广东农业科学　　2020，47（4）：1-7
Guangdong Agricultural Sciences　　doi:10.16768/j.issn.1004-874X.2020.04.001

崔纪超，中奕，钟玉扬，余金姜，武小霞 . 不同甘薯品种苗期耐盐性试验［J］. 广东农业科学，2020，47（4）：1-7.

不同甘薯品种苗期耐盐性试验

崔纪超，中　奕，钟玉扬，余金姜，武小霞
（莆田市农业科学研究所，福建 莆田　351144）

摘　要：【目的】筛选耐盐性较强的甘薯品种。【方法】运用盆栽试验法，用 150 mmol/L NaCl 溶液对福宁紫 3 号、福薯 604、广薯 87、济薯 26、龙薯 24、龙薯 9 号和普薯 32 等 7 个甘薯品种幼苗进行胁迫处理，对幼苗的生长量、相对生长量、叶面积、植株鲜重、植株干重、植株死亡率、盐害率和盐害指数等指标进行分析评价。【结果】150 mmol/L NaCl 胁迫 15 d 后，7 个甘薯品种的生长均受到明显抑制，表现为生长量、相对生长量、叶面积、植株干重和鲜重均极显著下降，其中济薯 26 幼苗的植株死亡率、盐害率、盐害指数均低于其他 6 个品种，是受盐胁迫影响最小的品种；而福宁紫 3 号所有指标均高于其他 6 个品种，是受盐胁迫影响最大的品种。【结论】综合各项指标，7 个甘薯品种耐盐性强弱表现为济薯 26 ＞福薯 604 ＞广薯 87 ＞龙薯 9 号＞普薯 32 ＞龙薯 24 ＞福宁紫 3 号，济薯 26、福薯 604 和广薯 87 为强耐盐品种，龙薯 9 号和普薯 32 为中等耐盐品种，龙薯 24 和福宁紫 3 号为弱耐盐品种。

关键词：NaCl 胁迫；甘薯；苗期；耐盐性
中图分类号：S531.037　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1004-874X（2020）04-0001-07

Salt Tolerance Trial of Different Sweet Potato Varieties at Seedling Stage

CUI Jichao, ZHONG Yi, ZHONG Yuyang, YU Jinjiang, WU Xiaoxia
（*Putian Institute of Agricultural Science, Putian* 351144, *China*）

Abstract:【Objective】The study was to select sweet potato varieties with strong salt tolerance.【Method】Seedlings of seven different sweet potato varieties, Funingzi 3, Fushu 604, Guangshu 87, Jishu 26, Longshu 24, Longshu 9 and Pushu32, were exposed to 150 mmol/L NaCl under pot cultivation, to evaluate their salt tolerance. The growth increment, relative growth increment, leaf area, plant fresh weight, plant dry weight, plant death rate, salt injury rate and injury index of seedlings were analyzed and evaluated.【Result】The results showed that, with 150 mmol/L NaCl stress for 15 days, the growth, relatively growth, leaf area, plant dry weight and wet weigh of all the seven varieties decreased significantly. The death rate, the salt injury rate and the salt injury index of Jishu 26 seedlings were significantly lower than those of the other 6 varieties, while all indicators of Funingzi 3 were higher than those of the other 6 varieties. Among the seven varieties, Jishu 26 had the best salt tolerance, while Funingzi 3 had the worst.【Conclusion】In combination with various indicators, the salt tolerance of the seven varieties was showed as: Jishu 26 ＞ Fushu 604 ＞ Guangshu 87 ＞ Longshu 9 ＞ Pushu32 ＞ Longshu 24 ＞ Funingzi 3. According to injury index and actual performance, Jishu 26, Fushu 604 and Guangshu 87 were high salt tolerant varieties, Longshu 9 and Pushu32 were moderate salt tolerant varieties, while Longshu 24 and Funingzi 3 were low salt tolerant varieties.

Key words: NaCl stress; sweet potato; seedling stage; salt tolerance

收稿日期：2020-02-20
基金项目：莆田市科技计划项目（2017N2002）；福建省科技厅引导性（重点）项目（2017N0061）
作者简介：崔纪超（1982—），男，硕士，助理研究员，研究方向为甘薯遗传育种与栽培技术，E-mail：165057041@qq.com

