

盐碱胁迫对酸枣幼苗生长及生理生化特性的影响

王志强¹, 吴翠云^{1,2}, 杨哲¹, 杨凡¹, 武彦昌¹

(1. 兵团南疆特色果树生产工程实验室/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: 以陕西、山西、河北、辽宁 4 个种源地酸枣为研究材料, 采用营养液基质培试验, 研究不同浓度盐碱胁迫对 4 个种源地一年生酸枣幼苗的生长和生理生化指标的影响。结果表明: 0.3%、0.6% 和 0.9% 的盐碱混合胁迫均降低了酸枣的株高、茎粗和生物量, 胁迫浓度越大, 抑制作用越明显, 其中陕西酸枣的株高和茎粗在 0.9% 胁迫下最低, 分别为 48.55、4.10 mm, 山西酸枣的总生物量相比 CK 下降最多, 降低了 27.79 g·株⁻¹; 除酸枣叶片可溶性糖含量在胁迫处理 10~50 d 下降, 70~110 d 上升外, 酸枣叶片丙二醛(MDA)、脯氨酸(Pro)、可溶性蛋白含量均随浓度的增加和胁迫时间的延长呈逐渐增加趋势, 胁迫至 110 d 时, 在 0.9% 胁迫下的辽宁酸枣叶片 MDA 含量、陕西的可溶性蛋白含量和河北的脯氨酸含量均达最大值, 分别为 20.81 mmol·g⁻¹、93.53 mg·g⁻¹、670.92 μg·g⁻¹; 利用隶属函数法对 4 个种源地酸枣进行耐性综合评价得出, 各种源地酸枣耐盐碱性由强到弱的顺序为: 河北>辽宁>山西>陕西。

关键词: 酸枣; 盐碱胁迫; 生理生化指标; 综合评价
中图分类号: S665.1 **文献标志码:** A

Effect of saline-alkali stress on growth, physiological and biochemical characteristics of wild jujube seedlings

WANG Zhi-qiang¹, WU Cui-yun^{1,2}, YANG Zhe¹, YANG Fan¹, WU Yan-chang¹

(1. Engineering Laboratory of Featured Fruit Tree in Southern Xinjiang of Xinjiang Production and Construction Corps/College of Plant Science, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300, China;
2. Key Laboratory of Production and Utilization of Biological Resources in Tarim Basin, Xinjiang Production & Construction Group, Alar, Xinjiang 843300, China)

Abstract: The experimental materials are four kinds of wild jujube seedlings originated from Shaanxi, Shanxi, Hebei and Liaoning provinces, nutrient solution culture test matrix. The results showed that: 0.3%, 0.6% and 0.9% salt alkaline stress reduced wild jujube height, stem diameter and biomass, With the increase of stress concentrations, the inhibition was more obvious, the plant height and stem diameter of Shaanxi wild jujube were the lowest under 0.9% stress, with 48.55 mm and 4.10 mm, compared with the CK respectively. The total biomass of Shanxi jujube decreased the most, and reduced the 27.79 g·plant⁻¹; except the soluble sugar content in wild jujube leaf stress, 10~50 d decreased 70~110 d rise. At 0.9% concentration, stress for 110 d, MDA content of Liaoning wild jujube leaves, Soluble protein content of Shaanxi wild jujube leaves and proline content of Hebei wild jujube leaves were maximum with 20.81 mmol·g⁻¹, 93.53 mg·g⁻¹, 670.92 μg·g⁻¹ respectively. Comprehensive evaluation; Using subordinate function of four kinds of source regions wild jujube comprehensive evaluation results concluded that a variety of sources wild jujube salinity from strong to weak are: Hebei>Liaoning>Shanxi>Shaanxi.

Keywords: wild jujube; saline-alkali stress; physiological and biochemical characteristics; proline content

新疆是中国盐渍土集中分布的大区, 根据新疆的土壤普查资料统计^[1-4], 各类盐渍化土地面积约

收稿日期: 2016-10-21 修回日期: 2017-04-17
基金项目: 国家自然科学基金项目(31360465); 兵团科技创新团队建设项目(2014CC006)
作者简介: 王志强(1990—), 男, 在读硕士研究生, 主要从事果树遗传育种方向研究。E-mail: wzqtlm@163.com。
通信作者: 吴翠云(1968—), 女, 教授, 博士, 主要从事园艺植物种质资源与遗传育种研究。E-mail: wcyby@163.com。

1 100 万 hm^2 。盐渍化耕地面积约 126.7 万 hm^2 , 占现耕地面积的 31.4%, 其中轻度盐渍化耕地占 49.0%, 中度的占 33.0%, 重度的占 18.0%。由于土壤盐渍化的危害, 导致土地生产力降低, 生态脆弱, 环境恶劣, 限制了新疆区域经济发展和生态建设^[5-6]。

在新疆农业产业化大力发展的背景下, 枣树因其适应性强, 果实营养价值高, 管理方便等特点, 以及采用直播建园的方式, 新疆枣种植得到迅速发展, 使枣产业成为新疆第一大特色优势果树产业, 但水资源的匮乏和化肥的大量使用进一步加重了新疆土壤盐渍化的程度。有研究认为, 果树的耐盐碱能力取决于砧木, 优良的砧木能提高果树的抗病丰产性和不良环境的适应能力^[7-8]。酸枣作为枣的重要砧木, 其耐盐碱能力的强弱直接影响枣树的生长发育。研究发现 NaCl 胁迫抑制了酸枣种子的萌发, 降低了酸枣叶片相对含水量和根系活力, 抑制了酸枣幼苗的正常生长, 同时 NaCl 胁迫导致酸枣叶片细胞膜透性和 MDA 含量均上升, 随着 NaCl 胁迫浓度的增加叶片中可溶性蛋白、脯氨酸、可溶性糖的含量也逐渐增加, 盐胁迫也降低了酸枣叶片的光合能力^[9-10]。目前对酸枣盐碱胁迫方面的研究主要是人工模拟单盐条件, 但实际土壤是盐碱混合的复杂环境。不同种源地酸枣对盐碱化土壤环境的适应能力也存在一定差异, 因此对不同种源地酸枣抗盐碱能力的研究尤为重要。

