

甜瓜幼苗耐盐碱性及缓解盐碱胁迫 γ -氨基丁酸浓度的筛选

赵九洲, 胡立盼, 徐志然, 申璐, 胡晓辉

(西北农林科技大学 园艺学院, 农业部西北设施园艺工程重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘要:以不同特性的 20 份甜瓜品种为试材, 以 50 mmol/L 盐碱溶液($\text{NaCl} : \text{Na}_2\text{SO}_4 : \text{NaHCO}_3 : \text{Na}_2\text{CO}_3 = 9 : 1 : 1 : 9$, pH 10.80)模拟胁迫环境, 对 4 叶 1 心的甜瓜幼苗进行 7 d 的胁迫处理, 研究了盐碱胁迫对其幼苗地上部鲜重(SFW)、根部鲜重(RFW)、主根长(TL)、叶面积(LA)、叶绿素总量(Chl)的影响, 并利用聚类分析进行甜瓜品种耐盐碱性的评价; 同时以筛选出的耐性差异显著的 2 个甜瓜品种为试材, 叶面喷施不同浓度的 γ -氨基丁酸(GABA)(0、25、50、75 mmol/L), 通过测定甜瓜幼苗生长的变化, 筛选缓解盐碱胁迫效果最佳的 GABA 浓度, 为减轻盐碱胁迫提供调控依据。结果表明: 利用聚类分析可以将 20 个甜瓜品种按耐盐碱性强弱分为三大类, 耐盐碱品种为“凌甜一号”、“海蜜四号”、“白香蜜”、“陕甜一号”和“金辉一号”, 盐碱敏感品种为“一品天下 108”、“凌甜四号”与“一品天下 208”, 中等耐盐碱品种为“千玉一号”、“陕甜三号”、“雪莲”、“五台山三号”、“玉露”、“白玉香”、“天娇”、“贵妃雪蜜”、“瑞雪新早蜜”、“芝麻蜜”、“景甜 208”和“凌甜三号”; 当 GABA 喷施浓度在 25~50 mmol/L 时, 对盐碱胁迫下甜瓜幼苗生长有一定缓解作用, 其中 50 mmol/L 缓解盐碱胁迫效果最好, 而 75 mmol/L GABA 无有效缓解作用。

关键词:盐碱胁迫; 甜瓜; 幼苗; 耐性评价; γ -氨基丁酸(GABA); 生长

中图分类号:S 652 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)09-0001-07

甜瓜(*Cucumis melo* L.)是我国农业栽培的重要作物之一, 也是西北地区主要栽培作物之一, 中国甜瓜产量约占世界总产量的 50%^[1]。我国的盐渍土总面积约 $3.6 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 并且现有 $9.2 \times 10^7 \text{ hm}^2$ 的耕地正在面临盐碱化^[2], 主要分布在西北、华北及东北等地区, 严重影响着作物的产量、品质和效益, 土壤盐碱化是限制植物生长和生产的重要因素。由于 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 等碱性盐的存在, 导致土壤 pH 值升高, 对植物形成离子胁迫、渗透胁迫、高 pH 胁迫等多重胁迫作用, 打破植物的养分平衡, 抑制营养元素的吸收和转运, 改变植物细胞内离子的浓度和种类, 导致膜完整性的破坏和某些酶功

能的降低^[3], 其对植物的破坏比 NaCl 、 Na_2SO_4 等中性盐所造成的胁迫更严重^[4]。

γ -氨基丁酸(GABA)作为一种广泛存在于动植物体内的天然非蛋白质氨基酸, 联系着植物体内碳素和氮素两大代谢途径, 已被确定作为一种对植物的生长和发育有重要影响的信号物质^[5], 能够对生物和非生物胁迫的逆境做出反应, 参与低氧胁迫^[6]、低温胁迫^[7]、害虫胁迫^[8]和盐胁迫^[9]等多种生理过程。

目前, 关于盐胁迫对黄瓜、甜瓜等幼苗影响的研究大多集中在 NaCl 胁迫上^[10-11], 系统全面评价甜瓜幼苗期耐盐碱性以及 GABA 缓解甜瓜盐碱胁迫伤害的研究相对较少。筛选和鉴定不同甜瓜品种的耐盐碱性, 选择出适宜的 GABA 施用浓度, 对于有效利用盐渍土地, 实现优质高产具有重要的现实意义。因此, 该试验以不同特性的 20 个甜瓜品种为试验材料, 利用隶属函数值法和聚类分析法对幼苗期耐盐碱性进行分类评价; 在此基础上, 筛选缓解盐碱胁迫有效的 GABA 施用浓度, 以期为进一步研究和生产应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试 20 个甜瓜品种见表 1。

第一作者简介:赵九洲(1989-), 男, 河北承德人, 硕士研究生, 现主要从事设施园艺逆境生理生态等研究工作。E-mail: 59zjz@163.com

责任作者:胡晓辉(1977-), 女, 河北滦县人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 现主要从事设施园艺栽培生理等研究工作。E-mail: hxxh1977@163.com

基金项目:国家“十二五”科技支撑计划资助项目(2011BAD12B03; 2011BAD29B01); 国家星火计划资助项目(2012GA850001-1); 西北农林科技大学基金资助项目(QN2013018)。