【研究意义】土地盐碱化是制约生态建设和经济发展的世界性问题，据不完全统计，目前全世界约有 9.6 亿公顷盐碱地，在灌溉区还有 33% 的次生盐渍化土地[1]，使农林业可持续发展面临严峻挑战。盐碱地土壤由于盐渍化程度高、养分含量匮乏、土壤物理结构差，过多的盐分对植物造成渗透胁迫[2]、离子毒害[3]和干扰营养离子平衡[4]以及引起氧化伤害[5]等，导致植物不能正常生长发育，因此不能直接开发为耕地资源[6-7]。在耕地面积逐渐减少的今天，如何利用好沿海滩涂资源已成为我国农业可持续发展急需解决的重要问题[8]。在盐碱地的开发利用中，筛选种植耐盐基因型或基因系作物是最经济可行及有效的措施[9]。甘薯营养丰富、用途广，是世界公认的新型能源作物[10]，耐旱耐瘠薄，尤其耐盐碱能力较强，在滩涂地种植甘薯不仅“不与粮争地”，还能很好地利用存在土壤障碍的沿海滩涂资源，获得经济效益[11-12]。因此，筛选耐盐甘薯新品种对于合理利用盐碱地土壤和甘薯的推广种植具有重要意义。【前人研究进展】目前对于植物耐盐评价的指标主要分为基于植物耐盐机理机制的生理生化指标和基于表现型的生长和综合评价指标[13]。但相对于生理指标，表型指标更具综合性和直观性。有关研究表明，作物在不同生长发育阶段耐盐性不同，芽期耐盐性较低，苗期耐盐性最弱，苗期生长好的品种其产量也更高[14-16]。有关耐盐碱甘薯品种鉴定筛选主要在北方地区。刘桂玲等[17]在黄河三角洲盐碱地区对北方薯区生产上广泛种植的甘薯品种进行了田间耐盐比较鉴定；段文学等[18]在黄河三角洲地区对 8 个品种（系）开展了耐盐筛选及耐盐特性研究；郭小丁等[14]在大田条件下筛选出鲁薯 1 号、陕薯 4 号等 14 个耐盐品种；董静等[19]在苏北沿海滩涂地上进行了不同类型甘薯品种耐盐性比较；王灵燕等[20]通过盆栽在室内条件下进行了不同甘薯品种苗期耐盐碱性鉴定。【本研究切入点】福建省地处东南沿海，拥有 24.56 万 hm^2 海涂土壤，其中滨海盐渍旱地 5 240 hm^2[21]。甘薯是福建省第二大作物，在福建省农业生产中起着十分重要的作用，因此筛选耐盐碱性较强的甘薯品种在盐碱地进行种植对于充分利用现有的土壤资源、增加粮食供给具有重要意义。【拟解决的关键问题】本研究选取福建种植表现较好的福薯 604、龙薯 24、普薯 32、龙薯 9 号、福宁紫 3 号、济薯 26 和广薯 87 等 7 个甘薯品种进行幼苗期耐盐性筛选试验，通过分析生长量、相对生长量、植株干鲜重、植株死亡率、盐害率和盐害指数等表型指标对不同品种幼苗耐盐性进行鉴定，旨在筛选耐盐性强的甘薯品种。

1 材料与方法

1.1 试验方法

供试品种为福宁紫 3 号、福薯 604、广薯 87、济薯 26、龙薯 24、龙薯 9 号和普薯 32，采用薯块育苗，经田间假植后，剪取顶端 4~5 个茎节、长势基本一致的健壮薯苗进行沙培盆栽，每盆 3 株，3 次重复。用 1/2 Hoagland 营养液连续浇灌 5 d，之后选取长势一致的幼苗进行 NaCl 处理，每天递增 50 mmol/L 至终浓度 150 mmol/L，达到终浓度 15 d 后测定指标。以清水作对照。

1.2 测定项目及方法

1.2.1 幼苗干重鲜重测定[20] 幼苗取出后用蒸馏水快速洗净后用吸水纸吸干，测其地上部和根部鲜重，之后置于 105 ℃烘箱中杀青 15 min，80 ℃烘干至恒重，测定干重。

1.2.2 生长量的测定 NaCl 处理前和试验结束时分别测量幼苗主蔓长度，计算生长量和相对生长量：

生长量（cm）= 处理后主蔓平均长度—处理前主蔓平均长度

相对生长量（%）= 生长量 / 对照生长量 ×100

1.2.3 叶面积测定 用叶面积测定仪（YMJ-B）测定顶端第 3 叶位叶片面积。

1.2.4 盐害指数及盐害率测定 参照王灵燕等[20]、郝峰鸽等[22]和骆建霞等[23]的方法对全部植株进行调查统计，计算不同处理植株的盐害指数和盐害率。

盐害分级标准：0 级，无盐害症状；1 级，轻度盐害，有少部分（约 1/5）叶片的叶尖叶缘变黄；2 级，中度盐害，有约 1/2 叶片的叶尖、叶缘变黄；3 级，重度盐害，大部分叶片的叶缘、叶尖焦黄；4 级，极重度盐害，叶片焦枯脱落、枝枯，最终死亡。

