

不同生育期喷施尿素硝酸铵钙叶面肥对灰枣果实品质和产量的影响

巧丽帆·马达尼亚提^{1,2,3}, 支金虎^{1,2,3}, 高飞⁴, 赵湛⁴, 周志萍^{1,2,3},
白新禄^{1,2,3}, 程媛媛⁴, 迟春明^{1,2,3}

(1塔里木大学农学院, 新疆阿拉尔 843300; 2.南疆干旱区特色作物遗传改良与高效生产兵团重点实验室, 新疆阿拉尔 843300; 3.南疆绿洲农业资源与环境研究中心, 新疆阿拉尔 843300; 4.新疆玉象胡杨化工有限公司, 新疆沙雅 842200)

摘要: 明确新疆灰枣不同生育期配施尿素硝酸铵钙叶面肥对果实形态、品质及产量的影响, 为红枣的科学施肥和品质提升提供理论依据和实践指导。以喷施清水为对照, 分别于花期、幼果期、果实膨大前期和后期设置5个喷施2 g/kg尿素硝酸铵钙溶液处理, 测定果实纵径、横径、硬度、可溶性固形物含量、Vc含量、可滴定酸含量及产量等指标。结果表明, 鲜枣在果实膨大后期喷施2 g/kg尿素硝酸铵钙叶面肥溶液时, 单果重11.15 g、产量11 183.0 kg/hm²、可溶性固形物含量378.5 g/kg、Vc含量3 815.0 mg/kg均为最高, 分别较喷施清水对照提高了5.49%、50.52%、23.46%、33.55%; 可滴定酸含量最低, 为0.9 g/kg, 较喷施清水对照降低53.57%。干枣在果实膨大前期喷施2 g/kg尿素硝酸铵钙叶面肥溶液时果实硬度最高, 为17.46 Pa, 较喷施清水对照提升29.72% ($P < 0.01$)。相关性分析表明, 可溶性固形物含量、果实硬度和果实横纵径与干枣果实产量间的相关性均达到显著水平 ($P < 0.05$)。多元回归模型 ($R^2=0.95$) 显示可溶性固形物含量、果实硬度、果实横径是主导产量因子。综上, 果实膨大后期喷施尿素硝酸铵钙溶液叶面肥可协同调控灰枣糖酸代谢与光合产物分配, 显著提升果实品质及产量。

关键词: 灰枣; 叶面肥; 尿素硝酸铵钙; 生育期; 果实品质; 果实产量; 多元逐步回归模型

中图分类号: S147.23; S665.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-2172(2026)03-0276-07

[doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2026.03.012](https://doi.org/10.3969/j.issn.2097-2172.2026.03.012)

枣树 (*Zizyphus jujuba* Mill.) 属鼠李科枣属多年生果树, 作为我国传统的特色果品, 具有丰富的营养价值和广泛的药用价值, 被誉为“天然维生素丸”^[1-2]。我国是全球最大的枣生产国, 2023年枣产量占全球90%以上, 主要种植区域集中在新疆、河北、山东、陕西、山西等省(区)^[3]。其中, 新疆已成为我国最重要的枣产区, 其丰富的光照、气候、土壤等自然资源环境条件使得产出的枣果实饱满、皮薄肉厚、口感甘甜^[4]。近年来, 随着集约化种植模式的推广, 土壤养分失衡与叶片营养代谢紊乱导致的果实品质下降问题日益凸显, 土壤养分管理和叶片养分状况对果实品质的影响也逐渐受到关注^[5]。研究表明, 合理的氮配比施肥能够促进植物对养分的吸收和利用, 从而改善果实品质^[6]。叶片作为植物进行光合作

用和养分合成的主要器官, 其养分状况与果实品质密切相关。叶片中的氮含量不仅影响光合作用效率和光合产物的积累, 还参与调节果实的生长发育和品质形成过程^[7-8]。叶面肥是喷施或滴灌在植物叶片、树干和枝条上的一种水溶性肥料, 通过植物角质层的渗透性及其间隙、气孔和皮孔来吸收养料, 补充植物生长发育所需要的营养成分^[9]。叶面施肥与传统施肥方式相比, 避免了土壤对养分的固定, 吸收快、效率高, 并省去了大量肥料运输费和人工费^[10]。

近年来, 关于不同施肥措施对果实品质和果实产量的影响的研究逐渐增多^[11-13]。谭玉鹏等^[14]研究发现, 喷施不同营养元素叶面肥处理后蟠枣缩果病发病率显著降低, 蟠枣果实产量、商品率分别较清水(对照组)有显著的提高。王世镇等^[15]

收稿日期: 2025-06-27; 修订日期: 2026-01-20

基金项目: 企业横向项目(20230022); 塔里木大学校长基金项目(校2024038)。

作者简介: 巧丽帆·马达尼亚提(2000—), 女(哈萨克族), 新疆塔城人, 在读硕士, 研究方向为土壤水肥高效利用。Email: 2870842076@qq.com。

