

番茄品种种子萌发期耐盐性研究

张 飞, 梁 燕

(西北农林科技大学 园艺学院, 农业部西北园艺植物种质资源与遗传改良实验室 陕西 杨凌 712100)

摘 要:采用不同浓度的 NaCl 溶液对 8 个番茄品种种子萌发期的耐盐性进行鉴定, 以期为番茄的耐盐育种和栽培提供材料。结果表明: NaCl 溶液浓度为 20~40 mmol/L 时, 对各品种的抑制作用相对较小; 随着 NaCl 溶液浓度的增加对种子萌发抑制作用增强, 当浓度为 80 mmol/L 时, 各品种的发芽率、发芽势、发芽指数、胚根长、下胚轴长均呈极显著下降。8 个品种中, F1 的耐盐性最强; 其次是 F2、F3 和 F5; F6 的耐盐性最弱。

关键词:番茄种子; 耐盐性; 萌发期

中图分类号: S 642.204⁺.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)12-0013-04

番茄 (*Solanum lycopersicum* L.) 起源于南美的秘鲁、厄瓜多尔、玻利维亚等南美西部安第斯山脉的狭长地带, 因其营养丰富、适应性强、产量高、用途广泛, 而受到消费者青睐。近年来, 土壤盐渍化问题也在不断加剧, 全世界盐渍土约 10 亿 hm^2 , 占陆地面积的 10% 左右, 我国约有盐渍土 2 700 万 $\text{hm}^{2[1]}$ 。随着人们生活水平的不断提高, 对番茄的需求也越来越大, 设施番茄的栽培面积随之迅速扩大, 但由于栽培过程中不能合理轮作, 肥料的盲目过量使用等原因, 导致番茄地次生盐渍化问题也日益加剧^[2-3]。因此, 寻找耐盐的番茄材料, 培育耐盐番茄新品种是利用盐渍土的有效途径。番茄属于中等耐盐植物^[4], 发芽期和幼苗期是植物对盐胁迫最敏感的时期^[5]。龚明^[6]、Asins^[7]和 Breto^[8]等研究认为, 植物的耐盐性随个体的发育阶段而变化。植物在萌发期和幼苗期的耐盐性最差, 其次是生殖期, 而其它发育阶段对盐胁迫相对不敏感。因此, 在种子萌发期和幼苗期进行耐盐性鉴定, 是获得耐盐材料较好的方法。该研究采用不同浓度的 NaCl 溶液, 对 10 个番茄品种种子萌发期的耐盐性进行了鉴定对比, 以期为番茄耐盐性的鉴定及耐盐新品种的选育提供依据。

第一作者简介: 张飞(1982-), 男, 陕西渭南人, 在读硕士, 现主要从事番茄育种研究工作。E-mail: flioting2007@163.com。
通讯作者: 梁燕(1963-), 女, 陕西渭南人, 博士, 教授, 博士生导师, 现主要从事番茄育种与蔬菜种质资源研究工作。E-mail: liangyan@nwsuaf.edu.cn。
基金项目: 陕西省 13115 重大科技创新资助项目 (2009ZDKG-14, 2008ZDKG-03); 西北农林科技大学唐仲英育种计划资助项目。
收稿日期: 2010-03-22

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试番茄品种共 8 个, 均由西北农林科技大学园艺学院番茄育种课题组提供, 编号为 F1~F8(见表 1)。

表 1 供试番茄品种及其编号

材料 Variety	编号 Number
CT0810	F1
F0821	F2
F0823	F3
F0825	F4
F0826	F5
F0846	F6
F0850	F7
S0809	F8

1.2 试验方法

NaCl 浓度设定为 0、20、40、60、80、100 mmol/L, 其中 0 mmol/L 为对照。各处理取饱满无残的种子 50 粒, 置于放入 2 张滤纸的干净培养皿内, 用上述浓度的 NaCl 溶液浸种 8 h, 种子吸足水分后倒出多余溶液, 在恒温箱内培养 (25℃), 3 次重复。试验期间保持培养皿内湿润, 定时观察 (以根长为 0.2 cm 为萌芽标志), 至第 10 天试验结束。统计各番茄品种的发芽率(%)、发芽势(%)、发芽指数、胚根长 (cm)、下胚轴长 (cm)。

