

网络出版时间:2015-03-12 14:17

DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2015.04.026

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20150312.1417.026.html

萌发期和幼苗期甜瓜品种耐盐碱性评价

徐志然^{1,2},赵九洲^{1,2},胡晓辉^{1,2},张 浩^{1,2},张 丽^{1,2}

(1 西北农林科技大学 园艺学院,陕西 杨凌 712100;2 农业部西北设施园艺工程重点实验室,陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】检测不同甜瓜品种萌发期和幼苗期对盐碱胁迫的响应,筛选出适宜在盐碱土壤种植的甜瓜品种,从而为甜瓜抗逆栽培和抗性育种提供依据。【方法】以 50 mmol/L 的混合盐碱溶液(NaCl 、 Na_2SO_4 、 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 物质的量比为 9 : 1 : 1 : 9, $\text{pH}=10.80$)模拟典型盐碱胁迫环境,萌发期在人工气候箱中用盐碱溶液或蒸馏水(CK)培养不同品种甜瓜种子,7 d 时测定发芽率、发芽指数、活力指数、胚根长、胚根鲜质量、丙二醛含量和脯氨酸含量;对 5 叶 1 心的甜瓜幼苗以盐碱溶液胁迫处理 7 d 后,测定甜瓜幼苗的地上部鲜质量、根鲜质量、主根长、叶面积和叶绿素含量等指标。通过方差、主成分分析对 20 个甜瓜品种萌发期和苗期的耐盐碱性进行综合评定。【结果】盐碱胁迫下,萌发期甜瓜种子发芽率、发芽指数、活力指数、胚根长、胚根鲜质量均明显下降,丙二醛和脯氨酸含量升高;幼苗期地上部鲜质量、根鲜质量、主根长、叶面积和叶绿素含量均呈下降趋势。通过综合评价可知,不同甜瓜品种在不同生育期耐盐碱性存在差异,将 20 个甜瓜品种按耐盐碱性强弱分为 3 大类。【结论】综合不同生育期评价结果,筛选出相对稳定的耐盐碱品种有“凌甜一号”、“白香蜜”、“陕甜一号”和“金辉一号”,相对稳定的盐碱敏感品种有“凌甜四号”与“一品天下 208”,相对稳定的中等耐盐碱品种有“陕甜三号”、“雪莲”、“白玉香”、“贵妃雪蜜”、“瑞雪新早蜜”和“景甜 208”。

【关键词】 甜瓜;盐碱胁迫;萌发期;幼苗期;主成分分析

【中图分类号】 S652

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2015)04-0099-09

Salt-alkaline tolerance of melon (*Cucumis melo* L.) at germinating and seedling stages

XU Zhi-ran^{1,2}, ZHAO Jiu-zhou^{1,2}, HU Xiao-hui^{1,2}, ZHANG Hao^{1,2}, ZHANG Li^{1,2}

(1 College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Key Laboratory of Protected Horticultural Engineering in Northwest, Ministry of Agriculture, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 This study detected the response of different melon cultivars at germination and seedling stages to salt-alkali stress, aiming to provide basis for stress tolerance and resistance breeding. 【Method】 Mixed salt-alkaline solution (molar ratio of NaCl : Na_2SO_4 : NaHCO_3 : Na_2CO_3 = 9 : 1 : 1 : 9, and $\text{pH}=10.80$) with concentration of 50 mmol/L was used to simulate the typical salt-alkaline stress environment. During germination period, seeds of different melon varieties were treated with salt-alkaline solution or distilled water (CK) in climatic chamber for 7 days and germination rate, germination index, vigor index, radicle length, radicle fresh weight, proline content and MDA content were measured. The melon seedlings with five leaves at seedling stage were treated with salt-alkaline solution for 7 days before shoot fresh weight, root fresh weight, taproot length, leaf area, and chlorophyll content were measured. Variance and principal component analysis were used to comprehensive evaluate the salt-alkaline tolerance of 20 mel-

【收稿日期】 2013-11-29

【基金项目】 国家“十二五”科技支撑计划项目(2014BAD14B006, 2011BAD12B03, 2011BAD29B01);国家星火计划项目(2012GA850001-1);西北农林科技大学校级基金项目(QN2013018)

【作者简介】 徐志然(1989—),女(蒙古族),内蒙古赤峰人,在读硕士,主要从事设施园艺研究。E-mail: xuzhiranlove@163.com

【通信作者】 胡晓辉(1977—),女,河北滦县人,副教授,硕士生导师,主要从事设施园艺生理生态研究。E-mail: hxxh1977@163.com

on cultivars at germination and seedling stages.【Result】 Under salt-alkaline stress,germination rate,germination index,vigor index,radicle length and radicle fresh weight significantly decreased,while contents of MDA and proline increased at germination stage. The shoot fresh weight,root fresh weight,root length, leaf area and chlorophyll content decreased at seedling stage. Comprehensive evaluation showed that the salt-alkaline tolerances of melon cultivars at different growth stages were different and the 20 melon cultivars could be divided into three categories.【Conclusion】 Based on the results at different growth stages, Lingtian No. 1,Baixiangmi,Shantian No. 1 and Jinhui No. 1 had stable and strong tolerance against salt-alkaline stress,Lingtian No. 4 and Yipintianxia 208 were steadily salt-alkaline sensitive, and Shantian No. 3, Xuelian,Baiyuxiang,Guifeixuemi,Ruixuexinzaomi and Jingtian 208 had stable medium tolerance.

