

嫁接对提高棉花耐 NaCl 胁迫的效应

邱爱华 廖小芳 王灿灿 汤丹峰 周步进 陈鹏 周瑞阳*

(广西大学 农学院/广西高校植物遗传育种重点实验室, 南宁 530004)

摘要 为明确嫁接是否可以提高棉花对 NaCl 的耐性,首先对 11 份棉花资源种子萌发期和苗期的耐盐性进行了鉴定,并采用隶属函数法对其耐盐性进行评价,发现源于我国西南地区的多年生海岛棉 113-5 的耐盐性最强,而产量较高的陆地棉栽培品种(转 Bt 抗虫棉)J-1 的耐盐性最弱;然后,以 113-5 和 J-1 为材料进行互相嫁接,并以自根苗为对照,结果发现其耐盐性强弱顺序表现为:自根苗 113-5>嫁接株 J-1/113-5(接穗/砧木)>反接株 113-5/J-1>J-1 自根苗。结果表明,在生产中直接利用耐盐性强的材料作砧木,采用嫁接栽培法可显著提高接穗的耐盐性。

关键词 棉花;嫁接;NaCl 胁迫

中图分类号 S 562

文章编号 1007-4333(2015)06-0053-08

文献标志码 A

Effect of grafting on improving cotton's resistance to NaCl stress

QIU Ai-hua, LIAO Xiao-fang, WANG Can-can, TANG Dan-feng,

ZHOU Bu-jin, CHEN Peng, ZHOU Rui-yang*

(College of Agriculture/Key Laboratory of Plant Genetic Breeding of Guangxi Colleges and Universities,
Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract In order to clarify whether grafting can improve the salt tolerance of cotton or not, 11 cotton materials were used for salt tolerance identification at seed germination stage and seedling stage. Subordinate function was adapted to evaluate their salt tolerance. The result showed that the 113-5 cultivar from the southwest of China had the best resistance performance, while the upland cotton (Bt cotton) J-1 displayed lowest resistance but has the higher yield. Cotton material 113-5 and J-1 were used as root stocks and scions for each other taking the seedling as controls. The results showed that the strength ranking order of salt resistance is the seedling of 113-5>graft nursery plant of J-1/113-5(scion/stock)>anti-graft nursery plant of 113-5/J-1>the seedling of J-1. The result indicated that grafting can obviously improve the ability of salt tolerance of grafted seedling when root stock has stronger salt resistance was used.

Key words cotton; grafting; stress of NaCl

土壤盐渍化是影响农业生产和生态环境的严重问题。耕地的不断减少和人口的不断增长迫使人类开发和利用大面积的盐碱地、海岸带和滩涂地带。植物耐盐的机理和耐盐植物的培育研究已成为研究的热点之一^[1-3]。棉花是中国重要的经济作物,在国民经济中占有举足轻重的地位^[4]。而且棉花是人们熟知的较耐盐作物,是改良盐碱地较理想的先锋作物之一^[5-7]。多年来,国内外围绕棉花耐盐机理、耐盐鉴定和提高耐盐性的途径等方面展开了大量研

究,取得了多方面的进展^[8-13]。但前人研究中着重从育种方面进行耐盐棉花种质资源的筛选,以期通过育种途径选育出耐盐性强的优良品种。但耐盐性强的材料一般为野生或半野生资源,而高产优质的栽培品种的耐盐性相对较弱。可见,采用育种途径提高棉花品种的耐盐性具有育种周期长、可供筛选的种质资源有限等问题。

嫁接在蔬菜生产中应用十分广泛,主要利用嫁接增强蔬菜的抗病性^[14-18]、抗寒性^[19-20]、耐热

收稿日期: 2015-03-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31360348)

第一作者: 邱爱华,硕士研究生, E-mail: 18377178658@163.com

通讯作者: 周瑞阳,教授,主要从事棉麻作物遗传育种与栽培生理研究, E-mail: ruiyangzhou@aliyun.com

性^[21-22]、耐盐性^[23-25]、改良品种及改善根系吸收功能^[26-32],以达到早熟和增产的目的。近年,嫁接技术也常应用于棉花的生产与研究^{①[33]},通常以高产优质的陆地棉为接穗,以黄萎病抗性好的海岛棉为砧木进行嫁接,这种嫁接组合的棉花与对照棉花相比,具有抗病性强,产量高等特点。2010年射阳县清明中期~谷雨后期连续20多天的低温阴湿,常规棉大部分重育第2次苗,而嫁接棉一次育苗成功。在大暑的连续高温天气下,嫁接棉的落铃率也不到30%,远低于常规棉^[34-35];胡雨薇等^[36]研究表明,抗病材料无论作砧木还是接穗均能抑制黄萎病的发生;张明菊等^[37]研究发现,利用合适的抗病砧木与感病的陆地棉嫁接能有效地防治黄萎病;郝俊杰等^[38]选用已明确抗黄萎病的海岛棉海7124和Pima90为砧木、以感病陆地棉品种湘杂棉21和冀棉11为接穗做了4个嫁接组合,认为抗病砧木可以增强抗性,有效地防治棉花黄萎病的发生,提高连作棉田的棉花产量;周瑞阳^[39]利用嫁接方法提高棉花对土传病害的抗性。

