

玉米耐盐性的鉴定评价

柳斌辉 张文英 栗雨勤

(河北省农林科学院 旱作农业研究所 河北 衡水 053000)

摘要: 对 14 个玉米品种的芽期、苗期、全生育期进行耐盐性鉴定,将穗长、穗粗、行粒数、穗行数、秃尖长、百粒质量等性状的 T/CK 与全生育期耐盐指数(STI)进行相关分析。结果表明,STI 与穗长、穗粗、行粒数、百粒质量的 T/CK 呈正相关,且达显著或极显著水平;STI 与秃尖长呈负相关,达到极显著水平。M14(蠡玉 37)在 3 个时期均表现出较高的耐盐性,而且具有良好的生产潜力,在全盐量 0.15%~0.25% 的盐渍化土壤上具有一定的推广利用价值;M2(浚单 20)、M4(京单 28)、M9(锐步 1 号)在芽期耐盐性较差,但苗期和全生育期有较高的耐盐性,因此,在保证发芽的条件下,有一定的推广应用价值。

关键词: 玉米;耐盐性;鉴定评价

中图分类号: S513.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2012)增刊-0101-05

Identification and Evaluation for Salt Tolerance in Maize

LIU Bin-hui ZHANG Wen-ying LI Yu-qin

(Institute of Dryland Farming, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Hengshui 053000, China)

Abstract: 14 maize cultivars were identified for salt tolerance at the stages of germination, seedling and for whole growth period. The correlation relationships between the index of salt tolerance of yield(STI) and the T/CK of some agronomic traits such as ear length, ear diameter, rows per ear, row grains, barren tip length and 100-seed weight were determined by correlation analysis. The results of this study showed that the T/CK of ear length, ear diameter, row grains and 100-seed weight showed a significantly positive correlation relationship with the STI; however, and the T/CK of barren tip length showed a significantly negative correlation relationship with the STI. M14 appeared in high salt tolerance in all three periods, better agronomic characters and application and extension value in the field with 0.15%~0.25% salinity. The cultivars of M2, M4 and M9 appeared in high salt tolerance at the stage of seedling and in the whole growth period and have certain application value under the condition of the sprout.

Key words: Maize; Salt tolerance; Evaluation

盐碱地约占地球陆地面积的 25%,全世界有 0.2~0.3 亿 hm^2 的海岸湿地和红树林盐滩,另外还存在人为原因造成的次生盐碱化土地约 40 亿 hm^2 ^[1]。在我国 0.67 亿 hm^2 耕地中就有 10% 为盐渍化土壤,干旱及不合理耕作等因素导致了耕地次生盐渍化的日益加重,土壤盐渍化已成为限制农作物产量进一步提高的重要环境因子之一^[2]。作物耐盐性(Salt tolerance)是指作物在盐胁迫环境中通过一些生理途径降低或抵消盐分的伤害,维持基本生长的能力。不同的作物具有不同的耐盐性,同一作物的不同品种间存在耐盐性的差异^[3-5]。玉米耐盐性鉴定

(Identification for salt tolerance) 是玉米种质资源鉴定评价、耐盐品种选育以及耐盐机理研究的基础性研究,通过耐盐性鉴定可以筛选出供玉米耐盐育种的种质资源或直接用于玉米生产的新品种。

为了丰富我国玉米耐盐品种的遗传多样性,选育耐盐性强、丰产性能好的玉米品种,本试验对从国内征集的玉米杂交种进行芽期、苗期和全生育期综合耐盐性鉴定评价,筛选出适合我国盐渍地地区种植的玉米耐盐品种,同时为我国玉米耐盐鉴定、耐盐育种和耐盐机理等研究提供理论依据。

收稿日期: 2012-09-20

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2009BADA3B01)

作者简介: 柳斌辉(1981-),男,河北元氏人,硕士,主要从事植物抗逆生理及抗旱鉴定研究。

通讯作者: 栗雨勤(1951-),男,河北武邑人,研究员,主要从事作物抗旱遗传育种研究。

1 材料和方法

1.1 材料

14 份玉米品种由中国农科院作物科学研究所征集。对照品种为适应性强、种植面积大的玉米主栽品种郑单 958 和先玉 335(表 1)。

表 1 参试玉米品种

Tab.1 Cultivars of maize

编号 No.	品种 Cultivars	编号 No.	品种 Cultivars
M1	农华 101 NH101	M8(CK1)	郑单 958 ZD958
M2	浚单 20 XD20	M9	锐步 1 号 RB1
M3	屯玉 60 TY60	M10	秀青 74-9 XQ74-9
M4	京单 28 JD28	M11(CK2)	先玉 335 XY335
M5	中单 909 ZD909	M12	石玉 9 号 SY9
M6	良玉 99 LY99	M13	邯丰 79 HF79
M7	登海 662 DH662	M14	鑫玉 37 LY37

