

持续盐胁迫对制干辣椒生长的影响

吉雪花, 郑 群, 庞胜群, 李 格

(石河子大学农学院, 新疆 石河子 832003)

摘 要: 以改良佳线、赤峰板椒、日本金塔三个制干辣椒品种为材料, 利用不同浓度的 NaHCO_3 从辣椒现蕾期开始进行持续胁迫处理, 定期采样测定其生长与生理指标, 以确定持续盐胁迫对制干辣椒生长的影响。研究结果表明: $30\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $60\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaHCO}_3$ 短期胁迫一定程度上可以促进改良佳线和日本金塔的生长; $30\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaHCO}_3$ 胁迫可促进改良佳线与日本金塔叶绿素合成, $60\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaHCO}_3$ 胁迫下, 日本金塔与改良佳线叶绿素含量没有明显下降; 而在低浓度盐胁迫下赤峰板椒的生长和叶绿素合成已经受到抑制, $90\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaHCO}_3$ 胁迫下, 三种辣椒生长和叶绿素合成均受到抑制; 三种辣椒的丙二醛含量和质膜透性均随胁迫浓度的加重和时间的延长表现为上升的趋势, 说明盐胁迫越重, 胁迫时间越长, 质膜受损伤的程度越高, 改良佳线与日本金塔的上升幅度要小于赤峰板椒; NaHCO_3 胁迫下, 三种辣椒脯氨酸含量均大于对照, 并且叶片内脯氨酸的积累随胁迫强度的增加而增加。与赤峰板椒相比, 改良佳线与日本金塔有较强的脯氨酸积累能力。综合分析得出, 改良佳线与日本金塔耐盐性良好, 赤峰板椒耐盐性弱。

关键词: 盐胁迫; 制干辣椒; 形态指标; 生理指标; 抗盐性

中图分类号: S529.034 **文献标志码:** A

Effects of the continuous salt stress on the growth of Capsicum

Ji Xue-hua, ZHENG Qun, PANG Sheng-qun, LI Ge

(Agricultural College, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

Abstract: Three dried pepper cultivars (Gailiangjiaxian, Chifengbanjiao, and Ribenjinta) were used in this paper to investigate the effects salt stress on the growth the pepper by employing continual NaHCO_3 treatments at four concentrations during the budding period. During the treatment, growth indicators and physiological indexes were analyzed to determine the sensitivities of different varieties to alkaline salt. The results indicated that short-term salinity stresses by $30\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ and $60\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaHCO}_3$ promoted the growth of Gailiangjiaxian and Ribenjinta. $30\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaHCO}_3$ also promoted the chlorophyll content of Gailiangjiaxian and Ribenjinta. Under the $60\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaHCO}_3$ stress, chlorophyll content of Gailiangjiaxian and Ribenjinta were not decreased significantly. However, under stress of low salt concentration, the growth and chlorophyll content of Chifengbanjiao became decreased. Under $90\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaHCO}_3$ salinity stress, the growth and chlorophyll contents of three dried pepper varieties were all inhibited. MDA contents and membrane permeability of these three varieties became increased with the increase of stress level, which indicated the more serious the salt stress, the heavier damage the plasma membrane suffered. Chifengbanjiao accumulated more MDA than Gailiangjiaxian and Ribenjinta by the same salt concentration. Under salt stress, the proline content of stressed peppers leaf were higher than that of CK, and the accumulation of proline content was increased with the increase of salt stress intensity. Gailiangjiaxian and Ribenjintahad had stronger capacity in proline accumulation than Chifengbanjiao. After all, the results indicated that Gailiangjiaxian and Ribenjinta possessed higher tolerance to salt than Chifengbanjiao.

Keywords: continuous salt stress; capsicum; growth indicator; physiological index; salt resistance

辣椒亦称番椒、茄椒或海椒, 原产中南美洲、墨西哥、秘鲁等地, 是茄科辣椒属一年生蔬菜。由于其既可鲜食、调味、入药, 也可作为医药、军工、化工方

面的原料, 用途十分广泛, 具有很大的开发潜力, 因此成为具有良好发展前景的经济作物之一^[1]。我国是全球最大的辣椒生产、消费和出口国, 目前我国辣

椒年种植面积为 133 万 hm^2 , 年产干椒 25 万 t 左右, 年产鲜椒约 2 700 万 t。制干辣椒种植区域主要分布在四川、湖南、贵州、甘肃、新疆等省份^[2]。新疆凭借其独特的自然气候条件, 借助于红色产业政策的扶植迎来了制干辣椒发展盛期。新疆生产的制干辣椒具有产量高、个头大、辣味适中、糖分高、口味佳、红色素含量高等优点, 在产量和品质方面表现优良。近年来, 随着新疆农业产业结构的调整, 以制干辣椒为主的红色产业快速发展, 成为仅次于加工番茄的第二大蔬菜作物^[3]。