本试验根据前人对棉花耐盐性的鉴定及研究^[40-47],拟探讨嫁接对棉花耐盐性的效应,以期采用此方法提高耐盐能力相对较弱的主栽棉花品种的耐盐性,从而直接将耐盐性强的资源应用于棉花栽培实践中。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试材料有7份海岛棉:NH11-157、NH11-174、NH11-272、NH11-112、NH11-139、NH11-156和NH11-168;3份半野生状态的木棉(多年生海岛棉):M11-52、113-5和113-1;1份陆地棉材料:J-1。均由周瑞阳教授提供。

1.2 试验设计

1.2.1 棉花萌发期耐盐性鉴定

本研究于2014年5月在广西大学作物遗传育种与栽培重点实验室404室及农学院农场试验地进行。从上述每个试验材料中选取大小均匀、饱满的种子各180粒,用0.1%的高锰酸钾溶液灭菌30s,然后用蒸馏水清洗干净。将每个材料的180粒种子均分成2份(每份做3个重复,30粒/重复),其中一

份放入蒸馏水(CK),另一份放入浓度为150 mmol/L的NaCl溶液中浸种,吸胀完全后平整摆齐在装有2层滤纸的培养皿(直径为9 cm,已消毒洗净)中,再分别加入蒸馏水、150 mmol/L的NaCl溶液至滤纸湿润,倾斜时皿底无溶液和聚为宜。将装有种子的培养皿放入无光照恒温培养箱(温度为 $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 $80\% \pm 2\%$)中催芽,以称重法定时(每天6:00—24:00,每隔2 h)补充散失的水分,以保持滤纸湿润。每天统计发芽数,共发芽6 d。

1.2.2 棉花苗期耐盐性鉴定

113-5、113-1及J-1为幼苗期耐盐鉴定的材料。从上述3个材料中选取大小均匀、饱满的种子各400粒,用75%的酒精消毒30s,常温浸种2~3 h后,将种子用湿润的纱布包裹并放于 $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$ 的恒温黑暗培养箱中至露白,选取露白一致的种子播种于装有泥炭育苗基质(有机质含量 $\geq 60\%$,总养分 $\geq 4.0\%$,广西南宁植硕农化有限公司生产)的育苗钵中。待幼苗长到2~3片真叶时挑选生长一致的棉苗分别定植于装有1/2 Hoagland营养液的蓝色塑料方盆(容量为15 L)里,用空气压缩机(30 min/h)间歇通气,进行预培养;移栽后5 d进行NaCl处理,试验设6个处理,以1/2 Hoagland营养液处理为对照;1/2 Hoagland营养液+NaCl(100、150、200、250和300 mmol/L)为处理。每处理15株,3次重复。为防止盐的冲击,第一次进行盐胁迫时每盆中使NaCl浓度先达到100 mmol/L,3 d后使浓度分别达到相应的处理浓度,盐胁迫一周后进行株高、茎粗和干鲜重等相关指标的测定。

1.2.3 嫁接苗耐NaCl的鉴定

以113-5和J-1互为砧木和接穗,采用劈接法进行嫁接处理(113-5、J-1、J-1/113-5和113-5/J-1),嫁接后用塑料薄膜和遮阳网进行覆盖,过夜后进行小通风,然后逐渐见光通风,一周后完全去除覆盖物,挑选生长一致的嫁接苗和自根苗分别定植于与上述相同的塑料方盆中,以下其他操作相同。

1.3 测定指标及方法

萌发期测定发芽率、发芽势和发芽指数。为有效消除各材料间基础性状的差异,采用各指标相对值进行分析。各指标计算公式如下:

$$\text{发芽率}/\% = 6 \text{ d内发芽种子数}/$$

① 黄双领,于霁雯,翟红红,等.海陆棉花嫁接超高产研究简报[C]//中国农业科学院棉花研究所/农业部棉花遗传改良重点实验室,中棉种业科技股份有限公司,武汉市华中现代种业有限公司.中国棉花学会2010年年会论文汇编.河南省,中国农学会棉花分会,2010:217

$$\begin{aligned} & \text{供试种子数} \times 100 \\ \text{发芽势} / \% &= 3 \text{ d 内发芽种子数} / \\ & \text{供试种子数} \times 100 \\ \text{发芽指数} &= \Sigma(Gt / Dt) \end{aligned}$$

式中: Gt 为时间 t 的发芽数, Dt 为相应的发芽天数。

相对指标 / % = 处理测定值 / 对照测定值 $\times 100$
幼苗期测定株高、茎粗、鲜重、干重及根系活力等相关指标^[48]。用直尺自子叶节至顶部测量株高, 用游标卡尺测量苗高 1/2 处的茎粗, 用电子天平测量干鲜重(105 ℃烘箱杀青 20 min, 80 ℃烘干至恒重, 称取干重), 根系活力采用 TTC 法测定^[49-50]。