通信作者: 迟春明(1978—), 男, 吉林辽源人, 副教授, 博士, 硕导, 研究方向为土壤水肥高效利用。Email: chie-hunming@126.com。

发现,采用5 g/kg 尿素+2.5 g/kg 磷酸二氢钾和5 g/kg 尿素叶面肥对沾化冬枣吊果率、产量、单果质量和可溶性固形物质量分数具有显著的促进效果。张析分等^[16]研究表明,叶面喷施适量的纳米铁锌叶面肥显著改善了冬枣的果实品质,提高了单果质量、果实硬度、可溶性固形物含量、维生素C含量以及固酸比,降低了可滴定酸含量,并提高了冬枣叶片的光合色素含量和光合作用。王晶晶等^[1]研究了不同氮磷钾配比施肥对滴灌红枣果实及植株养分含量的影响,发现枣树在年生长周期中对氮、磷、元素的总吸收量表现为钾<磷<氮。水涌等^[17]研究表明,枣树的稳产、高产与施肥量的频率有直接关系。邹耀湘等^[18]发现合理的氮磷钾配比施肥及微生物肥料的共施使红枣的产量、果实品质以及土壤肥料利用率均得到显著提高。然而,目前关于叶面肥在灰枣施肥中的作用机制及其对果实品质和果实产量的具体影响仍缺乏深入探讨。因此,我们以灰枣为研究对象,通过不同配施叶面肥的试验,探讨其对灰枣果实品质及果实产量的影响,为红枣的科学施肥和品质提升提供理论依据和实践指导。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验在新疆生产建设兵团第一师阿拉尔市九团新六连(81.094 2°E, 40.564 3°N)进行。土壤类型为砂质壤土。试验地区属塔里木盆地,日照充足,年降水量40~82 mm,年蒸发量1 876~2 558 mm。土壤基础理化性质见表1。

表1 不同深度土层土壤基础理化性质

土层深度/cm	碱解氮/(mg/kg)	速效磷/(mg/kg)	速效钾/(mg/kg)	电导率/(μ s/cm)	有机质/(g/kg)	pH
0~20	26.25	26.90	79.00	110.87	18.19	7.77
20~40	17.50	28.40	74.00	107.38	16.02	7.72
40~60	14.70	25.20	68.00	92.26	12.55	7.32

1.2 试验材料

供试枣树品种为7年生灰枣,砧木为酸枣。供试叶面肥为尿素硝酸铵钙(含N 21%,UAN钙,氮元素以硝态氮、铵态氮和酰胺态氮3种形式存在),由新疆玉象胡杨化工有限公司生产及提供。

1.3 试验方法

试验共设5个处理,详见表2所示。试验采用单因素随机区组设计,选择树形、长势一致的区域作为试验用地,划分小区。每处理选择5株树形、长势一致的枣树作为固定调查株,挂牌进行标记。试验区面积为135 m²,灰枣株距1.5 m,行距6.0 m,重复3次,共计15个小区。结合整地施入普通过磷酸钙45.15 kg/hm²、硫酸钾90.35 kg/hm²作基肥。分别于花期(5月24日)、幼果期(6月24日)、果实膨大前期(7月20日)及后期(8月18日)用2 g/kg 尿素硝酸铵钙溶液进行叶面喷施。全生育期灌水量为700 m³/hm²,分别在5月初新梢期灌水1次,花期灌水2次,幼果期灌水2次,果实膨大前期灌水1次,果实膨大后期灌水1次。在果实成熟期于枣树东南西北4个方向随机采集每棵树距地面2 m处无病虫害、大小相近的果实,每处理随机取鲜枣60个、采收时每处理随机取自然晾干的干枣60个待测。

表2 各处理叶面喷施尿素硝酸铵钙溶液试验设计

处理	尿素硝酸铵钙溶液施用情况
T ₁ (CK)	分别于5月24日、6月24日、7月20日、8月18日喷施清水1 kg/株
T ₂	花期(5月24日)喷施2 g/kg 尿素硝酸铵钙溶液1 kg/株
T ₃	幼果期(6月24日)喷施2 g/kg 尿素硝酸铵钙溶液1 kg/株
T ₄	果实膨大前期(7月20日)喷施2 g/kg 尿素硝酸铵钙溶液1 kg/株
T ₅	果实膨大后期(8月18日)喷施2 g/kg 尿素硝酸铵钙溶液1 kg/株

1.4 测试指标及方法

采回的样品分别称重,取平均值即为单果重;采用游标卡尺直接测量果实纵径及果实横径,精确到0.01 mm;采用TD-45手持测糖仪测定果实中心、边缘含量和可溶性固形物含量。采用钼蓝比色法测定维生素C(Vc)含量^[17];使用硬度计(GY-4)测量各处理采回的鲜枣和干枣的果实硬度;采用NaOH滴定法测定可滴定酸含量;以消耗NaOH的量表示有机酸的含量^[18]。在各小区区域内选择3株树型和长势一致的枣树收获枣果并称重,每棵树对应面积为9 m²。