新疆地处欧亚大陆腹地, 降水稀少, 蒸发强烈, 是我国最干旱的地区之一, 也是土壤盐碱化面积最大、分布最广、类型最多、积盐最重的地区^[4]。辣椒根系浅, 恢复生长能力弱, 对土壤酸碱度变化敏感, 土壤盐碱化已成为制约新疆制干辣椒产业发展的重要环境因素。因此, 本试验模拟新疆盐碱土壤条件, 分析在碱性盐胁迫下, 制干辣椒生长发育规律, 探索不同品种制干辣椒对碱性盐的敏感性, 为制干辣椒生产及合理利用盐碱土资源提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

改良佳线、赤峰板椒、日本金塔三个品种为试验材料。上述品种购于新疆石河子蔬菜所, 均为常规种。

1.2 试验设计

试验于 2013 年 4 月—10 月在新疆石河子大学农学院试验站进行。采用随机区组设计, 盆栽试验, 每盆栽 2—3 棵苗。 NaHCO_3 盐处理设 4 个浓度梯度, 分别为 0 (CK)、30、60、90 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, 其中 CK 的 pH 值为 6.8, 其余三个浓度梯度 pH 为 8.6, 试验期间, 每 7 天用便携式电导仪测定 pH, 以便使 pH 保持稳定。按照设定的浓度梯度对三个品种制干辣椒从现蕾期开始进行持续的 NaHCO_3 胁迫, 每处理重复三次, 每隔 6 天浇一次盐溶液, 每次每盆 1 kg。于处理后 7~10 天取样, 测定辣椒株高、茎粗, 取辣椒叶片分析各项生理生化指标。

1.3 测定内容及方法

1.3.1 制干辣椒形态指标的测定 在 7 月 2 日, 7 月 12 日, 7 月 21 日, 7 月 31 日, 8 月 19 日, 分别对不同处理的制干辣椒进行株高、茎粗测定。测量时, 每处理 6 株重复。株高采用精度为 0.01 m 的卷尺测定。茎粗测定部位为叶节上方 2 mm 处, 垂直于叶子的伸展方向进行测定, 采用游标卡尺。

1.3.2 制干辣椒生理指标的测定 丙二醛含量: 称取叶片 0.2 g 研磨, 加入 5 mL TCA 研磨充分, 研磨后

的匀浆在 3 000 rpm 下离心 10 min。取上清液 2 mL, 加入 0.6% TBA 2 mL, 混合后在 100℃ 水浴上煮沸 30 min, 冷却后再离心一次。分别测定上清液在 450 nm、532 nm 和 600 nm 处的吸光值, 并按公式计算单位鲜组织中的 MDA 含量 ($\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$), 参考 Bradford 法^[5]。

相对电导率: 电导仪 (上海雷磁, DDBJ-350 型) 测定。

脯氨酸含量: 用茚三酮比色法测定^[6]。

叶绿素含量: 叶绿素仪 (日本柯尼卡, SPAD-502) 测定。

1.4 数据分析

所测数据采用 Excel 和方差分析软件进行统计分析。采用 Origin 8.0 进行绘图。

2 结果与分析

2.1 碱性盐胁迫对制干辣椒株高和茎粗的影响

由图 1 中改良佳线株高图可以看出, 在 NaHCO_3 30、60 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的胁迫下, 改良佳线的株高高于对照, 这说明中低浓度的碱性盐胁迫在一定程度上可以促进制干辣椒的生长, 但是随着胁迫时间的延长, 这种促进效果越来越弱。90 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的胁迫则明显抑制了改良佳线的生长, 且随着胁迫时间延长, 抑制效果越来越显著, 7 月 21 日后, 改良佳线基本停止生长。由赤峰板椒的株高图可以看出, 在 NaHCO_3 30 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 胁迫下, 赤峰板椒的株高与对照无明显差异。 NaHCO_3 60、90 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的胁迫抑制了赤峰板椒的生长, 7 月 21 日后, 基本停止生长。由日本金塔株高图可以看出, 在前两次胁迫中, 四个浓度梯度的处理间日本金塔株高差异不显著。7 月 31 日, 在 30 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 胁迫下, 日本金塔的株高生长量大于对照, 促进了辣椒生长, 而 60、90 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 胁迫则表现出了对日本金塔株高生长的抑制性。

由图 2 茎粗可以看出, 在 NaHCO_3 90 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 胁迫下, 改良佳线茎粗生长受抑制。整体而言 30、60 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 胁迫促进了改良佳线茎粗生长, 但是随着胁迫时间的延长, 促进效果逐渐减弱, 8 月 19 日 60 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 胁迫下改良佳线茎粗低于对照。30、60、90 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaHCO_3 胁迫均在一定程度上抑制了赤峰板椒茎粗生长, 且随着胁迫浓度的增大, 抑制效果相应增加。30、60 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaHCO_3 胁迫整体上促进了日本金塔茎粗的生长, 随着胁迫时间延长, 促进效果逐渐减弱, 至 8 月 19 日辣椒茎粗均低于对照。90 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaHCO_3 胁迫始终抑制着日本金塔茎粗的生长, 但抑制效果并未随胁迫时间增加而有明显变化。