1.4 数据处理

用 EXCEL 2013 和 SPSS 17.0 数据处理软件进行分析, 方差分析用 Duncan 新复极差法 ($P < 0.005$)。供试材料萌发期耐盐性综合评价采用隶属函数法^[51-52]进行, 运用到的主要公式如下:

$$\begin{aligned} \text{盐害系数} / \% &= (\text{对照值} - \text{处理值}) / \\ & \text{对照值} \times 100 \end{aligned}$$

某一指标与耐盐性是正相关, 则隶属函数值为

$$U(X_{ij}) = (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min})$$

若某一指标与耐盐性是负相关, 则隶属函数值为

$$U(X_{ij}) = 1 - (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min})$$

式中: $U(X_{ij})$ 表示 i 材料 j 指标的隶属值; X_{ij} 表示 i

材料 j 指标的测定值; $X_{j\min}$ 、 $X_{j\max}$ 分别表示 j 指标的最小值和最大值。

$$\text{各综合指标权重: } W_j = P_j / \Sigma P_j;$$

式中: W_j 表示 j 个公因子在所有公因子的重要程度, P_j 表示 j 个公因子各自的贡献率。

$$\text{耐盐综合评价: } D = \Sigma(U(X_{ij}) \times W_j)$$

式中: D 为材料在逆境胁迫条件下用综合指标评价所得的抗逆性综合评价值, D 值越大表示抗逆性越强。

2 结果与分析

2.1 棉花种子萌发期对 NaCl 胁迫的耐性鉴定

2.1.1 棉花种子萌发期相关耐盐指标及盐害系数的测定

从表 1 可以看出, 在 150 mmol/L 的 NaCl 胁迫下, 供试材料种子的发芽率、发芽势和发芽指数等均受到抑制作用, 但抑制程度有所不同。其中, 发芽率盐害系数最低的 3 个材料分别为: NH11-272、113-1 和 113-5; 发芽势盐害系数最低的 3 个材料为: NH11-174、NH11-272 和 NH11-168; 发芽指数盐害系数最低的 3 个材料为: 113-5、NH11-168 和 NH11-139。表明 113-5 在萌发期具有较强的耐盐性, 但不同指标反映的耐盐性差异较大, 因此, 需要采用隶属函数法分析和评价。

表 1 NaCl 对棉花种子萌发期相关指标的影响及指标的盐害系数							%
Table 1 Influences on germination of cotton tread by NaCl and the indicator of salt damage							
材料 Material	相对发芽率 Relative germination rate	发芽率盐害系数 Salt toxicity coefficient of germination rate	相对发芽势 Relative germination potential	发芽势盐害系数 Salt toxicity coefficient of germination potential	相对发芽指数 Relative germination index	发芽指数盐害系数 Salt toxicity coefficient of germination index	
NH11-157	22.50±2.50 f	77.50±2.50 a	77.78±22.22 ab	22.22±12.22 cd	42.08±2.77 bc	57.92±2.77 ab	
NH11-174	61.67±7.26 d	25.00±0.00 ef	79.17±4.17 ab	8.34±8.34 d	68.44±17.12 ab	31.56±17.12 bc	
NH11-272	93.34±6.66 a	6.66±0.66 g	73.89±3.90 ab	9.99±0.99 d	80.94±14.29 a	28.59±18.45 c	
NH11-112	72.23±5.56 c	27.78±5.55 ef	26.19±5.12 c	73.801±5.12 a	41.66±5.99 bc	58.34±5.99 ab	
NH11-139	77.75±3.21 bc	27.85±7.87 def	82.61±5.60 a	25.39±3.16b cd	76.32±5.49 a	23.68±5.49 c	
NH11-156	53.57±3.57 d	46.44±3.57 bc	73.31±6.67 ab	26.69±6.67 bcd	57.32±8.91 ab	42.68±8.91 abc	
NH11-168	75.93±0.93 c	29.17±4.17 de	84.53±1.18 a	15.48±1.18 d	78.95±4.47 a	21.05±4.47 c	
J-1	33.33±0.00 e	58.34±8.34 b	33.33±0.01 c	58.34±8.34 ab	22.65±11.78 c	66.03±5.61 a	
M11-52	58.13±1.88 d	41.88±1.88 cd	47.26±4.51 bc	52.74±4.51 abc	59.63±1.87 ab	40.37±1.87 abc	
113-1	87.09±0.42 ab	12.92±0.42 fg	34.72±9.72 c	82.96±7.96 a	60.67±5.38 ab	39.33±5.38 abc	
113-5	86.91±7.24 ab	19.64±5.36 ef	81.90±4.01 a	18.10±4.01 cd	83.70±6.45 a	16.30±6.45 c	

注: 同列中字母相同者表示差异未达到 5% 显著水平, 字母不同者表示差异达到 5% 显著水平。
Notes: In the same precedence the same letters in the same precedence represent no significant difference at 5% and the different letters represent significant difference at 5%.

