

# 施氮量对密植壶瓶枣生长及果实品质的影响

赵连鑫, 王鑫, 李强, 牟德生, 郭艳兰, 何彩, 金娜, 杨作奎  
(武威市林业科学研究院, 甘肃 武威 733000)

**摘要:** 由于枣树的物候期具显著的重叠性, 导致各器官营养竞争激烈。为给枣树氮肥精细化管理提供科学依据, 以8年生密植壶瓶枣为指示品种, 不施氮为对照, 设置5个氮素施用量(0.08、0.12、0.16、0.20、0.24 kg/株), 测定不同氮素水平对壶瓶枣生长及果实品质的影响。结果表明, 各施氮处理均有利于壶瓶枣树基径、叶面积的增大, 对生长后期叶片叶绿素含量的影响较小。当施N 0.16 kg/株分别在萌芽期、花期、果实膨大期按施氮总量的40%、30%、30%施入时, 壶瓶枣树生长良好, 枣果品质综合表现最优, 单果重、果实横径、可溶性固形物含量、可溶性糖含量、糖酸比均达到最大值, 分别较不施氮增加61.29%、17.64%、6.23%、28.04%、55.51%; 果实纵径较不施氮增加9.42%; 总酸含量低, 较不施氮降低17.47%。因此认为, 在试验设计范围内, 施N 0.16 kg/株是武威枣园及类似生态区域促进密植壶瓶枣生长和提高枣果品质的最佳施氮量。

**关键词:** 壶瓶枣; 施氮量; 生长; 果实品质; 影响

中图分类号: S665.1; S147.2 文献标志码: A 文章编号: 2097-2172(2023)06-0573-06

doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2023.06.017

## Effects of Nitrogen Application Rates on the Growth and Fruit Quality of Close Planted *Ziziphus jujuba* Mill. cv. 'Hupingzao'

ZHAO Lianxin, WANG Xin, LI Qiang, MU Desheng, GUO Yanlan, HE Cai, JIN Na, YANG Zuokui  
(Wuwei Academy of Forestry Sciences, Wuwei Gansu 733000, China)

**Abstract:** Due to the significant overlap in the phenological stages of jujube trees, there is intense competition for nutrients among various organs in jujube trees. To provide scientific basis for precision management of nitrogen fertilization in jujube trees, 5 nitrogen application rates (0.08, 0.12, 0.16, 0.20 and 0.24 kg/plant) were set up in 8-year-old densely planted *Ziziphus jujuba* Mill. cv. 'Hupingzao' plants to determine the effects of different nitrogen levels on the growth and fruit quality of 'Hupingzao'. The results showed that all nitrogen application treatments were conducive to the increase of the basal diameter and leaf area of 'Hupingzao' trees and had little effect on the chlorophyll content in leaves at the late growth stage. The single fruit weight, fruit cross diameter, contents of soluble solids and total sugar, and sugar acid ratio were the highest under the nitrogen application rate of 0.16 kg/plant (nitrogen application rate were set at 40%, 30% and 30% of total nitrogen fertilizer applied in the early germination, flowering and fruit expansion stages, respectively), which were 61.29%, 17.64%, 6.23%, 28.04%, and 55.51% higher than those of the control, no nitrogen application, respectively, the vertical diameter of the fruit was increased by 9.42% compared with that of the control, no nitrogen application, and the total acid content was reduced by 17.47% compared with that of the control, no nitrogen application. In conclusion, under the conditions of this experiment, nitrogen application rate of 0.16 kg/plant was the optimal nitrogen application rate for the growth and fruit quality improvement of 'Hupingzao' in Wuwei and other areas with similar conditions.