1.3 统计指标

发芽率 (GP) = 10 d 内发芽种子数 / 种子总数 × 100%; 发芽势 (GE) (%) = 4 d 内发芽种子数 / 供试种子数 × 100%; 发芽指数 (GI) = $\sum G_t / D_t$ (G_t 指时间 t 的发芽数, D_t 指相应的发芽天数)。试验结束后, 每个重复取 10 株测定胚根长 (RL) 和下胚轴长 (HL)。

2 结果与分析

2.1 盐胁迫对不同番茄品种发芽率的影响

由表 2 可看出,在 NaCl 溶液浓度为 20 mmol/ L 时,供试的 8 个材料发芽率均没有显著降低,而且 F2 和 F6 的发芽率均高于对照。说明低浓度的盐胁迫对种子萌发有一定的促进作用。当 NaCl 溶液浓度为 40 mmol/ L 时,只有 F6 的发芽率呈极显著下降,其它品种仍然没有显著变化;当 NaCl 溶液浓度为 60 mmol/ L 时,F1、F2、F4、F7 的发芽率开始极显著下降,F3、F5、F8 的发芽率仍然和对照没有显著降低,F6 的发芽率和 40 mmol/ L 时的发芽率在同一水平;NaCl 浓度为 80 mmol/ L 时,所有

品种的发芽率均极显著下降,其中 F3、F5、F8 极显著低于对照,其它品种极显著低于 60 mmol/ L 时的发芽率。就发芽率绝对值来看,F3 发芽率仍高于 50%,F1、F2 的发芽率高于 40%,其它品种的发芽率在 20%以下。当 NaCl 溶液浓度达到 100 mmol/ L 时,所有供试材料的发芽率均大幅下降,其中 F4、F6、F7、F8 的种子在此浓度下不能发芽,发芽率为零,F1 的发芽率最高为 20%,其次为 F2 的 16.67%。就发芽率而言,F3、F5、F8 对 60 mmol/ L 盐胁迫不敏感,F1、F2 和 F3 在盐浓度 80 mmol/ L 时具有较高的发芽率,F6 对盐胁迫最敏感,耐受性最差。

表 2 盐胁迫对不同番茄品种发芽率的影响

Table 2 Effect of salt stress on germination percentage of different tomato varieties

NaCl/ mmol * L-1	编号 Number							
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
0	100.00aA	90.00aA	100.00aA	95.00aA	100.00aA	90.00aA	100.00aA	98.33aA
20	96.67aA	93.33aA	96.67aA	90.00abA	100.00aA	93.33aA	100.00aA	95.00aA
40	90.00aA	88.33aA	96.67aA	81.67bA	95.00aA	51.67bB	90.00aA	90.00aA
60	65.00bB	63.33bB	88.33aA	51.67cB	88.33aA	43.33bB	51.67bB	90.00aA
80	43.33cC	45.00cC	51.67bB	10.00dC	18.33bB	1.67cC	18.33cC	20.00bB
100	20.00dD	16.67dD	8.33cC	0.00dC	10.00bB	0.00cC	0.00dD	0.00cC

注:同列数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$),下表同。
Note: The data marked out with different lowercase letters indicated that significant differences($P<0.05$), capital letters indicated that very significant($P<0.01$). The following tables are the same.

2.2 盐胁迫对不同番茄品种发芽势的影响

由表 3 表明,供试的各番茄品种的发芽势总体上随 NaCl 溶液浓度的升高而下降。在 NaCl 溶液浓度为 20 mmol/ L 时,F3、F4、F6、F7 和 F8 的发芽势均呈极显著下降,F1、F2 和 F5 的发芽势与对照在同一水平;当 NaCl 溶液浓度为 40 mmol/ L 时,F1 的发芽势最高,与其对照没有显著降低,F3 和 F6 的发芽势与 20 mmol/ L 时的发芽势在同一水平,同时 F6 的发芽势下降至零;在

NaCl 溶液浓度为 60 mmol/ L 时,F1 的发芽势开始极显著下降,F2、F3、F4、F5 和 F7 极显著低于 40 mmol/ L 时的发芽势,其中 F7 的发芽势下降至零;NaCl 溶液浓度为 80 mmol/ L 时,F1、F2 和 F3 的发芽势极显著降低,F4、F5 和 F8 的发芽势均降至零;在 NaCl 溶液浓度为 100 mmol/ L 时,F2 和 F3 的发芽势也降到了零。就发芽势来看,F1 的发芽势最强,F2、F3 次之,F6 耐盐性最差。