2.1.2 利用隶属函数法评价棉花种子萌发期耐盐性差异

棉花种子在 NaCl 胁迫下受到多种因素的共同作用,因此对其进行耐盐性评价也要考虑各种因素下种子萌发的综合表现。为了更全面准确系统地对棉花种子的耐盐性进行评价,同时克服单一指标对棉花种子耐盐能力鉴定的不足,本研究对以上各指标的平均值进行权重分析,并运用隶属函数法对棉花种子萌发期的耐 NaCl 性进行综合评价,并以 D 值(D 表示抗逆性综合评价值)大小反映各材料耐 NaCl 能力的大小, D 值越大表明耐 NaCl 能力越强。

由表 2 可知,试验材料 NH11-272 的综合评价价值 D 最大,J-1 综合评价价值 D 最小,分别为 0.94 和 0.14,说明 NH11-272 种子萌发期的抗盐性最好,J-1 种子萌发期的抗盐性最差。对所有供试棉花材料种子萌发期的耐盐性评价中,NH11-272、113-5、NH11-139、NH11-168、113-1 和 NH11-174 共 6 份材料的综合评价价值 D 大于 0.5,占整体材料的 54.55%,说明这些材料的抗盐性较好。另外 5 个材料的综合评价价值 D 均小于 0.5,占整体材料的 45.45%,说明这些材料抗盐性较差,综上所述各试验材料耐盐能力大小的顺序见下表。

表 2 隶属函数法评价棉花种子萌发期的耐盐性差异

Table 2 Method of membership function to estimate the difference of salt tolerance at cotton seed germination

材料 Material	各指标隶属函数值 Value of subordinate function						D 值	排序
							Value of D	Sequencing
	1	2	3	4	5	6		
NH11-157	0.00	0.88	0.32	0.00	0.81	0.16	0.28	10
NH11-174	0.55	0.91	0.75	0.68	1.00	0.69	0.67	6
NH11-272	1.00	0.82	0.95	1.00	0.98	0.75	0.94	1
NH11-112	0.70	0.00	0.31	0.64	0.12	0.15	0.47	7
NH11-139	0.78	0.97	0.88	0.64	0.77	0.85	0.84	3
NH11-156	0.44	0.81	0.57	0.40	0.75	0.47	0.30	9
NH11-168	0.75	1.00	0.92	0.62	0.90	0.90	0.83	4
J-1	0.15	0.12	0.00	0.25	0.33	0.00	0.14	11
M11-52	0.50	0.36	0.61	0.46	0.41	0.52	0.46	8
113-1	0.91	0.15	0.62	0.83	0.00	0.54	0.67	5
113-5	0.91	0.95	1.00	0.75	0.87	1.00	0.93	2
贡献率 Contribution rate	3.938	1.827	0.177	0.032	0.014	0.011		
权重 Proportion	0.656	0.305	0.030	0.005	0.002	0.002		

注:1~6 分别指相对发芽率、相对发芽势、相对发芽指数、发芽率盐害系数、发芽势盐害系数和发芽指数盐害系数。
Notes:1 to 6 represent the relative germination rate,relative germination potential,relative germination index,salt toxicity coefficient of germination rate,salt toxicity coefficient of germination potential and salt toxicity coefficient of germination index,respectively.

2.2 棉花幼苗生长期对 NaCl 胁迫的耐性鉴定

2.2.1 耐盐指标的测定

根据种子萌发期的试验结果,选择 3 个具有代表性的材料 113-1、113-5 和 J-1(113-1 和 113-5 为多年生海岛棉,萌发期耐盐性较强;J-1 为抗虫棉,萌发期耐盐性最弱)。但由于棉花种子萌发期的耐盐能力与其苗期耐盐能力可能有不一致的表现,因此为了能够用耐盐性最好的材料作砧木,本试验对上述

3 个材料又进行了苗期耐盐性的鉴定。由表 3 可见,随着 NaCl 胁迫浓度的增加,3 个材料的相对株高、相对茎粗、相对鲜重和相对干重均显著降低。在低浓度的 NaCl (100 和 150 mmol/L)处理下,3 个材料相互之间耐盐综合指标差异不显著,但随着 NaCl 浓度的增加,各材料之间差异明显增大,总体来看材料 113-5 耐盐综合指标显著高于 113-1 和 J-1,113-1 又显著高于 J-1。

表 3 不同 NaCl 浓度处理下棉花幼苗期茎叶生长及生物量积累的相对变化率

Table 3 Relative rate of the growth of stem leaf and biological accumulation at cotton seeding period under the stress of NaCl in different concentrations