**Key words:** *Ziziphus jujuba* Mill. cv. 'Hupingzao'; Nitrogen application rate; Growth; Fruit quality; Influence

枣(*Ziziphus jujuba* Mill.)原产于中国, 具有很高的经济价值、药用价值和营养价值<sup>[1-2]</sup>, 在我国枣树种植范围很广, 主要分布在河北、新疆、甘肃、陕西、河南、山西等地, 沿海地区也有种植<sup>[3]</sup>, 枣树居果树栽培面积第7位<sup>[4]</sup>。

氮是植物生长最重要的营养元素之一, 是植物体内氨基酸、叶绿素、生物碱等主要有有机含氮

物组成成分, 也是植物根、枝、叶、花、果实充分发育的物质基础, 对植物的营养生长、果实发育发挥着重要作用<sup>[5-7]</sup>。研究表明, 合理的施氮能提高鸭胆子叶片叶绿素含量和净光合速率<sup>[8]</sup>; 施氮量在330~495 kg/hm<sup>2</sup>时, 能够显著提高苹果果实横径、可溶性固形物及总糖含量<sup>[9]</sup>; 施氮量为300 kg/hm<sup>2</sup>时能够显著提高葡萄不同生育期的叶

收稿日期: 2023-04-15

基金项目: 甘肃省林业科技项目(2018kj029)。

作者简介: 赵连鑫(1987—), 男, 甘肃永登人, 林业工程师, 硕士, 主要从事经济林栽培与生理等研究工作。Email: zlx.08.happy@163.com。

面积,促进果实中糖分积累和花青素的形成<sup>[10]</sup>。施氮量为 267.8 ~ 518.6 kg/hm<sup>2</sup> 时能够提高红枣总糖、可滴定酸、可溶性固形物的含量<sup>[11]</sup>。

由于氮素对植物生长、发育和品质形成的重要作用,近年来我国在农业生产过程中氮肥的使用量不断增加,果园过量使用氮肥和土壤氮素超标的现象十分普遍,导致土壤板结、酸化、水体富营养化等一系列土壤和水资源污染问题<sup>[12]</sup>。同时,易发生作物生长前期氮肥供应过量,出现挥发和流失现象,而后期氮肥供应不足,出现脱氮现象,降低了氮肥利用效率<sup>[13]</sup>。所以,实行氮肥精细化管理成为保证作物生长、改善品质、提高氮肥利用效率、减少氮肥资源浪费和环境污染的关键<sup>[14]</sup>。枣树在不同物候期具有显著的重叠性,特别在生长发育前期,花芽萌发、枝条生长及开花坐果期重叠进行,使得各器官营养竞争十分激烈<sup>[15]</sup>,对氮的需求可能与其他果树存在差异,在施氮时应有所差别,而有关枣树氮肥精细化管理方面缺乏系统研究。我们以 8 年生密植壶瓶枣为试材,于 2021 年研究了不同氮肥施用量对密植壶瓶枣生长及其果实品质的影响,以为密植枣园氮肥精细化管理提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验区概况

试验在甘肃省武威市林业科学研究院试验基地枣园(东经 102° 42' 14"、北纬 38° 2' 36")进行。当地属大陆性干旱气候,光照充足,昼夜温差大。试验区海拔 1 445 m,年降水量 165 mm,蒸发量 2 020 mm,年均日照时数为 2 873.4 h,年均温度 7.8 °C,无霜期约 160 d<sup>[16]</sup>,供试枣园土壤以砾质沙壤土为主,耕层土壤含有机质 6.2 g/kg、速效氮 0.9 g/kg、速效磷 22 mg/kg、速效钾 123 mg/kg, pH 7.8<sup>[17]</sup>。枣园栽植方式为矮化密植,株行距 1.0 m × 4.0 m。

### 1.2 供试材料

指示品种为 8 年生枣树品种壶瓶枣,选择树势、大小及挂果量基本一致的枣树作为研究对象,供试氮肥为尿素(N ≥ 46.2%),由四川泸天化股份有限公司生产;磷肥为粒状普通过磷酸钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ≥ 16%),由云南绿丰勤攀磷化工有限公司生产;钾肥为硫酸钾(K<sub>2</sub>O ≥ 52%),由中国农资集团股份有