盐害指数（%）=（Σ 盐害级值 × 相应盐害级值株数）/（总株数 × 盐害最高级数值）

×100

盐害率（%）= 出现盐害症状株数 / 总株数 ×100。

根据盐害指数将抗盐性分为 5 级[24]：极强，0 <盐害指数≤ 20；强，20 <盐害指数≤ 40；中等，40 <盐害指数≤ 60；弱，60 <盐害指数≤ 80；极弱，80 <盐害指数≤ 100。

试验数据用 Excel 软件和 DPS7.05 软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 NaCl 胁迫对不同甘薯品种生长量的影响

从图 1 可以看出，不同甘薯品种幼苗生长量不同，对盐胁迫的反应也不同。正常沙土栽培条件下，不同品种生长量大小依次为龙薯 9 号>福宁紫 3 号>济薯 26 >普薯 32 >福薯 604 >龙薯 24 >广薯 87，以龙薯 9 号生长量最大、为 13.30 cm，广薯 87 生长量最小、为 8.00 cm，除广薯 87 外其余品种生长量差异不显著。150 mmol/LNaCl 盐胁 15 d 后 7 个甘薯品种的植株生长量均极显著低于对照，其大小依次为济薯 26 >福薯 604 >龙薯 9 号>普薯 32 >广薯 87 >龙薯 24 >福宁紫 3 号，以济薯 26 生长量最大、为 4.32 cm，福宁紫 3 号最小、为 2.34 cm。不同品种间，济薯 26 生长量与福薯 604 差异不显著，龙薯 24 与广薯 87 和福宁紫 3 号差异不显著，其余品种间差异均显著。

为消除不同品种对生长量差异的影响，计算不同品种的相对生长量（表 1），相对生长量越大的品种，耐盐性越强。从表 1 可以看出，7 个甘薯品种相对生长量以济薯 26 最大、为 36.02%，福宁紫 3 号最小、为 18.08%，其余品种相对生长量大小为福薯 604 >广薯 87 >龙薯 9 号>普薯 32 >龙薯 24。不同品种间，福薯 604 相对生长量与济薯 26 差异不显著、普薯 32 和龙薯 24 差异不显著，其余品种间均差异显著。这说明不同品种对盐害反应不同，济薯 26 耐盐性最强，福宁紫 3 号最差。

表 1 NaCl 胁迫对不同甘薯品种相对生长量的影响
Table 1 Effects of NaCl stress on relative growth of different sweet potato varieties

品种 Variety	相对生长量 Relative growth（%）
济薯 26 Jishu 26	36.02a
福薯 604 Fushu 604	35.42a
广薯 87 Guangshu 87	33.33b
龙薯 9 号 Longshu 9	27.49c
普薯 32 Pushu 32	25.45d
龙薯 24 Longshu 24	24.44de
福宁紫 3 号 Funingzi 3	18.08f

注：同列数据后小写英文字母不同者表示差异显著。
Note：Different lowercase letters in the same column represent significant differences.

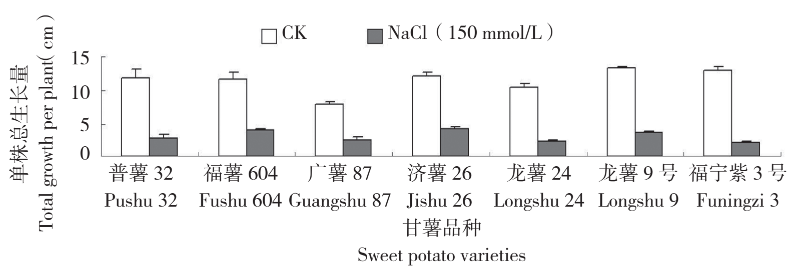

图 1 NaCl 处理对不同甘薯品种生长量的影响
Fig. 1 Effects of NaCl stress on growth of different sweet potato varieties

2.2 NaCl 胁迫对不同甘薯品种幼苗干鲜重的影响

植物生物量不仅可以直观的反映幼苗生长期的状况,更是筛选植物耐盐品质的一个重要指标[25]。从图 2 可以看出，正常沙土栽培条件下，不同品种幼苗鲜重大小依次为龙薯 9 号>福宁紫 3 号>济薯 26 >普薯 32 >福薯 604 >龙薯 24 >广薯 87，这与生长量大小表现一致。除广薯 87 外，不同品种间的植株鲜重差异不显著。150 mmol/L NaCl 处理 15 d 后，7 个品种甘薯幼苗的鲜重均极显著降低，不同品种间大小依次为济薯 26 >福薯 604 >龙薯 9 号>普薯 32 >广薯 87 >龙薯 24 >福宁紫 3 号，与生长量大小表现一致。济薯 26、福薯 604、龙薯

