 108.39a
		07-23	26.03 $\pm$ 2.35a	19.20 $\pm$ 1.18a	47.46 $\pm$ 1.11a	47.27 $\pm$ 1.51a	2 245.13 $\pm$ 101.09a	508.56 $\pm$ 65.28a
		07-30	28.36 $\pm$ 1.60a	22.01 $\pm$ 2.69a	44.80 $\pm$ 1.62a	47.24 $\pm$ 2.61a	2 125.07 $\pm$ 161.47a	641.42 $\pm$ 108.39a
	ABA+	07-16	18.81 $\pm$ 0.84b	11.25 $\pm$ 0.41a	39.39 $\pm$ 1.56a	32.79 $\pm$ 1.5b	1 298.69 $\pm$ 97.68b	211.48 $\pm$ 11.82b
		07-23	22.79 $\pm$ 0.90a	14.45 $\pm$ 1.41a	44.33 $\pm$ 2.10a	47.33 $\pm$ 2.52a	2 117.49 $\pm$ 206.74a	330.79 $\pm$ 36.20a
		07-30	11.20 $\pm$ 0.40c	11.81 $\pm$ 0.65a	43.10 $\pm$ 1.54a	43.98 $\pm$ 1.41a	1 892.90 $\pm$ 77.77a	132.82 $\pm$ 10.09b

### 3 讨论与结论

枣叶片气孔特性,特别是叶片气孔密度和气孔大小与各品种的遗传性密切相关<sup>[11]</sup>,而枣的裂果性除了与其品种遗传性有关外,更多受环境因子的影响。有大量的研究表明,气孔发育是一个整合了植物自身激素水平和外界环境刺激的复杂调控网络。BR、ABA、光照条件、CO<sub>2</sub> 浓度以及 Ca<sup>2+</sup> 等都能够以各自特异的方式影响气

孔发育及其生理状态<sup>[12-14]</sup>。随着 ABA 的喷施枣气孔密度逐渐降低,从而裂果严重,试验中 ABA 处理对不同裂果性枣叶片和果实表面气孔产生了不同的影响。从对气孔密度影响来看,‘京枣 39’品种随着 ABA 喷施次数的增多叶片气孔密度逐渐降低,到第 3 次喷施后显著降低,‘郎家园枣’从第 2 次喷施开始出现差异,第 3 次喷施后和第 2 次无差异,2 个品种间在喷施第 2 次时‘京枣

39'叶片气孔密度显著高于'郎家园枣';ABA处理时,随着喷施次数的增加,'京枣39'果实气孔密度逐渐降低,与对照有显著差异,而'郎家园枣'果实气孔密度变化不明显,从而可以推断出,与'郎家园枣'相比,'京枣39'叶片和果实气孔密度受ABA影响较敏感,这可能与自身内部激素调节有关。在ABA处理后的不同时间,'京枣39'叶片气孔密度、果皮气孔开度与对照处理有显著差异,果皮气孔密度无差异,'郎家园枣'果皮气孔开度与对照处理有显著差异,果实和叶片气孔密度均无显著差异。对果实气孔开度的影响,'京枣39'果实气孔开度随着喷施ABA次数的增多而增加,到第3次喷施后显著增加,而'郎家园枣'果实气孔开度和对照比较无显著差异,可以推测气孔开度可以作为衡量裂果特性的指标,为果实裂果性鉴定提供依据。