限公司生产。

### 1.3 试验方法

试验采用单因素随机区组设计,共设 6 个氮肥处理,即施 N 0、0.08、0.12、0.16、0.20、0.24 kg/株(相当于施入 N 0、200、300、400、500、600 kg/hm<sup>2</sup>,分别记作 CK、N1、N2、N3、N4、N5)。每处理重复 3 次,每小区 5 株枣树。在萌芽前期(2021 年 3 月 5 日)、花期(2021 年 5 月 5 日)、果实膨大期(2021 年 9 月 5 日)按照总量的 40%、30%、30%分期施入,各处理的磷肥、钾肥均在萌芽前期一次性施入,施用量分别为 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.30 kg/株、K<sub>2</sub>O 0.11 kg/株。萌芽前期肥料施入后灌水 1 次,灌水量为 375 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>;其他生育期共灌水 4 ~ 5 次,每次灌水量均为 375 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。各处理灌水量一致,用水表控制灌水量。

分别测量各处理枣树萌芽前期和停止生长后的基径,计算施肥前后枣树基径变化量。不同处理在盛花期(2021 年 5 月 5 日)(采样日期,下同)、幼果期(2021 年 7 月 5 日)、膨大期(2021 年 9 月 5 日)、成熟期(2021 年 10 月 5 日)各采集 15 片叶子,测定叶面积、叶鲜重、叶干重和叶绿素含量。成熟期每小区分别从每株枣树东南西北中 5 个方位各随机采集大小、成熟度一致的果实 15 个,测定单果重、果实纵径、果实横径、可溶性固形物含量、可溶性糖(葡萄糖、果糖、蔗糖)含量、有机酸(苹果酸、柠檬酸)含量,计算糖酸比(糖酸比为总糖和总酸的比值)。

### 1.4 测定方法

枣树基径用卷尺测量,基径增长量 = 施肥后植株停止生长后基径 - 施肥前植株萌芽前期基径。每处理测定 15 株,测量位置紧贴地面。果实纵、横径用游标卡尺测量,单果重用精度 0.01 g 的电子秤称量。可溶性固形物含量用 PAL- 福数显糖度计测量,每处理均测 150 个果。叶绿素含量用手持式叶绿素测定仪测量,叶面积用 YMJ-C 型叶面积测定仪测定。可溶性糖(葡萄糖、果糖、蔗糖)含量用液相色谱仪测定<sup>[18-19]</sup>,液相色谱仪为安捷伦 1260 型,色谱条件:氨基色谱柱柱长 250 mm、内径 4.6 mm、膜厚 5 μm 或具有同等性能的色谱柱,流动相:用乙腈:水为 70:30,体积比;柱温:40 °C;进样量:20 μL;示差折光检测器条件:温

度 40 ℃; 流动相流速: 1.0 mL/min。有机酸(苹果酸、柠檬酸)含量用液相色谱法测定<sup>[19-20]</sup>, 色谱条件: CAPECELL PAK MG S5 C<sub>18</sub> 柱, 规格为 4.6 mm × 250 mm, 或者同等性能色谱柱; 流动相: 用 1 g/kg 磷酸溶液: 甲醇为 97.5 : 2.5, 体积比); 柱温: 40 ℃; 进样量: 20 μL; 检测波长: 210 nm; 流动相流速: 1.0 mL/min。糖酸比计算公式为: 糖酸比 = 总糖 / 总酸<sup>[19]</sup>。

### 1.5 数据统计分析

采用 WPS2019、SAS 软件 (SAS System Release 8.1) 进行数据统计和显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施氮处理对枣树基径年增长量的影响