本研究通过对盐碱胁迫下不同种源地酸枣幼苗生长及叶片生理指标的测定, 分析不同种源地酸枣幼苗耐盐碱能力差异, 探索其耐盐碱的生理机制, 为耐盐碱酸枣砧木的筛选提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料的种子分别采集于陕西澄城、山西太谷、河北邢台和辽宁朝阳, 果实自然晾干后人工破壳获得种子。次年 4 月初将破壳后的种子进行催芽处理, 待胚根露白即播种于塔里木大学园艺试验站智能温室试验栽培槽中。栽培槽基质以蛭石、珍珠岩和草炭 2:4:1 的比例配置, 每处理穴播 60 粒种子, 按照每穴 2 粒, 穴间距 15 cm 播种。出苗后, 加强管理, 待酸枣苗长到两叶一心时, 开始浇灌改良的日本园式营养液, 生长 60 d 后开始盐碱胁迫处理。

1.2 试验方法

1.2.1 盐碱胁迫处理 用营养液将中性盐 (NaCl、 Na_2SO_4) 和碱性盐 (NaHCO_3 、 Na_2CO_3) 以 1:1:1:1 的比

例配置成 0.3%、0.6%、0.9% 不同浓度梯度的盐碱液, 以营养液作为 CK。用滴灌的方式每天浇灌一次盐碱混合处理液, 浇灌采用全自动供水控制系统, 每次浇灌 5 min, 达到透灌的标准。于盐碱溶液处理后第 10 d 开始采集叶片测定可溶性糖、可溶性蛋白、脯氨酸、丙二醛等生理指标, 之后每次采样间隔 20 d, 连续采样 6 次。最后一次采样时, 同步测定株高、茎粗以及植株地上和地下部分干重、鲜重等生长指标, 以上每个指标每个处理测定 3 次, 取平均值。

1.2.2 指标测定方法 生长指标: 用卷尺测定株高, 用数显游标卡尺测定茎粗, 用电子天平测定酸枣苗鲜重及烘干后的干重。

生理指标: 可溶性糖含量采用蒽酮比色法^[11], 可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝法^[11], 脯氨酸含量测定采用酸性茚三酮比色法^[11], 丙二醛含量的测定采用硫代巴比妥酸法^[11]。

1.2.3 耐盐碱性综合评价 采用模糊数学中的隶属函数法来评价不同种源地酸枣耐盐碱能力的强弱, 先求出各个耐盐性指标在不同浓度下的隶属值, 再把每一指标在不同盐浓度下的隶属函数值累加求平均值, 最后累加不同种源酸枣的不同耐盐碱指标的隶属函数值求平均, 其平均值越大说明其耐盐碱的能力越强。隶属函数值的计算方法如下:

指标与耐盐性呈正相关, $\mu(X_{ij}) = (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min})$

指标与耐盐性呈负相关, $\mu(X_{ij}) = 1 - (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min})$

式中, $\mu(X_{ij})$ 为 i 种源 j 指标的隶属函数值, X_{ij} 为 i 种源 j 指标的值, $X_{j\max}$ 为各种源 j 指标的值中的最大值, $X_{j\min}$ 为各种源 j 指标的值中的最小值。

1.2.4 数据分析 利用 Excel 2013 进行数据统计及作图, 利用 DPS7.05 软件对不同浓度间进行显著性差异分析。

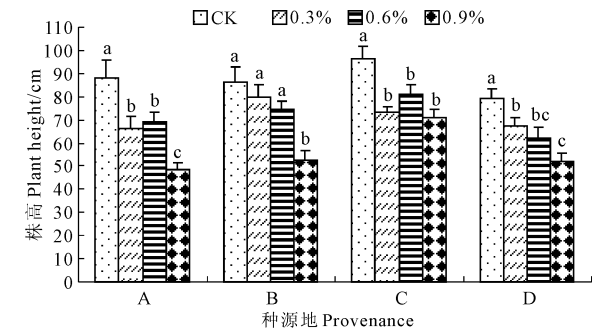
2 结果与分析

2.1 盐碱胁迫对不同种源地酸枣生长指标的影响

2.1.1 盐碱胁迫对不同种源地酸枣苗株高的影响

株高是植物生长最直接的表现特征之一。从图 1 看出, 随着盐碱胁迫浓度的增大, 四个种源地酸枣的株高逐渐降低。在 0.3% 盐碱胁迫下, 山西种源酸枣的株高相对较高, 达到 79.89 cm, 略高于河北种源酸枣。而在浓度 0.6% 和 0.9% 的盐碱胁迫下, 河北种源酸枣株高分别为 80.82 cm、70.79 cm, 相比于其它三个种源地略高。山西酸枣在 0.3% 与 0.6% 盐碱胁迫下的株高与 CK 相比差异不显著, 反映出低

浓度盐碱胁迫对山西酸枣的株高影响小,高浓度影响较大;陕西酸枣 0.9%浓度处理显著小于 0.3%和 0.6%处理,后两者无显著性差异;河北酸枣各浓度间的株高差异不显著,说明浓度对酸枣的影响差异较小。辽宁酸枣仅在 0.3%与 0.9%之间差异显著。反映出盐碱胁迫对酸枣株高的影响因种源不同而有所差异,胁迫浓度对河北酸枣生长的影响相对较小。



注: A: 陕西种源地, B: 山西种源地, C: 河北种源地, D: 辽宁种源地; 下同。不同小写字母表示同一种源地处理间差异水平显著 ($P < 0.05$), 下同。
Note: A: Shaanxi Pro, B: Shanxi pro, C: Hebei pro, D: Liaoning pro; The same below. Different lowercase letters indicated significant difference among treatments of the same provenance ($P < 0.05$). The same below.