Key words: melon;salt-alkaline stress;germination stage;seedling stage;principal component analysis

土壤盐碱化是限制植物生长和生产的重要因素。全球现有各种盐渍化土地约 9.54 亿 hm^2 ,约占全球陆地面积的 10%^[1],我国的盐渍土总面积约 $3.6\times 10^7\text{ hm}^2$,并且有 $9.2\times 10^7\text{ hm}^2$ 的耕地正面临盐碱化^[2],这些土地主要分布在西北、华北及东北等粮食主产区,严重影响作物的产量、品质和效益。有些地区土壤由于 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 等碱性盐的存在,导致土壤 pH 值升高,对植物的破坏比 NaCl 、 Na_2SO_4 等中性盐所造成的胁迫更严重^[3-4]。

甜瓜(*Cucumis melo* L.)是我国农业栽培的重要作物之一。根据联合国粮农组织 FAOSTAT 数据库 2009 年的数据得知,世界甜瓜总产量从 1981 年的 958.1 万 t 增长到 2009 年的 2 550.3 万 t,近 30 年间增长了 1.7 倍,年增长率为 3.6%。近 10 年来,中国甜瓜产量约占世界总产量的 50%^[5]。不同甜瓜品种对盐碱胁迫的反应有一定的差异性^[6],随

着植物生育期的延长,其耐盐性逐步提高,进行耐盐性鉴定的时期常常为萌发出苗期^[7]。目前,有关盐胁迫对黄瓜、甜瓜等种子萌发和幼苗生长影响的研究大多集中在 NaCl 胁迫上^[8-9],系统全面地评价甜瓜萌发期和幼苗期耐盐碱性的研究相对较少。鉴定不同甜瓜品种的耐盐碱性,对于有效利用盐渍土地,实现甜瓜优质高产具有重要的现实意义。因此,本试验以不同品质特性的 20 个甜瓜品种为试验材料,利用方差分析法、主成分分析法和综合评价法,对各品种萌发期和幼苗期的耐盐碱性指标进行分析,旨在对供试甜瓜品种的耐盐碱性进行评价,为甜瓜抗逆育种和耐盐碱品种的推广应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验选用的 20 个甜瓜品种详见表 1。

表 1 甜瓜品种资源及其编号

Table 1 Melon cultivars and their codes

编号 Code	品种 Cultivar	性状 Character	编号 Code	品种 Cultivar	性状 Character
C1	一品天下 108 Yipintianxia 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 Yipintianxia 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 试验设计

1.2.1 萌发期试验 在直径为 90 mm 的培养皿内铺 2 层滤纸。将饱满的经过温汤浸种处理且用蒸馏水浸泡 6 h 的甜瓜种子放于盛有 10 mL 50 mmol/L (预试验筛选出的胁迫浓度)盐碱(NaCl 、 Na_2SO_4 、

NaHCO_3 、 Na_2CO_3 物质的量比为 9 : 1 : 1 : 9, $\text{pH}=10.80$)溶液的培养皿中,种子上表面再铺一层相同溶液浸湿的滤纸,以蒸馏水处理的种子为对照,每个品种重复 3 次,每个重复 20 粒种子,然后将培养皿全部置于人工气候培养箱(湿度 60%,温度 27

℃)内催芽。以种子开始露出胚根作为发芽标准。将3个重复中最早发芽之日作为该处理发芽的开始期,以后每天定时记录发芽种子数,记录时间为7 d。在处理第7天,测定胚根长度,并取胚根,用于测定生理指标。

1.2.2 幼苗期试验 选取饱满的甜瓜种子,经过温汤浸种催芽处理后,播种于72穴塑料穴盘中。当甜瓜幼苗生长至2叶1心期时,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。当甜瓜幼苗长至5叶1心期时将培养液更换为1/2剂量山崎甜瓜专用营养液,并开始进行盐碱胁迫处理(所用盐碱溶液同种子萌发期),以正常营养液栽培处理为对照,处理第7天取样进行各项指标的测定。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 种子萌发指标 用发芽率、发芽指数和活力指数评价种子发芽能力,计算方法参照《国际种子检验规程》^[10],具体如下:

(1)发芽率(GR)=(5 d内发芽种子数÷供试种子数)×100%。

(2)发芽指数(GI)= $\sum(Gt/Dt)$,其中 Gt 为在时间 t 内的发芽种子数, Dt 为对应的发芽天数。

(3)活力指数(VI)= $S \times GI$,其中 S 为幼苗长度(cm)。

1.3.2 种子萌发期生理指标 丙二醛(MDA)含量的测定采用硫代巴比妥酸法^[11],脯氨酸(Pro)含量的测定采用磺基水杨酸法^[12]。

1.3.3 幼苗形态指标及生理指标 截取植株地上部分、根部,称其鲜质量;测定根茎结合部分到主根根尖的长度即为主根长;叶面积采用纸样称质量法计算^[13];叶绿素含量采用体积分数80%丙酮浸提法^[12]测定。

