



郑强卿,陈奇凌,王晶晶,等.隶属函数法综合评价外源植物生长调节剂对骏枣果实品质的影响[J].黑龙江农业科学,2021(1):99-106.

# 隶属函数法综合评价外源植物生长调节剂对骏枣果实品质的影响

郑强卿<sup>1</sup>,陈奇凌<sup>1</sup>,王晶晶<sup>1</sup>,支金虎<sup>2</sup>

(1.新疆农垦科学院 林园所/库尔勒香梨种质创新与提质增效兵团重点实验室,新疆 石河子 832000;2.塔里木大学 植物科学学院,新疆 阿拉尔 843300)

**摘要:**为进一步提高新疆兵团枣果实品质,以6年生密植骏枣树为研究对象,通过在果实不同生长发育阶段运用超敏蛋白、亚精胺、水杨酸、DA-6为材料复配的3个专用肥的叶果喷施,调查在不同喷施处理条件下骏枣果实形态特征与内在生理指标的变化,利用隶属函数法综合评价枣树专用叶面肥对骏枣果实品质的影响,以优化提高果实品质的骏枣专用叶面肥配方。结果表明:水杨酸和DA-6混合处理喷施1次后的果实的单果重和果肉重,分别较对照提高了27.69%和28.50%,同时降低了果核的重量;能有效提高内源激素ZR、JA和GA<sub>3</sub>的含量,ZR、IAA与可溶性糖、还原糖、葡萄糖、蔗糖、淀粉以及糖酸比均呈显著负相关;可溶性糖含量与还原糖、葡萄糖、蔗糖含量、淀粉和糖酸比均呈极显著正相关。隶属函数法综合评价表明,在骏枣果实快速生长发育前期,对叶果实同时喷施0.25 mmol·L<sup>-1</sup>水杨酸、0.1 mmol·L<sup>-1</sup>亚精胺和30 mg·L<sup>-1</sup> DA-6能显著提升骏枣单果重和果肉重。

**关键词:**隶属函数;植物生长调节剂;骏枣;果实品质

枣(*Ziziphus jujuba* Mill.)是鼠李科(Rhamnaceae)枣属(*Ziziphus* Mill.)植物<sup>[1]</sup>,也是新疆栽培面积最大的果树。据2019年新疆统计年鉴<sup>[2]</sup>,红枣种植面积已达476 250 hm<sup>2</sup>,总产量超过300万t,约占我国红枣产量的40%。较“十二五”末,新疆红枣产量提高了11.98%,面积减少了3.89%,表明枣产业正处于由规模扩张向质量提升方向转变。枣果实品质的优劣事关产业转型升级与高质量发展的快慢,尤其在新疆红枣产量逐年提升的关键时期,枣果实品质调控研究具有重要意义。果实内在品质指标包括可溶性固形物(TSS)、总糖、总酸、糖酸指标,各指标相互作用,共同决定品质的优劣<sup>[3-4]</sup>。黄铭慧<sup>[5]</sup>研究表明,采前0.5和1.0 g·L<sup>-1</sup>的GA<sub>3</sub>喷洒处理可以延缓芒果贮藏品质的变化,保持和改善果实的风味品质和营养品质。弓德强等<sup>[6]</sup>研究表明,花后7和21 d各喷施1次32 mg·L<sup>-1</sup>的CPPU,芒果的果实大小显著提高,对其他果实品质和风味影响不明显。焦云等<sup>[7]</sup>研究表明叶面喷施稀土与硅肥可显

著提升果实中可溶性固形物含量水平和降低果实中的可滴定酸水平。郑强卿等<sup>[8]</sup>研究表明,枣树盛花初期间隔7 d喷施2次5 μL·L<sup>-1</sup> 5-ALA+5 μL·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>+15 μL·L<sup>-1</sup> CPPU或20 μL·L<sup>-1</sup> 5-ALA糖酸比分别提高了19.07%和19.35%。王海波等<sup>[9]</sup>研究表明,喷施氨基酸硒叶面肥可显著改善叶片质量,增强叶片的耐弱光能力,延缓叶片衰老,果实成熟一致性增强。本文选用6年生密植骏枣为研究对象,以超敏蛋白、亚精胺、水杨酸、DA-6为材料复配专用叶面肥,研究植物生长调节剂对骏枣果实品质构成因素和等级一致性调控的影响。果实品质受多因素交互调节,单一指标无法准确地反映果实质量和等级,隶属函数法可得到影响果实品质的外在和内在因素的综合评价值,能较科学全面地分析果实的质量,为此本研究在多指标测定的基础上,利用隶属函数综合评价枣树专用叶面肥对骏枣果实品质的影响。本研究拟针对目前新疆骏枣果实品质下降,等级混乱、商品率低的现象,以花果期管控为核心,通过成花质量促升、优势花序管控、叶果激素平衡调控等技术措施,研究果实成熟后碳水化合物与植物激素的变化以及等级一致性情况,以期筛选提高果实品质的调控措施,提高成龄枣园栽培水平和经济效益,保障新疆枣产业健康发展。

收稿日期:2020-09-08

基金项目:兵团师域发展创新支持计划(2017BA040);南疆科研条件建设计划项目(2020DA004)。

第一作者:郑强卿(1980—),男,硕士,研究员,从事果树栽培与生理研究。E-mail: zhengqq369@163.com。

通信作者:陈奇凌(1970—),男,学士,研究员,从事林木栽培与生理生态研究。E-mail: Cql619@163.com。



## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验于2016—2017年在第一师十二团8连骏枣园进行,2011年直播,2012年嫁接,园相整齐长势一致,株行距1.5 m×3.0 m。试验区地处新疆塔克拉玛干沙漠北部、塔里木河畔的阿克苏地区,属典型的内陆中纬度暖温带荒漠、半荒漠大陆性干旱气候,海拔较1 012.6 m,平均年降水量42.4 mm,年蒸发量2 110.5 mm,相对空气湿度50%,年平均气温10.7℃,≥10℃活动积温约为4 113.1℃,极端最低气温为-28.4℃,无霜期约为197 d。

