

不结球白菜耐盐品种筛选

徐芬芬,俞晓凤,韩金多
(上饶师范学院 生命科学学院,江西 上饶 334001)

摘要: 研究了我国目前广泛栽培的 30 个不结球白菜品种种子萌发期的抗盐性,以期筛选出适合盐碱地种植的不结球白菜品种。采用水培的方法,测定了各品种在盐胁迫下的相对发芽率、相对胚芽长、相对胚鲜质量、相对胚根长和相对根毛区宽度等指标(各指标的相对值为盐处理与去离子水培养的比值),在此基础上分析各指标的隶属函数值,计算耐盐指数。结果表明,30 个不结球白菜耐盐性差异较大,耐盐指数位于前 3 位的品种分别为四倍体矮脚黄(0.93)、秦白二号(0.68)和北京小杂 56(0.61),改良 605 耐盐指数最低(0.05)。从耐盐等级分析结果可以看出,四倍体矮脚黄为高耐品种,秦白二号、北京小杂 56 两个品种为耐盐品种,郑研小包 23、上海鸡毛菜、丰抗 90 等 10 个品种为中等耐盐品种,美味四季小白菜、郑白小包头、新优抗 70、精品四月白等 14 个品种为盐敏感品种,而日本绿宝、改良 605 和矮抗青等 3 个品种为高感品种。

关键词: 不结球白菜;耐盐性;品种筛选
中图分类号: S634 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2016)11-0087-05

Screening of Non-heading Chinese Cabbage Cultivars
with Salinity Tolerance

XU Fenfen, YU Xiaofeng, HAN Jinduo
(Life Science College, Shangrao Normal University, Shangrao 334001, China)

Abstract: The salinity tolerance of 30 non-heading Chinese cabbage varieties widely cultivated now at the seed germination stage was studied in this paper, aiming to screen suitable non-heading Chinese cabbage varieties for cultivation in saline soil. By the method of hydroponics, the relative germination rate, relative germ length, relative embryo fresh mass, relative radicle length and relative root hair length (the relative value was equal to the ratio of salt treatment to deionized water culture) of all varieties under salt stress (NaCl) were measured, the membership function value of each index was analyzed, and then the salt tolerance index was calculated. The results showed that 30 non-heading Chinese cabbage varieties displayed quite different salt tolerance, the varieties with salt tolerance index in the top three were Sibeitaijiaohuang (0.93), Qinbai No. II (0.68) and Beijingxiaozha 56 (0.61), and the salt tolerance index of Gailiang 605 was the lowest (0.05). From salt tolerant rating analysis, Sibeitaijiaohuang was a highly resistant variety, Qinbai No. II and Beijingxiaozha 56 were salt-tolerant varieties, Zhengyanxiaobao 23, Shanghaijimaocai, Fengkang 90 and other seven varieties were middle-tolerant varieties. Meiweisijixiaobaicai, Zhengbaixiaobaotou, Xinyoukang 70, Jingpinsiyuebai and other 10 varieties were salt-sensitive varieties. Japan Lǔbao, Gailiang 605 and Aikangqing were highly susceptible varieties.

Key words: non-heading Chinese cabbage; salt tolerance; varieties screening

不结球白菜 (*Brassica campestris* ssp. *chinensis* Makino.) 原产我国,是人们喜爱的大众化蔬菜,在我

国广泛栽培,近年来在东南亚、日、美及欧洲一些国家也广泛引种,已逐渐成为世界性蔬菜^[1]。据世界

收稿日期:2016-05-19
基金项目:2015 年江西省教育厅科技项目 (GJJ151055)
作者简介:徐芬芬 (1978-),女,江西奉新人,副教授,硕士,主要从事植物逆境生理研究。E-mail: xffylm7875@163.com