1.4 数据统计与分析

盐害系数=[(对照值-处理值)/对照值]×100%。

隶属函数值 $X(j)=(X_j-X_{\min})/(X_{\max}-X_{\min})$ 。式中: $X(j)$ 表示 j 指标的隶属值, X_j 表示 j 指标的测定值, $X_{\max}$ 、 $X_{\min}$ 分别为指标的最大值和最小值^[14]。

$$w_j = p_j / \sum_{j=1}^n p_j, j=1, 2, \dots, n.$$

式中: w_j 表示第 j 个综合指标在所有综合指标中的

重要程度,即权重; p_j 为各甜瓜品种第 j 个综合指标的贡献率。

$$D = \sum_{j=1}^n [u(X_j) \times w_j], j=1, 2, \dots, n.$$

式中: D 为甜瓜各品种在盐碱胁迫条件下用综合指标评价所得的综合耐盐碱评价价值^[15], $u(X_j)$ 表示 j 指标的隶属值。

采用Excel 2007、DPS v7.05软件进行数据处理,用Duncan's多重比较法($P < 0.05$)进行数理统计分析,利用SPSS 20.0软件对数据进行方差分析、主成分分析和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 不同甜瓜品种种子萌发期耐盐性的比较

2.1.1 盐碱胁迫对甜瓜萌发期的影响 由图1可以知,盐碱胁迫处理下,甜瓜发芽率、发芽指数、活力指数、胚根长和胚根鲜质量(RFW)5个指标均低于对照(CK),其盐害系数为正;其中不同甜瓜品种间GR、GI的盐害系数差异相对较大,分别以C20与C10、C3与C7间的差异最大;RFW的盐害系数差异也较为明显,其中以C20与C17间差异最大;VI、RL的盐害系数差异不明显。盐碱胁迫处理下,甜瓜芽苗丙二醛和脯氨酸含量均高于CK,其盐害系数为负,其中不同甜瓜品种间MDA的盐害系数差异相对较大,以C20与C15间的差异最大;而Pro的盐害系数差异相对较小,只有C7与C20间差异显著。

2.1.2 盐碱胁迫下甜瓜种子萌发期各指标的主成分分析 利用SPSS 20.0软件对甜瓜种子萌发期的发芽率、发芽指数、活力指数、胚根长(RL)和胚根鲜质量以及丙二醛、脯氨酸含量7个单项指标的盐害系数进行主成分分析,将7个单项指标转化成3个新的相互独立的综合指标 CI_1 、 CI_2 和 CI_3 ,其贡献率分别为46.279%,20.664%和16.151%(表2),累积贡献率达83.094%,几乎反映了全部信息,根据贡献率的大小可知各主成分的相对重要性。

2.1.3 甜瓜品种萌发期耐盐碱性的综合评价 (1)隶属函数分析和权重确定。由表3可知,对于同一综合指标 CI_1 而言,在盐碱胁迫下,C7的隶属函数值($u(X_1)$)最大,为1.000,说明C7在 CI_1 这一综合指标上表现为对盐碱最敏感;C20的 $u(X_1)$ 最小,说明C20在 CI_1 这一综合指标上表现为对盐碱不敏感,即最耐盐碱。根据 CI_1 、 CI_2 和 CI_3 3个综合指标贡献率的大小求出其权重分别为0.557,0.249和