NaCl 浓度/ (mmol/L)	材料 Material	相对株高 Relative plant height	相对茎粗 Relative plant diameter	相对鲜重 Relative fresh weight	相对干重 Relative dry weight	耐盐综合指标 Composite indicator of salt tolerance
100	113-5	0.972±0.010 a	0.996±0.005 a	0.902±0.001 a	1.001±0.050 a	0.97 a
	113-1	0.888±0.015 ab	0.951±0.010 b	0.894±0.042 a	0.789±0.023 b	0.88 ab
	J-1	0.818±0.045 b	0.943±0.015 b	0.780±0.056 a	0.749±0.041 b	0.82 b
150	113-5	0.939±0.005 a	0.991±0.000 a	0.821±0.003 a	0.950±0.050 a	0.93 a
	113-1	0.733±0.020 b	0.938±0.010 b	0.733±0.000 ab	0.625±0.019 b	0.76 b
	J-1	0.686±0.000 b	0.901±0.010 c	0.643±0.062 b	0.546±0.084 b	0.70 b
200	113-5	0.934±0.000 a	0.989±0.000 a	0.707±0.002 a	0.938±0.013 a	0.90 a
	113-1	0.719±0.020 b	0.916±0.015 b	0.444±0.002 b	0.582±0.006 b	0.67 b
	J-1	0.430±0.010 c	0.871±0.000 c	0.237±0.005 c	0.434±0.028 c	0.50 c
250	113-5	0.721±0.040 a	0.845±0.050 a	0.591±0.028 a	0.785±0.003 a	0.74 a
	113-1	0.467±0.015 b	0.777±0.025 ab	0.432±0.003 b	0.462±0.038 b	0.54 b
	J-1	0.348±0.010 c	0.685±0.045 c	0.177±0.018 c	0.274±0.045 c	0.37 c
300	113-5	0.588±0.070 a	0.732±0.010 a	0.492±0.009 a	0.671±0.017 a	0.62 a
	113-1	0.238±0.010 b	0.697±0.025 a	0.321±0.006 b	0.358±0.025 b	0.40 b
	J-1	0.257±0.000 b	0.617±0.010 b	0.134±0.013 c	0.162±0.011 c	0.29 c

注：同一浓度下同列中字母相同者表示差异未达到 5% 显著水平，字母不同者表示差异达到 5% 显著水平。表 4 同。

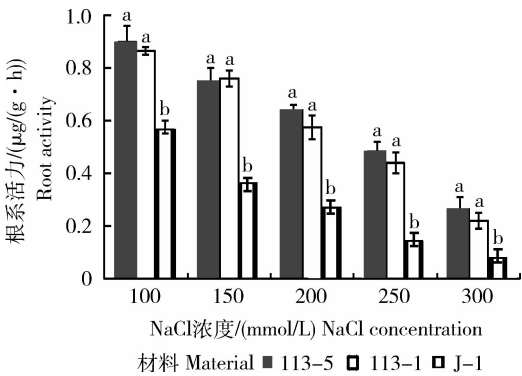
Notes:The same letters in the same concentration and precedence represent no signification difference at 5% and the different letters represent signification difference at 5%. The same as table 4.

2.2.2 根系活力及耐盐性的关系

从图 1 可知，随着 NaCl 浓度的增加，113-5、113-1 及 J-1 的根系活力均显著下降；在同一 NaCl 浓度处理下 113-5 的根系活力大于 113-1 和 J-1，113-1 则大于 J-1，113-5、113-1 与 J-1 之间均有显著差异，113-5 与 113-1 之间没有显著差异。随着 NaCl 胁迫浓度的提高，各材料的根系活力大幅下降，其中 113-5 下降的平均幅度为 38.44%，113-1 为 42.91%，J-1 为 71.40%。说明 113-5 对盐害不敏感，耐盐性最强；而 J-1 的耐盐性最弱。棉花在盐胁迫条件下的根系活力与耐盐性强弱相一致，为嫁接利用耐盐性强的种质资源提供了理论依据。

2.3 嫁接苗对 NaCl 胁迫的耐性鉴定

从表 4 可以总结出如下规律：4 个处理的耐盐性强弱顺序为，砧木自根苗 113-5>正接苗(以耐盐性强的材料为砧木)J-1/113-5>反接苗(以耐盐性弱



同一浓度下相同字母表示差异未达到 5% 显著水平，字母不同者表示差异达到 5% 显著水平。下图同

The same letters in the same concentration represent no significant difference at 5% and the different letters represent significant difference at 5%. The same as following figure

图 1 不同浓度 NaCl 胁迫下棉花幼苗期根系活力的响应

Fig.1 Response of root activity at cotton seeding period tread by NaCl in different concentration

的材料为砧木)113-5/J-1>接穗自根苗 J-1,而且随着胁迫浓度的提高,处理间的差异增大。

虽然从茎秆部分的上述指标可以认为,在高浓度的 NaCl 胁迫下砧木自根苗的耐盐性强于嫁接苗,但由于所测定部位存在基因型差异(砧木与接穗的基因型差异),因此砧木自根苗和嫁接苗不具有可

比性;但嫁接苗与接穗自根苗所测定部位的基因型是相同的(均为接穗的基因型),因而具有可比性,由此说明,以耐盐性强的材料作砧木,可极显著提高接穗的耐盐性。而 2 个嫁接组合比较表明,砧木与接穗之间存在相互作用,其耐盐介于二者之间。

表 4 不同 NaCl 处理下自根苗和嫁接苗茎叶生长及生物量积累的相对变化率
Table 4 Relative rate of the growth of stem leaf and biological accumulation of scion-root-seedling and grafted seedling under the NaCl tolerance in different concentration