教科文组织和粮农组织统计,全世界盐碱地面积约 9.54 亿 hm^2 , 占全球陆地面积的 10%。我国各类盐碱地面积总计 9 913.3 万 hm^2 ^[2]。由于设施栽培雨水冲淋少、复种指数高、肥料投入多、温度高、土壤水分蒸发快等导致盐分富集于土壤表面,发生次生盐渍化现象^[3]。盐碱土和土壤次生盐渍化均使得作物可生长的耕地面积大大减少,因此,研究植物的抗盐碱机制,筛选和培育抗盐碱地作物品种,显得尤为重要。徐芬芬等^[4]研究了盐胁迫对水稻幼苗生理的影响,结果表明,盐胁迫下水稻叶片质膜透性明显增大,水稻质膜的完整性被破坏,根系活力降低,说明盐胁迫对作物产生了胁迫伤害。但不同品种抗盐性差异较大,发现和利用现有耐盐物种是适应盐碱土壤环境最便捷的手段^[5]。

目前,关于小白菜种质资源耐盐性评价方面的研究较少,涉及的品种数量有限。徐芬芬等^[6]比较了江西省常用的 5 个小白菜品种种子萌发期的耐盐性。杨飞等^[7]比较了 13 个优良不结球白菜品种的抗盐性,发现五月慢的耐盐性较强,而台湾青梗菜的耐盐性极差。因此,有必要进一步扩大不结球白菜耐盐品种的筛选范围,从目前生产上已大面积推广的不结球白菜品种中筛选出耐盐品种,为设施栽培和盐渍化土壤上白菜的栽培提供指导。鉴于此,收集了来自江苏、江西、北京、湖北等 10 个地区的 30 个不结球白菜品种种子,用 NaCl 胁迫的方法,比较了各地不同白菜品种间的耐盐性,以期筛选出耐盐性较强的不结球白菜品种在盐碱地进行推广种植。

1 材料和方法

1.1 试验材料

30 个不结球白菜品种来源于江苏、江西、北京、湖北等地的种子市场。

1.2 试验方法

试验于 2015 年 10 月在上饶师范学院生命科学学院植物生理学实验室进行。不结球白菜种子经表面消毒、浸种后,放置于铺有双层滤纸的直径为 9 cm 的培养皿内,种子腹沟向下,每皿 50 粒种子。每个品种均设置 0 (对照)、150 mmol/L NaCl 2 个处理,培养皿内处理液的量为 10 mL (对照用去离子水代替),每个处理重复 3 次。种子于恒温培养箱中发芽。培养条件为温度 25 ℃、光强 50 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、光周期 12 h/12 h、相对湿度 75%。每天称质量补充所蒸发的水分,以保证 NaCl 浓度的恒定。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 发芽率 培养第 2 天开始观察出芽情况,以

后每隔 12 h 观察一次发芽率,5 d 后统计发芽率,发芽率 = 已发芽的种子数/种子总数 $\times 100\%$ 。发芽率相对值用处理与 CK 的相对值表示,即相对值 = 处理值/对照值。

1.3.2 种子芽长、根长、幼苗鲜质量和根毛区宽度

盐胁迫处理 10 d 后,从每个培养皿取 10 株生长状态相对一致的幼苗,分别测定其芽长、根长、根毛区宽度和幼苗鲜质量,参照 1.3.1 计算各指标的相对值。

1.3.3 耐盐指数 各指标隶属函数值的计算和耐盐性分级标准均参照刘妍妍等^[8]的方法。隶属函数值 $X_i = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$, 其中, X 代表某品种不结球白菜某个指标的相对值, X_{\max} 、 X_{\min} 分别表示该指标的相对值在所有品种中的最大和最小值。先求出各品种耐盐指标的隶属值,再分别把各指标的隶属值累加求平均值,即可分别得出不同品种的耐盐指数。并根据耐盐性分级标准^[8] (表 1) 对不同品种耐盐性进行等级划分,耐盐指数值越大表明其耐盐性越强,耐盐等级评价也越高。

表 1 不结球白菜耐盐性分级标准

耐盐等级	耐盐性	耐盐指数
1	高感	0.00 ~ 0.20
2	敏感	0.21 ~ 0.40
3	中耐	0.41 ~ 0.60
4	耐盐	0.61 ~ 0.80
5	高耐	0.81 ~ 1.00