### 1.2 材料

供试植物为6年生密植骏枣;供试植物生长调节剂以超敏蛋白、亚精胺、水杨酸、DA-6为材料复配专用叶面肥。

### 1.3 方法

1.3.1 试验设计 本试验按药剂组合和喷施次数二因素不等水平试验设计,共20个处理,3个药剂组合分别为JP-1:30 mg·L<sup>-1</sup>超敏蛋白+0.1 mmol·L<sup>-1</sup>亚精胺+0.25 mmol·L<sup>-1</sup>水杨酸;JP-2:30 mg·L<sup>-1</sup>超敏蛋白+0.1 mmol·L<sup>-1</sup>亚精胺+30 mg·L<sup>-1</sup>DA-6;JP-3:0.1 mmol·L<sup>-1</sup>亚精胺+0.25 mmol·L<sup>-1</sup>水杨酸+30 mg·L<sup>-1</sup>DA-6;以清水为对照(CK)处理。分别在7月15日、7月25日、8月10日、8月20日、8月30日5个时期喷施,随喷药时间的推移喷药次数逐渐递减,每个处理喷施1~5次,每10棵树作为1个重复。

1.3.2 测定项目及方法 在果实成熟收获时,从每区植株树冠的东南西北4个方位上、中、下、内堂和外围24个部位,每个部位采集枣吊基部第4及第6片叶处无病虫害的枣果30个,放入液氮中速冻后带回实验室,贮于-80℃的超低温冰箱中备用。果实品质测定时,利用精度为0.01 g的电子秤测量果实单果重,利用精度为0.01 mm的电子数显游标卡尺对果实纵径与横径进行测量。果实有机酸含量的测定采用滴定法,可溶性糖、淀粉含量的测定采用斐林试剂法<sup>[10]</sup>,纤维素的测定参照王立华等<sup>[11]</sup>和李春光等<sup>[12]</sup>的方法并略作修改。

内源激素的测定参照张政等<sup>[13]</sup>的方法。测试条件为Waters液相色谱仪,510泵,486紫外检测器,波长254 nm,柱子为Nova-parkC18柱(D3.9 mm×L150 mm),710自动进样器,IBM-386计算机控制,流动相为甲醇:20%乙酸:

水的体积为40:40:20,流量为1.5 mL·min<sup>-1</sup>。

1.3.3 数据分析 试验数据的统计分析采用DPS 7.05,制图采用OriginPro 8.6。同时将整理后的数据,用模糊数学隶属度公式<sup>[14-15]</sup>进行定量转换,再将各指标隶属函数值取平均值进行相互比较。隶属函数公式为:

$$U(X_i) = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

如果某一指标与评判结果为负相关,则用反隶属函数进行定量转换。

$$U(X_i) = 1 - \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

式中, $U(X_i)$ 为隶属函数值, $X_i$ 为某项指标测定值, $X_{\max}$ 和 $X_{\min}$ 为所有处理中某一指标的最大值和最小值。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对骏枣果实形态特征及产量的影响

由表1可知,JP-3-1处理单果重最大,为22.04 g,其次为JP-1-4处理,分别较CK增加27.69%和16.98%,且JP-3-1处理与CK差异显著。果核重最大值为JP-3-2处理0.70 g,最小为JP-2-4处理0.45 g。核形指数最大的是JP-1-5,指数为6.56。果肉重和可食率均为JP-3-1处理最佳,分别较对照提高了28.50%和0.60%,差异显著。JP-3-2产量最佳,为20 902.21 kg·hm<sup>-2</sup>,然后为JP-1-4和JP-3-1处理,分别较对照增加了44.16%、27.75%和25.18%。

### 2.2 不同处理对枣果实内在品质指标变化的影响

由表2可知,经植物生长调节剂处理,果实的总糖含量与对照相比除JP-2-4处理略有上升外,其余均呈下降趋势,与其他处理达到显著差异。JP-2-1处理总糖含量和蔗糖含量最低,分别为86.45和69.35 mg·g<sup>-1</sup>,较对照降低了49.75%和52.71%。还原糖含量最高的为JP-2-4处理19.27 mg·g<sup>-1</sup>,除与JP-3-5处理差异不显著外,与其他处理均达到显著差异水平,二者较对照分别提高了8.99%和8.03%,JP-3-2处理还原糖含量最低,为11.69 mg·g<sup>-1</sup>,较对照降低了33.82%。JP-3-5的果糖和JP-2-4的葡萄糖含量分别较对照提高了46.15%和8.05%,均达到显著差异水平。JP-2-1处理有机酸含量最高,为0.68%,与CK达到显著水平。CK糖酸比最高,为38.54,

其次为 JP-2-4 处理,达到 35.05,JP-2-1 处理糖酸比最低,为 15.19,与 CK 达到显著差异水平,各处理之间达到差异显著水平。CK 淀粉含量也最高,为 61.25%,与其他处理达到显著差异水平。

JP-3-1 和 JP-3-5 处理纤维素含量较高,分别为 3.63 和 3.27  $\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$ ,分别较 CK 提高了 62.05%和 45.98%,均达显著差异水平,JP-2-3 处理纤维素含量最低,为 0.72  $\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$ 。