1.2 方法

1.2.1 芽期耐盐性鉴定 试验种子质量应符合 GB 4404.1-2008《粮食作物种子 第一部分:禾谷类》,数量满足试验需要,禁止包衣或拌种。30~35℃烘干 10 h,冷却至室温待测。试验设 1 个对照和 1 个处理,重复 4 次,每次重复用种 50 粒。将准备好的种子均匀放在长×宽×高=12 cm×12 cm×6 cm 的发芽皿中的双层滤纸上,处理组每个培养皿中加入 154 mmol/L 的分析纯 NaCl (0.9%) 溶液 20 mL,对照组每个发芽皿中加入去离子水 20 mL,加盖以防止水分蒸发,将发芽皿放入培养箱中,在(25±1)℃条件下培养,采用光照强度为 750~1 250 lx,第 2,4,6,8 天调查处理组和对照组的发芽情况,根据下列公式计算种子萌发耐盐指数,并分级(表 2)。

种子萌发耐盐指数按式(1)计算:

$$GSTI = \frac{PI_s}{PI_c} \times 100\% \quad (1)$$

$$PI = 1.00nd2 + 0.75 \times nd4 + 0.50 \times nd6 + 0.25 \times nd8 \quad (2)$$

$$PI_c = 1.00 \times nd2_{CK} + 0.75 \times nd4_{CK} + 0.50 \times nd6_{CK} + 0.25 \times nd8_{CK} \quad (3)$$

$$PI_s = 1.00 \times nd2_s + 0.75 \times nd4_s + 0.50 \times nd6_s + 0.25 \times nd8_s \quad (4)$$

式中:PI 为种子萌发指数,nd2、nd4、nd6 和 nd8 分别为第 2、4、6、8 天时的种子萌发率;PI_s为胁迫条件下种子萌发指数;PI_c为对照种子萌发指数;GSTI 为种子萌发耐盐指数。

1.2.2 苗期耐盐性鉴定 苗期耐盐性鉴定在防雨棚内进行,在日平均气温为(25±5)℃的条件下进行盐胁迫试验。采用盆栽盐胁迫法,在长 100 cm、宽 60 cm、高 15 cm 的塑料箱中装入 10 cm 厚、干质量相等的中等肥力水平的耕层土壤土(测定土壤含盐量、含水量),灌水至田间持水量的(85±5)% (测定水的含盐量),保证塑料箱中土壤含水量一致,播种、覆土 2 cm。幼苗长至三叶一心时,开始进行盐胁迫。按土壤干质量的 0.3% 计算所需分析纯 NaCl 的质量,溶解在纯净水中(含盐量可忽略不计),均匀灌水至田间持水量的(85±5)%。盐处理后及时补充所蒸发的水分,使土壤含水量保持不变。盐胁迫处理 15 d 后,调查幼苗生长情况。根据生长情况将苗情分为 6 类(0、1、2、3、4 和 5),0 类生长正常,无受害症状;1 类生长基本正常,植株心叶萎蔫或卷曲;2 类少数(1/4)功能叶萎蔫或叶缘卷曲,叶色变黄;3 类大约 1/3 叶片萎蔫或叶缘卷曲,叶尖、叶缘焦枯;4 类严重受害,近 1/2 叶枯、叶落;5 类整个植株枯死或接近死亡。按下列公式计算盐害指数,并确定各材料的耐盐等级(表 2)。

幼苗盐害指数按式(5)计算:

$$SHI = \frac{\sum C_i N_i}{5 \times N_i} \times 100\% \quad (5)$$

式中:SHI 为盐害指数;C_i为苗类;N_i为每类苗株数;5 为最高苗类;N_i为检验样本总株数。

表 2 小麦芽期和苗期耐盐性分级标准

Tab.2 Grade standard of salt tolerance on germination stage and seedling stage in maize