1.5 数据分析方法

运用Excel、SPSS 24.0软件对数据进行处理分析,使用Origin 2025b软件制作图表。

2 结果与分析

2.1 叶面喷施尿素硝酸铵钙溶液对灰枣果实形态的影响

从表3可以看出,喷施尿素硝酸铵钙叶面肥溶液处理对干枣与鲜枣的果实纵径、横径及果形指数均产生一定的影响。其中,干枣的果实纵径和果实横径均以T₅处理最大,分别为35.09、25.62 mm,较T₁(CK)分别显著增加12.36%、13.92% ($P < 0.05$)。鲜枣纵、横径均以T₄处理最大,分别为35.50、24.93 mm,较T₁(CK)分别增加6.10%、7.32%。不同尿素硝酸铵钙叶面肥溶液处理在干枣和鲜枣中对果实硬度的影响的变化趋势不同,其中,干枣的果实硬度以T₄处理最大,为17.46 Pa,较T₁(CK)显著增加42.30% ($P < 0.05$),表明喷施尿素硝酸铵钙叶面肥溶液处理叶面肥在干枣果实膨大前期对细胞壁的强化作用更为显著,从而提高了果实的硬度;鲜枣的果实硬度以T₁(CK)最大,为26.08 Pa,除T₃处理外其余处理的果实硬度随着生育期的推移呈下降趋势。此外,不同生育期配施喷施尿素硝酸铵钙叶面肥溶液处理对干枣与鲜枣的果形指数的影响无明显规律。

2.2 叶面喷施尿素硝酸铵钙溶液对灰枣果实品质的影响

如图1所示,不同生育期配施尿素硝酸铵钙溶液叶面肥对灰枣果实品质均有不同程度的影响。鲜

枣含水率以T₅处理最高,达67.86%,较T₁(CK)提升25.52个百分点,差异达显著水平 ($P < 0.05$)。干枣含水率以T₁(CK)最高;T₅处理最低,为32.48%,较T₁(CK)下降28.96个百分点 ($P < 0.05$)。表明鲜枣通过叶面肥促进水分吸收,而干枣因成熟期细胞程序性脱水,尿素硝酸铵钙叶面肥溶液中高浓度氮钙肥可能加速此过程。随着生育期的推移,尿素硝酸铵钙叶面肥溶液的施用对干枣和鲜枣的可溶性固形物含量均有不同程度的提升(图1b)。鲜枣、干枣的可溶性固形物含量均以T₅处理最高,分别达378.5、507.3 g/kg,较T₁(CK)分别提高23.46%、18.84%,差异达显著水平 ($P < 0.05$),此结果符合“糖酸代谢拮抗”理论,尿素硝酸铵钙叶面肥溶液中硝态氮可能通过激活蔗糖磷酸合成酶(SPS)促进糖分积累从而增加可溶性固形物含量。随着生育期的推移,尿素硝酸铵钙叶面肥溶液的施用对干枣和鲜枣的可滴定酸含量均有不同程度的降低(图1c)。鲜、干枣可滴定酸含量均以T₅处理最低,分别为0.9、2.8 g/kg,较T₁(CK)分别下降53.57%、58.51% ($P < 0.05$)。这表明,鲜枣在果实膨大后期对酸性物质的代谢更为活跃,有利于降低果实的酸度,而干枣可滴定酸含量的降低,可能与果实内酸性物质的转化和代谢被促进有关。干枣和鲜枣的Vc含量随着生育期的推移均有不同程度的提升(图1d)。鲜枣在T₅处理时Vc含量达到最大,为3 815.0 mg/kg,较T₁(CK)提高33.55%,差异达极显著水平 ($P < 0.05$),表明鲜枣在果实膨大后期对Vc合成相关营养的吸收利用效率较高。

表3 不同处理的灰枣果实形态^①

类型	处理	果实纵径 /mm	果实横径 /mm	果形指数	果实硬度 /Pa
干枣	T ₁ (CK)	31.23±2.01 b	22.49±1.67 c	1.39±0.05 b	12.27±0.57 c
	T ₂	33.96±3.77 ab	24.16±2.29 b	1.41±0.07 ab	12.35±1.18 c
	T ₃	32.61±3.51 b	23.13±2.10 bc	1.40±0.07 b	13.45±1.67 b
	T ₄	34.82±2.87 a	23.75±1.85 b	1.36±0.08 b	17.46±0.79 a
	T ₅	35.09±2.66 a	25.62±1.39 a	1.48±0.11 a	14.11±1.67 b
鲜枣	T ₁ (CK)	33.46±2.47 b	23.23±1.28 b	1.44±0.07 a	26.08±1.37 a
	T ₂	31.89±3.68 b	24.25±1.75 ab	1.32±0.11 b	25.85±1.59 a
	T ₃	32.72±2.15 b	23.95±2.29 ab	1.37±0.06 ab	21.44±2.51 c
	T ₄	35.50±2.45 a	24.93±2.41 a	1.42±0.09 a	23.91±1.49 b
	T ₅	35.25±1.98 a	24.84±1.76 a	1.42±0.08 a	22.50±1.31 c

