

复合盐碱胁迫对灰枣果实内在品质的影响

位 杰¹,王合理¹,吴翠云^{1,2},张 琦^{1,2},蒋 媛¹,李湘钰¹

(1.塔里木大学植物科学学院,新疆 阿拉尔 843300;
2.新疆生产建设兵团塔里木盆地生物资源保护利用重点实验室,新疆 阿拉尔 843300)

摘 要:以五年生灰枣为试材,研究了不同浓度复合盐碱溶液胁迫对灰枣果实内在品质的影响,为盐渍化土地灰枣种植提供参考。结果表明,0.2%、0.4%和 0.6%的复合盐碱胁迫降低了灰枣果实中的有机酸含量,提高了糖酸比。0.2%和 0.4%的复合盐碱胁迫提高了灰枣果实的 Vc 含量,0.6%的复合盐碱胁迫则降低了灰枣果实的 Vc 含量。0.4%的复合盐碱胁迫显著提高了灰枣果实的可溶性糖含量,0.2%和 0.6%的复合盐碱胁迫对可溶性糖含量影响不大。0.2%和 0.4%的复合盐碱胁迫降低了灰枣果实可溶性蛋白含量,0.6%的复合盐碱胁迫则提高了灰枣果实可溶性蛋白含量。综合分析表明,0.4%的复合盐碱胁迫处理的灰枣果实品质较好。

关键词:复合盐碱胁迫;灰枣;果实品质
中图分类号: S665.1 **文献标志码:** A

Effects of mixed salt-alkali stress on the internal quality of
Zizyphus jujuba ‘Huizao’

WEI Jie¹, WANG He-li¹, WU Cui-yun^{1,2}, ZHANG Qi^{1,2}, JIANG Yuan¹, LI Xiang-yu¹

(1. College of Plant Science, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300, China;
2. Xinjiang Production & Construction Corps Key Laboratory of Protection and Utilization of
Biological Resources in Tarim Basin, Alar, Xinjiang 843300, China)

Abstract: To provide cultivation reference for *Zizyphus jujuba* ‘Huizao’ in salinized land, five-year-old Huizao plants were used as the experimental materials to study the stress effects of mixed salt-alkali with different concentrations on the internal quality of Huizao fruit. The results showed that the sugar-acid ratio was improved and organic acid content was decreased under mixed salt-alkali stresses (concentrations were 0.2%, 0.4% and 0.6%). The fruit vitamin C content was increased under the stresses of 0.2% and 0.4% mixed salt-alkali, but it was reduced under the one of 0.6% mixed salt-alkali. The content of soluble sugar was significantly increased under 0.4% mixed salt-alkali, but little influence by 0.2% and 0.6% mixed salt-alkali was found. The content of soluble protein was decreased under stresses of 0.2% and 0.4% mixed salt-alkali, while it became improved under 0.6% mixed salt-alkali stress. Comprehensive analysis indicated that the fruit internal quality of Huizao was superior under the stress of 0.4% of mixed salt-alkali.

Keywords: Mixed salt-alkali stress; Huizao; fruit quality

枣(*Zizyphus jujube* Mill.)为鼠李科(*Rhamnaceae*)枣属(*Ziziphus*)落叶灌木或小乔木,是原产我国的特有果树^[1]。枣具有重要的营养价值和药用价值,素有“营养保健丸”和“铁杆庄稼”之称。新疆南疆光热资源充足,昼夜温差大,适宜的气候因素使得新疆红枣相比内地红枣颜色鲜艳,品质好。近年来,红枣产业在新疆得到了迅速的发展,对带动地区经济增长和农民增收及改善生态环境起到了重要的作用。

然而,土壤盐渍化是制约干旱半干旱地区农业生产的主要障碍因子。新疆是中国最大的干旱荒漠化盐碱土区,尤其是南疆,土壤次生盐渍化程度很重,对红枣的生长发育及产量品质的影响较大。盐

收稿日期:2014-04-08
基金项目:国家自然科学基金项目(31260459);新疆生产建设兵团产学研重大专项(2010ZX02);新疆研究生科研创新项目(XJGRI2013153);塔里木大学创新群体研究项目(TDZXCX1001)
作者简介:位 杰(1987—),男,河南周口人,硕士研究生,从事果树栽培生理生态的研究。E-mail:627weijie@sina.com。
通信作者:王合理(1958—),男,河南驻马店人,教授,硕士生导师,从事设施园艺、蔬菜栽培生理生态的科研与教学工作。E-mail:waheli@sina.com。