表 3 盐胁迫对不同番茄品种发芽势的影响

Table 3 Effect of salt stress on germination energy of different tomato varieties

NaCl/ mmol * L-1	编号 Number							
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
0	100.00aA	90.00aA	100.00aA	93.33aA	83.33aA	75.00aA	93.33aA	83.33aA
20	90.00aA	90.00aA	83.33bB	75.00bB	73.33aA	10.00bB	50.00bB	46.67bB
40	90.00aA	48.33bB	76.67bB	25.00cC	28.33bB	0.00bB	30.00cC	6.67cC
60	48.33bB	31.67cC	26.67cC	6.67dD	3.33cC	0.00bB	0.00dD	5.00cC
80	31.67cC	1.67dD	5.00dD	0.00dD	0.00cC	0.00bB	0.00dD	0.00cC
100	1.67dD	0.00dD	0.00dD	0.00dD	0.00cC	0.00bB	0.00dD	0.00cC

2.3 盐胁迫对不同番茄品种发芽指数的影响

由表 4 可知,供试的各番茄品种的发芽指数总体上随 NaCl 溶液浓度的升高而下降,不同品种间也表现出显著差异。在 NaCl 溶液浓度为 20 mmol/ L 时,F2 和 F5 的发芽指数没有显著降低,其它 6 个品种均极显著降

低;当 NaCl 溶液浓度为 40 mmol/ L 时,F2 和 F5 的发芽指数开始极显著下降,F6 也极显著低于 20 mmol/ L 时的发芽指数,其它 5 个品种与 20 mmol/ L 时的发芽指数在同一水平;NaCl 溶液浓度为 60 mmol/ L 时,F2、F5 和 F6 的发芽指数没有显著下降,其它 5 个品种均表现极显

著下降; NaCl 溶液浓度为 80 mmol/L 时, 所有品种的发
芽指数均极显著下降; 当 NaCl 溶液浓度达到
100 mmol/L 时, F4、F6、F7 和 F8 的发芽指数下降至零。

从不同盐浓度下发芽指数变化来看, F2、F5 随盐浓度升
高发芽指数降低较慢, F1、F3 降低较快。从绝对值来看
F4、F6、F7、F8 在高浓度下发芽指数较低, 其中 F6 最低。

表 4 盐胁迫对不同番茄品种发芽指数的影响

Table 4		Effect of salt stress on germination index of different tomato varieties							
NaCl/ mmol ° L ⁻¹	编号 Number								
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	
0	8. 50aA	7. 50aA	8. 78aA	6. 23aA	5. 55aA	5. 39aA	6. 60aA	6. 95aA	
20	7. 25bB	7. 38aA	5. 91bB	4. 54bB	4. 78aA	3. 35bB	4. 45bB	4. 14bB	
40	6. 73bB	4. 07bB	6. 15bB	4. 34bB	3. 53bB	1. 44cC	3. 48cB	3. 11dB	
60	3. 11cC	3. 46bB	3. 70cC	1. 71cC	2. 80bB	1. 36cC	1. 32dC	2. 25dC	
80	2. 25dD	1. 25cC	1. 48dD	0. 28dD	0. 34cC	0. 05dD	0. 42cD	0. 58dD	
100	0. 71eE	0. 36dC	0. 21eE	0. 00dD	0. 43cC	0. 00dD	0. 00dD	0. 00dD	

2. 4 盐胁迫对不同番茄品种胚根长的影响

由表 5 可看出, 低浓度的盐胁迫对番茄胚根和下胚
轴的生长没有明显的抑制作用。当 NaCl 溶液浓度为
20 mmol/ L 时, F1、F4、F5 和 F8 的胚根长均高于对照, 8
个番茄品种的下胚轴长都高于对照; NaCl 溶液浓度为
40 mmol/ L 时, F1、F4、F5 的胚根长和下胚轴长仍高于对照
说明低浓度的盐胁迫对种子胚根和下胚轴的生长有
一定的促进作用; 当 NaCl 溶液浓度为 60 mmol/ L 时, F8
极显著低于40 mmol/ L 时的胚根长, 其它品种的胚根长
均极显著低于对照, F1、F3 和 F5 的下胚轴长仍高于对