从图 1 可以看出, 不同施氮处理对枣树基径年增长量均显著高于对照, 说明各施氮处理均有

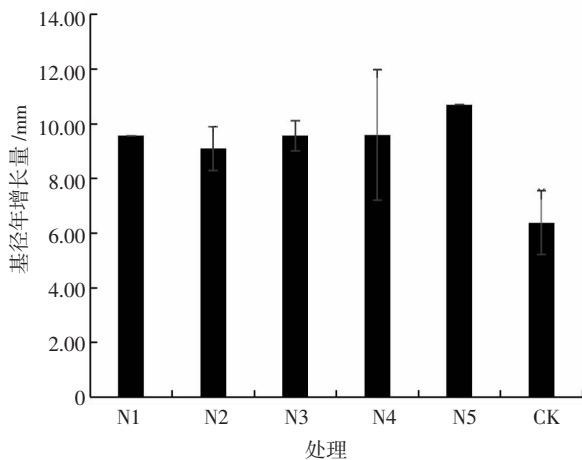


图 1 不同处理的枣树基径年增长量

利于枣树基径的增长。其中, 以处理 N5 的基径年增长量最大, 为 10.7 mm, 较对照增加 45.11%; 处理 N1、N2、N3、N4 分别比对照增加 33.30%、28.32%、33.23%、33.56%, 但各施氮处理间差异均不显著。

### 2.2 不同施氮处理对叶片叶绿素含量的影响

表 1 为不同施氮处理下的叶片叶绿素含量变化。从盛花期到成熟期, 不同处理叶片叶绿素含量均呈现先升高后降低的趋势, 且均在幼果期达到最大值。在盛花期和幼果期各处理叶绿素含量有升高也有降低, 且各处理间无明显规律。在果实膨大期和成熟期各处理叶绿素含量无显著差异, 说明不同氮肥量对枣树叶绿素含量影响较小。

### 2.3 不同施氮处理对叶面积的影响

从表 2 可以看出, 各施氮水平对枣树不同生长期叶面积的影响均大于对照。处理 N1、N2、N3、N4、N5 盛花期的叶面积分别比对照增加 2.91%、5.63%、23.55%、1.03%、24.67%, 其中以处理 N5 叶面积最大, 为 13.29 cm<sup>2</sup>; 幼果期的叶面积分别比对照增加 1.27%、6.46%、23.79%、18.69%、26.59%, 其中以处理 N5 叶面积最大, 为 14.90 cm<sup>2</sup>; 膨大期叶面积分别比对照增加 0.41%、4.03%、4.94%、23.13%、20.66%, 其中以处理 N4 叶面积最大, 为 14.96 cm<sup>2</sup>; 果实成熟期叶面积分别比对照增加 1.43%、0.48%、17.18%、13.76%、19.09%, 其中以处理 N5 叶面积最大, 为 14.97 cm<sup>2</sup>。说明随着施氮量的增加, 叶面积呈递增趋势。

表 1 不同处理的叶片叶绿素含量

处理	叶绿素含量(SPAD值)			
	盛花期	幼果期	膨大期	成熟期
N1	36.04±0.63 b	43.26±2.93 c	42.35±4.82 a	33.25±3.43 a
N2	37.84±1.21 ab	46.49±2.95 ab	42.54±2.37 a	33.08±2.66 a
N3	40.12±3.19 a	45.58±2.81 abc	42.79±2.18 a	33.74±3.28 a
N4	39.36±1.47 ab	46.58±1.76 ab	43.45±3.62 a	32.38±2.51 a
N5	39.94±3.5 a	48.38±1.69 a	42.23±1.83 a	31.86±1.52 a
CK	37.36±4.06 ab	44.07±4.3 bc	40.71±3.05 a	32.36±2.07 a

表 2 不同处理的叶面积大小

处理	叶面积大小/cm <sup>2</sup>			
	盛花期	幼果期	膨大期	成熟期
N1	10.97±1.11 a	11.92±1.02 b	12.20±0.65 b	12.75±0.59 c
N2	11.26±2.23 a	12.53±2.41 b	12.64±0.11 b	12.63±0.18 c
N3	13.17±2.03 a	14.57±1.18 a	12.75±1.18 b	14.73±0.28 ab
N4	10.77±1.71 a	13.97±1.15 ab	14.96±1.06 a	14.30±0.11 b
N5	13.29±2.43 a	14.90±1.44 a	14.66±1.19 a	14.97±0.46 a
CK	10.66±1.62 a	11.77±0.79 b	12.15±0.83 b	12.57±0.47 c