NaCl 浓度/ (mmol/L) NaCl concentration	材料 Material	相对株高 Relative plant height	相对茎粗 Relative plant diameter	相对鲜重 Relative fresh weight	相对干重 Relative dry weight
100	113-5	0.972±0.010 a	0.996±0.005 a	0.902±0.001 a	1.001±0.050 a
	J-1/113-5	0.948±0.010 a	0.975±0.000 a	0.901±0.008 a	0.929±0.015 a
	113-5/J-1	0.702±0.040 b	0.939±0.010 b	0.805±0.010 ab	0.755±0.029 b
	J-1	0.821±0.045 b	0.944±0.015 b	0.780±0.056 b	0.749±0.041 b
150	113-5	0.939±0.005 a	0.991±0.000 a	0.822±0.003 a	0.950±0.050 a
	J-1/113-5	0.845±0.005 b	0.966±0.005 b	0.776±0.045 ab	0.899±0.085 a
	113-5/J-1	0.613±0.005 d	0.907±0.005 c	0.653±0.011 b	0.557±0.003 b
	J-1	0.686±0.000 c	0.901±0.010 c	0.642±0.062 b	0.546±0.004 b
200	113-5	0.934±0.000 a	0.989±0.000 a	0.708±0.002 a	0.938±0.013 a
	J-1/113-5	0.796±0.015 b	0.956±0.005 b	0.578±0.011 b	0.831±0.031 b
	113-5/J-1	0.452±0.020 c	0.891±0.000 c	0.362±0.012 c	0.443±0.008 c
	J-1	0.430±0.010 c	0.871±0.000 d	0.237±0.005 d	0.434±0.028 c
250	113-5	0.721±0.040 a	0.846±0.005 a	0.591±0.028 a	0.785±0.003 a
	J-1/113-5	0.599±0.005 b	0.806±0.015 a	0.510±0.008 a	0.661±0.061 a
	113-5/J-1	0.345±0.025 c	0.813±0.005 a	0.236±0.024 b	0.280±0.009 b
	J-1	0.348±0.010 c	0.685±0.045 b	0.177±0.018 b	0.274±0.045 b
300	113-5	0.588±0.070 a	0.732±0.010 a	0.493±0.009 a	0.671±0.017 a
	J-1/113-5	0.595±0.015 a	0.721±0.010 a	0.397±0.006 b	0.507±0.021 b
	113-5/J-1	0.281±0.005 b	0.669±0.040 ab	0.173±0.022 c	0.197±0.003 c
	J-1	0.257±0.000 b	0.617±0.010 b	0.134±0.013 c	0.163±0.011 c

2.4 嫁接苗的根系活力测定

如图 2 可知,各试验材料的根系活力均随着 NaCl 胁迫浓度的增加而显著降低。J-1/113-5 与 J-1相比,除在 300 mmol/L 的 NaCl 胁迫下,前者与后者的根系活力差异不显著外,在其余浓度下前者均显著高于后者,且 0~300 mmol/L 的 NaCl 胁迫

下前者比后者分别升高了 71.43%、150.00%、166.67%、200.00%、300.00% 和 100.00%。J-1/113-5 与 113-5 比,前者的根系活力值均小于后者,它们之间除在 200 和 250 mmol/L 的 NaCl 胁迫下有显著差异外,其余浓度下差异不显著或没有差异。J-1/113-5 与 113-5/J-1 相比,前者的根系活力均大

于后者,它们之间在CK及250、300 mmol/L的NaCl胁迫下差异不显著,在100~200 mmol/L的NaCl胁迫下差异显著,且前者比后者分别增高了100.00%、100.00%和200.00%。这一结果与地上部分的测定结果相同,也反映了砧木与接穗的互作。因此,采用嫁接法提高接穗耐盐性时以耐盐能力强的材料作砧木为佳。

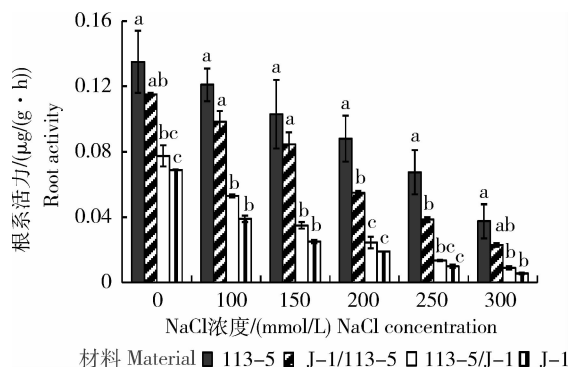


图2 不同NaCl浓度胁迫下棉花自根苗和嫁接苗根系活力的变化

Fig. 2 Variation of scion-root-seeding and grafted seedling in root activity under the different concentrations of NaCl

3 结论与讨论

张云起等^[53]和李汉美等^[54]的研究表明,盐胁迫对植物的伤害最终体现在生长受到抑制,生物量积累下降,而嫁接能提高作物的耐盐性。本研究结果也表明,盐胁迫抑制了砧木自根苗、接穗自根苗和嫁接苗生物量的积累。以113-5作砧木时,嫁接苗的生物积累量显著低于砧木自根苗,而高于接穗自根苗;其生物积累量的下降幅度明显大于砧木自根苗,而小于接穗自根苗。