0.194(表 3)。

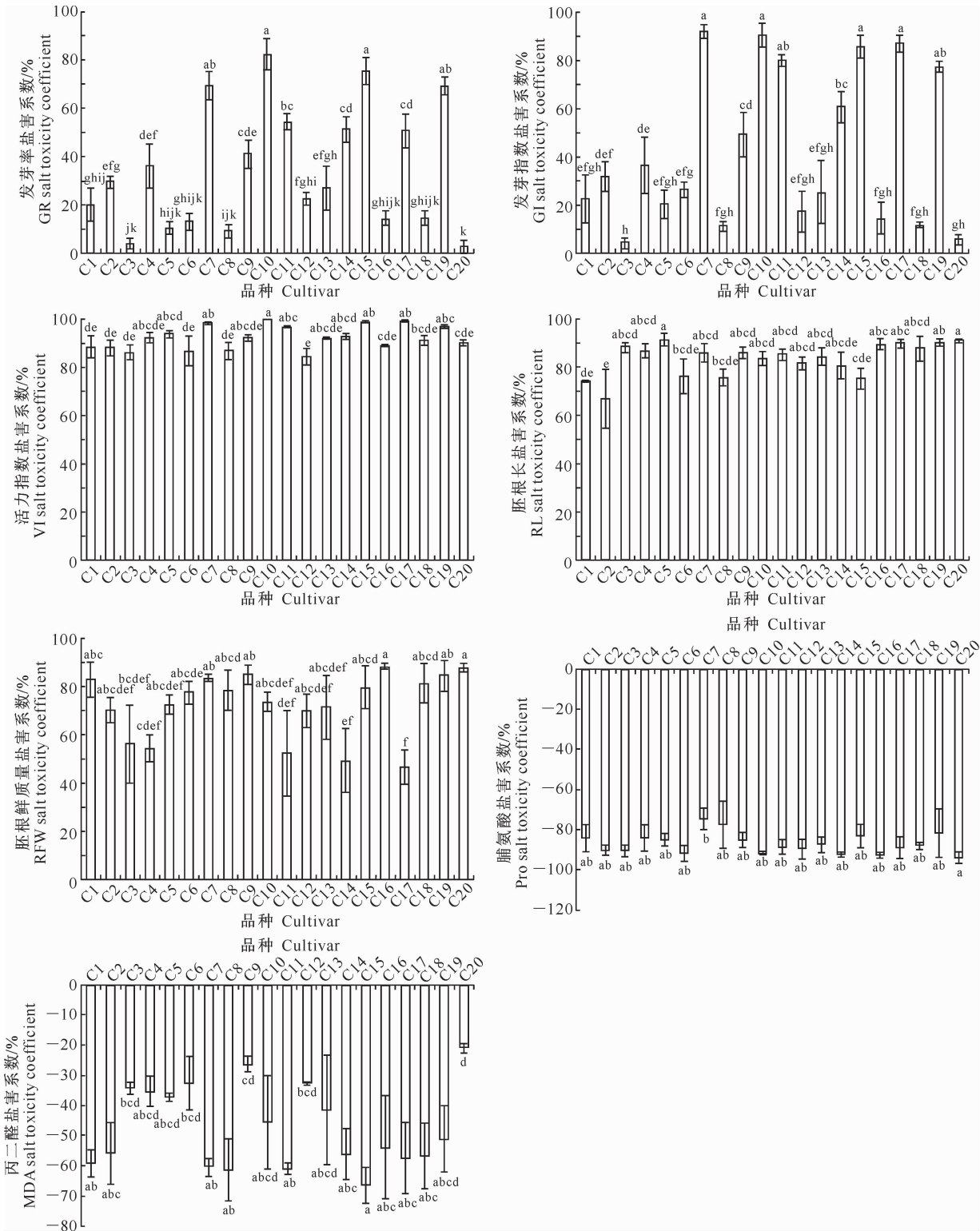


图 1 盐碱胁迫下萌发期各甜瓜品种相关指标的盐害系数
不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平上差异显著。下同

Fig. 1 Salt toxicity coefficients of different indexes of melon at germinating stage under salt-alkaline stress
Different lowercase letters indicate significant difference at $P < 0.05$. The same below

表 2 甜瓜种子萌发各综合指标的系数和贡献率

Table 2 Correlation and contribution of each comprehensive index of melon

综合指标 Comprehensive index	GR	GI	VI	RL	RFW	MDA	Pro	贡献率/% Contribution
CI ₁	0.290	0.297	0.280	0.005	−0.057	0.191	−0.136	46.279
CI ₂	0.047	0.094	0.201	0.525	−0.314	−0.359	0.370	20.664
CI ₃	−0.012	−0.045	0.148	0.468	0.652	−0.233	−0.403	16.151

(2)综合评价。计算出各甜瓜品种的综合评价
值(*D*),综合评价其耐盐碱能力,通过 *D* 值可对不同
甜瓜品种的耐盐碱特性强弱进行排序。由表 3 可
知,C7 的 *D* 值最大,表明其对盐碱敏感性最强,极
不耐盐碱;C6 的 *D* 值较小,表明其对盐碱不敏感,
耐盐碱性较强。因此可将 20 个甜瓜品种划分为 3

类:C7、C10、C11、C15、C17、C19 对盐碱敏感性较
强,耐盐碱能力弱;C1、C2、C3、C6、C8、C12、C16、
C20 对盐碱敏感性较差,耐盐碱能力强;其余 6 个品
种 C4、C5、C9、C13、C14、C18 对盐碱敏感性中等,耐
盐碱能力中等。

表 3 各甜瓜品种萌发期的综合指标值、权重、隶属函数值($u(X_j)$)、和综合评价值(*D*)

Table 3 Comprehensive index value,weight,subordinate function value ($u(X_j)$) and comprehensive
evaluation value (*D*) of each melon variety at germination stage

品种 Cultivar	CI ₁	CI ₂	CI ₃	$u(X_1)$	$u(X_2)$	$u(X_3)$	<i>D</i>	综合评价 Comprehensive evaluation
C1	−0.710	−2.120	−0.210	0.338	0.094	0.425	0.295	耐性 Strong
C2	−0.674	−1.806	−1.903	0.345	0.149	0.132	0.255	耐性 Strong
C3	−2.355	1.135	−0.674	0.054	0.658	0.345	0.260	耐性 Strong
C4	−0.076	0.934	−0.218	0.448	0.623	0.424	0.487	中度耐性 Medium
C5	−0.875	0.830	1.057	0.310	0.605	0.644	0.448	中度耐性 Medium
C6	−1.994	−0.357	−0.571	0.116	0.400	0.363	0.235	耐性 Strong
C7	3.113	−1.041	1.705	1.000	0.281	0.756	0.774	敏感 Sensitive
C8	−0.887	−2.679	0.157	0.308	−0.002	0.488	0.266	耐性 Strong
C9	−0.334	0.407	1.367	0.403	0.532	0.698	0.493	中度耐性 Medium
C10	2.348	1.105	−0.138	0.868	0.653	0.437	0.730	敏感 Sensitive
C11	1.996	0.867	−1.197	0.807	0.611	0.254	0.651	敏感 Sensitive
C12	−2.012	0.050	−0.429	0.113	0.470	0.387	0.255	耐性 Strong
C13	−0.650	0.254	0.129	0.349	0.505	0.484	0.414	中度耐性 Medium
C14	0.888	0.704	−2.058	0.615	0.583	0.105	0.508	中度耐性 Medium
C15	2.936	−1.400	−0.126	0.969	0.219	0.439	0.680	敏感 Sensitive
C16	−1.469	0.073	0.649	0.207	0.474	0.574	0.345	耐性 Strong
C17	2.241	1.751	−1.066	0.849	0.764	0.277	0.717	敏感 Sensitive
C18	−0.927	−0.283	0.580	0.301	0.412	0.562	0.379	中度耐性 Medium
C19	2.105	0.123	1.657	0.826	0.482	0.748	0.725	敏感 Sensitive
C20	−2.666	1.454	1.289	0	0.713	0.684	0.310	耐性 Strong
权重 Weight	0.557	0.249	0.194					