2.4 不同施氮处理对成熟期果实外观品质及可溶性固形物含量的影响

从表 3 可以看出, 各施氮处理单果重均显著大于对照, 其中以 N3 单果重最大, 为 17.79 g, 较对照增加 61.29%, 处理 N1、N2、N4、N5 分别较对照增加 30.55%、51.59%、50.59%、52.58%。果实纵径、横径的变化与单果重基本一致, 各施氮处理果实纵径均显著大于对照, 以 N5 处理果实纵径最大, 为 42.60 mm, 较对照增加 11.17%, 处理 N1、N2、N3、N4 分别较对照增加 3.37%、2.22%、9.42%、10.20%。各施氮处理果实横径也均大于对照, 除处理 N1 外其余各施氮处理均较对照差异显著, 其中以处理 N3 横径最大, 为 28.81 mm, 较对照增加 17.64%, 处理 N1、N2、N4、N5 分别较对照增加 8.00%、10.17%、14.37%、16.82%。各施氮处理果实可溶性固形物均大于对照, 且随着施氮量增加呈先升高后降低的趋势, 除处理 N3 与对照差异显著外, 其余均不显著。以处理 N3 果实可溶性固形物含量最高, 为 37.00%, 较对照增加 6.23%; 处理 N1、N2、N4、N5 分别较对照增加 0.92%、1.35%、3.65%、2.01%。

2.5 不同施氮处理对成熟期果实可溶性糖含量的影响

从表 4 可以看出, 不同施氮处理的成熟期果实果糖含量均显著高于对照, 其中以处理 N5 含量最大, 为 162.70 mg/g FW, 较对照增加 56.05%; 处理 N1、N2、N3、N4 较对照分别增加 37.72%、

17.45%、22.39%、20.76%。除处理 N5 成熟期的果实葡萄糖含量低于对照外, 其余处理均高于对照, 其中处理 N3 含量最大, 为 192.92 mg/g FW, 较对照增加 33.33%; 处理 N1、N2、N4 分别较对照增加 7.38%、15.08%、24.58%。除处理 N5 外, 其余施氮处理成熟期果实蔗糖含量均高于对照, 处理 N3 含量最大, 为 119.37 mg/g FW, 较对照增加 26.17%; 处理 N1、N2、N4 分别较对照增加 0.17%、13.30%、14.25%。各施氮处理成熟期果实的总糖含量均显著高于对照, 且呈现先升高后降低的趋势, 其中处理 N3 含量最大, 为 439.90 mg/g FW, 较对照增加 28.04%, 处理 N1、N2、N4、N5 分别较对照增加 14.61%、15.30%、20.57%、8.44%。

2.6 不同处理对成熟期果实有机酸含量的影响

从表 5 可以看出, 不同施氮处理与对照相比, 成熟期果实柠檬酸含量差异不显著, 说明不同施氮水平不会影响成熟期果实柠檬酸含量。各施氮处理均能降低成熟期果实苹果酸的含量, 并呈先降低后升高趋势, 其中以处理 N4 的成熟期果实苹

表 5 不同处理成熟期果实的有机酸含量 mg/g FW

处理	柠檬酸	苹果酸	总酸
N1	10.95±0.64 a	33.58±0.69 a	44.54±0.75 a
N2	10.99±0.64 a	30.54±0.72 b	41.53±0.89 b
N3	10.26±0.90 a	26.96±0.91 c	37.23±1.63 c
N4	10.68±0.45 a	25.31±0.60 d	35.99±0.99 c
N5	10.73±0.59 a	33.64±0.74 a	44.37±1.20 a
CK	10.64±0.70 a	34.48±0.70 a	45.11±0.57 a