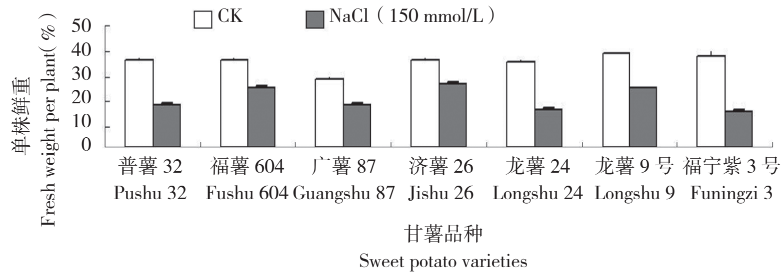

图 2　NaCl 处理对不同甘薯品种幼苗鲜重的影响

Fig. 2　Effects of NaCl stress on fresh weight of seedlings of different sweet potato varieties

9 号、普薯 32、广薯 87、龙薯 24 和福宁紫 3 号鲜重分别为正常沙土栽培条件下的 75.07%、69.35%、64.93%、51.71%、63.65%、47.97% 和 43.10%，济薯 26 变化量最小，福宁紫 3 号变化量最大。

由图 3 可知，正常沙土栽培条件下，不同甘薯品种幼苗干重大小依次为龙薯 9 号＞普薯 32＞福宁紫 3 号＞福薯 604＞济薯 26＞龙薯 24＞广薯 87，与鲜重大小不完全一致，龙薯 9 号单株鲜重最大，广薯 87 单株鲜重最小。150 mmol/L NaCl 处理 15 d 后，7 个品种甘薯幼苗的干重均极显著降低，不同品种间大小依次为福薯 604＞济薯 26= 龙薯 9 号＞普薯 32＞广薯 87＞龙薯 24＞福宁紫 3 号，福薯 604 干重最大，福宁紫 3 号最小。福薯 604、济薯 26、龙薯 9 号、普薯 32、广薯 87、龙薯 24 和福宁紫 3 号干重分别为正常沙土栽培条件下的 70.90%、71.32%、64.16%、52.07%、81.34%、59.59% 和 46.42%，广薯 87 变化量最小，福宁紫 3 号变化量最大。

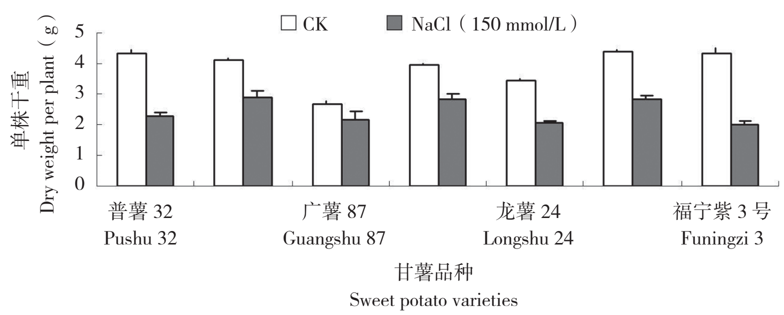

图 3　NaCl 处理对不同甘薯品种幼苗干重的影响

Fig. 3　Effects of NaCl stress on dry weight of seedlings of different sweet potato varieties

2.3　NaCl 胁迫对不同甘薯品种叶面积的影响

图 4 显示，正常沙土栽培条件下，不同甘薯品种第三位叶面积大小依次为龙薯 9 号＞济薯 26＞福宁紫 3 号＞福薯 604＞普薯 32＞龙薯 24＞广薯 87，龙薯 9 号叶面积最大，广薯 87 最小。150 mmol/L NaCl 处理 15 d 后各个品种叶面积大小依次为济薯 26＞龙薯 9 号＞福薯 604＞普薯 32＞福宁紫 3 号＞龙薯 24＞广薯 87，济薯 26 叶面积最大，广薯 87 最小。不同品种叶面积受到的影响不同，济薯 26 是正常沙土栽

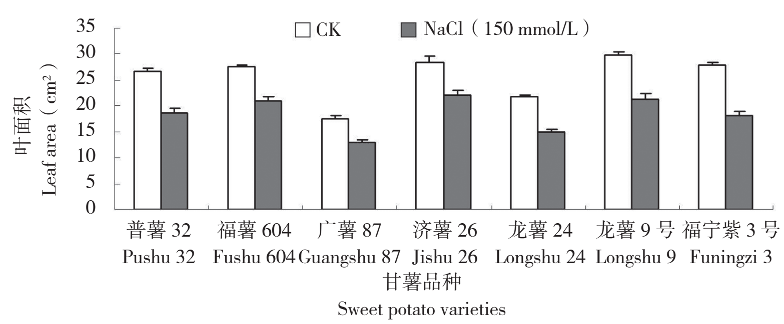

图 4　NaCl 处理对不同甘薯品种叶面积的影响

Fig. 4　Effects of NaCl stress on leaf area of different sweet potato varieties

培条件下的 77.37%，福薯 604 为 75.67%，广薯 87 为 73.70%，龙薯 9 号为 70.73%，普薯 32 为 69.67%，龙薯 24 为 67.74%，福宁紫 3 号为 64.18%。说明 NaCl 处理显著抑制了甘薯叶片生长，使叶面积减小，济薯 26 叶面积影响最小，耐盐性最强，福宁紫 3 号受影响最大，耐盐性最弱。