2.2 不同甜瓜品种幼苗期耐盐性的比较

2.2.1 盐碱胁迫对幼苗期甜瓜的影响 各甜瓜品
种幼苗期地上部鲜质量(SFW)、根部鲜质量
(RFW)、主根长(TL)、叶面积(LA)和叶绿素总量
(Chl)的盐害系数变化规律如图 4 所示。由图 4 可
知,盐碱胁迫处理下,SFW、RFW、TL、LA 和 Chl 5
个指标均低于 CK,其盐害系数为正;不同甜瓜品种
间 SFW、RFW、TL、LA、Chl 盐害系数存在一定差
异,极小值和极大值分别出现在 C3 和 C7、C3 和
C1、C20 和 C7、C3 和 C7、C3 和 C15 上。

2.2.2 盐碱胁迫下幼苗期甜瓜各指标的主成分分

析 利用 SPSS 20.0 软件对幼苗期甜瓜的 SFW、
RFW、TL、LA 和 Chl 5 个单项指标的盐害系数进行
主成分分析,将 5 个单项指标转化成 4 个新的相互
独立的综合指标 CI₁、CI₂、CI₃ 和 CI₄,其贡献率分
别为 73.083%,11.218%,7.562%和 4.330%(表 4),
累积贡献率达 96.193%,几乎反映了全部信息,根
据贡献率的大小可知各主成分的相对重要性。

2.2.3 幼苗期甜瓜品种耐盐碱性的综合评价 (1)
隶属函数分析和权重确定。由表 5 可知,每个品种
所有综合指标的隶属函数值不尽相同。对于同一综
合指标 CI₁ 而言,在盐碱胁迫下,C7 的 $u(X_1)$ 值最

大,为 1.000,说明 C7 在 CI_1 这一综合指标上表现为对盐碱最敏感;C20 的 $u(X_1)$ 值最小,说明 C20 在 CI_1 这一综合指标上表现为对盐碱不敏感,即最耐

盐碱。根据 CI_1 、 CI_2 、 CI_3 和 CI_4 4 个综合指标贡献率的大小求出其权重分别为 0.760,0.117,0.079 和 0.045(表 5)。