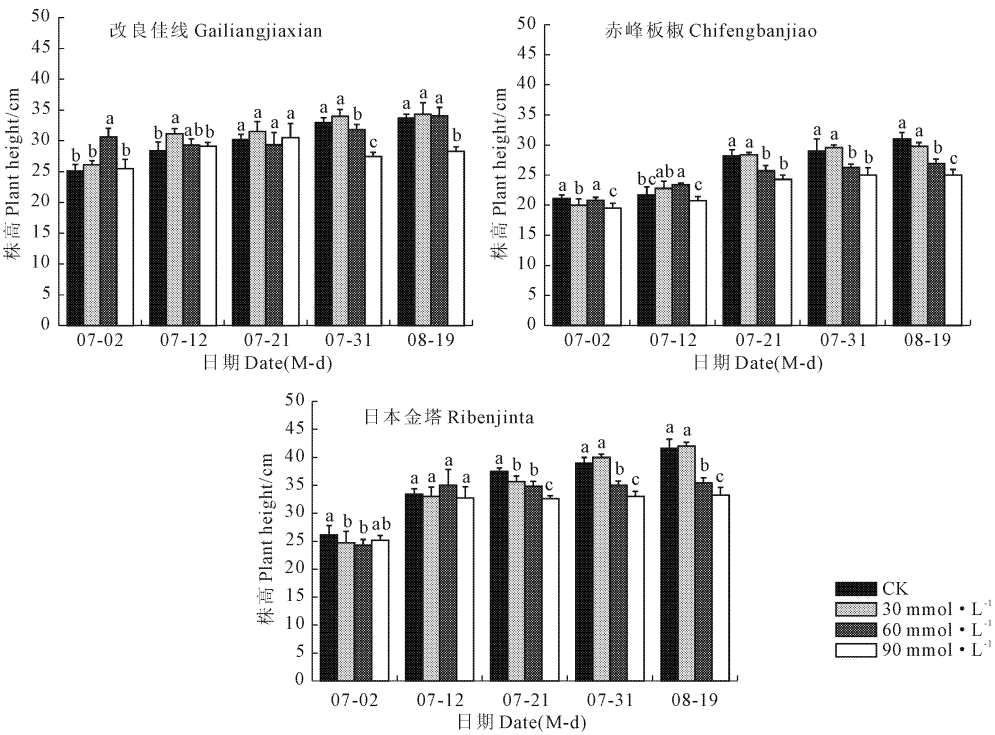


图 1 持续碱性盐胁迫对制干辣椒株高的影响

Fig.1 Effects of continuous alkaline salt stress on height of Capsicum

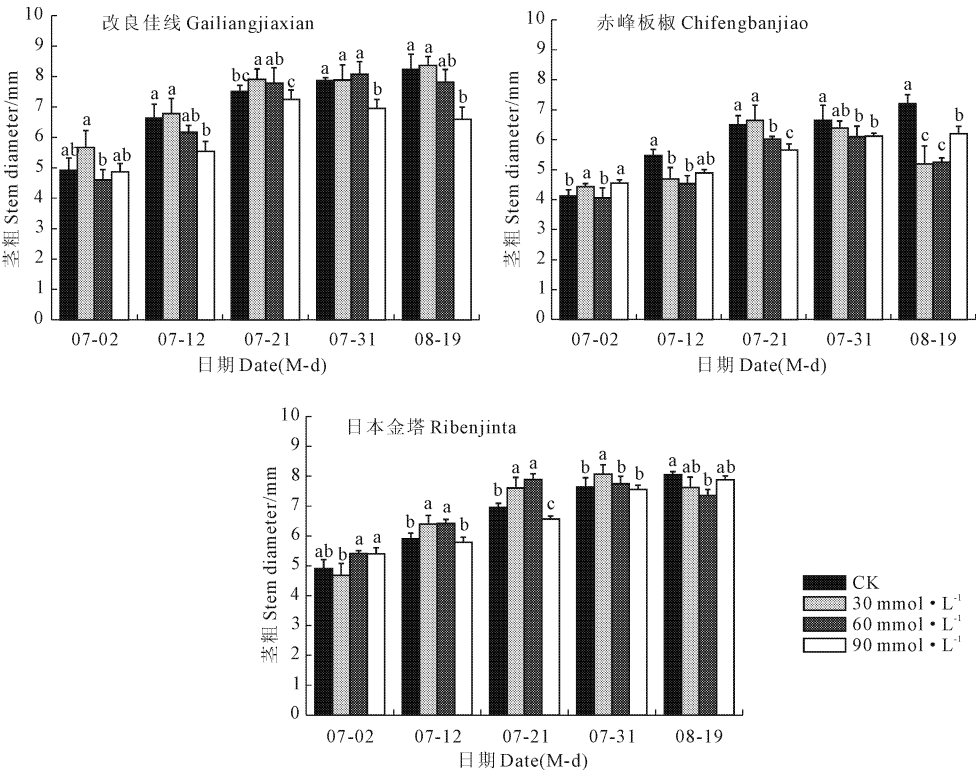


图 2 持续碱性盐胁迫对制干辣椒茎粗的影响

Fig.2 Effects of continuous alkaline salt stress on stem diameter of Capsicum

综合分析得出 30、60 mmol · L⁻¹NaHCO₃ 短期胁迫在一定程度上可以促进改良佳线和日本金塔的生长,而 60 mmol · L⁻¹NaHCO₃ 胁迫已经明显抑制了赤