收稿日期:2014-01-17

表 1 甜瓜品种资源及其编号

Table 1 Melon germplasm and their code

编号 Code	品种 Cultivar	性状 Character	编号 Code	品种 Cultivar	性状 Character
C1	“一品天下 108” 'Yipin Tianxia No. 108'	光皮厚皮 Smooth thick	C11	“天娇” 'Tianjiao'	光皮厚皮 Smooth thick
C2	“千玉一号” 'Qianyu No. 1'	光皮厚皮 Smooth thick	C12	“白香蜜” 'Bianxiangmi'	光皮厚皮 Smooth thick
C3	“凌甜一号” 'Lingtian No. 1'	光皮薄皮 Smooth thin	C13	“贵妃雪蜜” 'Guifeixuemi'	光皮厚皮 Smooth thick
C4	“陕甜三号” 'Shantian No. 3'	网纹薄皮 Netted thin	C14	“瑞雪新早蜜” 'Ruixuexinzaomi'	光皮厚皮 Smooth thick
C5	“雪莲” 'Xuelian'	光皮薄皮 Smooth thin	C15	“一品天下 208” 'Yipin Tianxia No. 208'	光皮厚皮 Smooth thick
C6	“五台山三号” 'Wutaishan No. 3'	网纹薄皮 Netted thin	C16	“陕甜一号” 'Shantian No. 1'	光皮薄皮 Smooth thin
C7	“凌甜四号” 'Lingtian No. 4'	光皮薄皮 Smooth thin	C17	“芝麻蜜” 'Zhimami'	网纹厚皮 Netted Thick
C8	“玉露” 'Yulu'	网纹厚皮 Netted thick	C18	“景甜 208” 'Jingtian No. 208'	光皮厚皮 Smooth thick
C9	“白玉香” 'Baiyuxiang'	光皮厚皮 Smooth thick	C19	“凌甜三号” 'Lingtian No. 3'	网纹薄皮 Netted thin
C10	“海蜜四号” 'Haimi No. 4'	网纹厚皮 Netted thick	C20	“金辉一号” 'Jinhui No. 1'	光皮厚皮 Smooth thick

1.2 试验方法

1.2.1 甜瓜品种耐盐碱性筛选试验 选取饱满的甜瓜种子,经过温汤浸种催芽处理后,播种于 72 孔塑料穴盘中。当甜瓜幼苗 2 叶 1 心时,挑选生长一致的植株洗净根部基质后,移栽于盛有 35 L 的 1/4 剂量山崎甜瓜专用营养液的塑料水培箱(50 cm×35 cm×15 cm),每箱栽 12 株,每 4 d 更换 1 次营养液。营养液栽培期间用电动气泵 24 h 连续通气。当甜瓜幼苗 4 叶 1 心时更换 1/2 剂量山崎甜瓜专用营养液,并开始用内含 50 mmol/L(预试验筛选出的胁迫浓度)NaCl : Na₂SO₄ : NaHCO₃ : Na₂CO₃ = 9 : 1 : 1 : 9(pH 10.8)的营养液进行盐碱胁迫处理,以 1/2 剂量山崎甜瓜专用营养液栽培处理为对照(CK),处理第 7 天取样进行各项指标的测定。

1.2.2 GABA 浓度筛选试验 利用 1.2.1 结果筛选出的 2 个抗盐碱性差异显著的甜瓜品种为试材。种子及幼苗培养同 1.2.1。当甜瓜幼苗 4 叶 1 心时更换 1/2 剂量山崎甜瓜专用营养液,选生长整齐一致的植株,开始不同处理(表 2),胁迫处理第 7 天取样进行各项指标的测定,重复 3 次。

1.3 项目测定

1.3.1 幼苗形态指标及生理指标 截取植株地上部分、根部称其鲜重;从根茎结合部分到主根根尖的长度为主根长;叶面积采用纸样称重的方法计算^[12];叶绿素含量测定采用 80%丙酮浸提法^[13]。

1.3.2 根系形态指标 处理第 7 天取出根系,使用 EPSON EXPRESSION 1680 根系扫描仪(Epson America Incorporation, California, United States)扫描,用 Win-RHIZO 根系图像分析软件(Regent Instruments Inc,

表 2 GABA 浓度筛选试验处理

Table 2 GABA concentration screening test treatment

编号 Code	处理 Treatment
CK	正常营养液栽培 Normal nutrient solution cultivation
T1	正常营养液栽培 Normal nutrient solution cultivation+25 mmol/L GABA
T2	正常营养液栽培 Normal nutrient solution cultivation+50 mmol/L GABA
T3	正常营养液栽培 Normal nutrient solution cultivation+75 mmol/L GABA
T4	盐碱溶液栽培 Salt-alkaline nutrient solution cultivation
T5	盐碱溶液栽培 Salt-alkaline nutrient solution cultivation+25 mmol/L GABA
T6	盐碱溶液栽培 Salt-alkaline nutrient solution cultivation+50 mmol/L GABA
T7	盐碱溶液栽培 Salt-alkaline nutrient solution cultivation+75 mmol/L GABA

注:每天 9:00 和 17:00 叶面喷施 GABA 处理。

Note: Treatment with GABA foliar spraying at 9:00 and 17:00 during test.

Quebec, Canada)对根系形态指标进行定量分析。

1.4 数据分析

盐害系数=(对照值-处理值)/对照值×100%;隶属函数值 $u(X_j) = (X_j - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$, 式中: $u(X_j)$ 表示 j 指标的隶属值; X_j 表示 j 指标的测定值; X_{\max} , X_{\min} 分别为 j 指标的最大值和最小值^[14]。

采用 Excel 2007、DPS v 7.05 软件进行数据处理,用 Duncan 多重比较法($P < 0.05$)进行统计分析,利用 SPSS 20.0 软件对数据进行方差分析和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 不同甜瓜品种幼苗期耐盐性比较

2.1.1 盐碱胁迫对甜瓜幼苗盐害系数的影响 如图 1 所示,盐碱胁迫处理的各甜瓜幼苗地上部鲜重(SFW)、根部鲜重(RFW)、主根长(TL)、叶面积(LA)和叶绿素总量(Chl)均低于 CK,其盐害系数为正。其中不同甜瓜品种间地上部鲜重(SFW)、根部鲜重(RFW)、主根长(TL)、叶面积(LA)和叶绿素总量(Chl)的盐害系数的差异均呈现显著差异,极小值与极大值分别出现在 C3 与 C7、C3 与 C15、C20 与 C7、C3 与 C7、C20 与 C15。