级别 Grade	耐盐性 Salt tolerance	种子萌发耐盐指数/% Salt-tolerant index of seeds germination	苗期盐害指数/% Salt injury index of seedlings
1	高耐	≥70.0	<20.0
2	耐盐	60.0~69.9	20.0~39.9
3	中耐	50.0~59.9	40.0~59.9
4	敏感	40.0~49.9	60.0~79.9
5	高感	≤39.9	≥80.0

1.2.3 全生育期耐盐性鉴定 试验在河北省农林科学院旱作节水农业试验站防雨棚进行。试验设 1 个盐胁迫处理,对土壤盐分进行监测,0~20 cm 土

壤全盐量保持在 0.2%~0.25%,0~50 cm 土层保持土壤含水量为田间持水量的(80±5)%;对照 0~20 cm 土壤含盐量为 0.07%~0.1%,保持土壤含水

量为田间持水量(80 ± 5)%。试验采用随机区组法 3 次重复 行长 2.20 m 行距 0.30 m 株距 0.50 m, 小区面积: 3.3 m²。成熟后调查株高、穗位、穗长、穗粗、穗行数、行粒数、秃尖长、百粒质量等主要产量相关指标,测定籽粒产量(折合 14% 含水量),计算耐盐指数(本试验中对照品种产量为对照品种郑单 958 与先玉 335 产量的平均值),并确定各材料的耐盐等级(表 3)。

耐盐指数按公式(6)计算:

$$STI = \frac{(Y_s)^2}{Y_{CK}} \times \frac{Y_{CK}}{(Y_s)^2} \dots\dots\dots (6)$$

式中: STI 为参试品种(系)的耐盐指数; Y_s 为参试品种(系)的盐胁迫产量; Y_{CK} 为参试品种(系)的非胁迫产量; Y_{CK} 为对照品种(系)的非胁迫产量; Y_s 为对照品种(系)的盐胁迫产量。

玉米全生育期耐盐性评价标准应符合表 3。

表 3 玉米全生育期耐盐性分级标准

Tab. 3 Grade standard of salt tolerance in maize growth duration

级别 Grade	耐盐指数 Salt-tolerant index	耐盐性 Salt tolerance
1	≥1.20	高耐
2	1.00 ~ 1.19	耐盐
3	0.80 ~ 0.99	中耐
4	0.60 ~ 0.79	敏感
5	≤0.59	高感

2 结果与分析

2.1 芽期耐盐性鉴定结果

芽期是玉米生长发育的开始,玉米芽期对盐胁迫

的忍耐程度反映的是在盐胁迫条件下种子吸水膨胀、萌动生根的综合能力,与小麦相似^[6-7]。根据每个材料在正常条件和盐胁迫条件下的发芽情况,计算种子萌发耐盐指数并分级记录(表 4),从表 4 中各材料的种子萌发耐盐指数和分级结果可以看出,不同材料在 154 mmol/L 盐胁迫条件下的种子萌发耐盐指数不同。参试的 14 个材料中, M8、M14 萌发耐盐指数大于 70%,耐盐级别为 1 级,为高耐盐品种,占材料总数的 14%; M5、M10、M11、M12 萌发耐盐指数为 60% ~ 70%,耐盐级别为 2 级,为耐盐品种,占材料总数的 29%; M2、M3、M7、M13 萌发耐盐指数为 60% ~ 70%,耐盐等级为 3 级,为中等耐盐品种,占材料总数的 29%; M1、M4、M6、M9 萌发耐盐指数为 60% ~ 70%,耐盐等级为 4 级,为盐敏感品种,占材料总数的 29%。

2.2 苗期耐盐鉴定结果

表 4 中苗期盐害指数和分级情况表明, 14 份征集的材料中,没有高耐盐材料,只有 M3 盐害指数低于 60%,耐盐等级为 3 级,属于中等耐盐品种;其他品种盐害指数均介于 60% ~ 80% 之间,耐盐等级为 4 级,属于盐敏感品种。可见玉米是盐敏感作物,与前人结果相同^[8]。对土壤含盐量为 0.3% 时玉米品种的盐害指数进行聚类分析,图 1 所示,在 0.3% 土壤含盐量的胁迫条件下,能充分表达品种间耐盐性强弱的差异,可将耐盐性不同的品种分为 4 类,耐盐性从强到弱分别为 1、2、3、4 类: 1 类品种包括 M3、M4、M9、M12; 2 类品种为 M2、M8、M14; 3 类品种为 M6、M10、M11; 4 类品种为 M1、M5、M7、M13。