渍土是盐土、盐化土壤及碱土、碱化土壤的总称,又称为盐碱土。盐碱地中一般以碱性盐 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 的危害为主,同时伴有中性盐 NaCl 和 Na_2SO_4 危害。研究表明随着土壤全盐量的提高 ($0.85 \sim 3.65 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$),燕麦产量及其籽粒淀粉含量明显降低^[2];盐胁迫处理 ($0.3\% \sim 0.9\%$)降低了枸杞果实中的可溶性糖含量^[3], $0.04 \sim 0.16 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐胁迫处理可以增加番茄果实有机酸含量,降低果实的糖酸比^[4]; $2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 咸淡混合水灌溉降低了苹果可滴定酸含量,提高了梨果实可溶性固形物含量,从而提高了苹果和梨的商品质量^[5];利用含盐量为 $2.0 \sim 4.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的地下咸水滴灌苹果树,提高了苹果含糖量^[6]。关于盐胁迫对枣影响的研究主要集中在枣对盐胁迫的反应和适应性及生理响应等方面^[7-10],且多以 NaCl 处理作为研究对象,而复合盐碱胁迫对红枣品质的影响尚少有研究。本研究以五年生的灰枣为试材,探讨复合盐碱胁迫对灰枣果实品质的影响,以期对盐渍化土壤灰枣优质栽培提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究区选在新疆阿拉尔市塔里木大学植物科学学院园艺试验站 ($80^\circ 30' \sim 81^\circ 58' \text{ E}$, $40^\circ 22' \sim 40^\circ 57' \text{ N}$),属典型的大陆性极端干旱荒漠气候,多年平均降雨量不足 50 mm ,年均蒸发量 $2\,110.5 \text{ mm}$,年平均气温 11.2°C , $\geq 10^\circ \text{C}$ 活动积温约 $4\,040^\circ \text{C} \sim 4\,300^\circ \text{C}$,年日照时数为 $2\,650 \sim 3\,100 \text{ h}$,年均总辐射 $9\,733 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$,无霜期 200 d 左右^[11]。土壤类型主要为风沙土,果园地势平坦,园相整齐,土、肥、水管理一致。

1.2 试验材料与设计

1.2.1 试验材料 试验树为 5 a 生嫁接枣树,品种为灰枣,2009 年春季定植于栽培槽中隔离栽培。

1.2.2 试验设计 试验共计 12 个小区,每个试验小区为一个处理,每一处理 4 棵植株,每个处理 3 次重复。各小区四周及底部有双层塑料薄膜隔离,防止渗漏并与小区外围土壤隔离,各小区之间浇水、施肥互不影响。

试验于 2013 年 7 月 10 日进行。通过测定各小区土壤含盐量,确定盐碱度比较均一的试验区域。选取长势一致的灰枣植株进行复合盐碱胁迫处理。盐碱溶液配比为 $\text{NaCl}:\text{Na}_2\text{SO}_4:\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{NaHCO}_3 = 1:1:1:1$,灌溉溶液处理浓度(以质量分数表示)分别为 CK(清水),T1(0.2%),T2(0.4%),T3(0.6%)。浇盐碱溶液前几天控制灌水,以利于浇盐碱溶液后能迅速扩散。每隔 15 d 浇灌盐碱溶液 1 次,2013 年 8 月

25 日浇灌最后一次盐碱溶液。枣成熟期各处理取样测定土壤的含盐量及 pH 见表 1。

表 1 试验处理后土壤含盐量及 pH				
Table 1 Salinities and pH of soil after experimental treatments				
处理 Treatment	CK	T ₁	T ₂	T ₃
pH	7.63	7.98	8.24	8.48
含盐量/($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) Salinity	0.62	1.86	3.74	5.85

1.3 测定方法

2013 年 10 月中旬采样,每个处理随机取 50 个果实,从中取 10 个果实切碎混匀,室内测定枣果营养物质含量。果实可溶性糖含量的测定采用蒽酮比色法;有机酸含量测定采用酸碱中和滴定法;维生素 C 含量测定采用钼蓝比色法;可溶性蛋白含量测定采用考马斯亮蓝 - G250 法^[12-13];以总糖含量/总酸含量来表示糖酸比。

1.4 数据处理

采用 EXCEL 软件制作图表,DPS7.05 数据处理系统进行单因素方差分析,数据显著性差异运用 Duncan's 新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 复合盐碱胁迫对灰枣果实可溶性糖含量的影响