2.4 NaCl 胁迫对不同甘薯品种盐害率和盐害指数的影响

盐害率和盐害指数是反映植株受害数量和受害程度的重要指标[23]。从表 2 可以看出，150 mmol/LNaCl 处理 15 d 后，供试的 7 个甘薯品种植株死亡率、盐害率和盐害指数变化规律基本一致，但在不同品种间有较大差异。济薯 26 幼苗植株死亡率、盐害率和盐害指数均为 7 个品种中最低，盐害对其影响最小；福宁紫 3 号植株死亡率、盐害率和盐害指数均为 7 个品种中最高，盐害对其影响最大。方差分析结果显示，不同品种间植株死亡率为 4.05%~28.95%，福宁紫 3 号和福薯 604 之间，济薯 26 和福薯 604 之间差异不显著，其余品种间差异均显著。不同品种间植株盐害率为 47.30%~92.11%，除广薯 87 和福薯 604 之间差异不显著外，其余品种间均差异显著。不同品种间盐害指数为 23.31%~65.13%，品种间均存在显著差异。根据陈长兰等[24]的分类，济薯 26、福薯 604 和广薯 87 为强耐盐品种，这与段文学等[18]报道的济薯 26 是强耐盐品种的结论一致，龙薯 9 号和普薯 32 为中等耐盐品种，龙薯 24 和福宁紫 3 号为弱耐盐品种。

表 2 NaCl 胁迫不同甘薯品种盐害率和盐害指数

Table 2 Effects of NaCl stress on salt injury rate and salt injury index of different sweet potato varieties

品种 Variety	死亡率 Death rate（%）	盐害率 Salt injury rate（%）	盐害指数 Salt injury index（%）
福宁紫 3 号 Funingzi 3	28.95a	92.11a	65.13a
龙薯 24 Longshu 24	26.98a	79.37b	61.51b
普薯 32 Pushu 32	19.05b	71.43c	50.00c
龙薯 9 号 Longshu 9	13.25c	61.45d	41.57d
广薯 87 Guangshu 87	8.05d	55.17e	35.06e
福薯 604 Fushu 604	5.56e	54.17ef	31.25f
济薯 26 Jishu 26	4.05ef	47.30g	23.31g

注：同列数据后小写英文字母不同者表示差异显著。

Note：Different lowercase letters in the same column represent significant differences.

3 讨论

盐分是植物生长过程中重要的影响因子，过量的盐分会影响植物的新陈代谢和正常生长，使生物量、生长量、叶面积等受到明显抑制[26-28]。甘薯抗逆性强，适应性广，是一种重要的一种先锋作物，但本研究中，经 150 mmol/LNaCl 处理 15 d 后，其苗期生长量、单株干鲜重、叶面积均出现显著的抑制作用，7 个品种相对生长量为 18.08%~36.02%，植株鲜重是正常沙土栽培条件下的 43.10%~75.07%，干重为 46.42%~81.34%，叶面积为 64.18%~77.37%。这与王灵燕等[20]报道的盐胁迫会导致幼苗期甘薯整株鲜重、整株干重、相对生长量和第三位叶面积显著下降的结论一致。

不同品种幼苗对盐胁迫表现出较大的差异[29]。正常生长条件下表现较好的品种，其幼苗耐盐性不一定强。本研究选取的 7 个甘薯品种均为生产上表现较好的品种。龙薯 24 和福宁紫 3 号分别是福建省选育的优质淀粉型和食用型紫薯品种，但这两个品种在本试验中受盐害影响较大，属弱耐盐品种。

受到盐胁迫后，不同品种甘薯幼苗生长量、相对生长量、叶面积变化、植株干鲜重、植株死亡率、盐害率和盐害指数均发生变化。本研究中相对生长量、叶面积变化量、植株死亡率、盐害率和盐害指数变化规律一致，植株干重、鲜重变化与生长量变化规律一致。盐害指标和生长指标都表明在苗期阶段济薯 26 耐盐性最强，福宁紫 3 号耐盐性最差，其余 5 个品种耐盐性依次为福薯 604＞广薯 87＞龙薯 9 号＞普薯 32＞龙薯 24。