2 结果与分析

2.1 不同品种不结球白菜在盐胁迫下的发芽情况

由表 2 可知,除改良 605、抗热 605、矮抗青、日本绿宝、新优抗 70、中其白和五月慢等 7 个品种的相对发芽率低于 0.80 外,其他品种都在 0.80 以上。北京小杂 56、绿领矮脚黄、四倍体矮脚黄、郑研小包 23 和长江五号等 5 个品种相对发芽率 ≥ 1.00 ,说明,150 mmol/L NaCl 胁迫对这几个品种的发芽率没有明显影响。

各指标相对值的平均值由大到小依次为:胚鲜质量(0.86) > 发芽率(0.85) > 胚芽长(0.54) > 胚根长(0.36) > 根毛区宽度(0.14)。表明,根毛区宽度受伤害最大,胚根长其次,胚鲜质量受影响最小。相对根毛区宽度较大的品种有四倍体矮脚黄、长江五号、超三角、翠冠一号、秦白二号和北京小杂 56,分别为 0.71、0.53、0.45、0.44、0.42 和 0.32。其他品种根毛分化不明显,有些品种分化出来的根毛随着胁迫时间的延长出现萎缩。

表 2 盐胁迫下不同品种不结球白菜各发芽指标的相对值

产地	品种名称	发芽率	胚鲜质量	胚芽长	胚根长	根毛区宽度
河南	秦白二号	0.90	1.14	0.74	0.66	0.42
	美味四季小白菜	0.88	0.77	0.34	0.29	0.13
	郑研小包 23	1.00	0.93	0.40	0.31	0.21
	郑白小包头	0.98	0.63	0.56	0.48	0.00
湖北	上海鸡毛菜	0.86	0.93	0.68	0.35	0.00
山东	北京小杂 56	1.03	1.14	0.56	0.58	0.32
	新优抗 70	0.70	0.78	0.52	0.13	0.00
	丰抗 90	0.90	1.26	0.66	0.28	0.00
	申六青梗菜	0.91	0.74	0.65	0.33	0.18
江苏	优选抗热 605	0.88	0.72	0.56	0.31	0.00
	精品四月白	0.94	0.62	0.51	0.24	0.00
	优选高梗白	0.98	0.65	0.48	0.29	0.00
	中其白	0.78	1.03	0.45	0.22	0.00
	优选上海青	0.98	1.21	0.51	0.27	0.00
	黑叶五月慢	0.92	0.44	0.48	0.21	0.00
	五月慢	0.75	0.80	0.41	0.35	0.00
	四月白	0.94	0.97	0.52	0.24	0.00
	四倍体矮脚黄	1.02	1.23	0.96	0.88	0.71
	绿领矮脚黄	1.07	1.57	0.66	0.29	0.05
北京	京冠	0.81	0.79	0.69	0.29	0.31
江西	日本绿宝	0.55	0.53	0.37	0.23	0.07
	翠冠一号	0.85	0.58	0.61	0.29	0.44
	上海矮抗青	0.98	1.00	0.38	0.33	0.04
	新盛绿	0.95	0.74	0.40	0.38	0.00
四川	改良 605	0.32	0.62	0.27	0.10	0.06
浙江	抗热 605	0.40	0.91	0.83	0.41	0.11
贵州	鸿盛五号小白菜	0.89	0.81	0.46	0.50	0.00
	长江五号	1.00	0.88	0.57	0.48	0.53
	超三角	0.86	0.84	0.57	0.70	0.45
安徽	矮抗青	0.34	0.52	0.39	0.24	0.05
	平均值	0.85	0.86	0.54	0.36	0.14

2.2 不同品种不结球白菜各指标的隶属函数值和耐盐指数

由表 3 可以看出,四倍体矮脚黄的耐盐指数最高(0.93),秦白二号其次(0.68),北京小杂 56 第 3 (0.61),其他品种均未达到 0.60,改良 605 的耐盐指数最低,仅 0.05。