图 1 盐碱胁迫对不同种源地酸枣株高的影响

Fig.1 Effects of salt - alkaline concentration stress on different provenances height of wild jujube

2.1.2 盐碱胁迫对不同种源地酸枣苗茎粗的影响

四个种源地酸枣苗的茎粗随着盐碱浓度的增加而逐渐降低(图 2)。陕西酸枣在 0.9%浓度胁迫下茎粗为 4.10 mm,且 0.9%浓度胁迫下茎粗显著低于 0.3%与 0.6%浓度处理,而后两者差异不显著。山西酸枣茎粗在 0.3%浓度和 0.6%浓度处理与 CK 无显著性差异,但在 0.9%处理下茎粗与 CK 差异显著。河北酸枣在 0.6%的浓度处理显著小于 CK,两者相差 1.43 mm,0.9%浓度处理显著小于对照和 0.3%浓度处理,其它处理间无显著性差异。辽宁酸枣各浓度下的茎粗与 CK 相比差异显著,0.3%浓度下与 0.9%浓度相差 1.51 mm,两者差异显著。同时,各处理浓度下,河北种源地酸枣的茎粗均最大,说明河北酸枣的盐碱耐受能力较强。

2.1.3 盐碱胁迫对不同种源地酸枣苗生物量的影响

从表 1 可知,随着盐碱浓度的增加,各种源地酸枣的根、茎叶和总生物量呈下降的趋势。陕西和辽宁酸枣各生物量与 CK 相比差异显著,且 0.3%和 0.6%浓度下各生物量与 0.9%差异显著,前两者无显著性差异。山西酸枣根生物量与总生物量在 0.3%和 0.6%浓度下与 CK 无显著性差异,0.9%浓

度下与 CK 差异显著,而茎叶生物量各浓度与 CK 差异显著,且 0.3%和 0.6%浓度下各生物量与 0.9%差异显著,前两者无显著性差异。河北酸枣全株生物量低浓度与 CK 差异不显著,高浓度与 CK 差异显著,河北酸枣各生物量均高于其它种源地酸枣,尤其茎叶量的生长,说明低浓度对酸枣生物量积累影响小于高浓度,从表中还看出盐碱胁迫浓度越大,酸枣地上部分的降幅大于地下部分。

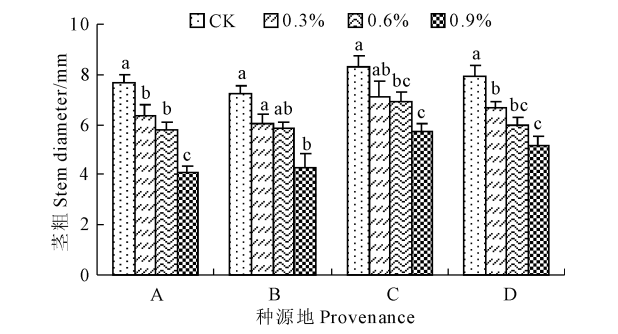


图 2 盐碱胁迫对不同种源地酸枣茎粗的影响

Fig.2 Effects of salt-alkaline stress on different provenances wild jujube stem diameter

2.2 盐碱胁迫对不同种源地酸枣苗生理特性的影响

2.2.1 盐碱胁迫对不同种源地酸枣叶片丙二醛(MDA)含量的影响

随着胁迫时间的延长,各处理酸枣叶片中 MDA 含量呈上升趋势(图 3),各时期高浓度胁迫处理下叶片 MDA 积累量较大。陕西种源地酸枣在 0.3%和 0.6%盐碱胁迫处理 70 ~ 110 d 时,叶片 MDA 含量增长较快,比胁迫 10 d 时分别增加了 $13.37 \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1}$ 、 $10.50 \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1}$;而 0.9%浓度处理下,酸枣叶片 MDA 含量随时间延长持续快速积累,其含量高达 $19.31 \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1}$ 。山西种源地酸枣叶片在 0.3%浓度胁迫下 MDA 含量持续升高,胁迫至 110 d 与同期 CK 相比增长量相对较小,仅增加了 $0.69 \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1}$;0.6%浓度胁迫处理 110 d MDA 含量呈先升后降趋势,且在胁迫处理 70 d 时叶片 MDA 含量相对较高,达 $16.14 \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1}$;在 0.9%胁迫处理 10 ~ 30 d、30 ~ 70 d、70 ~ 110 d 酸枣叶片 MDA 含量呈“快 - 慢 - 快”的增长趋势,110 d 时 MDA 含量逐渐增加至 $17.67 \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1}$,相比处理初期增加了 $14 \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1}$ 。河北种源地酸枣叶片在 0.3%胁迫 110 d MDA 含量增长与 CK 相比增幅较小;0.6%和 0.9%浓度胁迫处理 10 ~ 30 d 和 50 ~ 110 d MDA 含量增长较快,其含量分别为 $14.70 \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1}$ 、 $16.35 \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1}$ 。辽宁酸枣叶片在 0.9%胁迫处理 110 d MDA 含量最高为 $20.81 \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1}$,相比胁迫 10 d 时 MDA 增加了 $15.48 \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1}$ 。说明盐碱胁迫对不

同种源地酸枣叶片 MDA 含量影响不同,高浓度 MDA 含量积累较快,低浓度积累较慢。

表 1 盐碱胁迫对不同种源地酸枣生物量的影响

Table 1 Effect of salt-alkaline stresses on different provenances wild jujube biomass