2.1.2 盐碱胁迫下甜瓜幼苗期各指标盐害系数隶属函数值的相关性分析 各甜瓜品种幼苗期 SFW、RFW、TL、LA 和 Chl 的盐害系数隶属函数值变化规律见表 3。随着总隶属函数值(SUM)的增加,各指标盐害系数隶属函数值均大体上呈增加趋势,SFW、RFW、TL、LA 和 Chl 的盐害系数隶属函数值与 SUM 的变化趋势基本相同。盐碱胁迫下甜瓜幼苗的 5 个指标盐害系数隶属函数值的相关性都达到了显著或极显著差异水平。由表 4 可以看出,除叶面积(LA)与叶绿素含量(Chl)之间的相关系数最小为 0.494*,达到显著差异水平。其余性状间的相关性均达到了极显著差异水平,相关系数最高的为地上部鲜重(SFW)与叶绿素含量(Chl)为 0.766**。SUM 与各指标盐害系数隶属函数值的相关性均达到极显著差异水平,其中与 RFW 的相关系数最高,达到 0.908**;与 LA 的相关系数最低,为 0.795**。

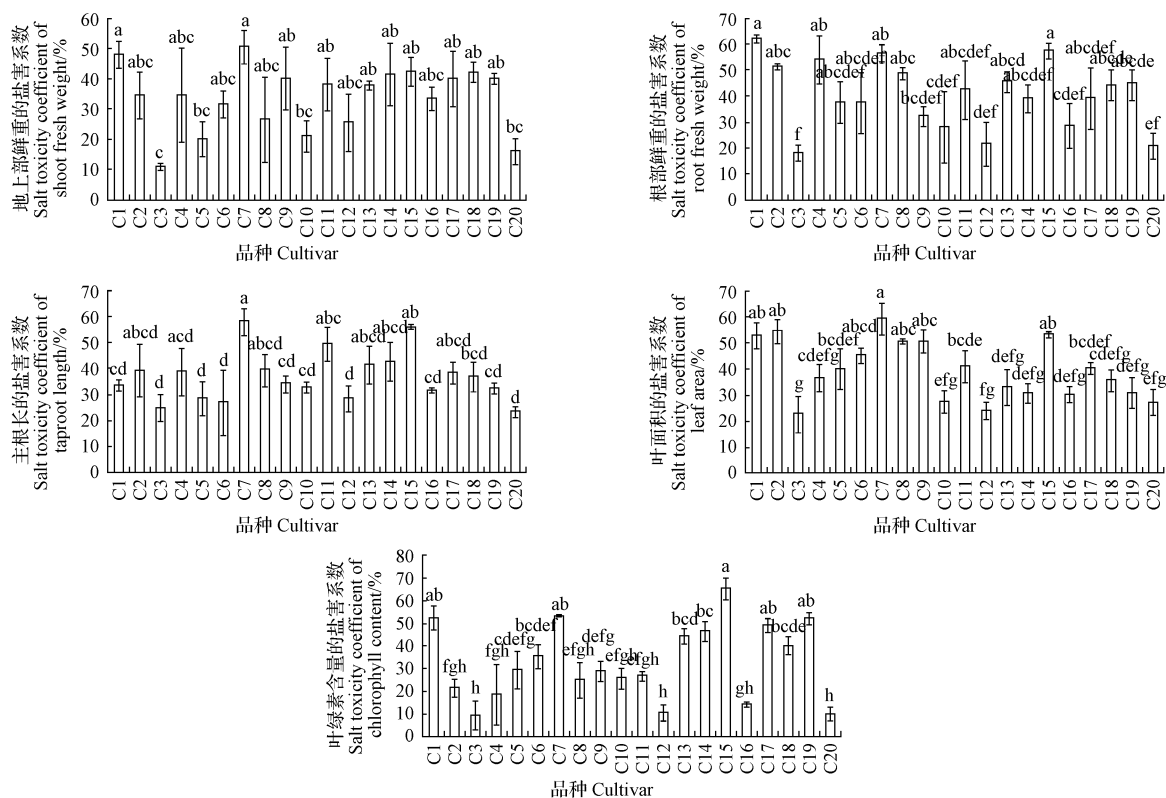


图1 盐碱胁迫对各甜瓜品种地上部鲜重(SFW)、根部鲜重(RFW)、主根长(TL)、叶面积(LA)和叶绿素总量(Chl)盐害系数的影响
Fig.1 Effect of salt-alkaline stress on salt toxicity coefficients of shoot fresh weight,root fresh weight,leaf area,taproot length and chlorophyll content of melon during seedlings stage

表3 幼苗期各指标盐害系数隶属函数值

Table 3 Subjection function values of salt toxicity coefficients of the indices at seedling stage