从耐盐等级分析结果可以看出,四倍体矮脚黄为高耐品种,秦白二号、北京小杂 56 两个品种为耐盐品种,郑研小包 23、上海鸡毛菜、丰抗 90 等 10 个品种为中等耐盐品种,美味四季小白菜、郑白小包头、新优抗 70、精品四月白等 14 个品种为盐敏感品种,而日本绿宝、改良 605 和矮抗青为高感品种。

表 3 盐胁迫下不同品种不结球白菜各指标的隶属函数值和耐盐指数

品种名称	隶属函数值					耐盐指数	耐盐等级	耐盐性
	发芽率	胚鲜质量	胚根长	胚芽长	根毛区宽度			
秦白二号	0.77	0.62	0.68	0.72	0.59	0.68	4	耐盐
美味四季小白菜	0.75	0.29	0.10	0.24	0.18	0.31	2	敏感
郑研小包 23	0.91	0.43	0.19	0.27	0.30	0.42	3	中耐
郑白小包头	0.88	0.17	0.42	0.49	0.00	0.39	2	敏感
上海鸡毛菜	0.72	0.43	0.59	0.32	0.00	0.41	3	中耐
北京小杂 56	0.95	0.62	0.42	0.62	0.45	0.61	4	耐盐
新优抗 70	0.51	0.30	0.36	0.04	0.00	0.24	2	敏感
丰抗 90	0.77	0.73	0.57	0.23	0.00	0.46	3	中耐
申六青梗菜	0.79	0.27	0.55	0.29	0.25	0.43	3	中耐
优选抗热 605	0.75	0.25	0.42	0.27	0.00	0.34	2	敏感
精品四月白	0.83	0.16	0.35	0.18	0.00	0.30	2	敏感
优选高梗白	0.88	0.19	0.30	0.24	0.00	0.32	2	敏感

续表 3 盐胁迫下不同品种不结球白菜各指标的隶属函数值和耐盐指数

品种名称	隶属函数值					耐盐指数	耐盐等级	耐盐性
	发芽率	胚鲜质量	胚根长	胚芽长	根毛区宽度			
中其白	0.61	0.52	0.26	0.15	0.00	0.31	2	敏感
优选上海青	0.88	0.68	0.35	0.22	0.00	0.43	3	中耐
黑叶五月慢	0.80	0.00	0.30	0.14	0.00	0.25	2	敏感
五月慢	0.57	0.32	0.20	0.32	0.00	0.28	2	敏感
四月白	0.83	0.47	0.36	0.18	0.00	0.37	2	敏感
四倍体矮脚黄	0.93	0.70	1.00	1.00	1.00	0.93	5	高耐
绿领矮脚黄	1.00	1.00	0.57	0.24	0.07	0.58	3	中耐
京冠	0.65	0.31	0.61	0.24	0.44	0.45	3	中耐
日本绿宝	0.31	0.08	0.14	0.17	0.10	0.16	1	高感
翠冠一号	0.71	0.12	0.49	0.24	0.62	0.44	3	中耐
上海矮抗青	0.88	0.50	0.16	0.29	0.06	0.38	2	敏感
新盛绿	0.84	0.27	0.19	0.36	0.00	0.33	2	敏感
改良 605	0.00	0.16	0.00	0.00	0.08	0.05	1	高感
抗热 605	0.11	0.42	0.81	0.40	0.15	0.38	2	敏感
鸿盛五号小白菜	0.76	0.33	0.28	0.51	0.00	0.38	2	敏感
长江五号	0.91	0.39	0.43	0.49	0.75	0.59	3	中耐
超三角	0.72	0.35	0.43	0.77	0.63	0.58	3	中耐
矮抗青	0.03	0.07	0.17	0.18	0.07	0.10	1	高感