种源地 Provenance	盐碱浓度/% Salt-alkaline concentration	根生物量 DW/(g·株 ⁻¹) Root biomass /(g·plant ⁻¹)	茎叶生物量 DW/(g·株 ⁻¹) Stem-leaf biomass (g·plant ⁻¹)	总生物量 DW/(g·株 ⁻¹) Total biomass /(g·plant ⁻¹)
陕西 Shaanxi	CK	19.38 ± 2.02a	32.24 ± 5.75a	51.62 ± 7.67a
	0.3	14.71 ± 2.16b	18.56 ± 2.63b	33.28 ± 4.65b
	0.6	12.35b ± 1.74b	17.75 ± 2.55b	30.10 ± 4.16b
	0.9	6.07c ± 1.36c	8.97 ± 0.83c	15.04 ± 2.15c
山西 Shanxi	CK	13.46 ± 1.54a	27.22 ± 3.70a	40.68 ± 1.54a
	0.3	11.83 ± 2.12a	18.19 ± 3.03b	30.02 ± 2.12a
	0.6	10.61 ± 1.17a	15.47 ± 2.17b	26.08 ± 1.17a
	0.9	5.85 ± 0.88b	7.04 ± 1.31c	12.89 ± 0.88b
河北 Hebei	CK	18.39 ± 2.18a	34.23 ± 4.31a	52.63 ± 2.18a
	0.3	15.15 ± 2.44ab	27.56 ± 4.93ab	42.73 ± 2.44ab
	0.6	12.84 ± 1.13b	27.31 ± 4.58ab	40.16 ± 1.13b
	0.9	9.87 ± 0.80b	18.96 ± 2.64b	28.84 ± 0.80b
辽宁 Liaoning	CK	17.93 ± 3.50a	31.14 ± 5.54a	49.09 ± 8.74a
	0.3	14.48 ± 1.94ab	22.73 ± 3.44ab	37.22 ± 5.14ab
	0.6	11.23 ± 1.08b	14.70 ± 2.71bc	25.94 ± 3.44bc
	0.9	8.92 ± 1.22b	8.97 ± 1.61c	17.90 ± 2.60c

注:不同小写字母表示处理间达到显著水平(P<0.05)。
Note: Different lowercase letters indicated significant difference among treatments (P<0.05).

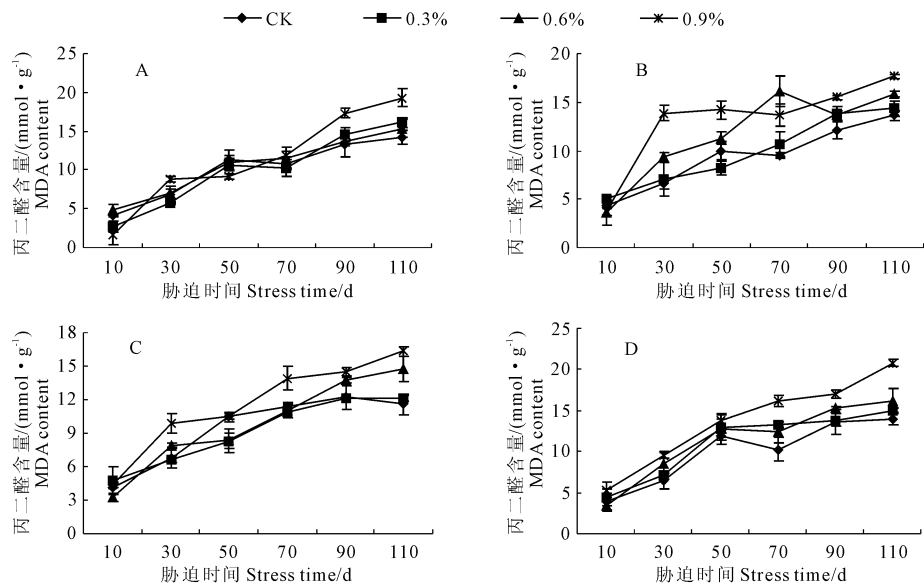


图 3 盐碱胁迫对不同种源地酸枣叶片丙二醛含量的影响

Fig.3 Effect of salt – alkaline stresses on MDA content in leaves of wild jujube originated different provenances

2.2.2.2 盐碱胁迫对不同种源地酸枣叶片脯氨酸含量的影响 如图 4 所示,四个种源地酸枣在盐碱胁迫条件下,随着胁迫时间的延长,各浓度下的脯氨酸含量呈上升趋势,且浓度越大,脯氨酸含量越高。陕西和辽宁酸枣在盐碱胁迫处理 10~30 d 时,各浓度

处理叶片脯氨酸含量均下降,0.3%的陕西酸枣脯氨酸含量降低了 47.08 μg·g⁻¹,0.6% 辽宁酸枣脯氨酸含量降低了 99.99 μg·g⁻¹;胁迫处理 30~110 d,各浓度下陕西和辽宁酸枣脯氨酸含量呈波动上升,胁迫至 110 d 时,陕西和辽宁酸枣在 0.9%胁迫下的脯氨

酸含量分别达 $356.61\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $456.94\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。山西酸枣在盐碱胁迫处理 30~110 d,0.6%和 0.9%浓度下叶片脯氨酸含量持续快速增加;而 0.3%胁迫处理下,胁迫 70~110 d 叶片脯氨酸含量增长较快。河北酸枣在胁迫处理 10~50 d,各浓度叶片脯氨酸含量与对照相比增长不明显,胁迫处理 50~110 d,

叶片脯氨酸含量持续增加,且浓度越大和处理时间越长脯氨酸增幅越大,0.9%浓度胁迫下的叶片脯氨酸含量较高达到 $670.92\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。说明短期盐碱胁迫下酸枣脯氨酸含量积累较小,长期胁迫酸枣脯氨酸积累较大。