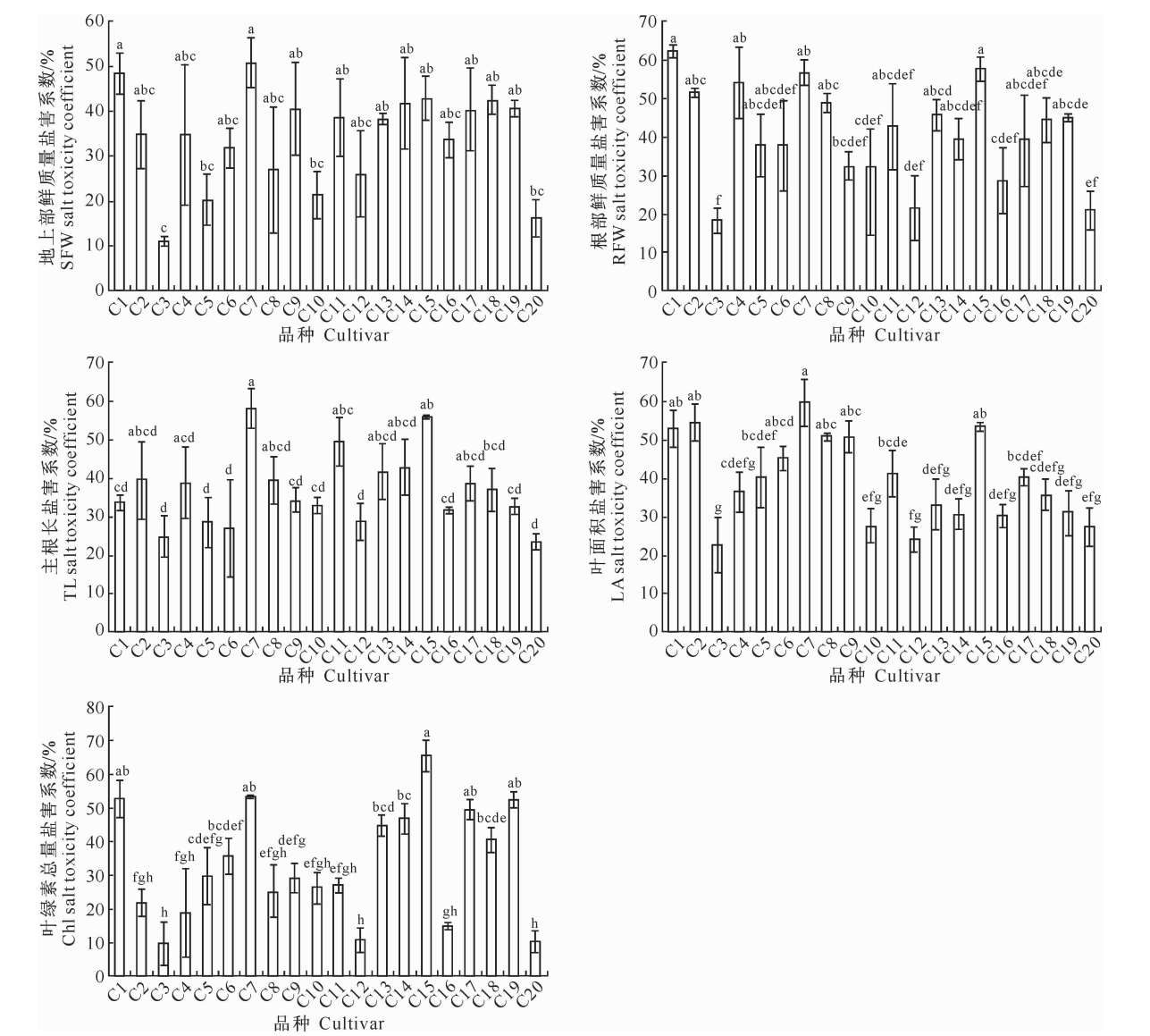


图 2 盐碱胁迫下各甜瓜品种地上部鲜质量、根部鲜质量、主根长、叶面积和叶绿素总量的盐害系数
Fig. 2 Salt toxicity coefficients of shoot fresh weight, root fresh weight, leaf area, taproot length and chlorophyll content of melon at seedling stage under salt-alkaline stress

表 4 幼苗期甜瓜各综合指标的系数和贡献率

综合指标 Comprehensive index	SFW	RFW	TL	LA	Chl	贡献率/% Contribution
CI_1	0.467	0.477	0.438	0.416	0.437	73.083
CI_2	−0.319	0.210	−0.028	0.734	−0.562	11.218
CI_3	−0.095	−0.192	0.881	−0.227	−0.356	7.562
CI_4	−0.793	0.001	0.174	0.102	0.575	4.330

(2)综合评价。计算出各甜瓜品种的 D 值,综合评价其耐盐碱能力,通过 D 值可对不同甜瓜品种的耐盐碱特性进行强弱排序。由表 5 可知,C7 的 D

值最大,表明其对盐碱敏感性最强,极不耐盐碱;C3 的 D 值最小,表明其对盐碱不敏感,耐盐碱性最强。因此可将 20 个甜瓜品种划分为 3 类:C1、C2、C7、

C15 对盐碱敏感性较强,耐盐碱能力弱;C3、C10、C12、C16、C20 对盐碱敏感性较差,耐盐碱能力强;其余 11 个品种 C4、C5、C6、C8、C9、C11、C13、C14、C17、C18、C19 对盐碱敏感性中等,耐盐碱能力中等。

表 5 各甜瓜品种幼苗期的综合指标值、权重、隶属函数值 $u(X_j)$ 和综合评价值 (D)

Table 5 Comprehensive index value, weight, subordinate function value $u(X_j)$ and comprehensive evaluation value (D) of each melon variety at seedling stage

品种 Cultivar	CI ₁	CI ₂	CI ₃	CI ₄	$u(X_1)$	$u(X_2)$	$u(X_3)$	$u(X_4)$	D	综合评价 Comprehensive evaluation
C1	2.357	0.173	−1.479	−0.331	0.494	0	0.474	0.461	0.697	敏感 Sensitive
C2	0.841	1.557	0.001	−0.271	0.326	0.269	0	0.396	0.642	敏感 Sensitive
C3	−3.732	0.056	0.257	0.526	0.038	0.804	0.562	0.151	0.140	耐性 Strong
C4	0.147	0.508	0.333	−0.560	0.410	0.628	0.341	0.414	0.531	中度耐性 Medium
C5	−1.192	0.571	−0.578	0.766	0.308	0.648	0.827	0.219	0.403	中度耐性 Medium
C6	−0.388	0.351	−1.057	0.122	0.267	0.487	0.433	0.438	0.447	中度耐性 Medium
C7	3.682	0.341	0.777	0.023	1.000	0.418	1.000	0.250	0.914	敏感 Sensitive
C8	0.338	1.388	0.121	0.417	0.333	0.234	0.445	0.229	0.604	中度耐性 Medium
C9	0.160	0.584	−0.340	−0.568	0.383	0.728	0.565	0.771	0.515	中度耐性 Medium
C10	−1.888	−0.351	0.317	0.540	0.782	0.901	0.280	1.000	0.315	耐性 Strong
C11	0.773	0.194	1.241	−0.302	0.708	0.776	0.364	0.176	0.615	中度耐性 Medium
C12	−2.673	−0.293	0.369	−0.471	0.090	0.675	0.232	0.628	0.213	耐性 Strong
C13	0.669	−0.871	0.208	0.122	0.386	0.454	0.457	0.617	0.542	中度耐性 Medium
C14	0.609	−1.320	0.404	−0.073	0.543	0.678	0.000	0.140	0.519	中度耐性 Medium
C15	3.341	−0.213	0.469	0.970	0.916	0.365	0.285	0.665	0.872	敏感 Sensitive
C16	−1.572	−0.147	0.278	−0.818	0.277	0.458	0.605	0.500	0.320	耐性 Strong
C17	0.777	−0.724	−0.252	0.131	0.850	1.000	0.413	0.000	0.546	中度耐性 Medium
C18	0.579	−0.694	−0.211	−0.420	0.363	0.431	0.653	0.415	0.514	中度耐性 Medium
C19	0.445	−1.341	−0.788	0.024	0.751	0.559	0.587	0.970	0.469	中度耐性 Medium
C20	−3.273	0.230	−0.069	0.172	0	0.816	0.717	0.756	0.176	耐性 Strong
权重 Weight	0.760	0.117	0.079	0.045						