峰板椒的生长,因此得出改良佳线与日本金塔耐盐性较好,可耐低浓度 NaHCO₃ 胁迫,赤峰板椒不耐盐。

2.2 碱性盐胁迫对制干辣椒生理生化指标的影响

2.2.1 碱性盐胁迫对制干辣椒叶片叶绿素含量的影响 由图 3 叶绿素变化图可知,90 mmol·L⁻¹的 NaHCO₃ 胁迫下改良佳线叶片叶绿素含量均低于对照,这说明高浓度的碱性盐胁迫能够抑制叶绿素的合成,且随着胁迫时间增加,抑制效果增强。30 mmol·L⁻¹的 NaHCO₃ 胁迫下改良佳线叶片中叶绿素含量均高于或等于对照,说明低浓度的碱性盐胁迫可以促进改良佳线中叶绿素的合成。短期 60 mmol·L⁻¹的 NaHCO₃ 胁迫下,改良佳线叶片中叶绿素含量与对照无显著差异,但随着胁迫时间延长,最终低于对照。在持续胁迫过程中,30、60、90 mmol·L⁻¹胁迫下的改良佳线叶片叶绿素含量呈先升高后降低的趋势,与对照有相似的趋势。但是碱性盐胁迫下叶绿素的降低幅度要大于对照,同时降低时间也早于对照。8 月 19 日测定时,30、60、90 mmol·L⁻¹NaHCO₃ 胁迫处理下改良佳线叶绿素含量分别为对照的

92.2%、80.6%、78.2%。30 mmol·L⁻¹NaHCO₃ 胁迫下,赤峰板椒叶绿素含量无显著变化。60、90 mmol·L⁻¹NaHCO₃ 胁迫下,赤峰板椒叶片中叶绿素含量均低于对照,随着胁迫时间的延长,NaHCO₃ 对叶绿素合成的抑制作用越明显。8 月 19 日,60、90 mmol·L⁻¹NaHCO₃ 胁迫下的辣椒叶片中叶绿素含量显著低于对照,分别为对照的 99.7%、58.7%、56.6%。30 mmol·L⁻¹NaHCO₃ 胁迫在一定程度上促进了日本金塔叶绿素的合成,同时这种促进效果并没有随着胁迫时间增加而减弱。60、90 mmol·L⁻¹NaHCO₃ 胁迫下,日本金塔叶片中叶绿素含量与对照无显著差异,NaHCO₃ 胁迫并没有明显抑制日本金塔叶片中叶绿素的合成。8 月 19 日,日本金塔叶绿素含量分别是对照的 106%、98.1%、96.7%。综合分析可知,碱性盐胁迫下,日本金塔和改良佳线叶绿素下降较少,耐盐性佳,赤峰板椒叶绿素含量下降较多,耐盐性弱。

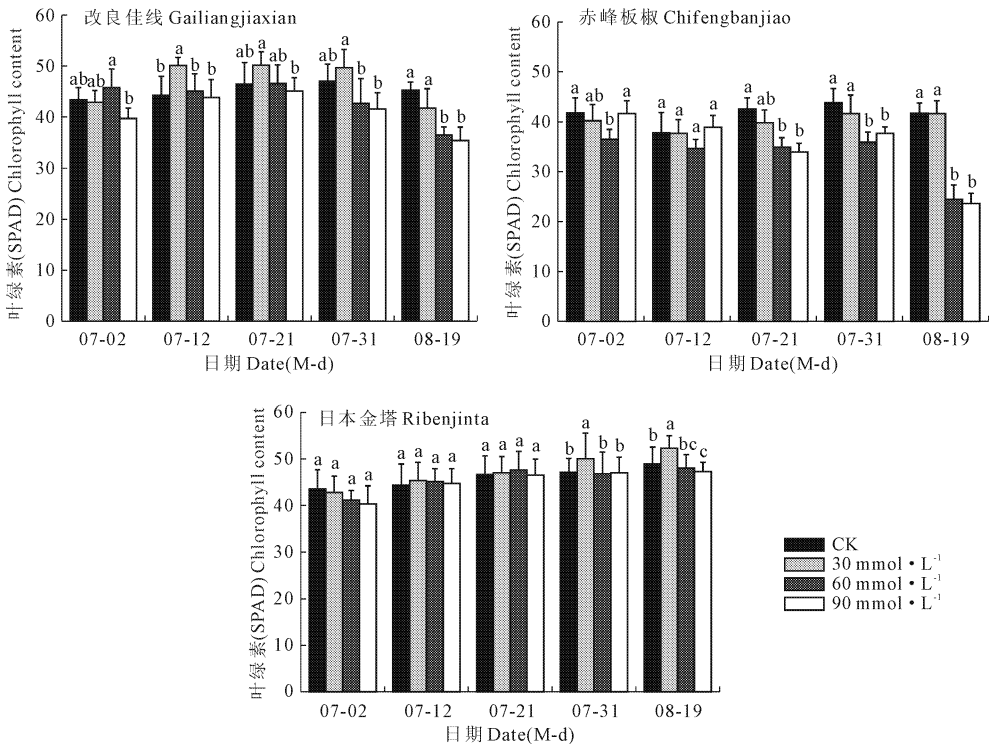


图 3 持续碱性盐胁迫对制干辣椒叶绿素含量的影响

Fig.3 Effects of continuous alkaline salt stress on chlorophyll content of Capsicum's

