

蔡可心,孙 博,张卫东. NaCl 胁迫下小豆品种氯离子分布研究[J]. 江苏农业科学,2020,48(6):54-59.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.06.011

NaCl 胁迫下小豆品种氯离子分布研究

蔡可心,孙 博,张卫东

(佳木斯大学生命科学学院,黑龙江佳木斯 154007)

摘要:本试验选用黑龙江省 5 种(佳红 1 号、龙垦红、小丰 2 号、龙小豆 2 号和龙小豆 3 号)、吉林省 6 种(吉红 6 号、吉红 7 号、吉红 8 号、吉红 9 号、吉红 10 号和农安红)共 11 个小豆品种为材料,设置 NaCl 浓度为 0、65、130 mmol/L,在培养箱内培养各品种小豆 8 d 后,通过分析小豆根长、根质量、侧根数、苗高和苗质量等指标判断小豆耐盐性;使用分光光度计在 300 nm 波长处测定吸光度,计算各品种根、茎和叶中的氯离子含量,找出氯离子含量与植物耐盐性的关系。结果表明,11 种小豆品种的耐盐性表现为小丰 2 号 > 吉红 10 号 > 佳红 1 号 > 吉红 8 号 > 龙垦红 > 龙小豆 2 号 > 吉红 6 号 > 吉红 9 号 > 吉红 7 号 > 龙小豆 3 号 > 农安红;而氯离子与植物的耐盐性关系则表现为不同品种随 NaCl 浓度升高在同一部位氯离子积累量低则表明氯离子转运机制较发达,并发现氯离子随 NaCl 浓度上升而积累量越低的植物的耐盐性越强。

关键词:盐胁迫;小豆;氯离子;耐盐性;小豆品种

中图分类号:Q945.78;S521.01

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2020)06-0054-05

植物生长过程中种子萌发是重要阶段,它是植物一切生命活动的开始^[1],该时期植物的耐盐性较弱,因此经常把该阶段的耐盐程度作为该种植物耐盐性的重要依据^[2]。小豆具有较高的营养价值,它富含色素、无机盐、植酸、三萜皂苷、蛋白质、碳水化合物、纤维、必需氨基酸和淀粉等生物活性成分,脂肪含量较低^[3-4],小豆的豆皮中的酚类物和抗氧化物质对健康有益处^[5]。盐害是主要的非生物胁迫之一,严重影响作物的生长发育,在粮食作物中,水稻对盐最敏感,大麦最耐盐^[6],尽管盐胁迫的危害极其严重,但植物在长期的进化中形成了自身的耐盐机制,有些植物能够限制过量的钠离子(Na^+)在体内积累^[7],苜蓿、大豆、百脉根、葡萄和鳄梨等植物则通过限制氯离子(Cl^-)的转运来提高其耐盐水平^[8-10],限制 Cl^- 从根部吸收并且将已经吸收的 Cl^- 外排是其耐盐性的一个重要特征。为了探究植物的耐盐性与 Cl^- 相关,本试验通过分析比较在 0、65.0、130.0 mmol/L NaCl 浓度下 15 种小豆的根、

茎、叶中 Cl^- 分布情况,初步找出 Cl^- 与小豆耐盐性之间的关系,根据 Cl^- 的分布确定出较为耐盐的品种,以期为筛选小豆耐盐品种提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验选用来自吉林省的 6 个品种(农安红、吉红 6 号、吉红 7 号、吉红 8 号、吉红 9 号、吉红 10 号)、黑龙江省的 5 个品种(小丰 2 号、佳红 1 号、龙垦红、龙小豆 2 号和龙小豆 3 号)为材料,种子均由佳木斯大学经济植物研究所提供,试验时间为 2018 年 6 月,试验地点为佳木斯大学经济植物研究所。

1.2 试验方法

在 11 个品种中,挑选籽粒饱满、无褶皱、无虫蛀的种子,每个品种 100 粒,分别放入烧杯中,加入 0.1% HgCl_2 溶液,浸没种子,消毒 10 min,用无菌水浸洗 5 遍(每遍 1 min),将浸洗好的种子放入另一洁净烧杯中浸种,将种子用无菌水浸泡 24 h,膨胀后置于 30 ℃ 恒温箱,处于无光的暗环境,继续浸种 3 h 后,倒掉浸种水,用灭菌后的折叠 6 层的纱布覆盖培养皿中的种子,无菌水浸透纱布保湿催芽,持续 2~3 d,待其露白后接种于无菌培养皿中,每个品种设置 1 组对照(0 mmol/L NaCl)、2 组试验(65、130 mmol/L NaCl 胁迫处理),每个处理 3 次重复,每天用相应浓度的 NaCl 溶液润洗种子,共计处理