3 讨 论

研究表明,与一般的盐胁迫相比,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^[16-17]。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^[18-19],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,本试验以混合盐碱液模拟典型盐碱胁迫环境,相对单一成分的盐或碱而言,更能真实地反映田间实际盐碱胁迫情况,以筛选出适宜在盐碱土壤种植的甜瓜品种,从而为甜瓜抗逆栽培和抗性育种提供依据。

3.1 种子萌发期耐盐碱甜瓜品种资源的筛选

大多研究单纯利用萌发指标作为评价甜瓜种子耐盐性的指标。胡克玲等^[6]认为,甜瓜种子的发芽率、发芽势、发芽指数、芽长、芽鲜质量等 5 个指标的综合隶属函数值可作为其耐盐性的评价指标。朱春燕等^[9]通过相关性分析与主成分分析,将发芽势、发芽率、发芽指数这 3 个指标作为甜瓜耐盐性品种鉴定的重要指标,其次是发芽受损率和平均发芽天

数。鲁乃增等^[19]研究表明,随着盐溶液浓度的升高,各甜瓜品种的发芽势和发芽率均总体呈下降趋势,幼根生长受到明显抑制,幼苗生长、活力指数和干物质积累均出现下降趋势。而本试验不仅研究了萌发指标,还测量了甜瓜种子的丙二醛和脯氨酸含量,结果表明,盐碱胁迫抑制了所有甜瓜品种的发芽率、发芽指数、活力指数、胚根长和胚根鲜质量,使处理组的指标明显低于对照组,盐害系数为正;而脯氨酸和丙二醛含量等指标的盐害系数为负值,表明在盐碱胁迫环境下,处理组的上述指标均高于对照组。这是由于在种子萌发的开始阶段,由盐分造成的渗透胁迫诱导种子休眠,使种子代谢活动减缓,种子发芽时间延迟,平均发芽速度降低,发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数也降低^[20-21],在盐碱胁迫过程中,丙二醛作为膜脂氧化的主要产物其含量升高;而脯氨酸的积累可以起到保护膜与酶结构完整的作用^[22],使细胞免受氧化作用破坏。通过综合评价值 (D) ,对不同甜瓜品种萌发期耐盐碱性进行评价,得出萌发期耐盐碱的品种有“一品天下 108”、“千玉一号”、“凌甜一号”、“五台山三号”、“玉露”、“白香蜜”、

“陕甜一号”和“金辉一号”,盐碱敏感的品种有“凌甜四号”、“海蜜四号”、“天娇”、“一品天下 208”、“芝麻蜜”和“凌甜三号”,中等耐盐碱的品种有“陕甜三号”、“雪莲”、“白玉香”、“贵妃雪蜜”、“瑞雪新早蜜”和“景甜 208”。

3.2 幼苗期耐盐碱甜瓜品种资源的筛选

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^[21];同时盐分胁迫还降低了细胞分裂和延伸的速率,并缩短了细胞延伸的时间,造成叶面积增长速率降低,总叶面积降低^[23]。通过综合评价值(*D*),对幼苗期不同甜瓜品种进行耐盐碱性评价,得出幼苗期耐盐碱的品种有“凌甜一号”、“海蜜四号”、“白香蜜”、“陕甜一号”和“金辉一号”,对盐碱敏感的品种有“一品天下 108”、“千玉一号”、“凌甜四号”和“一品天下 208”,中等耐盐碱品种有“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”。

4 结 论

综上所述,通过综合评价值对不同甜瓜品种萌发期和幼苗期的耐盐碱性进行评价,并综合分析,将 20 个甜瓜品种按耐盐碱性强弱分为 3 大类,萌发期和幼苗期不同甜瓜品种的耐盐碱性存在差异。综合不同生育期的评价结果,筛选出相对稳定的耐盐碱品种有“凌甜一号”、“白香蜜”、“陕甜一号”和“金辉一号”,相对稳定的盐碱敏感品种有“凌甜四号”和“一品天下 208”,相对稳定的中等耐盐碱品种有“陕甜三号”、“雪莲”、“白玉香”、“贵妃雪蜜”、“瑞雪新早蜜”和“景甜 208”。

[参考文献]

[1] 佟海英,马晶晶,原海燕,等. NaCl 和 Na₂CO₃ 胁迫对 5 种鸢尾属植物生长的影响 [J]. 江苏农业科学,2012,40(11):144-149.
Tong H Y, Ma J J, Yuan H Y, et al. The effects of NaCl and Na₂CO₃ stress on the growth of five Iris plants [J]. Journal of Jiangsu Agricultural Sciences, 2012, 40(11): 144-149. (in Chinese)