表 1 不同处理对骏枣果实形态特征和产量的影响

处理	喷施次数	单果重/g	核重/g	核纵径/cm	核横径/cm	核形指数	果肉重/g	可食率/%	产量/( $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )
CK	5	17.26 b	0.55 cde	2.71 cd	0.548 bcd	4.95	16.70 b	96.74 bcde	14499.54 cde
JP-1	1	16.78 b	0.57 abcde	3.20 a	0.69 a	4.64	16.21 b	96.58 cdef	15728.40 bcd
	2	17.06 b	0.61 abcd	2.56 d	0.60 abcd	4.27	16.45 b	96.44 bcde	14115.52 cde
	3	17.22 b	0.68 abc	2.62 cd	0.67 ab	3.91	16.54 b	96.05 g	13016.63 def
	4	20.19 ab	0.56 bcde	3.16 a	0.62 abc	5.10	19.63 ab	97.24 ab	18522.65 ab
	5	17.20 b	0.54 cde	3.15 ab	0.48 d	6.56	16.65 b	96.88 abcd	10022.93 fg
JP-2	1	19.08 ab	0.68 abc	2.92 abcd	0.66 a	4.42	18.40 ab	96.41 defg	16729.12 bc
	2	17.85 ab	0.59 abcde	3.01 abc	0.69 a	4.36	17.26 b	96.64 cde	15118.82 bcde
	3	19.08 ab	0.57 abcde	3.15 ab	0.66 abc	4.77	18.51 ab	96.98 abc	13077.72 def
	4	16.35 b	0.45 e	2.64 cd	0.63 abc	4.19	15.89 b	97.23 ab	13107.93 cdef
	5	18.50 ab	0.69 ab	2.98 abcd	0.61 abcd	4.89	17.81 ab	96.25 efg	11629.73 efg
JP-3	1	22.04 a	0.58 abcde	2.96 abcd	0.61 abcd	4.85	21.46 a	97.32 a	18150.52 ab
	2	18.16 ab	0.70 a	3.03 abc	0.68 ab	4.46	17.46 b	96.13 fg	20902.21 a
	3	17.72 ab	0.52 de	3.04 abc	0.63 abc	4.83	17.19 b	97.04 abc	12668.40 defg
	4	16.80 b	0.56 bcde	2.72 bcd	0.67 ab	4.06	16.25 b	96.69 cde	9213.11 g
	5	16.39 b	0.53 de	2.63 cd	0.52 cd	5.06	15.86 b	96.75 bcde	10070.85 fg

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著( $P<0.05$ )。下同。

表 2 不同试验处理对骏枣果实内在品质的影响

处理	喷施次数	总糖含量/ ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )	还原糖含量/ ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )	果糖含量/ ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )	葡萄糖含量/ ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )	蔗糖含量/ ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )	淀粉/%	纤维素/ ( $\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$ )	有机酸 含量/%	糖酸比
CK	5	172.03±3.82 a	17.68±0.04 b	0.65±0.02 f	17.02±0.05 b	146.64±3.66 a	61.25±0.48 a	2.24±0.03 c	0.45±0.02 ef	38.54±1.22 a
JP-1	1	109.05±4.24 fg	14.24±0.59 e	0.80±0.01 cd	13.44±0.60 efg	90.07±4.58 f	46.05±1.28d	1.53±0.14 e	0.52±0.02 b	21.05±1.28 g
	2	99.80±0.69 hi	13.65±0.32 f	0.59±0.03 g	13.07±0.29 fgh	81.84±0.95 g	28.07±0.1 h	1.06±0.10 g	0.32±0.01 i	31.65±1.58 c
	3	124.65±0.90 d	15.67±0.47 d	0.59±0.04 g	15.08±0.051 d	103.52±1.30 cd	48.59±0.38 c	1.39±0.03 f	0.43±0.02 fg	28.85±0.21 de
	4	94.69±1.77 ij	13.44±0.30 fg	0.56±0.02 gh	12.88±0.28 gh	77.18±1.40 g	35.83±2.46 f	2.07±0.01 d	0.45±0.01 def	21.02±1.02 g
	5	125.42±1.73 d	14.64±0.35 e	0.85±0.04 bc	13.79±0.31 e	105.24±1.98 cd	48.44±1.15c	2.28±0.08 c	0.46±0.03 de	27.19±0.38 e
JP-2	1	86.45±1.41 k	13.45±0.34 fg	0.56±0.01 gh	12.89±0.35 gh	69.35±1.02 h	30.02±1.17g	1.35±0.01 f	0.68±0.02 a	15.19±0.80 h
	2	115.47±2.88 e	13.07±0.19 gh	0.53±0.04 h	12.54±0.23 hi	97.28±2.92 e	35.48±0.23 f	0.75±0.01 ij	0.47±0.01 cd	24.37±0.77 f
	3	104.79±3.87 gh	12.98±0.07 gh	0.78±0.06 d	12.21±0.13 i	87.22±3.60 f	36.77±0.83 f	0.72±0.01 j	0.46±0.03 de	22.75±0.84 fg
	4	173.59±5.37 a	19.27±0.37 a	0.89±0.02 b	18.39±0.37 a	146.60±5.45 a	44.63±0.37d	0.87±0.02 h	0.50±0.01 bc	35.05±2.96 b
	5	163.38±0.94 b	16.73±0.92 c	0.82±0.01 cd	15.91±0.94 c	139.32±1.77 b	53.32±1.00b	2.00±0.05 d	0.46±0.01 de	35.46±0.20 b
JP-3	1	113.99±2.17 ef	12.83±0.30 h	0.71±0.01 e	12.12±0.30 i	96.10±2.35 e	41.54±1.78e	3.63±0.15 a	0.46±0.01 de	24.59±0.47 f
	2	94.29±2.86 j	11.69±0.06 i	0.88±0.03 b	10.81±0.10 j	78.47±2.78 g	41.81±1.64e	1.09±0.04 g	0.40±0.02 h	23.57±0.71 f
	3	124.92±5.93 d	15.60±0.10 d	0.77±0.01 d	14.83±0.10 d	103.85±5.72 cd	36.39±0.62 f	0.85±0.02 hi	0.42±0.02 gh	29.92±1.34 cd
	4	122.62±2.79 d	14.49±0.20 e	0.88±0.05 b	13.61±0.24 ef	102.72±2.83 d	44.51±0.42d	1.04±0.01 g	0.41±0.01 gh	29.65±1.05 d
	5	133.12±1.85 c	19.10±0.31 a	0.95±0.04 a	18.15±0.27 a	108.32±1.46 c	41.87±1.56e	3.27±0.02 b	0.43±0.02 fg	30.67±0.43 cd