糖是果实品质和风味物质的主要组成成分,是枣品质的重要指标,糖含量的高低是决定枣果实品质优劣的重要指标之一。研究表明(图 1),随着复合盐碱胁迫浓度的升高,灰枣果实可溶性糖含量呈现先增加后下降的趋势。在 T1 和 T2 处理下,灰枣果实可溶性糖含量逐渐升高,较对照分别增加 6% 和 13%。T2 处理下,灰枣果实可溶性糖含量达到最大值,与对照差异显著。T1 和 T3 处理下灰枣果实可溶性糖含量与对照差异不显著。结果表明,土壤盐碱含量为 $3.74 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时可以提高灰枣果实糖含量,改善果实品质。

2.2 复合盐碱胁迫对灰枣果实维生素 C 含量的影响

维生素 C 是维持生物正常生长发育所必需的一类微量营养物质。它是人体不可缺少的维生素之一,对维持人体正常生理功能及健康具有重要的作用,是水果品质的重要指标。复合盐碱胁迫下灰枣果实中(鲜果)维生素 C 含量的变化见图 2。随着土壤盐碱化程度的增大,灰枣果实中维生素 C 含量呈先增高后降低的趋势。处理 T1 和 T2 下的灰枣果实维生素 C 含量较对照显著提高了 $17 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ 和 $33 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$,T2 处理与对照达到极显著差异。而 T3

处理下的灰枣果实中维生素 C 含量较对照下降了 $39\text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$, 达到极显著差异。这表明轻度复合盐碱胁迫可以提高灰枣果实维生素 C 含量, 而重度复合盐碱胁迫则不利于灰枣果实维生素 C 的积累。

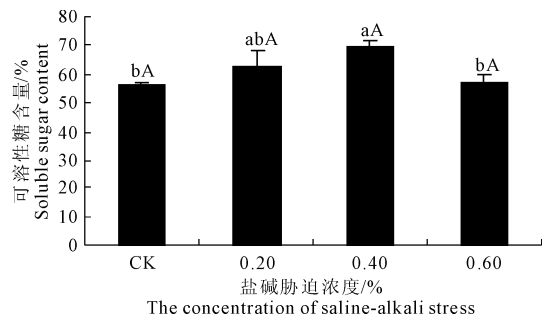


图 1 复合盐碱胁迫下灰枣果实可溶性糖含量的变化

Fig.1 Changes of soluble sugar content in Huizao fruit under mixed salt-alkali stresses

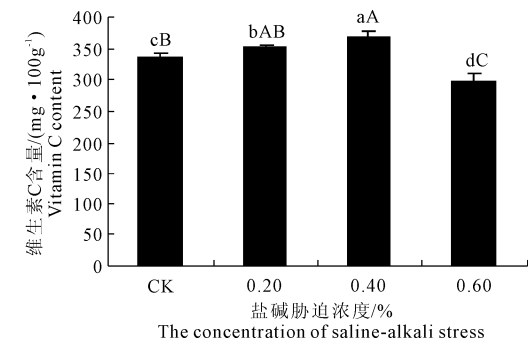


图 2 复合盐碱胁迫下灰枣果实维生素 C 含量的变化

Fig.2 Changes of vitamin C content in Huizao fruit under mixed salt-alkali stresses

2.3 复合盐碱胁迫对灰枣果实有机酸含量的影响

果实中有机酸含量是果实品质风味的重要因素, 有机酸在果实自身代谢中参与了光合作用、呼吸作用, 以及合成酚类、氨基酸、酯类和芳香物质的代谢过程^[14]。复合盐碱胁迫下灰枣果实中有机酸含量的变化见图 3。随着土壤盐碱化程度的增大, 灰枣果实中的有机酸含量逐渐下降, T1、T2 和 T3 处理较对照分别下降了 0.07%, 0.10% 和 0.12%, 与对照差异显著甚至极显著。有机酸含量的多少直接影响着果实的风味和品质, 有机酸含量过高, 会影响果肉风味, 降低果实品质。研究表明, 适度的复合盐碱胁迫可以降低灰枣果实有机酸含量, 改变果实的风味和品质。

2.4 复合盐碱胁迫对灰枣果实蛋白含量的影响

蛋白质是衡量枣果实营养品质的重要指标, 其含量高低决定了枣果的营养价值和口感, 进而影响枣果的商品价值^[15]。由图 4 可知, T1 和 T2 处理显著降低了灰枣果实中的蛋白质含量, 而 T3 处理下,