2.2.2 碱性盐胁迫对制干辣椒膜透性的影响 由图 4 可以看出,随着 NaHCO₃ 胁迫时间的延长,改良佳线、赤峰板椒、日本金塔三品种辣椒叶片膜透性(相对电导率变化)的变化情况,呈先升后降的趋势。随着胁迫浓度的增加,三种辣椒叶片的相对电导率也相应增加,这说明 NaHCO₃ 浓度越高对植株细胞膜的伤害也越大。8 月 9 日测定时,三种制干辣椒

的膜透性均达到最大值,改良佳线相应盐浓度的相对电导率分别为对照的 1.94 倍、2.08 倍、2.35 倍,此时外观上改良佳线表现为轻微叶缘皱缩,叶片灰绿无光,株高停止生长,顶芽瘦小稀疏等形态特征。赤峰板椒相应浓度盐胁迫下的细胞膜透性分别为对照的 2.14 倍、2.5 倍,此时植株死亡率较高,30 mmol·L⁻¹处理有 80% 的植株存活,而 60 mmol·L⁻¹的处

理有 60% 的植株存活;30 mmol·L⁻¹和 60 mmol·L⁻¹处理的辣椒叶片稀少,每株叶片数在 3-6 片之间,叶缘皱缩卷边,叶脉凹陷发黄,90 mmol·L⁻¹处理下的赤峰板椒植株叶片已全部脱落。日本金塔不同盐浓度下细胞膜透性分别为对照的 1.71 倍、2.39 倍、2.49 倍,此时日本金塔植株长势上无明显抑制,但

叶片暗绿无光泽,叶形细小、脆硬,叶柄触碰后易脱落。处理前期,三种制干辣椒膜透性增幅平缓,至 8 月 9 日膜透性显著增大,这是因为持续胁迫使土壤盐浓度增加,植株所受伤害也越来越大。到了生育后期,随着植株衰老和制干辣椒耐盐性的出现,膜透性又有不同程度的下降。

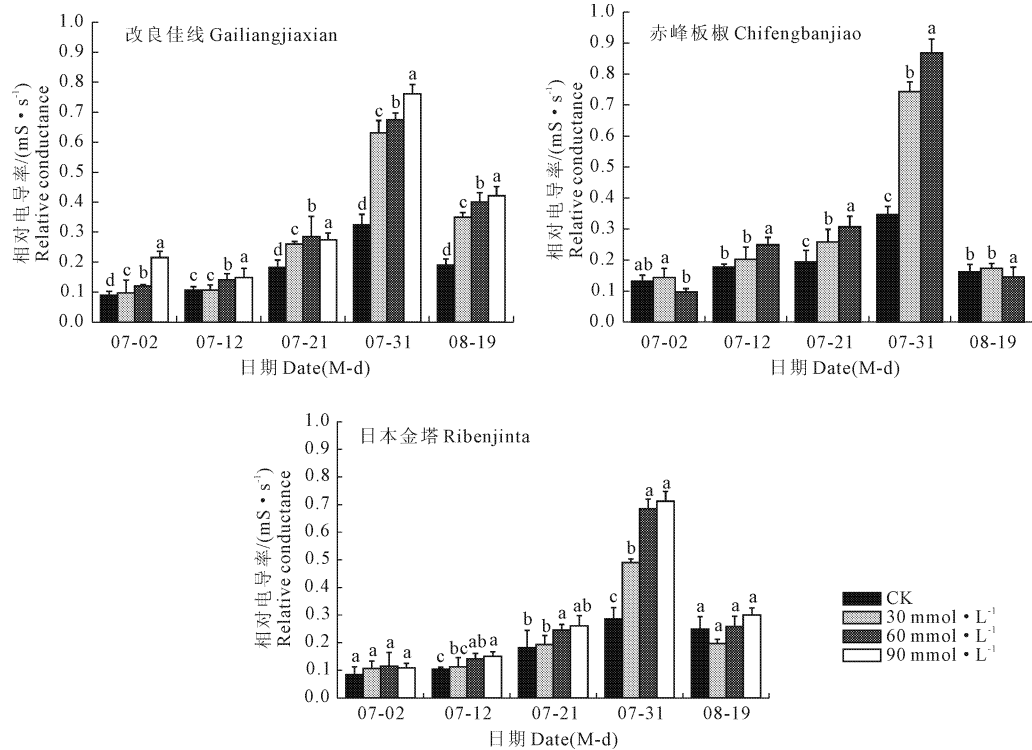


图 4 持续碱性盐胁迫对制干辣椒膜透性的影响

Fig.4 Effects of continuous alkaline salt stress on Membrane permeability of Capsicum