品种 Cultivar	地上部鲜重 SFW	根部鲜重 RFW	主根长 TL	叶面积 LA	叶绿素含量 Chl	总隶属函数值 SUM
C3	0.1268c	0.2578f	0.3380d	0.2229g	0.1283h	1.0738
C20	0.2153bc	0.2978ef	0.3172d	0.2975efg	0.1371h	1.2649
C12	0.3801abc	0.3090def	0.3954d	0.2469fg	0.1455h	1.4769
C10	0.2993bc	0.4073cdef	0.4614cd	0.3023efg	0.3581efgh	1.8284
C16	0.5143abc	0.4138cdef	0.4430cd	0.3468defg	0.1982gh	1.9161
C5	0.2850bc	0.5487abcdef	0.3944d	0.5103bcdef	0.4076cdefg	2.1460
C6	0.4830abc	0.5476abcdef	0.3726d	0.5940abcd	0.4923bcdef	2.4895
C4	0.5337abc	0.7921ab	0.5525abcd	0.4513cdefg	0.2569fgh	2.5865
C9	0.6281ab	0.4682bcdef	0.4823cd	0.6859abc	0.4005defg	2.6650
C8	0.3977abc	0.7142abc	0.5637abcd	0.6848abc	0.3465efgh	2.7069
C19	0.6310ab	0.6574abcde	0.4574cd	0.3576defg	0.7239ab	2.8273
C11	0.5957ab	0.6215abcdef	0.7189abc	0.5256bcde	0.3701efgh	2.8318
C18	0.6648ab	0.6479abcde	0.5253bcd	0.4360cdefg	0.558bcde	2.8320
C14	0.6513ab	0.5728abcdef	0.6160abcd	0.3544defg	0.6451bc	2.8396
C13	0.5906ab	0.6677abcd	0.5959abcd	0.3935defg	0.6169bcd	2.8646
C2	0.5330abc	0.7544abc	0.5629abcd	0.7453ab	0.2990fgh	2.8946
C17	0.6287ab	0.5712abcdef	0.5496abcd	0.5114bcdef	0.6830ab	2.9439
C1	0.7654a	0.9130a	0.4750cd	0.7205ab	0.7289ab	3.6028
C15	0.6694ab	0.8440a	0.8151ab	0.7280a	0.9078a	3.9643
C7	0.8084a	0.8300ab	0.8512a	0.8273a	0.7382ab	4.0551

注:同列数值后不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。下同。
Note:Different letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same as follows.

2.1.3 甜瓜幼苗期耐盐碱性聚类分析 对甜瓜苗期耐盐碱性的聚类分析结果表明,利用 SUM 进行 K-均值聚类后,可将供试品种分为 3 类,第 1 类为耐盐碱品种(5 个),分别为“凌甜一号”、“海蜜四号”、“白香蜜”、“陕甜一号”和“金辉一号”;第 2 类为中等耐盐碱品种(12 个),分别为“千玉一号”、“陕甜三号”、“雪莲”、“五台山三号”、“玉露”、“白玉香”、“天娇”、“贵妃雪蜜”、“瑞雪新早蜜”、“芝麻蜜”、“景甜 208”和“凌甜三号”;第 3 类为不耐

表 4 幼苗期各指标盐害系数隶属函数值的相关性

Table 4 Correlation between different subsection function values of salt toxicity coefficients of indices at melon seedling stage

	地上部鲜重 SFW	根部鲜重 RFW	主根长 TL	叶面积 LA	叶绿素含量 Chl	总隶属函数值 SUM
地上部鲜重 SFW	1					
根部鲜重 RFW	0.748 **	1				
主根长 TL	0.691 **	0.688 **	1			
叶面积 LA	0.588 **	0.752 **	0.586 **	1		
叶绿素含量 Chl	0.766 **	0.689 **	0.611 **	0.494 *	1	
总隶属函数值 SUM	0.891 **	0.908 **	0.816 **	0.795 **	0.855 **	1

注:不同数量的星号分别表示差异达极显著水平(** $P<0.01$)和显著水平(* $P<0.05$)。

Note: Different numbers of star mean extreme significant difference(** $P<0.01$) and significant difference(* $P<0.05$).

表 5 盐碱胁迫下甜瓜幼苗期耐盐碱性聚类分析

Table 5 Cluster analysis of salt-alkaline tolerance of melon under salt-alkaline stress at seedling stages

指标 Index	耐盐碱品种 Salt-alkali tolerant cultivar	中等耐盐碱品种 Moderately salt-alkali tolerant cultivar	不耐盐碱品种 Salt-alkali sensitive cultivar
地上部鲜重 SFW	C3, C10, C12, C16, C20	C2, C4, C5, C6, C8, C9, C11, C13, C14, C17, C18, C19	C1, C7, C15
根部鲜重 RFW	C3, C5, C8, C10, C12, C20	C2, C4, C6, C9, C11, C13, C16, C17, C19	C1, C7, C14, C15, C18
主根长 TL	C3, C9, C10, C12, C16, C20	C5, C6, C8, C11, C13, C14, C17, C18, C19	C1, C2, C4, C7, C15
叶面积 LA	C3, C5, C6, C12, C16, C20	C1, C2, C4, C8, C9, C10, C13, C14, C17, C18, C19	C7, C11, C15
叶绿素含量 Chl	C3, C10, C12, C13, C14, C16, C19, C20	C4, C5, C6, C11, C17, C18	C1, C2, C7, C8, C9, C15
总隶属函数值 SUM	C2, C3, C4, C12, C16, C20	C5, C6, C8, C9, C10, C11, C18	C1, C7, C13, C14, C15, C17, C19

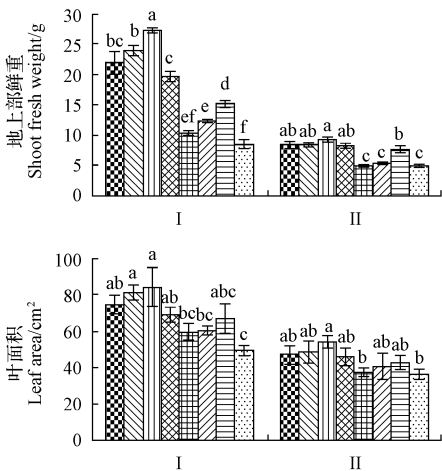
盐碱品种(3个),分别为“一品天下 108”、“凌甜四号”与“一品天下 208”。