本试验主要研究盆栽条件下不同甘薯品种幼苗期的耐盐性，可以避免气候等外界条件个土壤条件的影响，客观反映各品种幼苗的耐盐强弱，但甘薯的经济产量主要是块根，因此各个品种能否在盐碱地上获得高产还有待于大田栽培试验验证。

4 结论

本试验根据幼苗生长量、相对生长量、叶面

积变化、植株干鲜重、植株死亡率、盐害率和盐害指数等指标综合分析，不同甘薯品种苗期耐盐性强弱依次为济薯 26 ＞福薯 604 ＞广薯 87 ＞龙薯 9 号＞普薯 32 ＞龙薯 24 ＞福宁紫 3 号。

参考文献（References）：

[1] ZHU J K. Plant salt tolerance[J]. *Trends in Plant Science*, 2001, 6(2):66–71. doi: 10.1007/978-3-540-39402-0_10.

[2] JIN L Q, CHE X , ZHANG Z , LI Y, GAO H, ZHAO S. The mechanisms by which phenanthrene affects the photosynthetic apparatus of cucumber leaves[J]. *Chemosphere*, 2017, 168(feb.):1498–1505. doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.12.002.

[3] JIN C W, SUN Y L, CHO D H. Changes in photosynthetic rate, water potential, and proline content in kenaf seedlings under salt stress[J]. *Canadian Journal of Plant Science*, 2012, 92(2):311–319. doi: 10.4141/cjps2011–144.

[4] CHEN J, ZHANG H Q, ZHANG X L, TANG M. Arbuscular mycorrhizal symbiosis alleviates salt stress in black locust through improved photosynthesis, water Status, and K^+/Na^+ homeostasis[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2017(8):1739. doi: 10.3389/fpls.2017.01739.

[5] MA N, HU C, WAN L, HU Q, XIONG J L, ZHANG C M. Strigolactones improve plant growth, photosynthesis, and alleviate oxidative stress under salinity in rapeseed(*Brassica napus* L.) by regulating gene expression[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2017(8):1671. doi: 10.3389/fpls.2017.01671.

[6] 王慧, 刘宁, 姚延梼, 解文斌, 王林 . 晋北干旱区盐碱地柽柳叶总有机碳与营养元素含量的关系[J]. 生态环境学报, 2017, 26(12):2036–2044. doi: 10.16258/j.cnki.1674–5906.2017.12.006.
WANG H, LIU N, YAO Y T, XIE W B, WANG L. The relationship between foliar TOC of Tamarix chinensis Lour. and nutrient elements' content in Saline–alkali Soil of north Shanxi[J]. *Ecology and Environmental Sciences,* 2017, 26(12):2036–2044. doi: doi: 10.16258/j.cnki.1674–5906.2017.12.006.

[7] 何瑞成, 吴景贵, 李建明 . 不同有机物料对原生盐碱地水稳性团聚体特征的影响[J]. 水土保持学报, 2017, 31(3):310–316. doi: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2017.03.051.
HE R C, WU J G, LI J M. Effects of different organic materials on the characteristics of water stable aggregates in a primary saline alkali soil[J]. *Journal of Soil water Conservation*, 2017, 31(3):310–316. doi: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2017.03.051.

[8] 樊丽琴, 杨建国 . 盐碱地改良措施对盐荒地土壤盐分及油葵产量的影响[J]. 西北农业学报, 2010, 19(9):154–158. doi:10.7606/j.issn.1004–1389.2010.09.31.
FAN L Q, YANG J G. Effect of improved measures on soil salt and oil sunflower yield in salt wasteland[J]. *Acta Agricultural Boreali-Occidentalis Sinica*, 2010, 19(9):154–158. doi:10.7606/j.issn.1004–1389.2010.09.31.

[9] EYNARD A, LAL R, WIEBE K. Crop response in salt–affected soils[J] *Journal of Sustainable Agriculture*, 2005, 27:5–50. doi: 10.1300/J064v27n01_03.

[10] 刘庆昌 . 甘薯在我国粮食和能源安全中的重要作用[J].科技导报(北京), 2004(9):21–22. doi: 10.3321/j.issn:1000–7857.2004.09.008.
LIU Q C. Importance of sweet potato in the security of food and energy in China[J]. *Science & Technology Review*(*Beijing*), 2004(9):21–22. doi: 10.3321/j.issn:1000–7857.2004.09.008.

[11] 谢光辉, 郭兴强, 王鑫, 丁荣娥, 胡林, 程序. 能源作物资源现状与发展前景[J]. 资源科学, 2007, 29(5):74–80. doi: 10.3221/j.issn:1007–7588.2008.05.012.
XIE G H, GUO X Q, WANG X, DING R E, HU L, CHENG X. An overview and perspectives of energy crop resources[J]. *Resources Science*, 2007, 29(5):74–80. doi: 10.3221/j.issn:1007–7588.2008.05.012.