不同处理的根系测定结果表明,在NaCl胁迫下,嫁接苗和砧木自根苗、接穗自根苗的根系活力均随NaCl浓度的升高而降低。当以耐性强的材料作为砧木时,在同一浓度处理下嫁接苗根系活力显著低于砧木自根苗,但高于接穗自根苗。这一结果与嫁接对生物积累量的效应完全一致。

总之,以耐盐性强的材料为砧木可以显著提高接穗的耐盐性,但接穗对嫁接苗的耐盐性可能存在一定的负效应,体现了砧木与接穗之间的相互作用。因此,在实际应用中,应以耐盐性强的材料作为砧木才能收到良好效果。本试验主要通过比较嫁接前后

棉株的生长形态和生物积累量等直观方面的变化对嫁接提高棉花耐NaCl的效应进行了一些探讨。至于嫁接后嫁接苗体内 K^+ 、 Na^+ 的积累和分配的问题;砧木的根系是怎样对接穗产生的作用而增强了地上部的抗性;接穗能否在进行嫁接之后获得抗性,而这种“获得抗性”又能否可以遗传;嫁接之后遗传物质是否转移到了接穗及接穗对嫁接苗的耐盐性存在一定负效应等问题,均需要进一步深入研究。

参考文献

- [1] 王为,潘宗瑾,潘群斌.作物耐盐性状研究进展[J].江西农业学报,2009,21(2):30-33
- [2] 林栖凤,李冠一.植物耐盐性研究进展[J].生物工程进展,2000,20(2):20-25
- [3] 邱栋梁,林鹏.植物耐盐性分子机理研究进展[J].热带亚热带植物学报,2002,10(3):281-292
- [4] 中国农业科学院研究所.中国棉花栽培学[M].北京:农业出版社,1983:1-6
- [5] 廖震,陈金湘,廖振坤.棉花耐盐性研究现状与展望[J].作物研究,2008,22(5):460-465
- [6] 代建龙,董合忠,段留生.棉花盐害的控制技术及其机理[J].棉花学报,2010,22(5):486-492
- [7] Greenway H. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes [J]. Annu Rev Plant Physiol,1980,31:149-190
- [8] 杜磊,王长彪.棉花主要逆境及研究方法[J].生物技术通报,2010(5):9-13
- [9] 辛承松,董合忠,唐薇,等.棉花盐害与耐盐性的生理和分子机理研究进展[J].棉花学报,2005,17(5):309-313
- [10] 吴晓东,王巍,金路路,等.盐胁迫对棉花光合作用和生理指标的影响[J].中国棉花,2013,40(6):24-26
- [11] 刘吉,马晓杰,狄佳春,等.棉花草甘膦抗性基因CP1-EPSPS的初步定位[J].江苏农业学报,2013,29(3):480-484
- [12] 张国伟,张雷,唐明星,等.土壤盐分对棉花功能叶气体交换参数和叶绿素荧光参数日变化的影响[J].应用生态学报,2011,22(7):1771-1781
- [13] 戴海芳,武辉,阿曼古丽·买买提阿力,等.不同基因型棉花苗期耐盐性分析及其鉴定指标筛选[J].中国农业科学,2014,47(7):1290-1300
- [14] 王艳飞,庞金安,马德华,等.黄瓜嫁接栽培研究进展[J].北方园艺,2002(1):35-37
- [15] 高彦魁,李欣,赵志军.不同基因型砧木对黄瓜产量、果霜及抗病性和抗寒性的影响[J].西北农业学报,2011,20(3):180-183
- [16] 王茹华,周宝利,张启发,等.茄子/番茄嫁接植株的生理特性及其对黄萎病的抗性[J].植物生理学通讯,2003,39(4):330-332
- [17] 董灵迪,石琳琪,焦永刚,等.嫁接防治茄子黄萎病砧木筛选及效果研究[J].河北农业科学,2010,14(10):46-47
- [18] 王茹华,周宝利,张启发,等.茄子/番茄嫁接抗病增产效果初报[J].中国蔬菜,2003,V1(4):10-11

[19] 闫立英. 不同南瓜品种嫁接黄瓜耐冷性指标的研究[J]. 河北职业技术师范学院学报, 2000, 14(1): 9-11

[20] 张晓艳, 徐坤. 低温弱光条件下砧穗互作对茄子嫁接苗抗冷性的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(10): 3734-3740

[21] 张文彪, 罗双霞, 韩微荆, 等. 番茄砧木对茄子嫁接苗耐热性的影响[J]. 河南农业科学, 2014, 43(1): 113-115, 119

[22] 董明伟, 李晓慧. 嫁接对蔬菜抗逆性影响的研究进展[J]. 长江蔬菜, 2009(20): 9-12

[23] 朱进, 别子龙, 黄远. 不同耐盐性的黄瓜接穗嫁接后在 NaCl 胁迫下的生理响应[J]. 华中农业大学学报, 2009, 28(4): 467-471

[24] 周宝利, 吕娜, 王子晗, 等. NaCl 胁迫下嫁接对茄子生长及抗性生理指标的影响[J]. 中国蔬菜, 2010(20): 42-46

[25] 王丽萍, 郭世荣, 刘书仁, 等. 不同砧木对盐胁迫下黄瓜幼苗生长及谷胱甘肽抗氧化酶系统的影响[J]. 园艺学报, 2010, 37(增刊): 2138