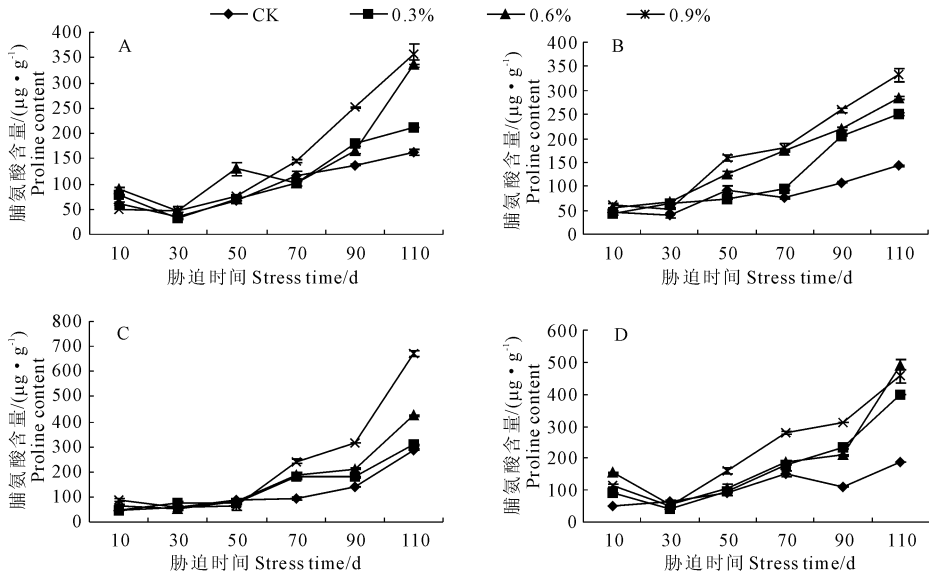


图 4 盐碱胁迫对不同种源地酸枣叶片脯氨酸含量的影响

Fig.4 Effect of salt – alkaline stresses on proline content in leaves of wild jujube originated different provenances

2.2.3 盐碱胁迫对不同种源地酸枣叶片可溶性蛋白含量的影响 从图 5 可知,各种源地酸枣叶片可溶性蛋白含量随胁迫时间的延长,各浓度呈波动上升趋势。陕西酸枣在盐碱胁迫处理 10~50 d,0.6%浓度可溶性蛋白含量持续增加至 $63.09\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,而 0.9%浓度可溶性蛋白含量先增加后下降,胁迫处理 50~110 d,0.6%和 0.9%浓度胁迫下陕西酸枣叶片可溶性蛋白含量持续增加,其含量分别为 $80.10\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $93.53\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。而 0.3%浓度胁迫叶片可溶性蛋白含量先上升后下降再上升,但叶片可溶性蛋白含量最后增加量不大。山西酸枣在 0.3%和 0.6%盐碱胁迫处理下,在 10~110 d 整个处理期酸枣叶片可溶性蛋白含量逐渐上升至 $66.65\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $78.90\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,而在 0.9%浓度下,胁迫处理 10~50 d,酸枣叶片可溶性蛋白含量先上升后下降,胁迫处理 50~110 d,叶片可溶性蛋白含量持续增加至 $82.53\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。河北酸枣在盐碱胁迫处理 10~50 d,0.3%和 0.6%浓度下的酸枣叶片可溶性蛋白含量持续增加,而 0.9%胁迫下酸枣叶片可溶性蛋白含量先上升后下降,胁迫处理 50~110 d,0.9%浓度下酸枣叶片可溶性蛋白含量不断增加至 $86.36\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,而 0.3%和

0.6%胁迫下酸枣叶片可溶性蛋白含量先下降后上升。辽宁酸枣在盐碱胁迫处理 10~30 d,0.6%和 0.9%浓度下叶片可溶性蛋白含量略有下降,胁迫处理 30~100 d,0.6%和 0.9%胁迫下酸枣叶片可溶性蛋白含量持续增加,其含量分别为 $88.18\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $91.66\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$;0.3%胁迫下酸枣叶片可溶性蛋白含量在胁迫处理 10~30 d 增长较快,50~110 d 增长较慢。

2.2.4 盐碱胁迫对不同种源地酸枣叶片可溶性糖含量的影响 从图 6 可知,各种源地酸枣叶片可溶性总糖随胁迫时间的延长,呈先降后升的趋势。胁迫处理 10~50 d,各种源地酸枣叶片可溶性糖含量逐渐下降,其中胁迫至 50 d 时,四个种源地中陕西在 0.3%浓度下酸枣叶片可溶性糖含量最低为 11.09%,且同一种源地各浓度间叶片可溶性糖含量相差不大。胁迫处理 70~90 d 时,各种源地酸枣叶片可溶性糖含量开始逐渐上升,浓度越大,叶片的可溶性糖含量上升越快。胁迫处理 90~110 d,各种源地酸枣在各浓度胁迫下,叶片可溶性糖含量增加较慢,四个种源地酸枣中河北酸枣在 0.9%浓度下叶片可溶性糖含量较高,为 27.75%。

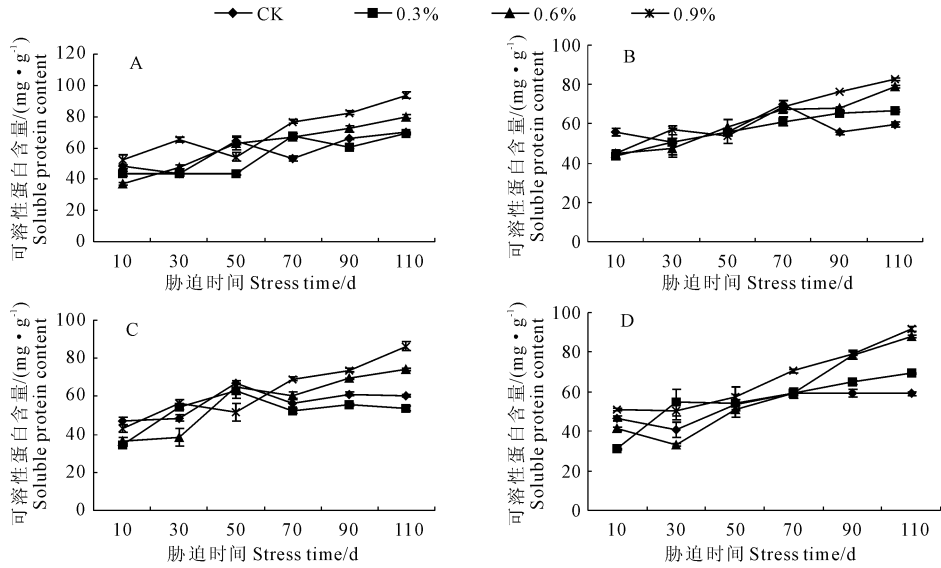


图 5 盐碱胁迫对不同种源地酸枣叶片可溶性蛋白含量的影响

Fig.5 Effect of salt – alkaline stresses on proline content in leaves of wild jujube originated different provenances