①表中数据后小写字母均表示差异显著 ($P < 0.05$),下同。

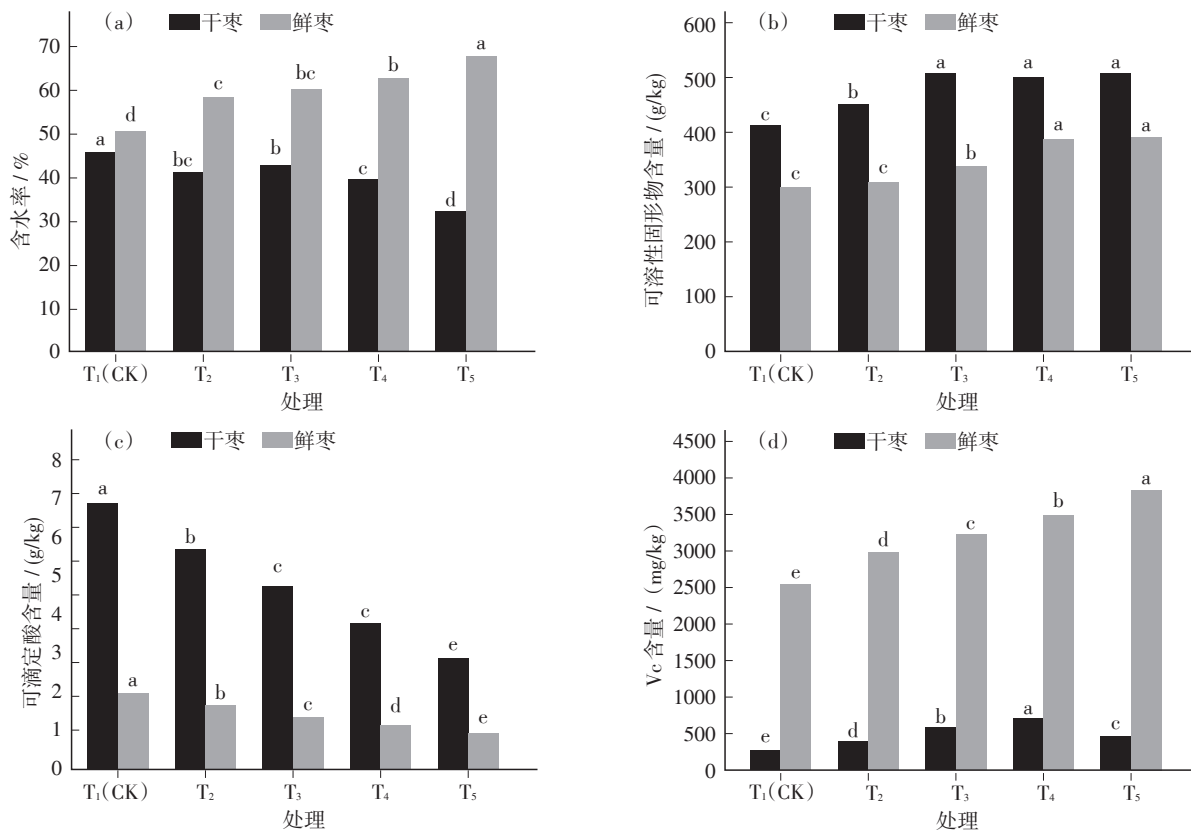


图1 不同处理的灰枣果实品质

干枣以T₄处理最大,为698.3 mg/kg,较T₁(CK)提高59.18% ($P < 0.05$),这可能与尿素硝酸铵钙溶液叶面肥在果实膨大前期提供了充足的营养,促进了果实内Vc的合成有关。

2.3 叶面喷施尿素硝酸铵钙溶液对灰枣单果重和鲜枣果实产量的影响

如图2所示,尿素硝酸铵钙溶液叶面肥的施用对干枣和鲜枣的单果重和果实产量均有不同程度的影响。其中,干枣的单果重以T₄处理最大,为8.23 g,较T₁(CK)增加8.29%;其次是T₅处理,

为7.99 g,较T₁(CK)增加5.52%,差异均达显著水平 ($P < 0.05$),T₃、T₂处理均低于T₁(CK)。鲜枣的单果重以T₅处理最大,为11.15 g,较T₁(CK)增加5.49%,差异达显著水平 ($P < 0.05$),其余处理从大到小依次为T₃、T₄、T₁、T₂处理。表明鲜枣对尿素硝酸铵钙溶液叶面肥的响应更倾向于在果实膨大后期吸收营养,促进果实的快速生长。施用尿素硝酸铵钙溶液叶面肥处理鲜枣果实产量均高于T₁(CK) ($P < 0.05$),其中以T₅处理最高为11183.0 kg/hm²,其余处理的鲜枣果实产量从