表 4 参试玉米品种芽期、苗期的耐盐性鉴定结果

Tab. 4 Identification of salt tolerance

编号 No.	芽期 Germination stage		苗期 Seedling stage	
	耐盐指数/% Salt-tolerant index	分级 Grade	盐害指数/% Salt injury index	分级 Grade
M1	46.5	4	76.7	4
M2	50.0	3	67.0	4
M3	50.6	3	58.3	3
M4	41.6	4	63.7	4
M5	63.9	2	71.0	4
M6	49.9	4	76.7	4
M7	59.8	3	79.3	4
M8(CK1)	71.1	1	65.7	4
M9	42.8	4	61.3	4
M10	60.1	2	78.7	4
M11(CK2)	67.6	2	75.7	4
M12	69.8	2	61.0	4
M13	52.4	3	77.7	4
M14	75.3	1	71.7	4

鉴定结果表明,玉米在不同的发育阶段其耐盐能力有所不同,在苗期表现耐盐性高的材料,在芽期则不一定表现出高耐盐性,与小麦耐盐性相似^[9]。如 M4、M9 芽期耐盐指数为 4 级,为盐敏感品种,而在苗期对参试品种盐害指数进行聚类分析的结果表明,M4、M9 属于 1 类品种,在玉米为盐敏感作物的前提下,这 2 个品种在苗期属于耐盐性好的品种。说明玉米芽期耐盐性和苗期耐盐性之间没有必然联系,其根本原因是其耐盐机理不同,芽期耐盐性体现的是种子吸水膨胀的能力,主要机理是生物机体抵抗渗透胁迫;而苗期耐盐多为拒 Na^+ 机制^[10-12]。

盐胁迫条件下种子发芽率高表明其吸水膨胀和萌动生根的综合能力强。较强的芽期耐盐性是盐渍地区玉米品种必须优先具备的特性,是保证玉米出苗的基础,苗期耐盐性是保证苗全、苗齐的基础。玉米虽然是抗盐能力较差的农作物,但它的生长季节

正是降雨量丰富的夏季,尤其是夏玉米,苗期正遇雨季,由于雨水能够压低盐层,冲淡盐分浓度,为保证基本苗和形成一定的产量提供了有利条件,而保苗又是抗盐栽培的重要环节^[13]。所以,与其他农作物相比,具有一定抗盐能力的玉米,可以在更严重的盐碱地上生长并形成较高的产量^[14]。