照, F7 的下胚轴长极显著下降; 当 NaCl 溶液浓度为
80 mmol/ L 时, 所有品种的胚根长和下胚轴长均极显著
下降; 当 NaCl 溶液浓度为 100 mmol/ L 时, F4、F6、F7、F8
的胚根长和下胚轴长都下降到零。就胚根和下胚轴来
说, 同一品种表现的耐受性也不同。F5 的胚根相对其下
胚轴来说较敏感, F7 的下胚轴与其胚根相比表现更加敏
感。总的来看, 当 NaCl 溶液浓度≥80 mmol/ L 时, 各品
种对盐胁迫表现都敏感, 其中 F4、F6、F7 和 F8 相对较
敏感。

表 5 盐胁迫对不同番茄品种胚根长和下胚轴长的影响

Table 5		Effect of salt stress on radicle length and hypocotyl length of different tomato varieties											
编号	0 mmol/ L		20 mmol/ L		40 mmol/ L		60 mmol/ L		80 mmol/ L		100 mmol/ L		
Number	RL	HL	RL	HL	RL	HL	RL	HL	RL	HL	RL	HL	
F1	99.77	55.12	118.32	64.25	101.05	61.74	80.62	57.58	28.82	23.26	13.50	10.75	
	bA	aA	aA	aA	bA	aA	cB	aA	dC	bB	eC	cC	
F2	90.35	44.74	86.90	61.29	71.63	41.98	55.26	41.94	12.21	8.27	2.45	2.32	
	aA	bB	aA	aA	bAB	bB	cB	bB	dC	eC	dC	cC	
F3	111.44	52.12	107.48	61.98	96.30	56.39	69.34	54.70	37.95	23.54	3.10	2.61	
	aA	bA	abA	aA	bA	abA	cB	abA	dC	cB	eD	dC	
F4	111.54	61.10	127.08	70.61	138.39	61.29	72.43	48.51	13.56	7.69	0.00	0.00	
	bB	bA	aAB	aA	aA	bA	cC	cB	dD	dC	dD	dC	
F5	86.70	44.92	106.38	53.31	97.83	46.40	64.37	52.40	12.67	6.64	7.35	5.11	
	bB	aA	aA	aA	abAB	aA	cC	aA	dD	bB	dD	bB	
F6	113.53	53.45	106.73	76.02	101.57	44.37	71.48	48.68	5.37	15.01	0.00	0.00	
	aA	bB	aA	aA	aA	cB	bB	bcB	cC	dC	eC	eD	
F7	125.50	70.20	115.25	81.07	108.65	61.21	64.09	41.84	13.72	14.22	0.00	0.00	
	aA	bAB	abA	aA	bA	cB	cB	dC	dC	eD	dC	fE	
F8	99.92	53.64	111.15	75.41	88.06	45.16	69.09	48.37	7.14	14.13	0.00	0.00	
	abAB	bB	aA	aA	bB	bB	cC	bB	dD	cC	dD	dD	

注 RL 胚根长 HL 下胚轴长。
Note: Radicle length Hypocotyl length.

3 结论与讨论

通过该研究可以看出, 低浓度(≤40 mmol/L)的盐
胁迫对番茄种子萌发的抑制作用相对较小, 相反, 在
NaCl 溶液浓度为 20、40 mmol/ L 时, 部分材料的发芽率、
胚根长和下胚轴长反而高于对照。说明低浓度的盐胁

迫对番茄的发芽率、下胚轴长和胚根长有一定的促进作
用, 这与人^[91]的研究结果一致, 表明种子对低浓度的
盐胁迫有一定的适应性。但就番茄耐盐性的鉴定筛选
来说, 低浓度的盐胁迫不能很好的将其反应出来, 所以
该研究认为, 在以后的试验中, 低浓度的盐处理可以不

用设定。

该研究中,随着 NaCl 溶液浓度的不断提高,各供试番茄品种的萌发和生长受到的抑制作用越明显,当 NaCl 溶液浓度为 80 mmol/L 时,各番茄品种的发芽率、发芽势、发芽指数、下胚轴长和胚根长均呈极显著下降,说明高浓度的盐胁迫对番茄种子的萌发有很大的抑制作用^[12-14]。认为 60 mmol/L 可作为临界盐浓度来鉴定番茄种子的耐盐性。