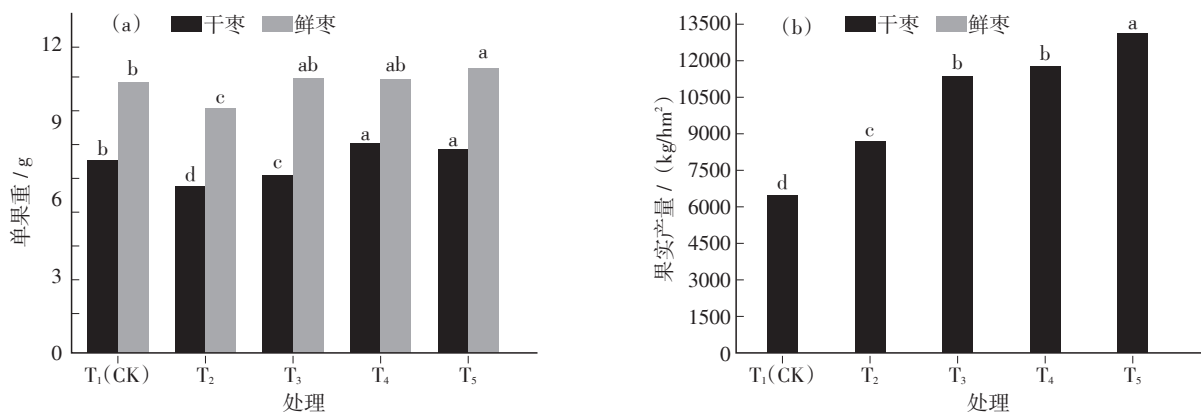


图2 不同处理的灰枣单果重和鲜枣果实产量

大到小依次为T₄、T₃、T₂处理。施用尿素硝酸铵钙溶液叶面肥处理的鲜枣果实产量均显著高于T₁(CK) ($P < 0.05$)。T₅处理与其余处理差异显著; T₄、T₃处理间差异不显著, 显著高于T₂处理、T₁(CK)。

2.4 叶面喷施尿素硝酸铵钙溶液对干枣各性状的相关性分析

如图3所示, 干枣各指标间呈不同程度的相关性。在干枣中, V_c含量与果实硬度(0.90)呈显著正相关($P < 0.05$), 表明较高的V_c含量可能有助于保护细胞壁结构和细胞膜完整性免受氧化损伤, 更好地维持细胞结构直接有助于保持果实的硬度。干枣含水率与V_c含量、单果重、可溶性固形物含量(-0.70)、果实纵径(-1.0)、果实横径(-0.70)、果实硬度(-0.80)和果实产量(-0.90)均呈负相关($P < 0.05$), 表明干枣含水率是影响多个关键品质指标的核心因素, 并影响到果实产量。此外, 干枣果实产量与果实硬度(0.90)、果实纵径(0.90)、果实横径(0.90)、可溶性固形物含量(0.90)呈显著正相关, 表明在干枣生产中, 提高果实硬度、增大果实体积(纵径和横径)以及提升可溶性固形物含量, 是协同实现高产的重要途径。

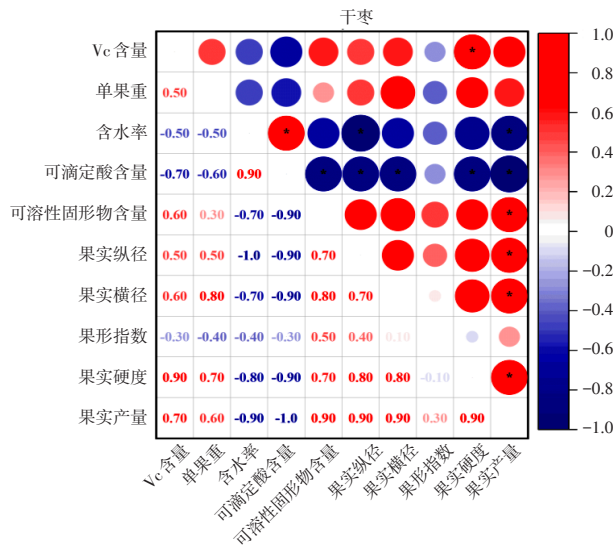


图3 不同叶面喷施处理下干枣各性状的相关性分析

2.5 基于干枣产量多元线性回归分析

相关性分析结果表明, 可溶性固形物含量、果实硬度和果实横纵径与干枣果实产量间的相关性均达到显著水平 ($P < 0.05$)。因此, 以可溶性固形物含量、果实硬度和果实横纵径为自变量,