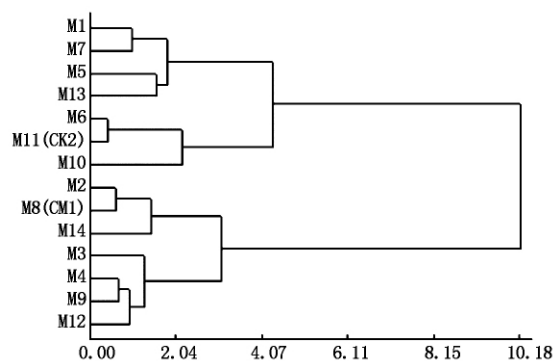


图 1 玉米耐盐性聚类分析
Fig. 1 Cluster analysis of salt tolerance in maize

表 5 参试材料在盐胁迫下的表现

Tab. 5 Response of experimental materials under salt-stress

材料 Material	穗长 / cm Ear length			穗粗 / cm Ear diameter			穗行数 Rows per ear			行粒数 Row grains		
	T	CK	T/CK	T	CK	T/CK	T	CK	T/CK	T	CK	T/CK
M1	17.1	19.0	0.900	5.0	5.2	0.962	16.0	15.2	1.053	31.6	36.6	0.863
M2	15.7	16.4	0.957	5.2	5.3	0.981	15.6	16.0	0.975	31.7	32.4	0.978
M3	17.0	17.8	0.955	5.2	5.2	1.004	18.8	18.0	1.044	32.8	33.7	0.973
M4	16.4	16.7	0.987	4.8	4.8	1.004	12.0	12.0	1.000	31.1	31.7	0.981
M5	16.6	18.0	0.920	5.0	5.0	1.000	15.2	14.4	1.056	32.3	34.2	0.944
M6	14.4	16.4	0.878	4.5	4.8	0.942	16.8	15.6	1.077	30.6	32.6	0.939
M7	17.6	19.4	0.907	4.8	5.0	0.960	15.6	15.6	1.000	27.9	32.7	0.853
M8(CK1)	15.7	16.6	0.941	5.0	5.2	0.962	14.8	16.0	0.925	32.5	33.5	0.970
M9	14.6	15.1	0.969	5.0	5.0	1.000	17.2	14.8	1.162	34.4	34.7	0.991
M10	13.2	14.6	0.904	4.4	5.2	0.846	14.8	15.2	0.974	26.4	30.1	0.877
M11(CK2)	16.4	17.8	0.922	4.8	4.9	0.971	15.2	14.0	1.086	31.9	34.5	0.925
M12	15.1	17.2	0.880	4.9	5.2	0.946	13.2	16.0	0.825	31.3	34.6	0.905
M13	16.5	20.6	0.799	5.0	5.4	0.926	15.2	15.2	1.000	32.9	39.8	0.827
M14	17.4	18.2	0.956	5.2	5.4	0.956	14.4	14.8	0.973	34.0	35.4	0.960

材料 Material	秃尖长 / cm Barren tip length			百粒质量 / g 100-seed weight			产量 / kg Yield		
	T	CK	T/CK	T	CK	T/CK	T	CK	耐盐指数 STI
M1	1.2	0.50	2.400	35.4	37.7	0.937	475.3	655.2	0.907
M2	0.8	0.64	1.188	33.2	35.1	0.945	516.9	604.0	1.164
M3	2.5	1.68	1.500	22.4	24.2	0.925	405.3	483.5	0.894
M4	1.9	1.68	1.131	37.0	37.5	0.988	491.3	600.4	1.058
M5	1.7	1.20	1.400	32.7	35.7	0.917	486.3	652.2	0.954
M6	2.4	1.20	1.967	25.2	28.0	0.900	410.2	557.5	0.794
M7	3.5	2.00	1.750	30.5	33.1	0.923	452.1	600.5	0.895
M8(CK1)	1.6	0.92	1.739	28.4	31.4	0.903	464.5	573.1	0.991
M9	1.5	0.86	1.767	25.9	28.0	0.927	481.3	577.5	1.055
M10	2.9	1.34	2.179	28.7	32.4	0.887	408.2	550.2	0.797
M11(CK2)	2.1	1.12	1.911	32.2	35.7	0.903	465.7	565.1	1.010
M12	1.9	0.70	2.743	28.8	32.3	0.892	442.7	624.8	0.825
M13	0.9	0.54	1.704	28.0	32.1	0.871	451.6	651.2	0.824
M14	0.5	0.40	1.200	33.0	35.4	0.931	522.9	650.7	1.106

表 6 各产量要素的 T/CK 与产量的耐盐指数 (STI) 的相关系数

Tab. 6 Correlation coefficient for T/CK of every yield factor and index of salt tolerance of yield

产量要素 Yield factor	平均值 Mean	标准差 SD	穗长 Ear length	穗粗 Ear diameter	穗行数 Rows per ear	行粒数 Row grains	秃尖长 Barren tip length	百粒质量 100-seed weight
STI	0.948 1	0.115 1	0.751 4**	0.591 4*	0.161 3	0.667 7**	-0.679 9**	0.664 8**
穗长 Ear length	0.920 7	0.047 1		0.563 7	0.183 9	0.823 7	-0.541 1	0.785 0
穗粗 Ear diameter	0.961 4	0.038 1			0.344 3	0.577 7	-0.489 0	0.622 1
穗行数 Rows per ear	1.011 4	0.076 5				0.192 4	-0.242 1	0.174 9
行粒数 Row grains	0.926 4	0.051 8					-0.547 5	0.525 1
秃尖长 Barren tip length	1.755 7	0.451 2						-0.549 6

注: * 表示 $P < 0.05$ 显著水平; ** 表示 $P < 0.01$ 显著水平。

Note: * . $P < 0.05$ significant level; ** . $P < 0.01$ significant level.