2.2.2.3 碱性盐胁迫对制干辣椒叶片脯氨酸含量的影响 脯氨酸是一种重要的渗透调节物质和抗氧化物质。目前多数研究认为脯氨酸的积累与植物的耐盐性相关,耐盐性越强,脯氨酸积累能力越强^[7-9]。由图 5 可以看出,整体上改良佳线与日本金塔叶片中的脯氨酸积累随着 NaHCO₃ 浓度的增加而上升,赤峰板椒在 7 月 21 日与 7 月 31 日测定时表现出此规律。改良佳线与日本金塔脯氨酸含量随着处理时间的延长出现先上升后下降再上升的趋势,赤峰板椒脯氨酸含量随处理时间延长出现先上升后下降的趋势。7 月 21 日测定时,三种制干辣椒脯氨酸含量均随着胁迫浓度增大急剧上升,此时各浓度胁迫下改良佳线脯氨酸含量分别为对照的 1.07 倍、1.61 倍、1.98 倍,赤峰板椒分别为对照的 1.78 倍、2.07 倍(赤峰板椒 90 mmol·L⁻¹第一次处理后叶片已经大部分脱落,后期无法取样),日本金塔分别为对照的 0.96 倍、1.95 倍、2.84 倍。这说明短期盐处理后,三种制干辣椒对 NaHCO₃ 胁迫响应明显,尤其是赤峰

板椒。7 月 31 日与 8 月 9 日测定时,三种制干辣椒脯氨酸含量均有所下降。最后一次胁迫处理后,赤峰板椒可能由于受害过重而无法积累脯氨酸,而改良佳线与日本金塔脯氨酸含量再次出现急剧升高,此时改良佳线相应盐浓度下的脯氨酸含量分别为对照的 2.2 倍、3.6 倍、4.4 倍,日本金塔为对照的 5.68 倍、10.2 倍、10.5 倍。综上所述,本试验认为三种制干辣椒对碱性盐胁迫都表现出了敏感性,随着处理时间延长,土壤中的 NaHCO₃ 浓度增加,日本金塔和改良佳线能够迅速积累脯氨酸来抵抗渗透胁迫。因此,改良佳线与日本金塔耐盐性较强,赤峰板椒耐盐性最弱。

2.2.2.4 碱性盐胁迫对制干辣椒叶片丙二醛含量的影响 丙二醛是植物在遭受逆境伤害时发生膜脂过氧化作用的产物,在叶片衰老过程中不断积累,通常可以用丙二醛的含量衡量细胞膜的氧化程度和植物对逆境反应的强弱。它的含量变化常用来表示膜脂过氧化程度及膜结构的损伤程度,所以丙二醛是判

断细胞遭受胁迫程度大小的一个较好的指标^[10]。随处理浓度和胁迫天数的增加,三种制干辣椒丙二醛含量均呈上升趋势(见图 6)。胁迫初期(7 月 12 日),三种制干辣椒丙二醛含量随胁迫浓度增加而迅速上升,之后平缓增加,随着胁迫时间的延长,又出

现快速上升。这是因为刚开始胁迫时,植株相对弱小,适应能力较弱,丙二醛积累迅速,但在一定时期内,植株长大逐渐适应胁迫,诱导产生了一定的耐盐性,所以丙二醛积累平缓。后期随着胁迫次数增加,土壤中盐离子含量不断增加,植株的耐盐性不足以