#### 参考文献

- [1] 宋宇琴,李炜蕾,李六林.生长调节剂对枣果实表面气孔的影响[J].山西农业大学学报,2013,33(6):484-486.
- [2] 黄丽萍,刘和,陈晓东,等.裂果性不同枣品种叶片气孔特性观察[J].山西林业科技,2008,4(12):9-14.
- [3] SHARMA S B,DHILLON B S.Endogenous level of abscisic acid in relation to fruit cracking in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.)[J].Agri Sci Dig,1988,8(1):55-67.
- [4] 阮晓,王强,周疆明,等.香梨的果表突起和落果裂果与果实中内源激素之间的关系[J].植物生理学通讯,2001,37(3):220-221.
- [5] 叶正文,叶兰否,张学良,等.脐橙的裂果规律及赤霉素防裂效果[J].上海农业学报,2002,18(4):52-58.
- [6] 范晓荣,沈其荣.ABA,IAA对旱作水稻叶片气孔的调节作用[J].中国农业科学,2003,36(12):1450-1455.
- [7] 杨卫民,杜京旗,赵君,等.ABA与NO,GA在枣果实发育期的网络关系与拮抗效应探讨[J].山西农业科学,2014,42(2):195-198-202.
- [8] 潘青华,白金,王保强.枣鲜食优质新品种京枣39[J].中国果树,2003,20(4):3-4.
- [9] 陈佰鸿,李新生,曹孜义,等.一种用透明胶带粘取叶片表皮观察气孔的方法[J].植物生理学通讯,2004,40(2):215-218.
- [10] 戴洪义,孙敏,商传明.葡萄染色体倍性与气孔性状的相关及其判别分析[J].葡萄栽培与酿酒,1990,36(2):5-9.
- [11] 高秀萍,张勇强,童兆平,等.梨树在自然干旱条件下叶片解剖特征[J].山西农业科学,2007,29(1):62-64.
- [12] KIM T H,BOHMER M,HU H,et al.Guard cell signal transduction network:advances in understanding abscisic acid,CO<sub>2</sub> and Ca<sup>2+</sup> signaling[J].Annu Rev Plant Biol,2010,61(2):561-591.
- [13] KIM T W,MICHNIEWICZ M,BERGMANN D C,et al.Brassinosteroid regulates stomatal development by GSK3-mediated inhibition of a MAPK pathway[J].Nature,2012,482(7385):419-422.
- [14] SCHROEDER J I,ALLEN G J,HUGOUVIEUX V,et al.Guard cell signal transduction[J].Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol,2001,52(4):627-658.

## Effect of Absciscic Acid Spraying on Stomatal and Cracking on Different Varieties of Jujube Leaf and Fruit Skin

LI Yanling<sup>1,2</sup>, YANG Aizhen<sup>2,3</sup>, WANG Xiaoqing<sup>3</sup>, SHI Guanglu<sup>3</sup>, WANG Younian<sup>2</sup>

(1. Plant Science and Technology College, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206; 2. Key Laboratory of Urban Agriculture (North) Ministry of Agriculture, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206; 3. Biological Science and Technology College, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206)

**Abstract:** Taking *Zizyphus jujuba* Mill. cv. 'Jing 39' and *Zizyphus jujuba* Mill. cv. 'Langjiayuanzao' as test materials, the effect of spraying ABA (abscisic acid) at different time and spraying three times on their leaf and fruit skin stomata were investigated. The results showed that: stomata density of *Zizyphus jujuba* Mill. cv. 'Jing 39' decreased gradually with the increase of ABA concentration and decreased significantly in third time, and stomata density of *Zizyphus jujuba* Mill. cv. 'Langjiayuanzao' in the third time was higher than that in the second time; At the same time, fruit stomata density of *Zizyphus jujuba* Mill. cv. 'Jing 39' decreased gradually, which was a significant difference from contrast, and fruit stomata density of *Zizyphus jujuba* Mill. cv. 'Langjiayuanzao' did not change obviously. After spraying ABA, leaf stomata density and peel stomata open-degree of *Zizyphus jujuba* Mill. cv. 'Jing 39' showed significant difference from control; however, skin stomata density of *Zizyphus jujuba* Mill. cv. 'Jing 39' showed no significant difference at different time. The stomata open-degree of *Zizyphus jujuba* Mill. cv. 'Langjiayuanzao' tended to be significantly different from control, and fruit peel and leaf stomata density showed no significant difference. Fruit stomata open-degree of *Zizyphus jujuba* Mill. cv. 'Jing 39' increased with the increasing ABA concentration gradually and fruit stomata open-degree of the third time was significantly different from that of the other two times; fruit stomata open-degree of *Zizyphus jujuba* Mill. cv. 'Langjiayuanzao' showed no significant difference from control. The results of research could play an important role in guiding the jujube production.

**Keywords:** abscisic acid; jujube dehiscent fruit; stomatal density; stomatal aperture