2.3 全生育期耐盐鉴定结果

对征集的 14 个材料, 进行田间全生育期耐盐性鉴定试验, 在成熟后对一些相关指标进行调查考种, 统计分析(表 5)。表 5 中的数据显示参试材料受盐胁迫影响, 穗长、穗粗、行粒数变小, 秃尖长增长, 百粒质量、产量降低, 穗行数变化不大。耐盐指数能同时反映出品种的耐盐性和丰产性, 依据表 3 进行分类: M2、M4、M9、M11、M14 耐盐性为 2 级, 属于耐盐品种; M1、M3、M5、M7、M8、M12、M13 耐盐性为 3 级, 属于中等耐盐品种; M6、M10 耐盐性为 4 级, 属于盐敏感品种。将各个产量性状的 T/CK 值与耐盐指数进行相关性分析, 穗长、穗粗、行粒数、千粒质量与耐盐指数呈显著正相关; 秃尖长与耐盐指数呈显著负相关。可见, 与耐盐指数相关的这些指标可以作为评价玉米耐盐性的辅助指标。

3 结论

通过对 14 个玉米品种在实验室进行芽期、苗期耐盐性鉴定以及防雨棚的全生育期耐盐性鉴定, 结果表明, 实验室的芽期鉴定、盆栽苗期鉴定和防雨棚全生育期鉴定有一定的一致性, 实验室的耐盐性鉴定对田间生产具有一定的指导意义。

对各产量要素进行考种和统计分析, 各产量要素的 T/CK 和产量耐盐指数之间的相关关系达到了显著或极显著的水平, 穗长、穗粗、行粒数、千粒质量、秃尖长的 T/CK 可以作为评价玉米耐盐性的辅助指标。

从鉴定结果来看, 各个品种之间的耐盐性存在较大的差异, M14 在芽期、苗期、全生育期都表现出了较好的耐盐性, 在盐渍化土地上具有较高的生产潜力, 在全盐量 0.15~0.25 的盐渍化土壤上具有一定的推广利用价值; M2、M4、M9 在全生育期和苗期的耐盐性较好, 芽期的耐盐性较差, 因此, 可采取灌足底墒水压盐的方法, 使种子顺利萌发, 出苗后耐盐

性提高, 可保证品种的丰产性, 适合在有灌溉条件的盐渍化地区进行推广。

参考文献:

- [1] 赵可夫, 冯立田. 中国盐生植物资源 [M]. 北京: 科学出版社, 2001: 2-5.
- [2] 张永峰, 殷波. 玉米耐盐性研究进展 [J]. 玉米科学, 2008, 16(6): 83-85.
- [3] 朱志华. 不同生育时期盐胁迫对小麦产量的影响 [J]. 作物品种资源, 1998(3): 31-33.
- [4] 陈德明, 俞仁培. 盐胁迫下不同小麦品种的耐盐性及其离子特征 [J]. 土壤学报, 1998, 35(1): 88-94.
- [5] 翁跃进, 马雅琴, 杨德光. 小麦耐盐性鉴定评价技术规范 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [6] 蒋武生, 芦翠乔, 吴丁. 盐分对小麦苗期生理性状的影响 [J]. 河南农业科学, 1989, 10: 1-3.
- [7] 赵锁劳, 冀延玲. 小麦耐盐性鉴定指标及其分析评价 [J]. 西北农业大学学报, 1998, 26(6): 80-85.
- [8] 赵可夫. 植物抗性生理 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993: 3-5.
- [9] 马雅琴, 翁跃进. 引进春小麦种质耐盐性的鉴定评价 [J]. 作物学报, 2005, 31(1): 58-64.
- [10] Epstein E. In better crops for food [J]. Ciba Foundation Symposium, 1983, 97: 61-82.
- [11] 王宝山, 赵可夫, 邹琦. 作物耐盐机理研究进展及提高作物抗盐性的对策 [J]. 植物学通报, 1997, 14: 25-30.
- [12] 杨洪斌, 邱念伟, 陈敏. 小麦耐盐机理及培育抗盐品种研究进展 [J]. 山东师范大学学报, 2001, 16(1): 79-82.
- [13] 王忠. 植物生理学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 422-423.
- [14] 郑世英, 商学芳, 王丽燕. 盐胁迫对不同基因型玉米生理特性和产量的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(2): 109-112.