果实产量为因变量建立多元逐步回归分析模型, 得到因变量果实产量和4个自变量的多元回归方程: $Y=0.27+0.61 X_1+0.43X_2+0.31 X_3+0.29 X_4$, 回归方程的决定系数为 $R^2=0.95$ ($P < 0.01$), 说明该方程用于预测果实产量的可靠性高, 回归方程具有一定的解释能力(表4)。

表4 基于果实产量多元线性回归分析^①

多元回归方程	决定系数 (R ²)	F值	P值
$Y=0.27+0.61X_1$	0.71	422.35	≤ 0.001
$Y=0.27+0.61X_1+0.43X_2$	0.92	504.74	≤ 0.001
$Y=0.26+0.60X_1+0.43X_2+0.31X_3$	0.96	601.54	≤ 0.001
$Y=0.27+0.61X_1+0.43X_2+0.31X_3+0.29X_4$	0.95	621.43	≤ 0.001

①Y为果实产量; X₁为可溶性固形物含量; X₂为果实硬度; X₃为果实横径; X₄为果实纵径。

3 讨论与结论

叶片是植物进行根外营养的重要器官, 通过在叶片表面喷施不同形态和种类的营养, 植物能够直接吸收这些养分, 其利用效果与根部施肥相当^[19-20]。然而, 叶面施肥的效果受到包括, 植物种类、叶片结构、生长环境以及喷施液的理化性质等多种因素的影响, 这些因素共同作用, 决定了叶面肥的实际肥效^[10, 21-23]。本研究表明, 不同生育期配施2 g/kg浓度尿素硝酸铵钙叶面肥溶液对灰枣果实形态、品质及产量具有显著影响, 且干枣与鲜枣的响应规律存在差异。这一结果与氮磷钾元素在植物不同生长阶段的生理功能及其调控机制密切相关。

研究表明, 叶面肥可以提高植物的抗逆性, 促进各种生命活动。叶胜兰等^[24]研究表明, 叶面喷施铁肥能够显著提高梨枣的单果重、坐果率和产量, 并有效改善可溶性固形物、总糖、还原糖、V_c含量等果实品质。本试验表明, 在对灰枣喷施叶面肥后, 果实品质(单果重、可溶性固形物含量、V_c含量)均有所改善, 鲜枣在果实膨大后期喷施2 g/kg尿素硝酸铵钙叶面肥溶液时, 单果重11.15 g、可溶性固形物含量378.5 g/kg及V_c含量3815.0 mg/kg均达最高, 分别较喷施清水对照提高了5.49%、23.46%、33.55%。这与前人的研究结果一致^[14-15]。叶面肥尿素硝酸铵钙的喷施显

著地影响了灰枣果实的形态特征,尤其是在果实膨大后期喷施2 g/kg 尿素硝酸铵钙溶液叶面肥时,干枣的果实纵径和横径均显著高于对照喷施清水。这一结果与已有研究中关于叶面肥促进果实生长的结论一致^[24-25]。本研究中,叶面肥可能通过提供氮、钙等营养元素,促进了细胞壁的合成和光合作用效率的提升,从而加速了果实的生长发育。此外,干枣硬度在膨大前期喷施尿素硝酸铵钙叶面肥溶液处理显著提升,而鲜枣硬度以喷施清水对照处理最高,为17.46 Pa,较喷施清水提升29.72% ($P < 0.01$)。表明叶面肥可能通过改变细胞壁成分(如果胶、纤维素)的沉积模式,影响果实质地。这一发现与刘珍等^[26]的研究结果相似,他们在研究中发现叶面肥中的钙元素能够显著增强果实的硬度。鲜枣在果实膨大后期喷施叶面肥时,果实含水率较喷施清水对照显著提高,这可能导致细胞壁的软化,从而降低了果实硬度。而干枣在果实膨大前期喷施2 g/kg 尿素硝酸铵钙叶面肥溶液时,果实硬度达到最大值,这可能与叶面肥中高浓度的钙元素促进了细胞壁的强化作用有关^[9]。叶面肥的施用显著提高了干枣和鲜枣的可溶性固形物含量和Vc含量,同时降低了可滴定酸含量。这一结果符合糖酸代谢拮抗理论,即硝态氮可能通过激活蔗糖磷酸合成酶(SPS)促进糖分积累,从而提高可溶性固形物含量^[27]。同时,叶面肥中钙元素的补充可能抑制了酸性物质的合成,进一步降低了可滴定酸含量^[28]。此外,本研究表明,叶面肥在果实膨大后期喷施时,能够更有效地促进果实的快速生长和养分积累,从而显著提高果实产量。

果实膨大后期喷施2 g/kg 尿素硝酸铵钙叶面肥溶液处理的鲜枣产量达11 183.0 kg/hm²,与可溶性固形物含量、果实硬度、果实横纵径的相关性均达到显著水平。相关性分析表明,可溶性固形物含量、果实硬度和果实横纵径与干枣果实产量间的相关性均达到显著水平($P < 0.05$)。多元回归模型($R^2=0.95$)进一步证实,可溶性固形物含量、果实硬度和果实横径是产量形成的主导因子。这与枣树“源-库”理论相符:膨大后期喷施氮钙肥可增强叶片光合能力(源),同时促进果实库强,提高同化物转运效率。尽管本研究较为系统揭示了不同生育期配施叶面肥对灰枣果实品质及产量的调控效应,然而并未从多年度和多区域