### 2.3 不同处理对成熟果实内源激素含量的影响

由图1~图5可知,果实成熟后,不同处理条件下ZR、JA和GA<sub>3</sub>的含量均较CK高,第3次喷施后各处理ZR含量达到最大值。JP-1和JP-2处理的JA含量分别在第3和第4次喷施后出现了峰值,JP-3处理的JA含量则在第4次喷施后降到最小值。GA<sub>3</sub>含量在前两次喷施后JP-3相对较高,随喷施次数增加含量逐渐降低,在第4次喷施后3个处理GA<sub>3</sub>含量同时又逐渐升高。IAA在第3次喷施后,JP-2和JP-3的含量达到峰值,JP-1在第5次喷施后达到峰值。ABA含量不同次数喷施JP-3均高于CK,尤其喷施2次后含量达到峰值,较CK提高了77.63%,JP-1的ABA含量始终低于CK,JP-2在第1次和第5次喷施后相对较高,前者较CK提高了38.06%。

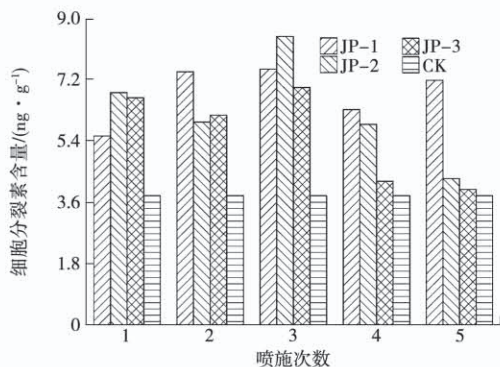


图1 不同处理果实ZR含量变化

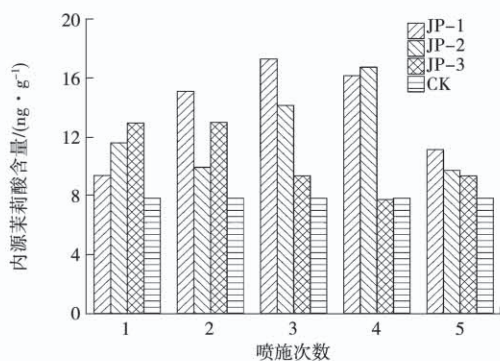


图2 不同处理果实JA含量变化趋势

### 2.4 果实内源激素含量与果实品质相关性分析

由表3可知,激素中ZR与JA和IAA均成极显著正相关,与ABA呈负相关,但不显著。内在品质指标中总糖含量与还原糖、葡萄糖、蔗糖含量、淀粉和糖酸比均呈极显著正相关,还原糖含量与葡萄糖、蔗糖和糖酸比呈极显著正相关,与淀粉显著正相关。葡萄糖与蔗糖含量和糖酸比均呈极

显著相关,与淀粉呈显著正相关。蔗糖含量与淀粉和糖酸比呈极显著正相关,淀粉与糖酸比呈显著正相关,有机酸含量与糖酸比呈显著负相关。ZR、IAA与总糖、还原糖、葡萄糖、蔗糖以及糖酸比均呈显著或极显著负相关。