收稿日期:2019-09-24

基金项目:北药与功能食品特色学科建设项目(编号:XKJS-2017-8)

作者简介:蔡可心(1994—)男,黑龙江绥化人,硕士研究生,主要从事植物进化生态学方面的研究。E-mail:2580300061@qq.com。

通信作者:张卫东,博士,教授,主要从事生物学方面的研究。
E-mail:zhangweidong_ok@126.com。

8 d,分别取根、茎、叶在 105 ℃ 条件下烘干并用粉碎机粉碎,称取 0.01 g 干样品,加入 20 mL 三蒸水沸水浴 1.5 h,取出试管获得上清液,取 9 支 25 mL 容量瓶,每支容量瓶加入 15 mL 反应液,再加入 1 mL 样品上清液,用反应液定容至 25 mL,黑暗放置 20 min 后,以加入反应液为对照,使用分光光度计在 300 nm 波长处测定吸光度(*D*),计算各品种各部位的氯离子含量。

1.3 数据处理

采用 Microsoft Excel 2003 处理数据,采用 SPSS 19 软件分析数据。采用单因素方差分析的显著差异法,比较不同浓度盐胁迫下,同一部位氯离子含量差异性分析是否显著,对相同浓度盐胁迫下,不同部位氯离子含量差异性进行分析。数据表示为平均数 ± 标准误差,显著性水平为 *P* < 0.05。

2 结果与分析

2.1 NaCl 对小豆幼苗生长指标的影响

2.1.1 NaCl 对小豆幼苗根的影响 分析表 1 中数据可知,各组小豆根长、根质量和侧根数均随 NaCl 浓度的升高而呈下降趋势。对照组中,小丰 2 号小豆根长最长,农安红根长最短;小丰 2 号平均根质量为 0.138 g,较其他品种小豆重,农安红平均根质量为 0.018 g,质量最轻;小丰 2 号侧根数最多,平均为 29.53 条,农安红侧根数最少,为 2.11 条。试验组中,高盐(NaCl 浓度 > 65 mmol/L)胁迫下小丰 2 号在根长、根质量方面均优于其他品种,而农安红各方面则较弱;在根长方面,除吉红 7 号和吉红 9 号外,其他品种各组之间差异均显著;根质量方面各试验组与对照组之间差异均显著,但 2 个试验组之间差异不显著;侧根数方面各品种各组之间差异均显著。综合所有数据及分析,各品种小豆耐 NaCl 胁迫能力表现为小丰 2 号 > 吉红 10 号 > 佳红 1 号 > 吉红 8 号 > 龙垦红 > 龙小豆 2 号 > 吉红 6 号 > 吉红 9 号 > 吉红 7 号 > 龙小豆 3 号 > 农安红。

2.1.2 NaCl 对小豆幼苗的影响 分析表 2 中数据可知,各品种小豆的苗高和苗质量均随 NaCl 浓度的增加而呈下降趋势。对照组和试验组中小丰 2 号的苗高和苗质量等指标均优于其他品种,农安红各方面表现较弱,说明农安红耐盐性最差;苗高方面除吉红 6 号和吉红 9 号外,其他品种各组之间均差异显著,吉红 6 号和吉红 9 号 2 个试验组均与对照组差异显著,但 2 个试验组差异不显著,表明这 2 个品