2.2 不同浓度 GABA 对甜瓜品种幼苗耐盐碱性比较

2.2.1 不同浓度 GABA 对甜瓜幼苗鲜重、叶面积和叶绿素总量的影响 如图 2 所示,正常营养液栽培条件下,“金辉一号”和“一品天下 208”2 个甜瓜品种的 SFW、RFW、LA 和 Chl 均呈现出随着外源 GABA 的浓度的增加先升高后降低的变化趋势,当 GABA 为 50 mmol/L 时各指标均达到最大值。50 mmol/L 的 GABA 处理使“金辉一号”幼苗的 SFW、RFW、LA 和 Chl 分别比 CK 增加了 23.67%、48.92%、11.28%、19.61%,除 LA 外,其它指标均显著高于 CK;使“一品天下 208”幼苗的 SFW、RFW、LA 和 Chl 分别比 CK 增加了 10.57%、10.51%、

11.15%、11.44%,除 RFW 增加幅度显著外,其它差异不显著。即在正常营养液栽培条件下,GABA 处理对于“金辉一号”生长促进效果更好。盐碱胁迫条件下,随着外源喷施 GABA 浓度的增加,2 个甜瓜品种的 SFW、RFW、LA 和 Chl 均呈现先增高后降低的变化趋势,当 GABA 为 50 mmol/L 时各指标均达到最大值。盐碱胁迫下,GABA 对 2 个甜瓜品种的影响存在差异。50 mmol/L 的 GABA 处理使“金辉一号”幼苗的 SFW、RFW、LA 和 Chl 分别比 CK 增加了 48.40%、26.55%、12.03%、20.84%,除 SFW 增加幅度显著外,其它差异不显著;使“一品天下 208”幼苗的 SFW、RFW、LA 和 Chl 分别比 CK 增加了 54.52%、29.60%、14.51%、32.17%,除 LA 增幅不显著外,其余差异显著。即在盐碱胁迫条

■ CK □ T1 ▨ T2 ▩ T3 ▪ T4 ▫ T5 ▬ T6 ▮ T7



I: “金辉一号”‘Jinhui No.1’; II: “一品天下208”‘Yipin Tianxia No.208’

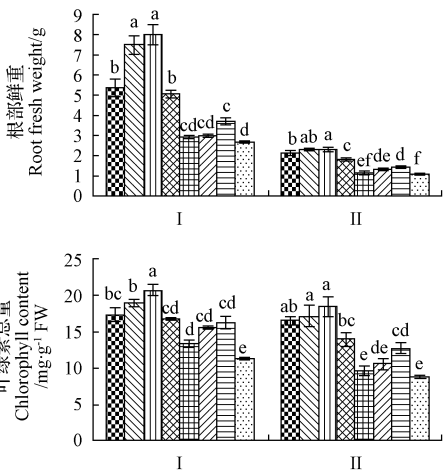


图 2 盐碱胁迫对“金辉一号”与“一品天下 208”的地上部鲜重(SFW)、根部鲜重(RFW)、叶面积(LA)和叶绿素总量(Chl)的影响

Fig. 2 The effect of salt-alkaline stress on shoot fresh weight, root fresh weight, leaf area, and chlorophyll content of melon at seedling stage of ‘Jinhui No. 1’ and ‘Yipin Tianxia No. 208’

件下,GABA 处理对于“一品天下 208”胁迫缓解效果更好。

2.2.2 不同浓度 GABA 对甜瓜品种幼苗根系生长的影响 由表 6 可知,外源喷施 GABA 对耐性存在差异的 2 个甜瓜品种的作用效果存在差异,但随着外源喷施 GABA 浓度的升高,幼苗各指标变化均呈现先升高后降低的趋势,当 GABA 为 50 mmol/L 时各指标均达到最大值。正常营养液栽培条件下,喷施 50 mmol/L GABA“金辉一号”幼苗的 TL、RTL、RSA、RV、RAD 和 RT 分别比对照处理增加了 10.21%、10.72%、25.45%、43.59%、10.00%、29.90%,除 RTL 和 RAD 增加幅度不显著外,其它差异显著。喷施 50 mmol/L GABA“一品天下 208”幼苗的 TL、RTL、RSA、RV、RAD 和 RT 分别

比 CK 增加了 15.50%、6.78%、10.01%、9.41%、2.04%、39.16%,除 TL、RT 增幅显著外,其它差异不显著。即在正常营养液栽培条件下,GABA 处理对于“金辉一号”生长促进效果更好。盐碱胁迫条件下,喷施 50 mmol/L GABA“金辉一号”幼苗的 TL、RTL、RSA、RV、RAD 和 RT 分别比 CK 增加了 17.54%、12.83%、27.17%、45.53%、7.69%、20.30%,除 TL 增加幅度显著外,其余差异不显著;喷施 50 mmol/L GABA“一品天下 208”幼苗的 TL、RTL、RSA、RV、RAD 和 RT 分别比 CK 增加了 6.41%、17.38%、20.89%、64.43%、17.95%、45.38%,除 RV 和 RT 增幅显著外,其余差异不显著。即在盐碱胁迫条件下,GABA 处理对于“一品天下 208”胁迫缓解效果更好。

表 6 GABA 和盐碱胁迫对甜瓜幼苗根系形态的影响

Table 6 Effect of GABA and salt-alkaline stress on the root morphology of melon seedlings