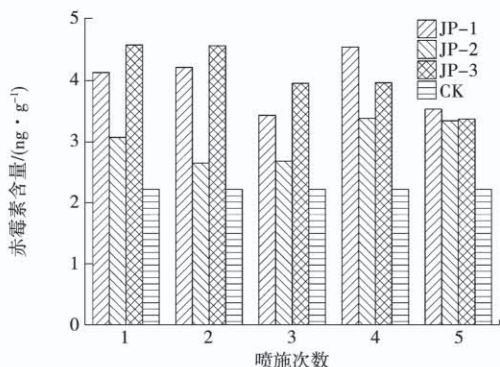


图3 不同处理果实GA<sub>3</sub>含量变化趋势

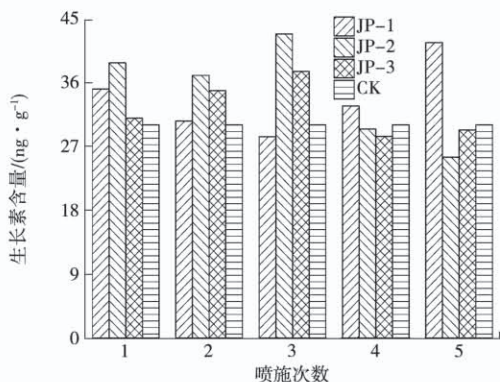


图4 不同处理果实IAA含量变化趋势

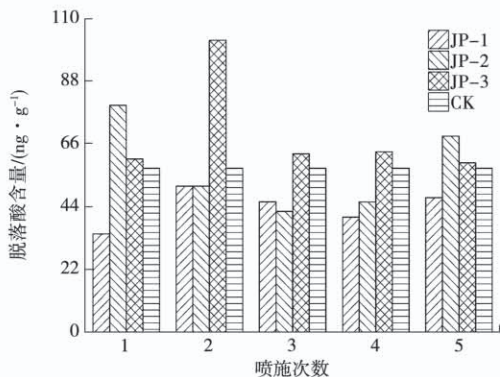


图5 不同处理果实ABA含量变化趋势

由表3可知,IAA与果核纵径呈极显著正相关,ABA与核重均呈显著正相关,单果重与果肉重呈极显著相关,单果重与产量均呈显著正相关,可食率与核重、核横径与核形指数都为极显著负相关,核纵径与核形指数呈显著正相关。

表 3 内源激素与果实内在品质的相关性分析

相关系数	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	x <sub>11</sub>	x <sub>12</sub>	x <sub>13</sub>	x <sub>14</sub>
x <sub>1</sub>	1													
x <sub>2</sub>	0.65**	1												
x <sub>3</sub>	0.16	0.27	1											
x <sub>4</sub>	0.62**	-0.02	-0.16	1										
x <sub>5</sub>	-0.2	-0.24	0.15	-0.06	1									
x <sub>6</sub>	-0.56*	-0.22	-0.46	-0.51*	-0.15	1								
x <sub>7</sub>	-0.54*	-0.14	-0.39	-0.51*	-0.21	0.84**	1							
x <sub>8</sub>	-0.35	-0.28	0.16	-0.1	0.19	0.35	0.39	1						
x <sub>9</sub>	-0.53*	-0.12	-0.41	-0.51*	-0.23	0.84**	1.00**	0.33	1					
x <sub>10</sub>	-0.55*	-0.22	-0.46	-0.51*	-0.14	1.00**	0.81**	0.34	0.81**	1				
x <sub>11</sub>	-0.57*	-0.33	-0.31	-0.41	-0.05	0.75**	0.51*	0.35	0.50*	0.76**	1			
x <sub>12</sub>	-0.34	-0.17	0.17	-0.3	0	0.16	0.23	0.15	0.22	0.15	0.33	1		
x <sub>13</sub>	0.02	-0.09	-0.33	0.33	0.06	-0.09	0	-0.17	0.01	-0.09	-0.06	0.01	1	
x <sub>14</sub>	-0.48*	-0.16	-0.27	-0.62**	-0.07	0.86**	0.73**	0.3	0.73**	0.86**	0.60*	0.09	-0.52*	1

注: x<sub>1</sub> 为 ZR, x<sub>2</sub> 为 JA, x<sub>3</sub> 为 GA<sub>3</sub>, x<sub>4</sub> 为 IAA, x<sub>5</sub> 为 ABA, x<sub>6</sub> 为总糖含量, x<sub>7</sub> 为还原糖含量, x<sub>8</sub> 为果糖含量, x<sub>9</sub> 为葡萄糖含量, x<sub>10</sub> 为蔗糖含量, x<sub>11</sub> 为淀粉, x<sub>12</sub> 为纤维素, x<sub>13</sub> 为有机酸含量, x<sub>14</sub> 为糖酸比; \*  $P<0.05$ , \*\*  $P<0.01$ 。

表 4 内源激素与果实形态特征的相关性分析

相关系数	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	x <sub>11</sub>	x <sub>12</sub>	x <sub>13</sub>
x <sub>1</sub>	1												
x <sub>2</sub>	0.65**	1											
x <sub>3</sub>	0.16	0.27	1										
x <sub>4</sub>	0.62**	-0.02	-0.16	1									
x <sub>5</sub>	-0.2	-0.24	0.15	-0.06	1								
x <sub>6</sub>	0.32	0.23	0.29	0.16	0.15	1							
x <sub>7</sub>	0.32	0.22	0.29	0.17	0.12	1.00**	1						
x <sub>8</sub>	0.09	0.08	0.1	0.2	-0.43	0.34	0.38	1					
x <sub>9</sub>	0.13	0.08	0.09	-0.09	0.55*	0.27	0.22	-0.81**	1				
x <sub>10</sub>	0.29	-0.14	0.17	0.66**	-0.06	0.45	0.45	0.22	0.07	1			
x <sub>11</sub>	0.21	0.17	0.14	0.04	0.12	0.13	0.12	-0.28	0.37	0.16	1		
x <sub>12</sub>	0.02	-0.24	-0.02	0.41	-0.14	0.13	0.14	0.35	-0.26	0.49*	-0.77**	1	
x <sub>13</sub>	0.24	0.33	0.38	0.15	0.32	0.58*	0.57*	-0.02	0.37	0.34	0.42	-0.19	1

注: x<sub>1</sub> 为 ZR, x<sub>2</sub> 为 JA, x<sub>3</sub> 为 GA<sub>3</sub>, x<sub>4</sub> 为 IAA, x<sub>5</sub> 为 ABA, x<sub>6</sub> 为果重, x<sub>7</sub> 为果肉重, x<sub>8</sub> 为可食率, x<sub>9</sub> 为核重, x<sub>10</sub> 为核纵径, x<sub>11</sub> 为核横径, x<sub>12</sub> 为核形指数, x<sub>13</sub> 为产量; \*  $P<0.05$ , \*\*  $P<0.01$ 。