[12] WANG Q M. Time for commercializing non–food biofuel in China[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2010, 159(1):621–629. doi: 10.1016/j.rser.2010.08.017.

[13] 郭远, 王文成, 徐颖莹, 孙宇, 郭艳超, 胡爱双 . 植物耐盐评价方法综述[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(23):18–23. doi: 10.15889/j.issn.1002–1302.2017.23.005.
GUO Y, WANG W C, XU Y Y, SUN Y, GUO Y C, HU A S. A review on evaluation of plant salinity tolerance[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2017, 45(23):18–23. doi: 10.15889/j.issn.1002–1302.2017.23.005.

[14] 郭小丁, 朱礼祥 . 在滨海盐渍地鉴定甘薯品种耐盐性[J]. 江苏农业科学, 1993(6):17–18. doi: 10.15889/j.issn.1002–1302.1993.06.007.
GUO X D, ZHU L X. Salinity tolerance of different sweet potato varieties on saline–alkali soils[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 1993(6):17–18. doi: 10.15889/j.issn.1002–1302.1993.06.007.

[15] 王俊娟, 王德龙, 樊伟莉, 宋桂方, 王帅, 叶武威 . 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. doi: CNKI:SUN:STXB.0.2011–13–018.
WANG J J, WANG D L, FAN W, L, SONG G F, WANG S, YE W W. The characters of salt–tolerance at different growth stages in cotton[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011,31(13):3720–3727.

[16] 张海波, 崔继哲, 曹甜甜, 张佳彤, 刘千千, 刘欢 . 大豆出苗期和苗期对盐胁迫的响应及耐盐指标评价[J]. 生态学报, 2011, 31(10):2805–2812.
ZHANG H B, CUI J Z, CAO T T, ZHANG J T, LIU Q Q, LIU H. Response to salt stresses and assessment of salt tolerability of soybean varieties in emergence and seedling stages[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(10): 2805–2812.

[17] 刘桂玲, 郑建利, 范维娟, 段晓光, 柳新明, 张鹏 . 黄河三角洲盐碱地条件下不同甘薯品种耐盐性[J]. 植物生理学报, 2011, 47(8):777–784. doi:10.13592/j.cnki.ppj.2011.08.002.
LIU G L, ZHENG J L, FAN W J, DUAN X G, LIU X M, ZHANG P. Salinity tolerance of different sweet potato varieties on saline–alkali soils of the yellow river delta[J]. *Plant Physiology Journal*, 2011, 47(8): 777–784. doi:10.13592/j.cnki.ppj.2011.08.002.

[18] 段文学, 张海燕, 解备涛, 汪宝卿, 张立明 . 不同甘薯品种(系)田间耐盐性比较研究[J]. 山东农业科学, 2018, 50(8):42–46. doi:

10.3969/j.issn.1001–4942.2018.08.009.

DUAN W X, ZHANG H Y, XIE B T, WANG B Q, ZHANG L M. Comparation on salt tolerance of different sweet potato varieties(lines) under field condition[J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2018, 50(8):42–46. doi: 10.3969/j.issn.1001–4942. 2018.08.009.

[19] 董静, 邢锦城, 朱小梅, 丁海荣, 刘冲, 赵宝泉, 温祝桂, 洪立洲 . 苏北沿海滩涂盐碱地上不同类型甘薯品种耐盐性比较[J]. 江苏农业科学,2017, 45(18):85–88. doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2017.18.022.

DONG J, XING J C, ZHU X M, DING H R, LIU C, ZHAO B Q, WEN Z G, HONG L Z. Salinity tolerance of different sweet potato varieties on saline–alkali soils of northern Jiangsu[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2017, 45(18):85–88. doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2017.18.022.

[20] 王灵燕, 贾文娟, 鲍敬, 陈天舒, 王宝山 . 不同甘薯品种苗期耐盐性比较[J]. 山东农业科学, 2012, 44(1):54–57. doi: 10.3969/j.issn.1001–4942.2012.01.015.

WANG L Y, JIA W J, BAO J, CHEN T S, WANG B S. Comparison of seedling salinity tolerance of different sweet potato varieties[J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2012, 44(1):54–57. doi: 10.3969/j.issn.1001–4942.2012.01.015.

[21] 高志强 . 福建滨海盐土客土改良效果研究[J]. 土壤学报, 1995, 32(1):101–107. doi: 10.3321/j.issn:0564–3929.1995.01.010.

GAO Z Q. Effective ness of foreign soil in improving and utilizing coastal saline soil of Fujian province[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 1995, 32(1):101–107. doi: 10.3321/j.issn:0564–3929.1995.01.010.