表 3 不同处理的成熟期果实外观品质及可溶性固形物含量

处理	单果重 /g	果实纵径 /mm	果实横径 /mm	可溶性固形物含量 /%
N1	14.40±2.74 b	39.61±0.91 b	26.45±2.12 ab	35.15±0.07 b
N2	16.72±1.05 ab	39.17±1.32 b	26.98±0.90 a	35.30±0.28 b
N3	17.79±2.22 a	41.93±1.24 a	28.81±1.52 a	37.00±1.14 a
N4	16.61±1.51 ab	42.23±0.65 a	28.01±2.19 a	36.10±1.15 ab
N5	16.83±1.70 ab	42.60±0.83 a	28.61±1.98 a	35.53±0.21 b
CK	11.03±1.45 c	38.32±2.50 c	24.49±1.50 b	34.83±0.47 b

表 4 不同处理成熟期果实的可溶性糖含量

处理	果糖	葡萄糖	蔗糖	总糖
N1	143.59±4.66 b	155.37±1.99 cd	94.77±4.19 c	393.74±2.64 bc
N2	122.45±0.82 c	166.51±3.37 bc	107.19±2.26 b	396.14±0.29 bc
N3	127.60±16.24 c	192.92±19.34 a	119.37±12.09 a	439.90±29.03 a
N4	125.90±4.6 c	180.25±3.75 ab	108.09±4.93 b	414.23±1.11 b
N5	162.70±2.3 a	129.92±4.54 e	79.95±2.83 d	372.57±8.87 c
CK	104.26±3.92 d	144.69±4.82 de	94.61±2.63 c	343.56±4.98 d

果酸含量最低, 为 25.31 mg/g FW, 较对照降低 26.60%, 差异显著; 处理 N2、N3 较对照分别降低 11.43%、21.81%, 差异均达显著水平; 处理 N1、N5 较对照分别降低 2.61%、2.44%, 差异不显著。各施氮处理成熟期果实总酸含量均低于对照, 并呈先降低后升高趋势, 其中处理 N4 的成熟期果实总酸含量最低, 为 35.99 mg/g FW, 较对照降低 20.22%, 差异显著; 处理 N2、N3 的成熟期果实总酸含量较对照分别降低 7.94%、17.47%, 差异均达显著水平; 处理 N1、N5 较对照分别降低 1.26%、1.64%, 差异均不显著。

### 2.7 不同施氮处理对成熟期枣果糖酸比的影响

糖酸比是评价果实风味的重要指标。各施氮处理均能提高成熟期枣果的糖酸比, 较对照提高了 10.29%~55.51%, 且随着施氮量的增加, 糖酸比呈先升高后降低的趋势(图 2), 处理 N3 的糖酸比最高, 为 11.84, 较对照提高 55.51%, 差异显著; 处理 N1、N2、N4 的成熟期枣果糖酸比较高, 较对照分别提高了 16.08%、25.28%、51.18%, 差异达显著水平; 处理 N5 较对照提高了 10.29%, 但差异不显著。说明处理 N3(施氮 0.16 kg/株)是试验设计范围内提高壶瓶枣果实品质的最优施肥方案。

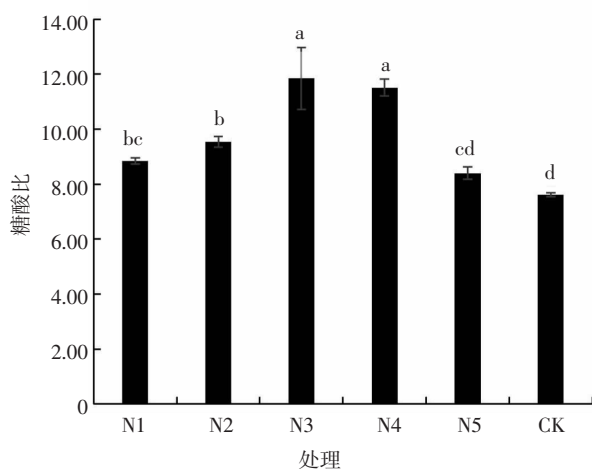


图 2 不同处理成熟期果实的糖酸比

### 3 讨论与结论

前人的研究表明, 氮肥施用量和施肥方式会影响植物对氮素的吸收、同化和转运, 从而影响植物的光合特性, 进而影响植物的生物量<sup>[21-22]</sup>。本研究中, 各施氮处理均较对照可显著提高枣树基径, 但不会随施氮量的增加而增加; 各施氮处