2.3 盐胁迫下不结球白菜各性状指标相对值的相关性分析

对盐胁迫下不结球白菜 5 个性状的相对值进行了相关性分析,发现多数性状间的相关性都达到了显著或极显著水平,结果见表 4。相对胚根长与相对根毛区宽度、相对胚芽长与相对根毛区宽度、相对胚芽长和相对胚根长之间的相关性较大,其相关系数分别达 0.713、0.530 和 0.585,其中相对胚根长与相对根毛区宽度间呈极显著正相关($P<0.01$)。相对胚鲜质量和相对胚芽长间也达到了显著相关($P<0.05$)。

表 4 不结球白菜各性状指标相对值的相关系数

指标	相对发芽率(X1)	相对胚鲜质量(X2)	相对胚芽长(X3)	相对胚根长(X4)	相对根毛区宽度(X5)
X1	1				
X2	0.434	1			
X3	0.236	0.469*	1		
X4	0.369	0.356	0.585*	1	
X5	0.198	0.206	0.530*	0.713**	1

注：* 和 ** 分别表示在 5% 和 1% 水平上显著。

3 结论与讨论

本试验选用来自 10 个地区的 30 个不结球白菜品种,测定了各品种在盐胁迫下的发芽率、胚鲜质量、胚根长、胚芽长和根毛区宽度等指标的相对值,并在此基础上分析各指标的隶属函数值,然后计算其耐盐指数,从而比较各品种的耐盐性。结果表明,30 个不结球白菜耐盐性差异较大,从耐盐等级分析结果可以看出,四倍体矮脚黄为高耐品种,秦白二

号、北京小杂 56 两个品种为耐盐品种,郑研小包 23、上海鸡毛菜、丰抗 90 等 10 个品种为中等耐盐品种,美味四季小白菜、郑白小包头、新优抗 70、精品四月白等 14 个品种为盐敏感品种,而日本绿宝、改良 605 和矮抗青为高感品种。因本试验结果是在 150 mmol/L NaCl 条件下筛选得到的,在增大 NaCl 胁迫浓度的情况下,可能耐盐级别会有所降低,所以本试验得到的品种耐盐性是相对的。

目前在评价作物萌发期耐盐性方面,较多采用的指标是发芽势、发芽率、芽长和根长等^[9-12],极少涉及根毛生长指标。徐芬芬等^[13]研究表明,小白菜根毛区宽度适合作为小白菜耐盐品种筛选的重要指标。因此,本研究采用发芽率、胚根长、胚芽长、胚鲜质量和根毛区宽度等指标来评价不结球白菜品种的耐盐性,结果表明,其相对发芽率、相对胚芽长、相对胚根长、相对胚鲜质量以及相对根毛区宽度等在品种间差异较大。盐胁迫对胚根长度和胚芽长度的影响大于发芽率,这是因为种皮在一定程度上起了“缓冲”作用,种皮对幼嫩的胚根与胚芽的保护作用,使种子在某一盐碱浓度下能够萌发,但萌发并不意味着就能立地成苗,种子萌发后胚根、胚芽的生长对盐胁迫更敏感。相对于胚根长和胚芽长,根毛的发育对盐胁迫更敏感,表现在各品种对照的根系发育均良好,根毛较为浓密、饱满,根系分支良好,而盐胁迫处理根长变短,根尖变褐,侧根数量明显减少,根毛分化极少。从各指标受盐胁迫伤害的程度看,根毛区宽度受影响最大,胚根长其次,胚鲜质量最小,说明根毛对盐胁迫最敏感。所以盐胁迫对幼苗

根系生长尤其是根毛分化的影响远远超过了地上部分,而根毛区是根系吸收水分和无机盐的主要区域,这可能是植物受盐胁迫伤害的主要原因,所以要增强作物的耐盐性,关键在于降低盐胁迫对根系发育和根毛分化的伤害。

参考文献:

[1] 王金彦. 不结球白菜基因组数据库的构建及芸薹属作物 microRNA 和 ESTSSR 数据的挖掘与分析[D]. 南京:南京农业大学,2012.

[2] 李彬,王志春,孙志高,等. 中国盐碱地资源与可持续利用研究[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(2):154-158.