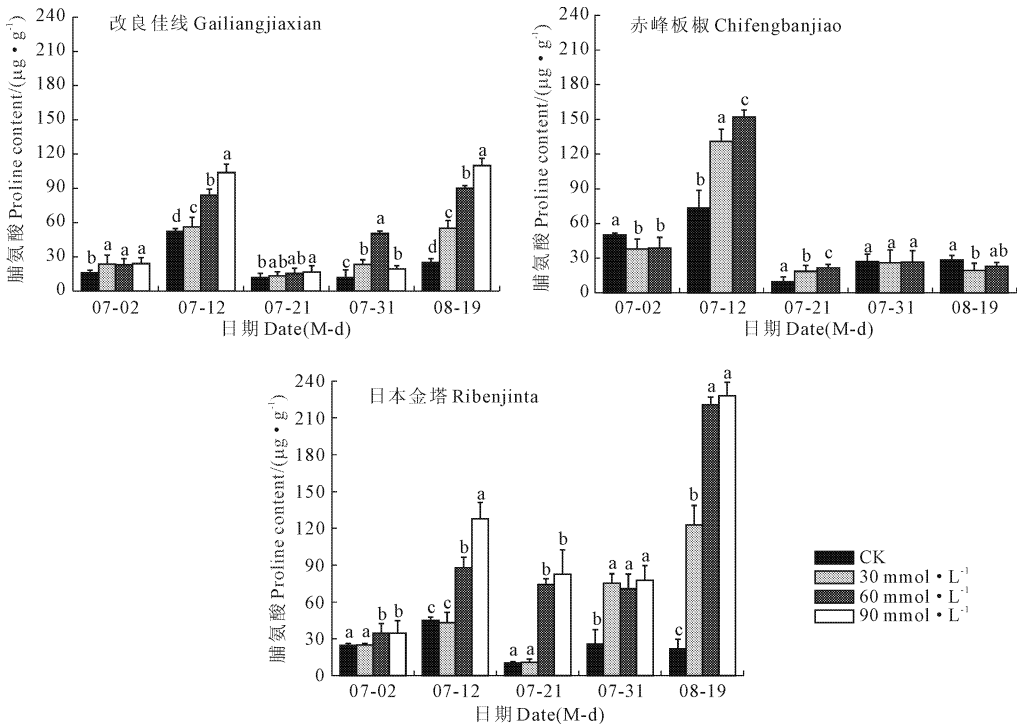


图 5 持续碱性盐胁迫对制干辣椒脯氨酸含量的影响

Fig.5 Effects of continuous alkaline salt stress on proline content of Capsicum

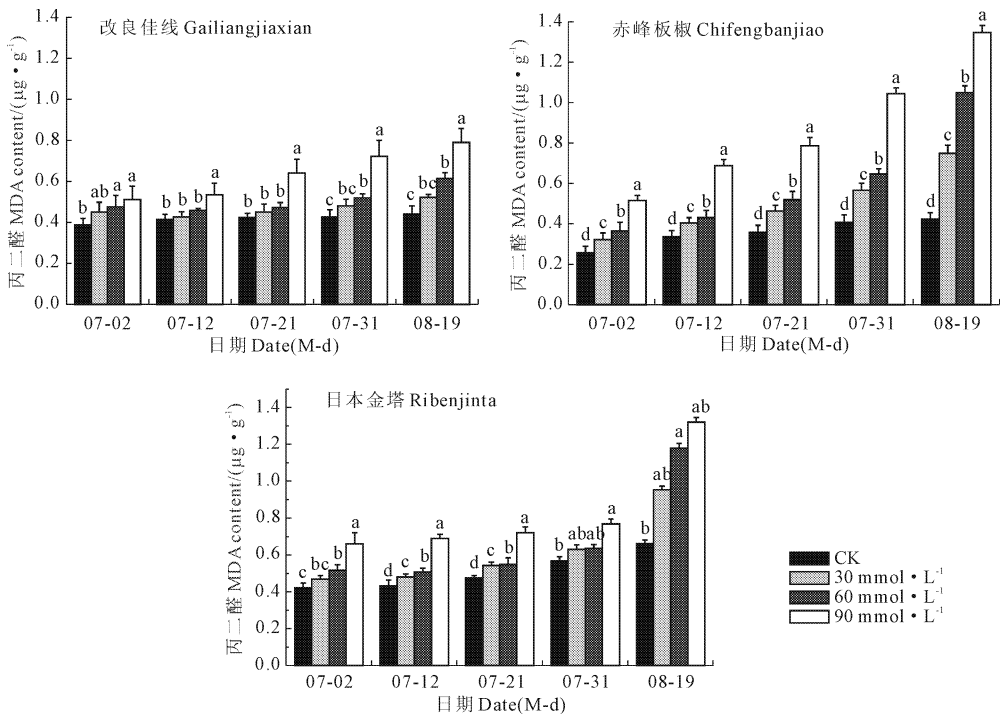


图 6 持续碱性盐胁迫对制干辣椒丙二醛含量的影响

Fig.6 Effects of continuous alkaline salt stress on MDA content of Capsicum

抵抗累积的 NaHCO_3 , 因此受到伤害, 丙二醛又迅速增加。8 月 19 日测定时, 三种制干辣椒丙二醛含量均达到最大, 改良佳线 30、60、90 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 胁迫下丙二醛含量依次为对照的 1.19 倍、1.4 倍、1.79 倍, 赤峰板椒依次为对照的 1.8 倍、2.5 倍((赤峰板椒 90 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 第一次处理后叶片已经大部分脱落, 后期无法取样), 日本金塔依次为对照的 1.4 倍、1.78 倍、1.9 倍。研究表明, 在相同的盐胁迫下, 丙二醛增幅小的材料比较耐盐, 增幅越大的材料耐盐能力越低, 因此, 综合分析表明改良佳线和日本金塔较为耐盐, 赤峰板椒耐盐性很弱。