进行验证,其结果普适性存在一定局限性。此外,本研究主要聚焦于氮钙叶面肥的单一效应,未探讨与其他营养元素(如磷、钾)的协同或拮抗作用。未来的研究中需结合多因素交互试验与分子生物学手段,以完善叶面肥调控灰枣品质的机理与应用体系。本研究通过在新疆灰枣不同生育期喷施2 g/kg 尿素硝酸铵钙叶面肥溶液,系统探究了其对果实品质和产量的影响。结果显示,叶面肥显著提升了果实的形态指标,其中干枣在果实膨大后期喷施氮钙肥时果实纵径和横径显著增加,促进了细胞壁合成与光合作用效率,加速了果实生长发育。鲜枣在果实膨大后期喷施氮钙肥时,提高了可溶性固形物含量和Vc含量,提升了果实品质。可溶性固形物含量和含水率是产量形成的主导因子,膨大后期喷施2 g/kg 尿素硝酸铵钙溶液处理增强了叶片光合能力,促进果实库强,提高同化物转运效率。本研究为灰枣的科学施肥和品质提升提供了重要理论依据。

参考文献:

- [1] 王晶晶,陈奇凌,李铭,等.不同氮磷钾肥施对滴灌红枣果实及植株养分含量的影响[J].江苏农业科学,2014,42(4):117-119.
- [2] 张旭东,安世杰,支金虎,等.不同氮磷用量对红枣果实品质和产量的影响[J].寒旱农业科学,2023,2(5):468-474.
- [3] 邢钟毓,莎仁图雅,邢钰坤,等.我国红枣产业发展研究现状[J].农业与技术,2025,45(4):84-88.
- [4] 靳娟,李丽莉,杨磊,等.新疆红枣产业发展现状分析[J].新疆农业科学,2024,61(S1):106-110.
- [5] 刘伟锋,张磊,杨文英,等.骏枣园土壤养分与枣果实品质间的典型相关性分析[J].经济林研究,2021,39(2):104-114;122.
- [6] 袁晶晶,同延安,卢绍辉,等.生物炭与氮肥配施对土壤肥力及红枣产量、品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2017,23(2):468-475.
- [7] 赵满兴,刘慧,白二磊,等.腐殖酸肥或生物有机肥替代部分化肥对土壤肥力、红枣产量和品质的影响[J].西北农业学报,2019,28(6):981-987.
- [8] 张健利.有机肥配施对滴灌红枣耗水及品质的影响研究[D].石河子:石河子大学,2022.
- [9] 王超.不同种类叶面肥与生物菌肥在设施番茄生产上的应用效果[D].石河子:石河子大学,2024.
- [10] 陶惠,张睿,李锦康.不同叶面肥对大蒜产量的影响[J].种子科技,2025,43(3):42-44.
- [11] VÂTCĂ S,VIDICAN R,GÂDEA Ș,et al. Blackcurrant