处理 Treatment	品种 Cultivar	主根长 Taproot length/cm	根系总长度 Root total length/cm	根系总表面积 Root surface area/cm ²	根系体积 Root volume/cm ³	根系平均直径 Root average diameter/cm	根尖数 Root tips
CK		40.17±1.04b	1 613.99±19.39a	274.96±7.59b	3.90±0.16b	0.60±0.04ab	1 861.67±104.14bc
T1		43.8±0.81a	1 667.78±96.54a	337.20±18.84a	5.07±0.60a	0.66±0.03a	2 223.33±237.40ab
T2		44.27±0.99a	1 787.07±35.72a	344.95±27.31a	5.60±0.59a	0.66±0.01a	2 418.33±51.65a
T3	“金辉一号”	36.37±1.51c	1 356.03±112.83b	223.20±20.59c	3.50±0.20b	0.57±0.02b	1 528.33±15.65cd
T4	‘Jinhui No. 1’	20.87±0.99e	1 014.93±13.28c	168.98±3.39de	2.24±0.12cd	0.52±0.01bc	1 211.67±50.84d
T5		21.57±1.07de	1 017.55±60.01c	175.41±5.88de	2.29±0.13cd	0.53±0.02b	1 351.33±185.32d
T6		24.53±0.41d	1 145.15±71.21c	214.90±8.65cd	3.26±0.09bc	0.56±0.02b	1 457.67±94.60d
T7		18.93±0.90e	937.53±69.41c	163.99±9.80e	1.79±0.29d	0.46±0.02c	1 146.67±95.63d
CK		29.03±1.93bc	922.51±47.04abc	137.73±4.42abc	1.70±0.03a	0.49±0.02a	1 460.67±92.67bc
T1		32.13±0.87ab	931.21±74.24ab	142.42±6.42ab	1.74±0.02a	0.49±0.02a	1 707.33±211.84ab
T2		33.53±1.30a	985.04±67.56a	151.51±11.42a	1.86±0.18a	0.50±0.02a	2 032.67±151.50a
T3	“一品天下 208”	26.57±1.85c	840.84±70.46abc	121.37±5.43bc	1.40±0.02b	0.48±0.02ab	1 395.33±91.87bc
T4	‘Yipin Tianxia No. 208’	18.73±0.24d	692.73±6.63cd	92.41±7.38d	0.81±0.06c	0.39±0.01bc	949.67±59.03d
T5		18.80±0.46d	745.94±97.11bc	92.67±7.94d	0.84±0.07c	0.46±0.07ab	1 225.67±102.99cd
T6		19.93±1.00d	813.10±73.3abc	111.72±11.50cd	1.34±0.13b	0.46±0.02ab	1 380.67±142.48bc
T7		14.23±1.35e	513.23±83.26d	63.23±10.95e	0.62±0.11c	0.36±0.01c	934.00±143.73d

3 讨论与结论

Hu 等^[15]研究表明,盐碱土对植物造成的伤害除盐离子毒害外,还有高 pH 值等的伤害,其危害程度大于单纯中性盐胁迫。以往室内进行的耐盐碱性鉴定通常是采用成分比较单一的盐或碱^[16-17],得到的试验结果对于进行耐盐碱机制分析以及指导育种研究均有一定的局限性。因此,该试验以混合碱液模拟典型碱胁迫环境,相对单一成分的盐或碱而言,这样更能真实反映田间实际碱胁迫情况。

幼苗期甜瓜植株干物质的积累主要来自于光合作用,而盐分处理通过渗透胁迫、离子胁迫和高 pH 胁迫抑制了光合作用^[18],同时盐分胁迫还降低了细胞分裂和延伸的速率并减少了细胞延伸的时间,造成叶面积增长速率降低,总叶面积降低,同化物积累量降低^[19]。该试验结果表明,盐碱胁迫条件下,不同品种甜瓜幼苗地上部鲜重、根部鲜重、主根长、叶面积和叶绿素含量都有不同程度的降低,通过隶属函数值与各指标盐害系数的一系列分析,利用 SUM 进行 K-均值聚类后,可将供试品种分为 3 类,第 1 类为耐盐碱品种(5 个),分别为“凌甜一

号”、“海蜜四号”、“白香蜜”、“陕甜一号”和“金辉一号”;第 2 类为中等耐盐碱品种(12 个),分别为“千玉一号”、“陕甜三号”、“雪莲”、“五台山三号”、“玉露”、“白玉香”、“天娇”、“贵妃雪蜜”、“瑞雪新早蜜”、“芝麻蜜”、“景甜 208”和“凌甜三号”;第 3 类为不耐盐碱品种(3 个),分别为“一品天下 108”、“凌甜四号”与“一品天下 208”。该研究结果与朱春燕等^[11]研究的甜瓜萌发期耐盐性品种筛选略有不同,可能由于甜瓜生长不同时期耐盐碱性存在差异,并且甜瓜在单一盐胁迫与混合盐碱胁迫处理下耐受性的差别对于试验结论也有一定的影响。

夏庆平^[20]、范龙泉等^[21]研究表明,5 mmol/L 的 GABA 对于低氧胁迫下甜瓜幼苗光合作用、多胺代谢等有明显的缓解与促进作用;高洪波等^[22]研究表明,GABA 处理提高了网纹甜瓜植株根和叶抗氧化酶 SOD、POD、CAT 活性,降低了 H₂O₂、MDA 等 ROS 含量,其中 GABA 50 mmol/L 处理效果显著高于 GABA 25、100 mmol/L 的处理,提高了甜瓜幼苗的耐低氧性。在筛选出的耐性差异显著的甜瓜耐性品种“金辉一号”与敏感品种“一品天下 208”试验中,叶面喷施 GABA 对

于盐碱胁迫下甜瓜幼苗生长存在缓解作用。对于正常营养液栽培的甜瓜幼苗,适量浓度的叶面喷施 GABA 具有一定程度的促进生长的效果,具体表现为 $T_2 > T_1 > CK > T_3$ 。对于盐碱胁迫下的甜瓜幼苗,适量浓度 GABA 的叶面喷施在一定程度上缓解了盐碱胁迫对于幼苗生长的伤害,具体表现为 $T_6 > T_5 > T_4 > T_7$ 。当 GABA 喷施浓度在 25~50 mmol/L 时,GABA 对于盐碱胁迫下甜瓜幼苗生长有一定的缓解的作用,其中 50 mmol/L 缓解盐碱胁迫效果最好;当 GABA 喷施浓度达到 75 mmol/L 的时候,对于盐碱胁迫下甜瓜幼苗生长未起到有效的缓解作用。通过数据分析比较,在正常营养液栽培条件下,外源 GABA 喷施处理对于耐性品种“金辉一号”的甜瓜幼苗生长促进效果较好;而在盐碱胁迫条件下,外源 GABA 喷施处理对于盐碱敏感品种“一品天下 208”的甜瓜幼苗的胁迫缓解效果较好。