灰枣果实中的蛋白质含量则显著增加; T1、T2 和 T3 处理之间达到极显著差异。轻度复合盐碱胁迫使蛋白质的分解加速, 大量分解成各种氨基酸, 尤其是脯氨酸^[16], 从而降低了果实中的蛋白质含量。

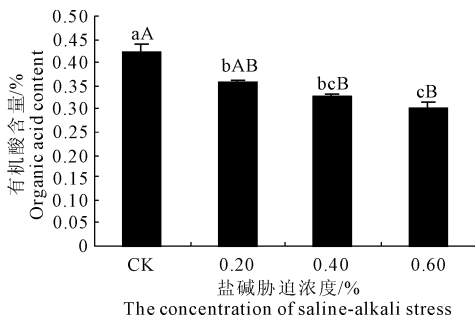


图 3 复合盐碱胁迫下灰枣果实有机酸含量的变化

Fig.3 Changes of organic acid content in Huizao fruit under mixed salt-alkali stresses

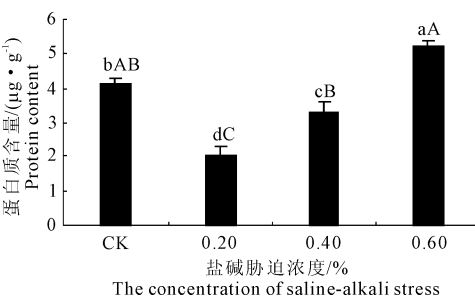


图 4 复合盐碱胁迫下灰枣果实蛋白质含量的变化

Fig.4 Changes of protein content in Huizao fruit under mixed salt-alkali stresses

2.5 复合盐碱胁迫对灰枣果实糖酸比的影响

果实品质的另外一个影响因素就是糖酸含量及其比例。果实中的糖与游离态的有机酸形成糖酸比, 决定着果实品质的优劣。糖酸比越大, 果实风味越好, 口感越佳; 反之, 风味和口感较差^[17]。盐碱胁迫下灰枣果实糖酸比的变化见图 5。由图 5 可知, 各处理灰枣果实的糖酸比与对照差异显著。T2 处理与对照达到极显著差异, 表明盐碱胁迫提高了灰枣果实中的糖酸比, 改善了果实品质。T2 处理下灰枣果实糖酸比最高, 甜而微酸, 果实口感和风味最佳。

3 结论与讨论

盐碱土通过离子胁迫、水分胁迫、高 pH 胁迫抑制植物的生长和发育, 进而影响作物的产量和品质。来自盐碱地区的沾化冬枣因品质优而驰名中外, 近几年的研究也表明, 适度的盐胁迫能提高葡萄、草莓、柑桔、苹果等水果的果实品质^[18]。本研究表明, 适度的复合盐碱胁迫增加了果实中的可溶性总糖含

量,降低了灰枣果实中的有机酸含量,提高了糖酸比,因此提高了灰枣果实的风味品质,这与武之新的研究结果相一致^[19]。

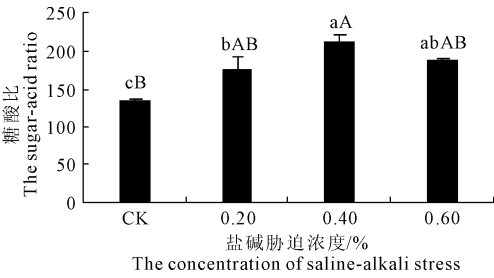


图 5 复合盐碱胁迫下灰枣果实糖酸比的变化
Fig.5 Changes of sugar-acid ratio in Huizao fruit under mixed salt-alkali stresses

盐胁迫一般会导致氧化胁迫的发生,而抗坏血酸(Vc)是活性氧清除系统中的重要组成部分^[20]。轻度复合盐碱胁迫提高了灰枣果实中的 Vc 含量,可以降低果实细胞的氧化胁迫,促进果实顺利发育。重度复合盐碱胁迫下,Vc 含量下降,果实细胞的氧化胁迫加重,不利于果实发育,降低了灰枣品质。