理均可增加枣树的生物量, 但处理间差异不显著, 说明植物对氮素吸收可能存在着阈值。本研究中各施氮处理的叶面积均大于对照, 基本呈现高氮处理大于低氮处理的态势, 这与宋阳等<sup>[21]</sup>在葡萄上的研究结果一致。本研究中各施氮处理枣树生长前期叶绿素含量有升高也有降低, 无显著规律, 且生长后期叶绿素含量无显著差异。说明氮素对施入较近的枣树生长期叶片叶绿素含量的影响大于施入较远的生长期叶片的叶绿素含量, 这与李林锋<sup>[8]</sup>在其他枣树上的研究结果不一致, 可能与物种间的差异有关。

本研究中各施氮处理均可提高单果重、果实纵径、果实横径和可溶性固形物含量, 这与前人对苹果、枣和葡萄的研究结果一致<sup>[9, 11, 23-24]</sup>。其中处理 N 0.16 kg/株的单果重、果实纵径和果实可溶性固形物含量最大, 表明该处理是提高单果重和果实可溶性固形物含量的最优氮量水平。

成熟期果实可溶性糖和有机酸含量是评价果实品质的重要指标。研究结果说明, 随施氮量的增加成熟期果实的葡萄糖、蔗糖和总糖的含量也增加, 但增加到一定程度可溶性糖含量会出现降低, 说明过量施氮会降低果实中糖的积累, 处理 N 0.16 kg/株的是提高枣果实可溶性糖含量的最优施氮量, 这与任静等<sup>[9]</sup>、李振强等<sup>[25]</sup>在苹果、灵武长枣上的研究结果一致。不同施氮处理不影响果实柠檬酸含量, 但影响果实苹果酸和总酸含量, 并呈现先降低后升高趋势, 说明施氮处理能降低成熟期果实中苹果酸和总酸的含量, 这与前人在灵武长枣上的研究结果一致<sup>[4]</sup>。本研究还发现, 成熟期枣果实中总酸含量的降低与苹果酸含量的降低密切相关, 这一结论有待进一步验证。

糖酸比是评价果实风味的重要指标, 糖酸比越大品质越佳<sup>[26]</sup>。本研究比较了各施氮处理和对照的糖酸比, 结果显示, 各施氮处理均较对照提高了糖酸比, 且随着施氮量的增加糖酸比呈现先升高后降低的趋势, 这与李振强等<sup>[25]</sup>在灵武长枣上的研究结果一致。说明适宜的施氮量能有效提高枣果品质。

综上所述, 施氮可有效提高壶瓶枣树基径、叶面积, 对枣树生长后期叶绿素含量影响较小。当施 N 0.16 kg/株时(分别在萌芽前期、花期、果

实膨大期按照施氮总量的 40%、30%、30%施入), 壶瓶枣树生长良好, 枣果品质综合表现最优, 枣果的单果重最高, 为 17.79 g, 显著高于对照, 增幅为 61.29%; 果实横径最大, 为 28.81 mm, 显著高于对照, 增幅为 17.64%; 果实纵径较大, 为 41.93 mm, 显著高于对照, 增幅为 9.42%; 可溶性固形物含量最高, 为 37.00%, 显著高于对照, 增幅为 6.23%; 可溶性糖含量最高, 为 439.90 mg/g FW, 显著高于对照, 增幅为 28.04%; 糖酸比也最高, 为 11.84, 显著高于对照, 增幅为 55.51%; 总酸含量为 37.23 mg/g FW, 显著低于对照, 降幅为 17.47%。因此认为, 在武威枣园和类似生态区域, 施 N 0.16 kg/株(分别在萌芽前期、花期、果实膨大期按照施氮总量的 40%、30%、30%施入)为促进密植壶瓶枣生长和提高壶瓶枣果实品质的最佳施氮量。