参考文献

- [1] 宋海斌,崔喜波,马鸿艳,等. 基于 SSR 标记的甜瓜品种(系)DNA 指纹图谱库的构建[J]. 中国农业科学,2012,45(13):2676-2689.
- [2] 张会慧,张秀丽,李鑫,等. NaCl 和 Na_2CO_3 胁迫对桑树幼苗生长和光合特性的影响[J]. 应用生态学报,2012,23(3):625-631.
- [3] 魏国强,朱祝军,方学智,等. NaCl 胁迫对不同品种黄瓜幼苗生长、叶绿素荧光特性和活性氧代谢的影响[J]. 中国农业科学,2004,37(11):1754-1759.
- [4] 郭伟,王庆祥. 腐植酸浸种对盐碱胁迫下小麦幼苗抗氧化系统的影响[J]. 应用生态学报,2011,22(10):2539-2545.
- [5] Bouche N, Fait A, Bouchez D, et al. Mitochondrial succinic-semialdehyde dehydrogenase of the γ -aminobutyrate shunt is required to restrict levels of reactive oxygen intermediates in plants[J]. Proceedings of the National Academy of Science of the USA, 2003, 100:6843-6848.
- [6] Breitzkreuz K E, Allan W L, Van Cauwenberghe O R, et al. A novel gamma-hydroxybutyrate dehydrogenase: identification and expression of an Arabidopsis cDNA and potential role under oxygen deficiency[J]. Journal of Biological Chemistry, 2003, 278:41552-41556.
- [7] Mazzucotelli E, Tartari A, Cattivelli L, et al. Metabolism of gamma-ami-

- nobutyric acid during cold acclimation and freezing and its relationship to frost tolerance in barley and wheat[J]. Journal of Experimental Botany, 2006, 57(14):3755-3766.
- [8] Alan W B, Kennaway B M, Barry J S. Gamma-aminobutyrate: defense against invertebrate pests[J]. Trends in Plant Science, 2006, 11(9):424-427.
- [9] Bown A W, Shelp B J. The metabolism and functions of C-aminobutyric acid[J]. Plant Physiol, 1997, 115:1-5.
- [10] 黄福宇,张海军,邢燕霞,等. NaCl 胁迫对黄瓜种子萌发的影响及 DNA 甲基化的 MSAP 分析[J]. 中国农业科学,2013(8):1646-1656.
- [11] 朱春燕,黄丹枫,蔡保松,等. 甜瓜品种资源萌发期耐盐性及其指标评价[J]. 上海交通大学学报(农业科学版),2010,28(6):504-508.
- [12] 袁昌梅,罗卫红,张生飞,等. 温室网纹甜瓜叶面积与光合生产模拟模型研究[J]. 南京农业大学学报,2006,29(1):7-12.
- [13] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [14] 周广生,梅方竹,周竹青,等. 小麦不同品种耐湿性生理指标综合评价及其预测[J]. 中国农业科学,2003,36(11):1378-1382.
- [15] Hu X, Zhang Y, Shi Y, et al. Effect of exogenous spermidine on polyamine content and metabolism in tomato exposed to salinity-alkalinity mixed stress[J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2012, 57:200-209.
- [16] 祁栋灵,张三元,曹桂兰,等. 水稻发芽期和幼苗前期耐碱性的鉴定方法研究[J]. 植物遗传资源学报,2006,7(1):74-80.
- [17] 赵艳艳,胡晓辉,邹志荣,等. 不同浓度 5-氨基乙酰丙酸(ALA)浸种对 NaCl 胁迫下番茄种子发芽率及芽苗生长的影响[J]. 生态学报,2013,33(1):62-70.
- [18] 刘建新,王金成,王鑫,等. 外源 NO 对 $NaHCO_3$ 胁迫下黑麦草幼苗光合生理响应的调节[J]. 生态学报,2012,32(11):3460-3466.
- [19] Chang Y, Chen S L, Yin W L, et al. Growth, gas exchange, abscisic acid, and calmodulin response to salt stress in three poplars[J]. Journal of Integrative Plant Biology, 2006, 48:286-293.
- [20] 夏庆平. 低氧胁迫下 γ -氨基丁酸对甜瓜种子萌发及幼苗氨基酸代谢的影响[D]. 保定:河北农业大学,2011.
- [21] 范龙泉,杨丽文,高洪波,等. γ -氨基丁酸对低氧胁迫下甜瓜幼苗多胺代谢的影响[J]. 应用生态学报,2012(6):24.
- [22] 高洪波,郭世荣. 外源 γ -氨基丁酸对营养液低氧胁迫下网纹甜瓜幼苗抗氧化酶活性和活性氧含量的影响[J]. 植物生理与分子生物学报,2004,30(6):651-659.