3 讨 论

生长受到抑制是植物对盐渍响应最敏感的生理过程, 植物在盐逆境中, 生长速率的下降与根际渗透压呈正比^[11]。盐胁迫下, 植物的生长过程中会产生一系列可见的症状, 如叶变黄以至脱落, 整体生长变慢, 甚至死亡^[12]。本研究结果表明: 30、60 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaHCO_3 短期胁迫对改良佳线和日本金塔有促进生长的作用, 株高和茎粗高于对照, 生长更加旺盛。赤峰板椒在低浓度 NaHCO_3 胁迫处理下, 生长已经受到抑制, 对 NaHCO_3 胁迫非常敏感。90 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaHCO_3 胁迫处理下, 三种制干辣椒均表现出盐害症状, 改良佳线与日本金塔的叶缘焦黄, 叶片卷曲, 赤峰板椒的叶片大量脱落。在高浓度 NaHCO_3 胁迫下, 三种辣椒的生长均受抑制, 株高和茎粗低于对照, 长势变弱。改良佳线与日本金塔耐盐性较好, 可耐低浓度 NaHCO_3 胁迫, 赤峰板椒对 NaHCO_3 胁迫非常敏感, 在低浓度下已经出现生长抑制。牛彩霞等^[13]研究表明, 盐胁迫下辣椒幼苗的株高、叶面积都呈现下降的趋势, 相对生长量均低于对照, 盐浓度越高, 相对生长量越小。徐珊珊等^[14]研究结果显示, 高浓度的盐碱胁迫使辣椒株高和茎粗的生长受到抑制, 但是低浓度胁迫却促进了生长, 这与本试验研究结果有一致性。

叶绿素是光合作用的基础, 它是反映光合强度的重要生理指标。盐胁迫下, 植物叶片叶绿素含量不仅与光合同化过程有关, 而且也是衡量植物耐盐性的重要生理指标。本试验表明改良佳线与日本金塔有较好的耐盐性, 短期低盐胁迫可促进叶绿素合成, 缓解 NaHCO_3 胁迫带来的生理紊乱。郭春蕊等^[15]研究表明, 盐胁迫下辣椒叶绿素含量降低, 且耐盐性强的品种叶绿素含量降低幅度要小于耐盐性弱的品种, 这与本试验中赤峰板椒叶绿素含量较改良佳线下降幅度大的结果一致。

此外, 细胞膜渗透调节物质含量的变化也是反映植物逆境适应能力的的一个重要指标。本研究表明 NaHCO_3 胁迫下, 三种制干辣椒膜透性均增加, 膜脂过氧化产物丙二醛含量也逐渐上升, 为减轻细胞膜受到的损害, 细胞内积累了大量脯氨酸, 各盐处理辣椒叶片脯氨酸含量均大于对照, 并且盐浓度越高脯氨酸增加越多。三个品种中, 改良佳线和日本金塔的电导率、丙二醛含量上升幅度小于赤峰板椒, 而脯氨酸含量的上升幅度大于赤峰板椒, 说明赤峰板椒适应盐胁迫的能力较弱。类似的研究结果前人已有报道, 如武文珺^[16]研究表明, 耐盐性较弱的品种在高浓度盐胁迫下, 细胞膜的透性也较大, 而耐盐性强的品种可在一定浓度下维持细胞质膜的结构与功能, 但超过限度则同样会使膜透性增大。

参 考 文 献:

- [1] 毛亦卉, 向拉蛟. 对我国辣椒产业发展对策思考[J]. 辣椒杂志, 2007, (3): 1-4.
- [2] 王田利. 我国辣椒产业存在问题与对策建议[J]. 西北园艺(蔬菜), 2014, (4): 4-5.
- [3] 葛菊芬, 颜 彤, 欧阳炜, 等. 新疆辣椒产业现状及发展对策建议[J]. 辣椒杂志, 2010, (2): 8-10.
- [4] 阿依帕夏·阿不都克力木. 土壤盐碱化——新疆社会经济发展面临的环境问题[J]. 和田师范专科学校学报, 2008, (3): 193-194.
- [5] 邹 琦. 植物生理生化试验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [6] 李合生. 植物生理生化试验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [7] 陈友根, 章 敏, 王冬良, 等. 甜瓜幼苗对 NaCl 胁迫伤害的生理响应[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(8): 3390-3392.
- [8] 朱 进, 别之龙, 黄 远. 不同耐盐性的黄瓜接穗嫁接后在 NaCl 胁迫下的生理响应[J]. 华中农业大学学报, 2009, 28(4): 467-471.
- [9] Demiy, Kocacaliskan I. Effect of NaCl and proline on bean seedlings cultured in vitro[J]. Biologia Plantarum, 2002, 45(4): 597-599.
- [10] 姜卫兵, 马 凯, 王业遴, 等. 无花果耐盐性生理指标的探讨[J]. 江苏农业学报, 1991, 7(3): 29-33.
- [11] Munns R, Termaat A. Whole plant responses to salinity[J]. Aust. J. plant physiol, 1986, 13: 143-160.
- [12] 刘志媛, 朱祝军, 钱亚榕, 等. 等渗 NaCl 和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 对番茄幼苗生长的影响[J]. 园艺学报, 2001, 28(1): 31-35.
- [13] 牛彩霞. 盐胁迫对辣椒种子萌发和幼苗生理特性的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2006.
- [14] 徐珊珊. 辣椒对盐碱胁迫的生理反映及适应性机理研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2007.
- [15] 郭春蕊. 盐胁迫下辣椒种子萌发和幼苗生理生化特性的研究[D]. 洛阳: 河南科技学院, 2010.
- [16] 武文珺. 盐胁迫下不同朝天椒品种间生理生化特性差异研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2012.