通常认为盐分胁迫能降低植物的可溶性蛋白含量,这可能是盐胁迫条件下蛋白质加速分解成各种氨基酸,尤其是脯氨酸。脯氨酸含量升高,降低了叶片的水势,从而促进植物对水分的吸收,减轻盐害程度^[15]。也有研究表明,盐分胁迫下合成新的盐胁迫蛋白可以增强植物的耐脱水能力、保护细胞结构、制约离子吸收^[21]。魏海霞^[22]的研究表明,随着盐胁迫时间的延长,皂角体内可溶性蛋白呈先下降后上升的趋势。本研究表明,轻度复合盐碱胁迫能降低灰枣果实中的蛋白质含量,而重度复合盐碱胁迫则增加了灰枣果实中蛋白质的含量,这可能是重度复合盐碱胁迫改变了植物的基因表达,最终合成了新的蛋白质^[22]。

综合各指标分析表明,在 0.4% 的混合盐碱溶液处理下,土壤盐碱含量为 3.74 g·kg⁻¹,灰枣果实总糖含量、Vc 含量和糖酸比最高,酸度适宜,品质较好,在生产栽培中可通过微咸水灌溉来提高灰枣品质。加强对盐碱地的合理利用,对土壤盐渍化程度较重的地区,也可通过微咸水灌溉适当降低土壤盐碱度^[5],提高盐碱地的生产力水平,把盐碱地的改良治理和农业高效利用结合在一起,生产优质枣果。

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] 李树华,许 兴,李红霞,等.土壤盐分对小麦籽粒蛋白质含量及产量性状的影响[J].干旱地区农业研究,2002,20(4):38-41,60.

[3] 杨 涓,许 兴,魏玉清,等.盐胁迫对枸杞果实糖代谢及相关酶的影响[J].宁夏农学院学报,2004,25(3):28-31.

[4] 李 伟,姜 晶,李天来.不同浓度 NaCl 处理对番茄果实生长、产量和品质的影响[J].沈阳农业大学学报,2006,37(3):502-504.

[5] 张艳红,焦艳平,刘为忠,等.微咸水灌溉对苹果、梨的产量和品质以及土壤盐分的影响[J].南水北调与水利科技,2012,10(6):118-122.

[6] 郑跃全,刘婴谷,鄂世业.利用咸水滴灌苹果树的试验研究[J].北京农业机械化学院学报,1982,(2):39-47.

[7] 齐曼·尤努斯,李秀霞,李 阳,等.盐胁迫对大果沙枣膜脂过氧化和保护酶活性的影响[J].干旱区研究,2005,22(4):503-507.

[8] 位 杰,蒋 媛,张 琦,等.骏枣和灰枣对 NaCl 胁迫适应性的比较研究[J].北方园艺,2013(24):21-24.

[9] 曹尚银,沈程清,张 玲,等.枣不同品种的耐盐性[J].经济林研究,2008,26(3):29-33.

[10] 阎艳霞,王玉魁,张 东.不同枣品种对 NaCl 胁迫的适应性研究[J].河南农业大学学报,2008,42(4):398-401.

[11] 万素梅,胡守林,杲先民,等.干旱胁迫对塔里木盆地红枣光合特性及水分利用效率的影响[J].干旱地区农业研究,2012,30(3):171-175.

[12] 高俊凤.植物生理学实验技术[M].西安:世界图书出版社,2000:145-148,160-163.

[13] 王学奎.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2006:190-192.

[14] 陈发兴,刘星辉,陈立松.果实有机酸代谢研究进展[J].果树学报,2005,22(5):526-531.

[15] 柴仲平,王雪梅,孙 霞,等.不同氮磷钾配比滴灌对灰枣产量与品质的影响[J].果树学报,2011,28(2):229-233.

[16] 汪贵斌,曹福亮.盐胁迫对落羽杉生理及生长的影响[J].南京林业大学学报(自然科学版),2003,27(3):11-14.

[17] 唐 都,高疆生,徐崇志,等.阿拉尔垦区不同种植密度下骏枣果实品质的比较[J].新疆农业科学,2012,49(12):2208-2212.

[18] 郝玉金.开发利用盐碱地,生产高质量果品[J].中国果业信息,2013,30(6):30-31.

[19] 武之新,齐树亭.土壤盐分对金丝小枣生长发育的影响[J].中国果树,1985,(2):11-15.

[20] 张振兴,孙 锦,郭世荣,等.钙对盐胁迫下西瓜光合特性和果实品质的影响[J].园艺学报,2011,38(10):1929-1938.

[21] 林栖凤,李冠一.植物耐盐性研究进展[J].生物工程进展,2000,20(2):20-25.

[22] 魏海霞.皂角苗期对盐、旱及其交叉胁迫反应的研究[D].泰安:山东农业大学,2006.