[2] 张会慧,张秀丽,李 鑫,等. NaCl 和 Na₂CO₃ 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.
Zhang H H, Zhang X L, Li X, et al. Effects of NaCl and Na₂CO₃ stresses on the growth and photosynthesis characteristics of Morus alba seedlings [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2012, 23(3): 625-631. (in Chinese)

[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.
Wei G Q, Zhu Z J, Fang X Z, et al. The effects of NaCl stress on plant growth, chlorophyll fluorescence characteristics and active oxygen metabolism in seedlings of two cucumber cultivars [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2004, 37(11): 1754-1759. (in Chinese)

[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.
Guo W, Wang Q X. Effects of seed soaking with humic acid on wheat seedlings antioxidant system under salt-alkali stress [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(10): 2539-2545. (in Chinese)

[5] 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.
Song H B, Cui X B, Ma H Y, et al. Construction of DNA fingerprint database based on SSR marker for varieties (lines) of *cucumis melo* L [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2012, 45(13): 2676-2689. (in Chinese)

[6] 胡克玲,汪季涛,陈友根,等. 甜瓜萌芽期耐盐性筛选 [J]. 热带作物学报, 2013, 34(2): 228-231.
Hu K L, Wang J T, Chen Y G, et al. Selection of salt tolerance in melon (*Cucumis melo* L.) at germination stage [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2013, 34(2): 228-231. (in Chinese)

[7] 王俊娟,王德龙,樊伟莉,等. 陆地棉萌发至三叶期不同生育阶段耐盐特性 [J]. 生态学报, 2011, 31(13): 3720-3727.
Wang J J, Wang D L, Fan W L, et al. The characters of salt-tolerance at different growth stages in cotton [J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(13): 3720-3727. (in Chinese)

[8] 黄韞宇,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, 46(8): 1646-1656.
Huang Y Y, Zhang H J, Xing Y X, et al. Effects of NaCl stress on seed germination and DNA methylation status detected by MSAP analysis in cucumber [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2013, 46(8): 1646-1656. (in Chinese)

[9] 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.
Zhu C Y, Huang D F, Cai B S, et al. Salt tolerance and indicators assessment of melon germplasms in germination stage [J]. Journal of Shanghai Jiaotong University: Agricultural Science, 2010, 28(6): 504-508. (in Chinese)

[10] ISTA. International rules for seed testing [M]. 2003 edition. CH-Switzerland: ISTA, 2003.

[11] 赵世杰,史国安,董新纯. 植物生理实验技术 [J]. 北京: 中国农业科学与技术出版社, 2002: 55-143.
Zhao S J, Shi G A, Dong X C. Laboratory guide for plant physiology [J]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2002: 55-143. (in Chinese)

- [12] 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.
- Li H S. Principles and techniques of plant physiological and biochemical experiment [M]. Beijing: Higher Education Press,2000. (in Chinese)
- [13] 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.
- Yuan C M,Luo W H,Zhang S F,et al. Simulation of leaf area and photosynthetic production of greenhouse muskmelon [J]. Journal of Nanjing Agricultural University,2006,29(1):7-12. (in Chinese)
- [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.
- Zhou G S,Mei F Z,Zhou Z Q,et al. Comprehensive evaluation and forecast on physiological indices of water-logging resistance of different wheat varieties [J]. Scientia Agricultura Sinica,2003,36(11):1378-1382. (in Chinese)
- [15] 程建权. 城市系统工程 [M]. 武汉:武汉测绘科技大学出版社,1999.
- Cheng J Q. City systems engineering [M]. Wuhan: Wuhan University Press,1999. (in Chinese)
- [16] Hu X H,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,2012,57:200-209.
- [17] 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.
- Qi D L,Zhang S Y,Cao G L,et al. Studies on screening methods for alkaline tolerance at germination period and early seedling stage in rice [J]. Journal of Plant Genetic Resources,2006,7(1):74-80. (in Chinese)
- [18] 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.
- Zhao Y Y,Hu X H,Zou Z R,et al. Effects of seed soaking with different concentrations of 5-aminolevulinic acid on the germination of tomato (*Solanumly copersicum*) seeds under NaCl stress [J]. Acta Ecologica Sinica,2013,33(1):62-70. (in Chinese)
- [19] 鲁乃增,周礼彬,轩正英,等. NaCl 胁迫对甜瓜种子萌发和幼苗生长的影响 [J]. 河北农业科学,2011,15(11):17-20.
- Lu N Z,Zhou L B,Xuan Z Y,et al. Effects of NaCl stress on seed germination and seedling growth of melon [J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences,2011,15(11):17-20. (in Chinese)
- [20] RubioCasal A E,Castillo J M,Luque C J,et al. Influence of salinity on germination and seeds viability of two primary colonizers of Mediterranean salt pans [J]. Journal of Arid Environments,2003,53:145-154.
- [21] 刘建新,王金成,王鑫,等. 外源 NO 对 NaHCO₃ 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.
- Liu J X,Wang J C,Wang X,et al. Regulation of exogenous nitric oxide on photosynthetic physiological response of *Lolium perenne* seedlings under NaHCO₃ stress [J]. Acta Ecologica Sinica,2012,32(11):3460-3466. (in Chinese)
- [22] Dkhil B B,Denden M. Salt stress induced changes in germination, sugars, starch and enzyme of carbohydrate metabolism in *Abelmos chusesculentus* L. (Moench.) seeds [J]. African Journal of Agricultural Research,2010,5:1412-1418.
- [23] 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.