#### 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: 2-6.
- [2] 白瑞霞. 枣种质资源遗传多样性的分子评价及其核心种质的构建[D]. 保定: 河北农业大学, 2008.
- [3] 仇倩倩, 冯一峰, 吴翠云. 枣种质资源叶表型性状遗传多样性分析[J]. 新疆农业科学, 2021, 58(2): 282-293.
- [4] 范志懿. 灵武长枣叶片性状、土壤养分及果实品质对施氮的响应[D]. 银川: 宁夏大学, 2021.
- [5] 李文庆, 张民, 束怀瑞. 氮素在果树上的生理作用[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2002, 33(1): 96-100.
- [6] 张彦昌, 赵德英. 果树氮素贮藏营养研究进展[J]. 山西农业科学, 2009, 37(1): 88-91.
- [7] 彭福田, 姜远茂, 束怀瑞, 等. 落叶果树氮素营养研究进展[J]. 果树学报, 2003, 20(1): 54-58.
- [8] 李林锋. 氮磷钾配方施肥对鸡胆子幼苗光合特性的影响[J]. 江西农业大学学报, 2010, 32(6): 1136-1141.
- [9] 任静, 刘小勇, 韩富军, 等. 施氮水平对旱塬覆沙苹果园土壤酶活性及果实品质的影响[J]. 农业工程学报, 2019, 35(8): 206-213.
- [10] 贺雅娟, 卢慧慧, 郭艳兰, 等. 施氮量对葡萄叶片生理生化指标及果实品质的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2021, 56(6): 56-63; 72.
- [11] 舒洲, 徐福利, 王渭玲, 等. 黄土丘陵区旱作山地红枣氮磷钾施肥效应研究[J]. 干旱地区农业研究, 2016, 34(5): 185-192.
- [12] 武良, 张卫峰, 陈新平, 等. 中国农田氮肥投入和生产效率[J]. 中国土壤与肥料, 2016(4): 76-83.
- [13] 杨俊刚, 高强, 曹兵, 等. 一次性施肥对春玉米产量和环境效应的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(19): 123-128.
- [14] 张福锁, 王激清, 张卫峰, 等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 915-924.
- [15] 王文放. 灵武长枣养分需求规律与配方施肥研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2019.
- [16] 王鑫, 王多文, 王玮, 等. 20个梨品种在河西地区的生长发育和果实品质研究[J]. 西北农业学报, 2020, 29(2): 285-294.
- [17] 马宗桓, 吴茂东, 李彦彪, 等. 施氮时期对葡萄不同生育期叶片及果实矿质元素含量的影响[J]. 西南农业学报, 2021, 34(8): 1690-1698.
- [18] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖的测定: GB 5009.8—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [19] 王鑫, 于柱英, 赵连鑫, 等. 沙地桃品种果实物候期和果实品质比较研究[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(1): 44-49.
- [20] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中有机酸的测定: GB 5009.157—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [21] 宋阳, 崔世茂, 杜金伟, 等. 氮肥不同施用量对葡萄叶片生长及根、叶细胞结构的影响[J]. 华北农学报, 2008, 23(3): 204-208.
- [22] 李国生, 吴小宾, 魏建林, 等. 分层施肥对玉米产量及氮肥利用率的影响[J]. 山东农业科学, 2020, 52(3): 66-71.
- [23] 张彤彤, 徐福利, 汪有科, 等. 施用氮磷钾对密植梨枣生长与叶片养分季节动态的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(1): 241-248.
- [24] 宁改星, 马宗桓, 毛娟, 等. 施氮量对荒漠区‘蛇龙珠’葡萄叶片的质量影响[J]. 果树学报, 2019, 36(9): 1150-1160.
- [25] 李振强, 范志懿, 杨荣, 等. 氮肥施用量对灵武长枣果实品质及土壤氮含量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2022(9): 1-7.
- [26] 石健泉, 沈丽娟, 卢美玲, 等. 柚品种果实糖、酸含量的分级标准与风味的关系[J]. 广西柑桔, 1994(3): 13-17.