另外,各品种间的耐盐性在不同指标上也表现出显著的差异。F1 和 F3 的发芽指数相比其它几个指标对盐胁迫更为敏感;F6 的发芽势要比其它几个指标更易受到抑制。各品种间,就绝对值而言, F1 的各项指标在 NaCl 溶液浓度 100 mmol/L 时均为最大,但其发芽指数比其它品种对盐胁迫更敏感; F5 的发芽率和下胚轴长与其它品种相比最不敏感,但其发芽势在 NaCl 溶液浓度 80 mmol/L 时已降至零。所以对一个番茄品种耐盐性的鉴定不能只通过某一个指标来确定,应进行综合评价。通过对发芽率、发芽势、发芽指数、胚根长和下胚轴长 5 个指标的综合分析可知,供试的 8 个番茄品种中, F1 的耐盐性最强;其次是 F2、F3 和 F5 耐盐性居中; F6 的耐盐性最弱。

参考文献

[1] 关元秀,刘高焕,刘庆生等.黄河三角洲盐碱地遥感调查研究[J].遥感学报 2001, 5(1): 46-52.

[2] 宁运旺,张永春.设施土壤次生盐渍化的发生与防治[J].江苏农业科学 2001(4): 49-52.
[3] 黄易,张玉龙.保护地生产条件下的土壤退化问题及其防治对策[J].土壤通报 2004 35(2):212-216.
[4] Cuartero J, Fernandez-Munoz R. Tomato and salinity[J]. Scientia Horticulturae 1999, 78: 83-125.
[5] 潘瑞炽.植物生理学[M].北京:高等教育出版社,2004:410-413.
[6] 龚明,刘友良,丁念诚等.大麦不同生育期的耐盐性差异[J].西北植物学报,1994,14(1): 1-7.
[7] Asins M J, Breto M P, Cambra M, et al. Salt tolerance in lycopersicon species. Character definition and changes in gene expression[J]. Theor Appl Genet, 1993, 85: 769-774.
[8] Breto M P, Asins M J, Carbonell E A. Genetic variability in lycopersicon species and their genetic relationships[J]. Theor Appl Genet, 1993, 86: 113-120.
[9] 孟长军,邹志荣,钱卫鹏等.不同樱桃番茄品种种子萌发期的耐盐性研究[J].西北农业学报,2007,16(3):169-174.
[10] 刘洪兰,李景富,许向阳等. NaCl 胁迫对不同番茄种子萌芽的影响[J].东北农业大学学报 2008 39(5): 28-33.
[11] 姜玲若,张振华,胡永红等.不同浓度 NaCl 胁迫对番茄种子发芽特性的影响[J].江苏农业科学,2002(5): 41-42.
[12] 苏实,练薇薇,杨文杰等.盐胁迫对番茄种子萌发和幼苗生长的效应[J].华北农学报 2006 21(5):24-27.
[13] 董志刚,程智慧.番茄品种资源芽苗期和幼苗期的耐盐性及耐盐指标评价[J].生态学报,2009,29(3): 1348-1355.
[14] 秦改花,赵建荣,余义琴等.几种樱桃番茄种子萌发期的耐盐性研究[J].中国农学通报,2006,11(22): 267-270.

Study on Salt Tolerance of Tomato Varieties at Seed Germination Stage

ZHANG Fei, LIANG Yan

(Key Laboratory of Horticulture Plant Germplasm and Genetic Improvement, Minister of Agriculture, College of Horticulture, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: Salt tolerance of 8 tomato varieties at germination stage was compared in order to select salt tolerant varieties for tomato breeding and cultivation. The results showed that the inhibitory effect on all varieties was relatively small as the concentration of NaCl at 20~40 mmol/L. The inhibitive effect on seed germination grew with the increasing of NaCl concentration, when the concentration of NaCl was up at 80 mmol/L, the germination percentage, germination energy, germination index, radicle length, hypocotyl length of all varieties were significantly decreased. The salt tolerance of F1 was best, F2, F3 and F5 were the followings, and F6 was the most sensitive to salt among the tested 8 tomato varieties.

Key words: tomato seed; salt-tolerance; germination stage