2.5 果实品质构成因素综合评价与分析

果实品质构成因素综合评价是对果实外在形态特征和内在营养成分的综合性性状分析, 只从单一指标对果实品质进行评价, 难以客观真实地反映其本质属性。本研究采用隶属函数值综合

评价的方法, 对不同植物生长调节剂处理下的果实内在品质和外观形态特征及产量的 22 个指标进行综合性状分析, 结果如表 5 所示, JP-3-2 处理隶属函数值最高, 其次为 JP-1-2、JP-2-4 和 JP-2-1 处理。



表 5 果实品质构成因素综合评价

处理	CK						JP-1					JP-2					JP-3				
喷施次数	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
总糖含量	0.98	0.74	0.85	0.56	0.91	0.55	1.00	0.67	0.79	1.00	0.12	0.68	0.91	0.56	0.58	0.46					
还原糖含量	0.79	0.66	0.74	0.47	0.77	0.61	0.77	0.82	0.83	1.00	0.34	0.85	1.00	0.48	0.63	0.98					
果糖含量	0.30	0.66	0.86	0.92	0.92	0.76	0.91	1.00	0.59	0.86	0.69	0.44	0.83	0.59	0.84	1.00					
葡萄糖含量	0.82	0.65	0.70	0.44	0.73	0.61	0.73	0.77	0.82	1.00	0.33	0.83	1.00	0.47	0.63	0.97					
蔗糖含量	1.00	0.73	0.84	0.56	0.90	0.54	1.00	0.64	0.77	0.00	0.09	0.65	0.88	0.55	0.57	0.50					
淀粉	1.00	0.46	1.00	0.38	0.77	0.39	0.94	0.78	0.74	0.50	0.24	0.59	0.59	0.75	0.50	0.58					
纤维素	0.52	0.72	0.88	0.77	0.54	0.54	0.78	0.99	1.00	0.95	0.56	1.00	0.87	0.95	0.89	0.88					
有机酸含量	0.36	0.56	1.00	0.68	0.37	0.40	1.00	0.43	0.40	0.50	0.40	0.41	0.77	0.72	0.73	0.68					
糖酸比	1.00	0.75	0.29	0.41	0.75	0.49	1.00	0.61	0.68	0.15	0.13	0.60	0.64	0.37	0.38	0.34					
果重	0.16	0.92	0.88	0.85	0.67	0.85	0.48	0.26	0.48	1.00	0.38	1.00	0.32	0.24	0.92	0.99					
果肉重	0.15	0.94	0.89	0.88	0.67	0.86	0.45	0.25	0.47	0.99	0.35	1.00	0.29	0.24	0.93	1.00					
可食率	0.54	0.58	0.69	1.00	0.94	0.65	0.72	0.54	0.73	0.93	0.84	1.00	0.94	0.78	0.50	0.55					
核重	0.40	0.48	0.64	0.92	0.44	0.64	0.92	0.96	0.48	1.00	0.96	0.52	1.00	0.72	0.44	0.68					
核纵径	0.23	1.00	1.00	0.91	0.94	0.92	0.56	0.70	0.92	0.88	0.66	0.63	0.73	0.75	0.25	0.89					
核横径	0.32	1.00	0.57	0.90	0.67	1.00	0.86	1.00	0.86	0.71	0.62	0.62	0.95	0.71	0.90	0.81					
核形指数	0.39	0.73	0.87	1.00	0.45	1.00	0.81	0.83	0.67	0.89	0.63	0.64	0.79	0.66	0.94	0.43					
产量	0.45	0.56	0.58	0.67	0.80	0.93	0.64	0.51	0.67	0.67	0.79	0.76	1.00	0.70	1.00	0.93					
ZR	1.00	0.38	0.78	0.79	0.54	0.72	0.65	0.46	1.00	0.45	0.11	0.62	0.51	0.68	0.09	0.04					
JA	0.01	0.17	0.77	1.00	0.88	0.36	0.40	0.23	0.67	0.94	0.21	0.54	0.55	0.17	1.00	0.17					
GA <sub>3</sub>	1.00	0.81	0.85	0.51	0.99	0.56	0.36	0.18	0.49	0.48	0.48	1.00	1.00	0.74	0.74	0.49					
IAA	0.26	0.55	0.29	0.83	0.41	0.93	0.77	0.66	1.00	0.77	1.00	0.32	0.54	0.70	0.83	0.78					
ABA	0.34	1.00	0.75	0.83	0.91	0.81	0.66	0.75	0.88	0.83	0.51	0.39	1.00	0.41	0.43	0.37					
平均隶属度	0.55	0.68	0.76	0.74	0.72	0.69	0.75	0.64	0.72	0.75	0.47	0.69	0.78	0.59	0.67	0.66					
位次	12	7	2	4	5	6	3	10	5	3	13	6	1	11	8	9					

3 结论与讨论

3.1 讨论

果实品质包括以糖、有机酸为核心的食用品质,色泽为核心的外观品质,芳香物质和生物活性物质为核心的外延品质<sup>[16]</sup>。果实品质的调控除生态环境、营养因子的调控外,在同一生长条件下,植物生长调节剂的合理应用对果实形态特征和内在品质同样具有显著作用。本研究表明,同时含有 0.1 mmol·L<sup>-1</sup>亚精胺、30<sup>-1</sup> mg·L<sup>-1</sup> DA-6 处理对单果重和果肉重具有明显的增大作用,较对照分别提高了 5.57%、5.27%和 5.63%、5.21%。从果核重量分析表明,水杨酸、DA-6 的处理相对较低,表明外源水杨酸和 DA-6 能提高枣果实单果重,这与牟红梅等<sup>[17]</sup> 研究结果一致,同时合理