The Screening of Melon(*Cucumis melo* L.)Seedling Cultivars for Salt-alkaline Tolerance and the Concentration of γ -aminobutyric Acid Alleviating Salt-alkaline Stress

ZHAO Jiu-zhou, HU Li-pan, XU Zhi-ran, SHEN Lu, HU Xiao-hui

(College of Horticulture, Northwest Agricultural and Forestry University, Key Laboratory of Protected Horticultural Engineering in Northwest, Ministry of Agriculture, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: Taking 20 melon cultivars with different characters as materials, using the 50 mmol/L mixed salt-alkaline solution($NaCl : Na_2SO_4 : NaHCO_3 : Na_2CO_3 = 9 : 1 : 1 : 9$, pH 10.80) to simulate the typical salt-alkaline stress environment. The melon seedlings with four leaf were treated with salt-alkaline solution for 7 days, the changes of 20 melon cultivars seedling shoot fresh weight(SFW), root fresh weight(RFW), taproot length(TL), leaf area(LA) and total chlorophyll content(Chl) were studied, and the salt-alkaline tolerance of melon cultivars were evaluated by the cluster analysis. Chosen two melon cultivars which had significantly different tolerance as test materials, foliar application of different concentrations of γ -aminobutyric acid(GABA)(0, 25, 50, 75 mmol/L), changes of melon seedling growth were

盐胁迫对甜瓜种子发芽的影响

王喜涛, 周秀艳, 辛 明, 秦智伟

(东北农业大学 园艺学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要:以 35 个国内外普遍种植的优良甜瓜品种种子为试材, 采用培养皿发芽法, 研究了不同浓度 NaCl 胁迫对种子发芽率、发芽势、发芽指数、一级侧根数的影响。结果表明: NaCl 胁迫对甜瓜种子的发芽能力有不同程度的抑制作用, 随着盐胁迫浓度的增大而抑制加强; 50 mmol/L NaCl 溶液胁迫能够促进种子生长; 发芽率、发芽势、发芽指数 3 个指标综合在一起可作为甜瓜种子耐盐性鉴定的方法, “白糖罐 2 号”为最耐盐品种, “7 号自交系”为最不耐盐品种。

关键词:甜瓜; 盐胁迫; 发芽

中图分类号:S 652 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)09-0007-05

甜瓜(*Cucumis melo* L.) 属葫芦科(Cucurbitaceae) 甜瓜属(*Cucumis*) 一年生蔓生草本植物。染色体数目为 $2n=24$ 。甜瓜是夏季消暑水果, 果肉生食, 止咳清燥。近年来, 棚室等设施栽培面积迅速扩大, 但由于其封闭性特点, 设施内土壤长期得不到雨水淋洗, 随着种植年限的增加和生产者水肥管理不当, 土壤盐渍化已经成为国内外设施栽培中普遍存在的问题, 且已成为限制作物生产和农业发展的主要障碍之一。土壤的盐渍化导致甜瓜正常的生理生化活动和生长发育进程受到抑制, 并影响其产量和品质。甜瓜耐盐性研究对提高盐碱地区作物产量和缓解土壤盐渍化危害具有重要意义。近几年, 科研工作者们对黄瓜^[1-2]、番茄^[3]、南瓜^[4-6]、西瓜^[7-8]和甜瓜^[9-10]耐盐性进行了大量研究, 表明植物在不

同的生长阶段耐盐性存在差异, 种子发芽往往对盐胁迫十分敏感。现以 35 个国内外普遍种植的优良甜瓜品种为试材, 在 NaCl 溶液胁迫条件下, 研究了不同浓度梯度 NaCl 胁迫对不同品种甜瓜种子发芽的影响, 以期耐盐新品种的选育提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试 35 个甜瓜品种均由东北农业大学园艺学院黄瓜课题组提供, 详见表 1。

1.2 试验方法

试验于 2012 年 10~12 月在东北农业大学寒地蔬菜育种实验室进行。采用培养皿纸上发芽法, 随机挑选饱满种子 50 粒, 均匀置于垫有滤纸的培养皿中, 分别加入用去离子水配制 NaCl 溶液(9 mL), 设置 0(CK)、50、100、150、200、250 mmol/L 6 个 NaCl 溶液胁迫处理, 每处理 3 次重复。待滤纸吸足水后, 在种子上下各 2 层滤纸, 盖好皿盖称重并记录数值, 置于 $(28 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 的恒温培养箱中, 每天定时观察、补水(称重法)并记录种子发芽数及

第一作者简介:王喜涛(1986-), 男, 硕士研究生, 研究方向为蔬菜遗传育种。E-mail: wangxitaoge@126.com.

责任作者:秦智伟(1957-), 男, 教授, 博士生导师, 现主要从事蔬菜育种的教学与科研工作。E-mail: qzw303@126.com.

基金项目:国家“十二五”科技支撑计划资助项目(2012BAD02B03); 黑龙江省教育厅科研资助项目(1251xnc102)。

收稿日期:2014-01-16

measured, in order to find the appropriate concentration of salt-alkaline stress relief, thus providing basis of regulation to reduce salinity stress. The results showed that, the 20 kinds of melon could be divided into three categories using cluster analysis. ‘Lingtian No. 1’, ‘Haimi No. 4’, ‘Baixiangmi’, ‘Shantian No. 1’ and ‘Jinhui No. 1’ were salt-alkaline tolerance cultivars, ‘Yipin Tianxia No. 108’, ‘Lingtian No. 4’ and ‘Yipin Tianxia No. 208’ were salt-alkaline sensitive cultivars, ‘Qianyu No. 1’, ‘Shantian No. 3’, ‘Xuelian’, ‘Wutaishan No. 3’, ‘Yulu’, ‘Baiyuxiang’, ‘Tianjiao’, ‘Guifeixuemi’, ‘Ruixuexinzaomi’, ‘Zhimami’, ‘Jingtian No. 208’, ‘Lingtian No. 3’ were moderate salt-alkaline tolerance cultivars. When the GABA spraying concentration was 25~50 mmol/L, there was a certain role relief of the melon seedlings growth under salt-alkaline stress, and the 50 mmol/L GABA was the best effect, while the 75 mmol/L GABA did not play an effective alleviating effects.

Key words: salt-alkaline stress; melon; seedlings; tolerance evaluation; γ -aminobutyric(GABA); growth