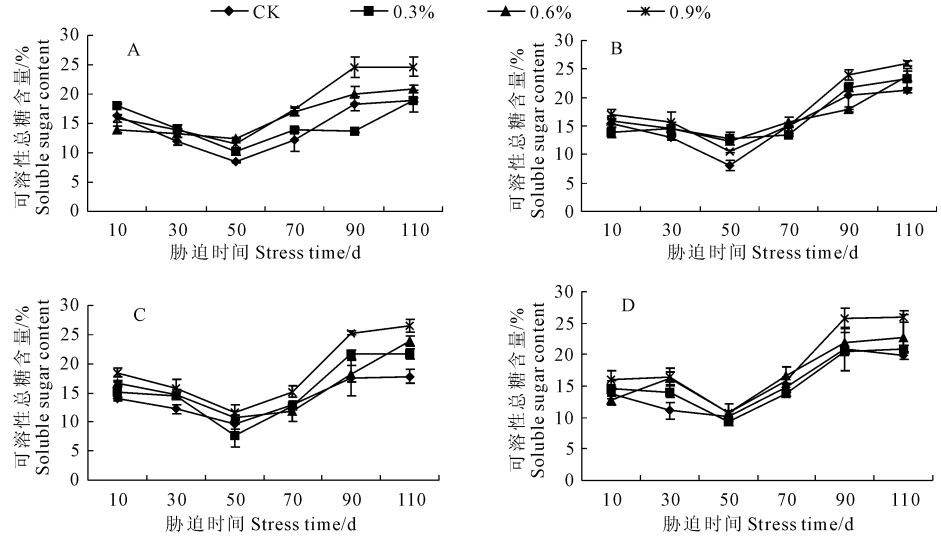


图 6 盐碱胁迫对不同种源地酸枣叶片可溶性糖含量的影响

Fig.6 Effect of salt – alkaline stresses on soluble protein content in leaves of wild jujube originated different provenances

2.2.5 对不同种源地酸枣苗期的耐盐碱性评价
运用模糊数学隶属函数对四个不同种源酸枣幼苗的株高、茎粗、总生物量、丙二醛含量、可溶性蛋白含量、脯氨酸和可溶性糖含量 7 个指标进行综合评价,从表 2 可知,在盐碱胁迫条件下,各种源地酸枣的综合评价顺序:河北>辽宁>山西>陕西,可以得出,酸枣苗生长期间,各个种源地酸枣的耐盐碱能力有差异,其中河北酸枣的耐碱能力最强,辽宁和山西次之,陕西耐碱能力最弱。

3 讨论

在盐渍胁迫条件下,植物生长状况健康程度是植物耐盐碱能力最直接的反映和表现,通常用株高、茎粗、根长、生物积累量以及根冠比值等指标来表

示。在植物受到盐碱胁迫条件时,植物的株高、茎粗、根长、生物量积累均随着胁迫浓度的增加而受到不同程度的抑制^[12-13],本研究中盐碱胁迫条件下,各种源地酸枣的株高、茎粗和生物量随浓度的增加而逐渐下降。除山西酸枣仅在 0.9% 浓度下株高与 CK 差异显著外,其它各种源地酸枣在各浓度下株高、茎粗均显著低于 CK,陕西、山西、河北三个种源地酸枣在 0.3% 与 0.6% 浓度下无显著性差异,但与 0.9% 浓度差异显著,河北酸枣浓度间差异不显著;低浓度盐碱胁迫下各种源地酸枣生物量的积累与 CK 差异较小,而高浓度下差异较大,说明盐碱胁迫对酸枣有一定的抑制作用,但低浓度盐碱胁迫对各种源地酸枣的影响较小,高浓度盐碱胁迫对酸枣的生长的影响较大。

表 2 盐碱胁迫下各个种源酸枣指标隶属函数值及综合评价 D 值

Table 2 The value of subordinate function and comprehensive evaluation (D) of each provenance under salt – alkaline stress

种源地 Provenance	隶属函数值 Subordinate function values							综合评价 D 值 Comprehensive evaluation(D)	耐盐碱性排序 Saline alkaline tolerance sorting
	株高 Height	茎粗 Stem diameter	总生物量 Total biomas	丙二醛 MDA	可溶性蛋白 Protein	脯氨酸 Proline	可溶性总糖 Soluble sugar		
陕西 Shaanxi	0.121	0.098	0.228	0.304	0.803	0.180	0.000	0.248	4
山西 Shanxi	0.619	0.065	0.003	0.460	0.385	0.067	0.876	0.354	3
河北 Hebei	0.835	1.000	1.000	1.000	0.116	0.728	0.879	0.794	1
辽宁 Liaoning	0.074	0.454	0.294	0.090	0.943	0.838	0.460	0.450	2

植物在不利于其生长的盐碱环境和衰老的情况下,都会损伤植物细胞膜系统,引起膜脂过氧化反应^[14],丙二醛(MDA)是膜脂过氧化反应的主要产物之一,通常丙二醛(MDA)含量的多少在一定程度反映膜损伤程度的大小^[15]。郝凤^[16]等通过试验得出,随盐浓度的增加紫花苜蓿叶片中 MDA 含量逐渐增加;张恩平等^[17]研究表明黄瓜幼苗子叶经 NaCl 处理后 MDA 含量明显增加;何森^[18]等发现随着胁迫时间的延长,获幼苗体内 MDA 含量升高,而且随着胁迫时间的延长和复合盐碱浓度的增大,这种破坏愈发严重。本研究表明,在盐碱胁迫下,不同种源地酸枣随着胁迫时间的延长,各胁迫浓度丙二醛含量均逐渐增大,且随着浓度的增大,丙二醛含量越高,这与前人的结论一致,说明在盐碱胁迫条件下,各种源地酸枣细胞膜系统受到了损伤,且各种源地酸枣损伤程度有一定差异。