的喷施次数能降低果核核重,有待进一步验证。

碳水化合物从“源”(叶)向“库”(果实等)的运输分配及其在库器官积累与代谢的各个环节都有激素参与调控<sup>[18]</sup>。本研究表明,通过叶片和果实喷施超敏蛋白、亚精胺、水杨酸和 DA-6 的不同组合,均降低了果实总糖的含量,这与刘玲<sup>[19]</sup> 研究结果一致。果实总糖含量的降低可能采样的时间较早,果实的含水量较大,成熟度不完全。但 30 mg·L<sup>-1</sup> 超敏蛋白、0.1 mmol·L<sup>-1</sup> 亚精胺和 30 mg·L<sup>-1</sup> DA-6 组合在果实生长与过程中喷施 4 次以及 0.25 mmol·L<sup>-1</sup> 水杨酸、0.1 mmol·L<sup>-1</sup> 亚精胺和 30 mg·L<sup>-1</sup> DA-6 喷施 5 次,会显著提高还原糖的含量,这可能与果实中淀粉酶(AM)活性的变化有关,值得进一步验证,因为苹果果实的

AM 活性受到果糖和葡萄糖的负调节<sup>[20]</sup>。外源植物生长调节剂主要通过对内源激素及激素间的平衡来调控植物生长发育的生理代谢过程<sup>[21]</sup>。本研究结果表明,外源超敏蛋白、亚精胺、水杨酸和 DA-6 均能显著提高内源激素 ZR、JA 和 GA<sub>3</sub> 的含量,这与单守明等<sup>[22]</sup>等在草莓上的研究结果一致,同时 GA<sub>3</sub> 含量的增加可能是枣果实可溶性总糖含量下降的另一主要原因,GA 可以控制蔗糖代谢酶 SPS 的活性<sup>[23]</sup>,而骏枣属于蔗糖积累型<sup>[24]</sup>,蔗糖代谢的各个环节都受激素的调控<sup>[25]</sup>。另外研究表明,ZR、IAA 与可溶性糖、还原糖、葡萄糖、蔗糖、淀粉以及糖酸比均成显著负相关,内在品质指标中可溶性糖含量与还原糖、葡萄糖、蔗糖含量、淀粉和糖酸比均成极显著相关,还原糖含量与葡萄糖、蔗糖和糖酸比成极显著相关,这与赵爱玲<sup>[24]</sup>等的研究结果一致。

纤维素是植物细胞壁的主要结构成分,通常与半纤维素、果胶和木质素结合,其结合方式和结合程度对植物源食品的质地影响较大。果实质地变化及成熟软化受果实细胞壁的结构和物质组成的直接影响,特别是由果胶、纤维素、半纤维素构成的细胞壁骨架的改变和含量影响较大<sup>[26]</sup>。本研究结果表明,0.25 mmol·L<sup>-1</sup> 水杨酸、0.1 mmol·L<sup>-1</sup> 亚精胺和 30 mg·L<sup>-1</sup> DA-6 的组合单次喷施骏枣叶片和果实,能显著提高骏枣果实的纤维素含量。纤维素是一种重要的膳食纤维,植物生长调节剂对枣果实中纤维素含量的影响是下一步研究的重要内容之一。

### 3.2 结论

库源理论是研究物质分配如何影响产量的一种重要依据,源和库的强度及大小共同影响作物产量,作物品种、差异及生长环境差异等使得源库作用不均<sup>[27]</sup>。本研究基于库源调节理论,通过对骏枣库(果实)源(叶片)同时喷施复混植物生长调节剂,分析果实内在品质和外观形态特征及产量 22 个指标,并采用隶属函数值法将各指标的均值换算成隶属函数值,作为骏枣果实品质构成的评价指标,经评价表明隶属函数得分最高的为 JP-3-2 处理,即在骏枣果实快速生长发育前期,对叶片和果实同时喷施 0.25 mmol·L<sup>-1</sup> 水杨酸、0.1 mmol·L<sup>-1</sup> 亚精胺和 30 mg·L<sup>-1</sup> DA-6 能显著提升骏枣单果重和品质质量。