[3] 杜岩. 设施土壤次生盐渍化危害及解决途径研究[D]. 扬州:扬州大学,2014.

[4] 徐芬芬,叶利民,王海勤,等. CaCl_2 浸种对水稻幼苗抗盐性的影响[J]. 河南农业科学,2009(12):44-45,47.

[5] 王帅,崔江慧,薛薇,等. 不同基因型高粱品种对盐胁迫的生理响应[J]. 河南农业科学,2012,41(3):31-34.

[6] 徐芬芬,叶利民,徐潇,等. 盐胁迫对不同品种小白菜种子萌发特性的影响[J]. 亚热带植物科学,2010,39(4):18-20.

[7] 杨飞,郭海波,吴菊,等. NaCl 胁迫对白菜种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 北方园艺,2014(1):26-29.

[8] 刘妍妍,吴纪中,许璋阳,等. 人工海水胁迫下小麦芽期和苗期的耐盐性鉴定方法[J]. 植物生理学报,2014,50(2):214-222.

[9] 罗志娜,赵桂琴,刘欢. 24 个燕麦品种种子萌发耐盐性综合评价[J]. 草原与草坪,2012,32(1):34-38,41.

[10] 孙璐,周宇飞,汪澈,等. 高粱品种萌发期耐盐性筛选与鉴定[J]. 中国农业科学,2012,45(9):1714-1722.

[11] 王军伟. 菠菜品种间耐盐性差异及生理生化特性研究[D]. 泰安:山东农业大学,2008.

[12] 于军,张朴进,郭玲. NaCl 胁迫下不同番茄品种萌芽期耐盐性评价[J]. 生物技术通报,2009(增刊):159-164.

[13] 徐芬芬,叶利民,夏晓蕾,等. 人工海水胁迫对不同品种小白菜萌发和根系生长的影响[J]. 上饶师范学院学报,2015,35(6):81-85.

(上接第 86 页)

参考文献:

[1] 胡繁荣. 不同砧木对西瓜嫁接的影响[J]. 浙江农业科学,2000(3):135-137.

[2] 王缙. 育苗基质研究综述[J]. 现代农业科技,2009(16):77,81.

[3] 洪春来,朱凤香,陈晓旸,等. 不同菇渣复合基质对番茄育苗效果的影响[J]. 现代农业科技,2011(1):123-124,126.

[4] 高海,王彦靖,崔彦如,等. 蚯蚓粪育苗复合基质在番茄穴盘育苗中的应用研究[J]. 现代农业科技,2015(21):63-64,66.

[5] 李小妹,邢后银,汪小斌,等. 中药渣基质穴盘嫁接西瓜苗大棚栽培技术[J]. 现代农业科技,2008(12):38-39.

[6] 崔秀敏,王秀峰. 蔬菜育苗基质及其研究进展[J]. 天津农业科学,2001,7(1):37-42.

[7] 刘培鸣,杨伯杰,李卿香,等. 蔬菜灰渣基质育苗技术[J]. 山西农业科学,1991,19(1):41.

[8] 毛丽萍,郭尚. 回归相关法测定西葫芦叶面积研究[J]. 上海蔬菜,2008(5):74-75.

[9] 张振贤,程智慧. 高级蔬菜生理学[M]. 北京:中国农业科技出版社,2008:14.

[10] Tang Qiyi, Zhang Chuanxi. Data Processing System (DPS) software with experimental design, statistical analysis and data mining developed for use in entomological research[J]. Insect Science, 2012, 20(2):254-260.

[11] 李建明,邹志荣,黄志. 温光驱动甜瓜壮苗指数模型研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2008,36(1):149-152.

[12] Ostos J C, López-Garrido R, Murillo J M, et al. Substitution of peat for municipal solid waste and sewage sludge-based composts in nursery growing media: Effects on growth and nutrition of the native shrub *Pistacia lentiscus* L. [J]. Bioresource Technology, 2008, 99(6):1793-1800.