植物通过渗透调节作用来抵御逆境是植物体的重要机制,植物在代谢过程中利用可溶性糖、脯氨酸、可溶性蛋白、有机酸等有机渗透调节物质的积累、合成来调节植物体内细胞渗透势的平衡,缓解胁迫对植物造成的伤害^[19-22]。李学强^[23]等研究发现随着盐碱胁迫程度的增强和胁迫时间的延长,欧李叶片可溶性糖含量越高,脯氨酸含量增加的也越多。本研究中,随着盐碱胁迫时间的延长和浓度的增加,各种源地酸枣的脯氨酸和可溶性蛋白含量逐渐升高,可溶性总糖呈先降后升的趋势;在盐碱胁迫处理 10~50 d 时,各种源地酸枣的可溶性总糖下降,而胁迫处理 50~90 d 时,各种源地酸枣的可溶性总糖逐渐上升,而胁迫处理 110 d 时,酸枣可溶性总糖增速放缓;说明可溶性糖在短期内作为酸枣生长的能量物质来源,长期胁迫作用下,则主要作为渗透调节物质。研究结果表明酸枣在盐碱胁迫条件下,脯氨酸、可溶性蛋白、可溶性总糖交替积累发挥渗透调节作用,提高酸枣的耐盐碱能力。

盐碱胁迫下植物的耐盐性受生理生化多方面因素的影响,植物耐盐碱能力是多种代谢途径的综合

表现,仅用单项指标不能全面的反映不同种源植物耐盐碱性的强弱,运用多个指标对植物耐盐性进行综合评价具有一定的科学合理性,能有效反映出不同材料的耐盐碱性^[24-26]。本研究以 4 个种源地酸枣幼苗 7 个生理生化指标,利用隶属函数法分析了 4 个种源地酸枣耐盐碱能力强弱。盐碱胁迫下 4 个种源地酸枣的耐盐碱性由强到弱依次为河北>辽宁>山西>陕西。

植物的耐盐性受物种和环境的等因素的制约,因其生理过程的复杂性、环境因子的多变性和两者互作的综合性而异,因此,不同种甚至是同一种不同生态型植物之间耐盐性也存在很大的差异^[27-29]。本研究对供试酸枣采用复合盐碱处理,但与其离子组成和大田实际土壤有一定差距,因此今后的研究应与生产实践相结合,全面系统的试验设计,更加深入地研究酸枣耐盐碱机理。

参 考 文 献:

[1] 张 飞,塔西甫拉提·特依拜,丁建丽,等.塔里木河中游典型绿洲盐渍化土壤的反射光谱特征[J].地理科学进展,2012,31(7): 921-932.

[2] 樊自立,胡文康,季 方,等.新疆生态环境问题及保护治理[J].干旱区地理,2000,23(4):298-303.

[3] 李和平,樊自立,刘校明,等.新疆宜农后备土地资源划分与评价[J].干旱区地理,2000,23(4):337-343.

[4] 新疆维吾尔自治区农业厅,新疆维吾尔自治区土壤普查办公室.新疆土壤[M].北京:科学出版社,1996.

[5] 郗金标,张福锁,毛达如,等.新疆盐渍土分布与盐生植物资源[J].土壤通报,2005,36(3):299-303.

[6] 王 宏,塔西甫拉提·特依拜,谢 霞,等.新疆艾比湖地区不同土地利用类型的土壤盐渍化敏感性评价[J].地理科学进展, 2011,30(5):593-599.

[7] 宗鹏鹏,曲艳华,柴 朋,等.八棱海菜耐盐碱性评价[J].中国农业大学学报,2013,18(3):96-100.

[8] 朱世平,陈 娇,刘小丰,等.15 种柑橘砧木出苗期耐盐碱性评价[J].西南大学学报(自然科学版),2014,36(6):47-52.

[9] 布阿依夏姆·依提. NaCl 胁迫下酸枣种子、一年生实生苗及二年生移栽苗的生理特性研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学, 2013.

[10] 徐呈祥.等渗透势干旱、盐、碱胁迫下枣和酸枣叶片气体交换

的响应[J].中国南方果树,2011,40(6):18-23.

[11] 高俊凤.植物生理学实验技术[M].西安:世界图书出版社,2000:18-23.

[12] Zhengxiang Liu, Huaxin Zhang, Xiuyan Yang, et al. Effects of soil salinity on growth, ion relations, and compatible solute accumulation of two sumac species: *Rhus glabra* and *Rhus trilobata*[J]. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2013, 44 (21): 3187-3204.

[13] Nasr S M H, Parsakhoo A, Naghavi H, et al. Effect of salt stress on germination and seedling growth of *Prosopis juliflora* (Sw.) [J]. *New Forests*, 2012, 43(1):45-55.

[14] 陈少裕.膜脂过氧化对植物细胞的伤害[J].植物生理学通讯,1996,27(2):84-90.

[15] 陶 晶,陈士刚,秦彩云,等.盐碱胁迫对杨树各品种丙二醛及保护酶活性的影响[J].东北林业大学学报,2005,33(3):13-15.

[16] 郝 凤,刘晓静,张晓磊,等.混合盐碱胁迫对紫花苜蓿苗期氮磷吸收及生理特性的影响[J].中国沙漠,2015,35(5):1268-1274.

[17] 张恩平,张淑红,司龙亭,等.NaCl 胁迫对黄瓜幼苗子叶膜脂过氧化的影响[J].沈阳农业大学学报,2001,32(6):446-448.

[18] 何 森,王 欢,徐鹏飞,等.获幼苗对复合盐碱胁迫的生理响应[J].西北植物学报,2016,36(3):506-514.

[19] 王 斌,巨 波,赵慧娟,等.不同盐梯度处理下沼泽小叶桦的生理特征及叶片结构研究[J].林业科学,2011,47(10):29-36.

[20] 肖 强,郑海雷,陈 瑶,等.盐度对互花米草生长及脯氨酸、可溶性糖和蛋白质含量的影响[J].生态学杂志,2005,24(4):373-376.