### 参考文献:

- [1] 曲泽洲,王永蕙.中国果树志(枣卷)[M].北京:中国林业出版社,1993.
- [2] 陈虹.新疆统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2019.
- [3] 姚改芳,张绍铃,吴俊,等.10 个不同系统梨品种的可溶性糖与有机酸组分含量分析[J].南京农业大学学报,2011,34(5):25-31.
- [4] 聂继云,李志霞,李海飞,等.苹果理化品质评价指标研究[J].中国农业科学,2012,45(14):2895-2903.
- [5] 黄铭慧.外源赤霉素处理对‘贵妃’芒果贮藏品质、采后生理及催熟品质的影响[D].海口:海南大学,2015.
- [6] 弓德强,谷会,张鲁斌,等.芒果采前喷施茉莉酸甲酯对其抗病性和采后品质的影响[J].园艺学报,2013,40(1):49-57.
- [7] 焦云,舒巧云,赵秀花.稀土与硅叶面肥对桃果实品质的影响[J].浙江农业科学,2019,60(6):997-999.
- [8] 郑强卿,陈奇凌,李铭等.复混型植物生长调节剂对骏枣果实生长发育和产量品质的影响[J].贵州农业科学,2015,43(12):131-134.
- [9] 王海波,王孝娣,史祥宾,等.功能性果品富硒葡萄生产及应用效果研究[J].河北林业科技,2014(5):71-73.
- [10] 李家庆.果蔬保鲜手册[M].北京:中国轻工业出版社,2003:114-125.
- [11] 王立华,王永利,赵晓胜,等.秸秆纤维素提取方法比较研究[J].中国农学通报,2013,29(20):130-134.
- [12] 李春光,董令叶,吉洋洋,等.花生壳纤维素提取及半纤维素脱除工艺探讨[J].中国农学通报,2010,26(22):350-354.
- [13] 张政,张强.荞麦幼苗内源激素的高效液相色谱测定法[J].色谱,1994(2):140-141.
- [14] 高俊凤.植物生理学实验技术[M].西安:世界图书出版公司,2000.
- [15] 高建社,王军,周永学,等.5 个杨树无性系抗旱性研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2005,33(2):112-116.
- [16] 张上隆,陈昆松.果实品质形成与调控的分子生理[M].中国农业出版社,2007.
- [17] 牟红梅,艾沙江·买买提,刘国杰,等.DA-6 对温室油桃光合作用及果实品质的影响[J].中国农业大学学报,2012(2):85-89.
- [18] 邓丽莉,生吉萍.苹果果实糖代谢过程及其调控研究进展[J].保鲜与加工,2012,12(1):1-5,11.
- [19] 刘玲,李疆,覃伟铭.水杨酸对库尔勒香梨 POD、PPO、PAL、活性及其对果实品质的影响[J].新疆农业科学,2005,42(2):98-101.
- [20] 张凌云,张娜,潘秋红,等.苹果果实中蛋白质磷酸化对淀粉酶的激活[J].园艺学报,2003,30(4):455-456.
- [21] 高佳缘.植物生长调节剂在果树生产上的应用[J].黑龙江



- 农业科学,2019(2):163-164.
- [22] 单守明,刘国杰,李绍华,等.二烷基乙醇羧酸酯对草莓光合作用和果实品质的影响[J].园艺学报,2008,35(4):587-590.
- [23] Zhang C, Tanabe K, Tamura F, et al. C-photosynthate accumulation in Japanese pear fruit during the period of rapid fruit growth is limited by the sink strength of fruit rather than by the transport capacity of the pedicel[J]. Journal of Experimental Botany, 2005, 56(420): 2713-2719.
- [24] 赵爱玲,薛晓芳,王永康,等.枣果实糖酸组分化特点及不同发育阶段含量的变化[J].园艺学报,2016,43(6):1175-1185.
- [25] 李梦雪,夏富娟,杨光映,等.果实糖代谢中激素调控研究进展[J].云南大学学报(自然科学版),2019,41(4):819-831.
- [26] Nath P, Bouzayen M, Mattoo A K, et al. Fruit ripening: physiology, signalling and genomics[M]. Boston: CABI, 2014:15-27.
- [27] Amthor JS. Improving photosynthesis and yield potential[J]. Journal of Fish Biology, 2007, 2(2): 1-13.

## Comprehensively Evaluated the Exogenous Plant Growth Regulator on Fruit Quality of *Ziziphus jujuba* cv. Junzao by Membership Function Method

ZHENG Qiang-qing<sup>1</sup>, CHEN Qi-ling<sup>1</sup>, WANG Jing-jing<sup>1</sup>, ZHI Jin-hu<sup>2</sup>

(1. Institute of Forestry and Horticulture, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Korla Pear Germplasm Innovation and Quality Improvement and Efficiency Corps, Shihezi 832000, China; 2. College of Plant Science, Tarim University, Alar 843300, China)

**Abstract:** In order to further improve the fruit quality of jujube in Xinjiang Production and Construction Corps, 6-year-old close planting *Ziziphus jujuba* cv. Junzao tree was taken as the research object. In this paper, three special fertilizers were applied to the leaves and fruits of the fruit at different growth and development stages, including hypersensitive protein, spermidine, salicylic acid and DA-6. We also investigated the changes of morphological characteristics and internal physiological indexes of *Ziziphus jujuba* cv. Junzao fruit under different spraying conditions. In order to optimize the formula of jujube special foliar fertilizer for improving *Ziziphus jujuba* cv. Junzao quality, the subordinate function method was used to comprehensively evaluate the effect of jujube special foliar fertilizer on fruit quality of Junzao. The results showed that the single fruit weight and pulp weight of the mixed treatment of salicylic acid and DA-6 were increased by 27.69% and 28.50% respectively compared with the control, and the weight of fruit core was decreased, and the contents of endogenous hormones ZR, JA and GA<sub>3</sub> were effectively increased. ZR and IAA were significantly negatively correlated with soluble sugar, reducing sugar, glucose, sucrose, starch and sugar acid ratio; soluble sugar content was significantly positively correlated with reducing sugar, glucose, sucrose content, starch and sugar acid ratio. Comprehensive evaluation by membership function method showed that spraying 0.25 mmol · L<sup>-1</sup> salicylic acid, 0.1 mmol · L<sup>-1</sup> spermidine and 30 mg · L<sup>-1</sup> DA-6 could significantly increase the single fruit weight and flesh weight of *Ziziphus jujuba* cv. Junzao fruit.

**Keywords:** membership function; Jun-jujube; plant growth regulator; fruit quality

## 致 读 者

为适应我国信息化建设,扩大本刊及作者知识信息交流渠道,本刊现被《中国学术期刊网络出版总库》及CNKI等系列数据库收录,其作者文章著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意文章被收录,请在来稿时声明,本刊将做适当处理。

《黑龙江农业科学》编辑部