[22] 郝峰鸽, 周俊国, 周秀梅 . NaCl 胁迫对喜树幼苗生长和叶片生理特性的影响[J]. 东北林业大学学报, 2010, 38(1):18–19. doi:10.3969/j.issn.1000–5382.2010.01.006.

HAO F G, ZHOU J G, ZHOU X M. Effects of nacl stress on leaf physiological characteristics and growth of camptotheca acuminata seedlings[J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 2010, 38(1):18–19. doi:10.3969/j.issn.1000–5382.2010.01.006.

[23] 骆建霞, 史燕山, 吕松, 黄俊轩, 王丹, 李建科 . 3 种木本地被植物耐盐性的研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2005, 33(12):121–124, 128. doi: 10.3321/j.issn:1671–9387.2005.12.025.

LUO J X, SHI Y S, LU S, HUANG J X, WANG D, LI J K. Study on the salt tolerance of three woody ground cover plants[J]. *Journal of northwest A&F university*(*natural science edition*), 2005, 33(12):121–124, 128. doi: 10.3321/j.issn:1671–9387.2005.12.025.

[24] 陈长兰, 龚欣, 贾敬贤 . 梨树野生砧木的抗盐性和抗旱性鉴定初报[J]. 作物品种资源, 1996(4):30–31. doi: 10.19462/j.cnki.1671–895x.1996.04.013.

CHEN C L, GONG X, JIA J X. A preliminary on drought and salt resistance evaluation of pear wild stock[J]. *Germplasm Resources*, 1996(4):30–31. doi: 10.19462/j.cnki.1671–895x.1996.04.013.

[25] 杨丹娜, 骆夜烽, 谢家琪, 张钦, 杨烈 . 酸、铝胁迫对苜蓿种子发芽和幼苗生长的影响[J]. 草业学报, 2015, 24(8):103–109. doi: 10.11686/cyxb2014362.

YANG D N, LUO Y F, XIE J Q, ZHANG Q, YANG L. Effects of acidity and/or aluminum stress on seed germination and seedling growth of alfalfa[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2015, 24(8):103–109. doi: 10.11686/cyxb2014362.

[26] 李伟, 袁琳, 张利权, 赵志远, 李蕙, 朱晓泾, 潘家琳, 陈雅慧 . 海三棱藨草及互花米草对模拟盐胁迫的响应及其耐盐阈值[J]. 生态学杂志, 2018, 37(9):2596–2602. doi: 10.13292 / j. 1000–4890.201809.023.

LI W, YUAN L, ZHANG L Q, ZHAO Z Y, LI H, ZHU X J, PAN J L, CHEN Y H. Responses of scirpus mariqueter and spartina alterniflora to simulated salt stress and salt tolerance thresholds[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2018, 37(9):2596–2602. doi: 10.13292 / j. 1000–4890.201809.023.

[27] 岳小红, 曹靖, 耿杰, 李瑾, 张宗菊, 张琳捷 . 盐分胁迫对啤酒大麦幼苗生长、离子平衡和根际 pH 变化的影响[J]. 生态学报, 2018, 38(20):228–235. doi: 10.5846/stxb201709061604.

YUE X H, CAO J, GENG J, LI J, ZHANG Z J, ZHANG L J. Effects of different types of salt stress on growth, ion balance and rhizosphere pH changes in beer barley seedlings[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(20):228–235. doi: 10.5846/stxb201709061604.

[28] 陈方圆, 古勇波, 白江珊, 娄彦景 . 淹水和盐胁迫对湿地植物菰生长的影响[J]. 生态学杂志, 2020,39(5): 1484–1491. doi: 10.13292/j.1000–4890.302005.037.

CHEN F Y, GU Y B, BAI J S, LOU Y J. Effcets of flooding and salt stress on the growth of Zizania latifolia[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2020,39(5):1484–1491. doi: 10.13292/j.1000–4890.302005.037.

[29] 赵可夫 . 植物抗盐生理[M]. 北京 : 中国科学技术出版社, 1993: 187.

ZHAO K F. Salt–resistance physiology of plants[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1993: 187.

[30] 张晓晓, 殷小琳, 李红丽, 苏丹, 贾淑友, 董智 . NaCl 胁迫对不同白榆品系生物量及光合作用的影响[J]. 生态学报, 2017(21):245–252. doi: 10.5846/stxb201608091632.

ZHANG X X, YIN X L, LI H L, SU D, JIA S Y, DONG Z. Effect of salt stress on the biomass and photosynthetic characteristics of *Ulmus pumila* L. strains[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2017(21):245–252. doi: 10.5846/stxb201608091632.

(责任编辑　邹移光)