[21] 朱金方,陆兆华,夏江宝,等.盐旱交叉胁迫对柽柳幼苗渗透调节物质含量的影响[J].西北植物学报,2013,33(2):357-363.

[22] 公 勤,齐曼·尤努斯,艾力江·麦麦提.盐胁迫对尖果沙枣离子分布及渗透调节的影响[J].经济林研究,2008,26(3):34-37.

[23] 李学强,李秀珍.盐碱胁迫对欧李叶片部分生理生化指标的影响[J].西北植物学报,2009,29(11):2288-2293.

[24] 石永红,万里强,刘建宁,等.多年生黑麦草抗旱性主成分及隶属函数分析[J].草地学报,2010,18(5):669-672.

[25] 贾亚雄,李向林,袁庆华,等.披碱草属野生种质资源苗期耐盐性评价及相关生理机制研究[J].中国农业科学,2008,41(10):2999-3007.

[26] 王玉祥,张 博,王 涛.盐胁迫对苜蓿叶绿素、甜菜碱含量和细胞膜透性的影响[J].草业科学,2009,26(3):53-56.

[27] 易 津,王学敏,谷安琳,等.驼绒藜属牧草种苗耐盐性评价及生理基础研究[J].草地学报,2003,11(2):110-116.

[28] 侯建华,云锦风,张东晖.羊草与灰色赖草及其杂交种的耐盐生理特性比较[J].草业学报,2005,14(1):73-77.

[29] 李 源,刘贵波,高洪文,等.紫花苜蓿种质耐盐性综合评价及盐胁迫下的生理反应[J].草业学报,2010,19(4):79-86.

(上接第 54 页)

[3] 何启明,王晔立,包 忠.甘肃定西市马铃薯产业发展评价及对策研究[J].中国农学通报,2005,(6):458-462.

[4] 余 斌,沈宝云,王 文,等.连作障碍对干旱地区不同马铃薯品种的影响[J].甘肃农业大学学报,2012,(4):43-47.

[5] 杜 茜,马 琨.马铃薯连作对土壤理化性质及酶活性的影响[J].黑龙江农业科学,2013,(5):20-23,39.

[6] 胡 宇,郭天文,张绪成.旱地马铃薯连作对土壤养分的影响[J].安徽农业科学,2009,(12):5436-5439,5610.

[7] 李继平,李敏权,惠娜娜,等.马铃薯连作田土壤中主要病原真菌的种群动态变化规律[J].草业学报,2013,(4):147-152.

[8] 王如平,张 军,万靓军,等.栽培方式对马铃薯产量和品质的影响[J].中国蔬菜,2008,(11):30-32.

[9] 赵 凡.旱地玉米全膜覆盖双垄面集雨沟播栽培技术[J].甘肃农业科技,2004,(11):22-23.

[10] 李来祥,刘广才,杨祁峰,等.甘肃省旱地全膜双垄沟播技术研究与应用进展[J].干旱地区农业研究,2009,27(1):114-118.

[11] 张 雷,牛建彪,赵 凡.旱作玉米双垄面集雨全地面覆膜沟播抗旱增产技术研究[J].甘肃科技,2004,(11):174-175.

[12] 王晓凌,陈明灿,李凤民,等.垄沟覆膜集雨系统膜垄保墒增温对马铃薯产量的影响[J].干旱地区农业研究,2007,25(3):11-16.

[13] 秦舒浩,张俊莲,王 蒂,等.覆膜与沟垄种植模式对旱作马铃薯产量形成及水分运移的影响[J].应用生态学报,2011,(2):389-394.

[14] 代海林,秦舒浩,张俊莲,等.沟垄覆膜栽培对旱作马铃薯生长及产量的影响[J].干旱地区农业研究,2012,30(5):56-60.

[15] Ahmadi S H, Plauborg F, Andersen M N, et al. Effects of irrigation- strategies and soils on field grown potatoes: Root distribution[J]. *Agric Water Manage*, 2011, 98(8):1280-1290.

[16] 高世铭,张绪成,王亚宏.旱地不同覆盖沟垄种植方式对马铃薯土壤水分和产量的影响[J].水土保持学报,2010,(1):249-251,256.

[17] 邓丽莉,潘晓倩,生吉萍,等.考马斯亮蓝法测定苹果组织微量可溶性蛋白含量的条件优化[J].食品科学,2012,(24):185-189.

[18] 朱海霞,石 瑛,张庆娜,等.3,5-二硝基水杨酸(DNS)比色法测定马铃薯还原糖含量的研究[J].中国马铃薯,2005,(5):14-17.

[19] 南 博,刘春生,牛小宇,等.碘-淀粉比色法测定不同产地葛根淀粉含量[C]//中华中医药学会中药鉴定分会.中华中医药学会第九届中药鉴定学术会议论文集——祝贺中华中医药学会中药鉴定分会成立二十周年,2008.

[20] 陈 诚.间接紫外吸光度法测定蔬菜中 Vc 含量[J].青海大学学报(自然科学版),2003,(1):9-11.

[21] 黄 松,吴月娜,刘 梅,等.茛三酮比色法测定青天葵中总游离氨基酸的含量[J].中国中医药信息杂志,2010,(12):50-52.

[22] 曾 立,罗 辉,周效思,等.电位滴定法测定定心藤中总有机酸的含量[J].广东微量元素科学,2010,(2):38-42.

[23] 刘 星,张书乐,刘国锋,等.连作对甘肃中部沿黄灌区马铃薯干物质积累和分配的影响[J].作物学报,2014,(7):1274-1285.

[24] 王 东,卢 健,秦舒浩,等.沟垄和覆膜连作种植对马铃薯生长、产量及品质的影响[J].中国农学通报,2015,(7):28-32.

[25] 王希卓,孙海亭,孙 洁,等.不同贮藏温度下克新 1 号马铃薯营养品质变化研究[J].安徽农业科学,2014,(29):10307-10310.