[26] 马凌云, 孙治强, 高俊红. 不同砧木嫁接对茄子营养品种的影响[J]. 中国瓜菜, 2009(4): 11-14

[27] 王迎儿, 张华峰, 应泉盛. 不同砧木嫁接对雪里红甜瓜生长的影响[J]. 宁波农业科技, 2011(4): 4-6

[28] 廖道龙, 伍壮生, 蔡兴来, 等. 侧芽嫁接对小型无籽西瓜生长、产量、品种和抗性的影响[J]. 园艺学报, 2012, 39(增刊): 2714

[29] 孙艳, 黄兴韦, 田霄鸿, 等. 黄瓜嫁接苗生长状况、光合特性及养分吸收特性的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(2): 181-185

[30] Venema J H, Dijk B E, Bax J M, et al. Grafting tomato (*Solanum lycopersicum*) onto the rootstock of a high-altitude accession of *Solanum habrochaites* improves suboptimal-temperature tolerance[J]. Environmental and Experimental Botany, 2008, 63(1/2/3): 359-367

[31] 饶贵珍, 肖波. 不同砧木嫁接白皮黄瓜的综合效应研究[J]. 中国农学通报, 2003, 19(5): 150-153

[32] Kato T, H Lou. Effect of rootstock on the yield, mineral nutrition and hormone level in xylem sap in eggplant[J]. J Jpn Soc Sci, 1989, 58(2): 345-352

[33] 郭长生. 棉花嫁接的优势及其嫁接关键技术[J]. 现代农业科技, 2010(24): 101

[34] 郭香墨, 刘金生. 棉花良种引种指导[M]. 北京: 金盾出版社, 2007

[35] 李红辉, 李健强, 王爱英. 乌苏市棉花示范区高产栽培技术[J]. 现代农业科技, 2010(15): 101

[36] 胡雨薇, 郝俊杰, 贾新合, 等. 应用相互嫁接技术研究棉花对黄萎病的抗性[J]. 河南农业科学, 2012, 41(11): 88-91

[37] 张明菊, 夏启中, 吴冰. 嫁接棉苗对黄萎病的抗性及相关生理指标的变化[J]. 华中农业大学学报, 2012, 31(4): 414-418

[38] 郝俊杰, 马奇祥, 刘焕民, 等. 嫁接棉花对棉花黄萎病抗性、产量和纤维品质的影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(19): 3974-3980

[39] 周瑞阳. 棉花嫁接防治土传病害的方法[P]. 中国专利, CN101491192, 2009-07-29

[40] 胡根海, 李春平, 王清连, 等. 陆地棉种子萌发耐盐性的快速评价[J]. 种子, 2014, 33(5): 13-19

[41] 张国伟, 路海玲, 张雷, 等. 棉花萌发期和苗期耐盐性评价及耐盐指标筛选[J]. 应用生态学报, 2011, 22(8): 2045-2053

[42] 刘雅辉, 王秀萍, 张国新, 等. 棉花耐盐生理指标的筛选及综合评价[J]. 中国农学通报, 2012, 28(6): 73-78

[43] 何林池, 王康, 魏小云, 等. 棉花耐盐种质鉴定与筛选试验研究[J]. 棉花科学, 2013, 35(3): 17-20

[44] 魏俊梅. 24 个棉花种质资源耐盐性差异比较[J]. 中国棉花, 2014, 41(5): 14-16

[45] 辛承松, 董合忠, 孔祥强, 等. 棉花不同类型品种苗期耐盐性差异研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(5): 180-185

[46] 彭振, 何守朴, 孙君灵, 等. 陆地棉苗期耐盐性的高效鉴定方法[J]. 作物学报, 2014, 40(3): 476-486

[47] 吴晓东, 孙长君, 李书涛, 等. 特早熟耐盐型棉花品种筛选及萌发期耐盐鉴定方法探讨[J]. 中国棉花, 2013, 40(3): 12-14

[48] 扬升, 张新华, 张丽. 植物耐盐生理生化指标及耐盐植物筛选综述[J]. 西北林学院学报, 2010, 25(3): 59-65

[49] 李合生. 植物生理生化实验原理和测定技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 119-120

[50] 王忠. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009: 546-551

[51] 许桂芳, 张朝阳, 向佐湘. 利用隶属函数法对 4 中珍珠菜属植物的抗寒性综合评价[J]. 西北林学院学报, 2009, 24(3): 24-26

[52] 张国新, 王秀萍, 鲁雪林, 等. 隶属函数法鉴定水稻品种耐盐性[J]. 安徽农学通报, 2011, 17(1): 36-39

[53] 张云起, 刘世琦, 王海波. 耐盐砧木嫁接对西瓜幼苗抗盐特性的影响[J]. 上海农业学报, 2004, 20(3): 62-64

[54] 李汉美, 朱祝军. 嫁接对盐胁迫下番茄幼苗叶片膜脂过氧化的缓解作用[J]. 浙江农业科学, 2009(2): 263-266

责任编辑: 袁文业