- variety specific growth and yield formation as a response to foliar fertilizers[J]. *Agronomy*, 2020; 10(12):2014.
- [12] MESAROVIC J, SRDIC J, MLADENOVIC-DRINIC S, et al. Evaluation of the nutritional profile of sweet maize after herbicide and foliar fertilizer application [J]. *Journal of Cereal Science* 2019 87: 132-137.
- [13] 赵连鑫, 王鑫, 李强, 等. 施氮量对密植壶瓶枣生长及果实品质的影响[J]. *寒旱农业科学*, 2023, 2(6): 573-578.
- [14] 谭玉鹏, 耿阳, 吴佳辉, 等. 喷施不同营养元素叶面肥对蟠枣缩果病和品质的影响[J]. *中国土壤与肥料*, 2024 (3): 181-188.
- [15] 王世镇, 胡焕平. 不同叶面肥处理对沾化冬枣吊果率、产量和品质的影响[J]. *果树资源学报*, 2024, 5 (3): 5-7;35.
- [16] 张枋分, 张丽娜, 王晓玲, 等. 喷施纳米铁和纳米锌叶面肥对冬枣叶片及果实品质的影响[J]. *北方园艺*, 2024 (11): 23-30.
- [17] 水涌, 卜东升, 刘泽辉, 等. 滴灌条件下氮磷钾用量变化对枣树生长和产量的影响[J]. *北方果树*, 2022 (4): 4-7.
- [18] 邹耀湘, 梁智, 张计峰, 等. 红枣氮磷钾及微肥配合施用效果研究[J]. *新疆农业科技*, 2009 (4): 69-71.
- [19] 仲涛, 张娟. “比较不同果蔬中维生素C含量”实验改进[J]. *实验教学与仪器*, 2024, 41 (2): 66-67.
- [20] 薛晓芳, 赵爱玲, 焦文丽, 等. 枣品种资源果实的糖酸含量特征分析[J]. *植物遗传资源学报*, 2024, 25 (1): 60-71.
- [21] 王超, 张宗翊, 赵宝龙, 等. 不同叶面肥对温室番茄生长和果实品质的影响[J]. *中国瓜菜*, 2024, 37 (12): 126-132.
- [22] LIANG F, XU L, JI L, HE Q, et al. A new approach for biogas slurry disposal by adopting CO₂-rich biogas slurry as the flower fertilizer of *Spathiphyllum*: Feasibility, cost and environmental pollution potential [J]. *Science of The Total Environment*, 2021, 770: 145333.
- [23] MA M, MA X, MA Z, et al. Effects of foliar fertilizer additives on grape fruit quality and endogenous hormones in leaves. *BMC Plant Biol.*, 2025, 25 (1): 516.
- [24] 叶胜兰. 叶面喷施铁肥对山地梨枣产量及品质的影响[J]. *安徽农学通报*, 2018, 24 (14): 91-93;140.
- [25] 张柱岐. 甲壳素衍生物叶面肥对冬枣叶片生长及果实膨大状况的影响[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(27): 13393-13394;13427.
- [26] 刘珍. 钙肥、硅肥对草莓生长发育及果实品质的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2024.
- [27] 彭俊杰, 杜婧加, 马武强, 等. 钙镁叶面肥对‘妃子笑’荔枝果实糖含量及糖代谢酶活性的影响 [J]. *热带生物学报*, 2024, 15 (2): 217-223.
- [28] 张瑜, 王鹏飞, 穆霄鹏, 等. 喷施不同叶面肥对‘农大4号’欧李果实糖酸含量的影响[J]. *山东农业科学*, 2019, 51 (3): 77-80; 91.

Effect of Foliar Application of Urea Ammonium Nitrate Calcium at Different Growth Stages on the Quality and Yield of Grey Jujube Fruits

QIAOLIFAN Madaniyati^{1,2,3}, ZHI Jinhu^{1,2,3}, GAO Fei⁴, ZHAO Zhan⁴, ZHOU Zhiping^{1,2,3},
BAI Xinlu^{1,2,3}, CHENG Yuanyuan⁴, CHI Chunming^{1,2,3}

(1. College of Agriculture, Tarim University, Alar Xinjiang 843300, China; 2. Key Laboratory of Genetic Improvement and Efficient Production of Characteristic Crops in Arid Region of Southern Xinjiang, Alar Xinjiang 843300, China; 3. Oasis Agricultural Resources and Environment Research Centre of Southern Xinjiang, Alar Xinjiang 843300, China; 4. Yuxiang Poplar Chemical Co., Ltd., Shayu Xinjiang 842200, China)

Abstract: This study aimed to clarify the effect of foliar application of urea ammonium nitrate calcium at different growth stage on fruit morphology, quality, and yield of grey jujube fruits in Xinjiang so as to provide theoretical basis and practical guidance for scientific fertilization and quality improvement of jujube. Using water spray as the control, 5 treatments with foliar application of 2 g/kg urea ammonium nitrate calcium solution were set up at the flowering stage, young fruit stage, early fruit enlargement stage, and late fruit enlargement stage. Fruit longitudinal diameter, transverse diameter, firmness, soluble solid content, vitamin C content, titratable acid content, and yield data were determined. Result showed that when the foliar fertilizer (2 g/kg urea ammonium nitrate calcium solution) was applied at the late fruit enlargement stage, fresh jujube fruit achieved the highest single fruit weight (11.15 g), yield (11 183.0 kg/ha), soluble solid content (378.5 g/kg), and vitamin C content (3 815.0 mg/kg), which increased by 5.49%, 50.52%, 23.46%, and 33.55%, respectively, compared with those in the water spray control. The titratable acid content reached the lowest value (0.9 g/kg), decreasing by 53.57% compared with the control. For dried jujube fruits, the highest fruit firmness (17.46 Pa) was observed when foliar fertilizer was applied at the early fruit enlargement stage, which was 29.72% higher than the water spray control ($P < 0.01$). Correlation analysis showed that soluble solid content, fruit firmness, and fruit longitudinal and transverse diameter were significantly correlated with dried jujube yield ($P < 0.05$). The multiple regression model ($R^2 = 0.95$) indicated that soluble solid content, fruit firmness, and fruit transverse diameter were the dominant factor influencing yield. In summary, foliar application of urea ammonium nitrate calcium solution at the late fruit enlargement stage can synergistically regulate sugar-acid metabolism and photosynthate allocation in grey jujubes, therefore, significantly improving fruit quality and yield.

Key words: Grey jujube; Foliar fertilizer; Urea ammonium nitrate calcium; Growth stage; Fruit quality; Fruit yield; Multiple stepwise regression model