表 1 NaCl 对小豆幼苗根的影响

NaCl 浓度 (mmol/L)	根长(cm)										
	佳红 1 号	小丰 2 号	龙垦红	龙小豆 2 号	龙小豆 3 号	吉红 6 号	吉红 7 号	吉红 8 号	吉红 9 号	吉红 10 号	农安红
0	11.060 ± 0.97a	12.680 ± 0.64a	9.680 ± 0.65a	9.180 ± 1.35a	6.570 ± 0.93a	8.311 ± 0.19a	7.132 ± 0.91a	9.893 ± 0.31a	8.012 ± 0.31a	11.989 ± 0.43a	2.489 ± 0.46a
65	2.970 ± 0.38b	3.080 ± 0.80b	2.660 ± 0.40b	1.900 ± 0.44b	1.810 ± 0.37b	1.588 ± 0.29b	0.881 ± 0.93a	2.458 ± 0.23b	1.321 ± 0.14a	3.944 ± 0.34b	0.456 ± 0.16b
130	1.320 ± 0.08c	2.230 ± 0.84c	0.830 ± 0.07c	0.710 ± 0.10c	1.090 ± 0.22c	0.800 ± 0.13c	0.709 ± 0.33b	0.899 ± 0.13c	0.674 ± 0.16b	1.100 ± 0.14c	0.777 ± 0.54c
NaCl 浓度 (mmol/L)	根质量(g)										
	佳红 1 号	小丰 2 号	龙垦红	龙小豆 2 号	龙小豆 3 号	吉红 6 号	吉红 7 号	吉红 8 号	吉红 9 号	吉红 10 号	农安红
0	0.092 ± 0.007a	0.138 ± 0.08a	0.067 ± 0.01a	0.058 ± 0.007a	0.047 ± 0.01a	0.071 ± 0.00a	0.068 ± 0.01a	0.098 ± 0.02a	0.053 ± 0.07a	0.102 ± 0.12a	0.018 ± 0.01a
65	0.028 ± 0.003b	0.191 ± 0.13b	0.010 ± 0.00b	0.009 ± 0.00b	0.008 ± 0.10b	0.014 ± 0.00b	0.004 ± 0.09b	0.020 ± 0.01b	0.010 ± 0.02b	0.024 ± 0.00b	0.019 ± 0.01a
130	0.015 ± 0.002b	0.169 ± 0.01b	0.008 ± 0.00b	0.007 ± 0.00b	0.004 ± 0.00b	0.007 ± 0.00b	0.002 ± 0.05b	0.010 ± 0.00b	0.005 ± 0.00b	0.015 ± 0.00b	0.003 ± 0.00b
NaCl 浓度 (mmol/L)	侧根数(条)										
	佳红 1 号	小丰 2 号	龙垦红	龙小豆 2 号	龙小豆 3 号	吉红 6 号	吉红 7 号	吉红 8 号	吉红 9 号	吉红 10 号	农安红
0	27.44 ± 2.59a	29.53 ± 1.94a	14.22 ± 1.04a	16.78 ± 2.22a	11.22 ± 2.13a	18.00 ± 0.12a	9.02 ± 0.27a	23.12 ± 1.37a	15.74 ± 1.57a	25.00 ± 3.24a	2.11 ± 0.31a
65	4.11 ± 0.93b	6.20 ± 0.39b	0.89 ± 0.89b	—	1.89 ± 0.99b	1.89 ± 0.51b	0.88 ± 0.11b	4.58 ± 1.21b	1.09 ± 0.98b	5.79 ± 2.32b	1.56 ± 0.93b
130	—	0.10 ± 0.00c	—	—	—	0.22 ± 0.22c	—	0.01 ± 0.001c	—	—	0.11 ± 0.11c

注:同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异显著(*P* < 0.05)。“—”表示未测出数值。下表同。

表 2 NaCl 对小豆幼苗的影响

NaCl 浓度 (mmol/L)	苗高 (cm)											
	佳红 1 号	小丰 2 号	龙垦红	龙小豆 2 号	龙小豆 3 号	吉红 6 号	吉红 7 号	吉红 8 号	吉红 9 号	吉红 10 号	农安红	
0	4.42 ± 0.20a	5.38 ± 0.46a	4.27 ± 0.65a	3.78 ± 0.41a	2.16 ± 0.23a	4.26 ± 0.02a	3.61 ± 0.07a	3.62 ± 0.03a	2.53 ± 0.09a	2.85 ± 0.31a	0.94 ± 0.27a	
65	1.71 ± 0.32b	2.25 ± 0.28b	0.84 ± 0.08b	0.97 ± 0.15b	0.77 ± 0.22b	0.80 ± 0.08b	0.70 ± 0.04b	2.00 ± 0.03b	0.61 ± 0.08b	2.20 ± 0.13b	0.48 ± 0.17b	
130	0.11 ± 0.07c	0.52 ± 0.03c	—	—	0.12 ± 0.13c	0.56 ± 0.07b	0.41 ± 0.05c	0.64 ± 0.03c	0.32 ± 0.42b	0.14 ± 0.14c	0.34 ± 0.22c	
NaCl 浓度 (mmol/L)	苗质量 (g)											
	佳红 1 号	小丰 2 号	龙垦红	龙小豆 2 号	龙小豆 3 号	吉红 6 号	吉红 7 号	吉红 8 号	吉红 9 号	吉红 10 号	农安红	
0	0.181 ± 0.02a	0.237 ± 0.00a	0.097 ± 0.02a	0.085 ± 0.033a	0.082 ± 0.01a	0.155 ± 0.00a	0.054 ± 0.01a	0.154 ± 0.00a	0.100 ± 0.02a	0.153 ± 0.01a	0.028 ± 0.00a	
65	0.048 ± 0.01b	0.191 ± 0.01b	0.030 ± 0.00b	0.026 ± 0.00b	0.021 ± 0.01b	0.035 ± 0.00b	0.027 ± 0.06b	0.057 ± 0.01b	0.019 ± 0.07b	0.076 ± 0.01b	0.012 ± 0.01a	
130	0.013 ± 0.00c	0.101 ± 0.00c	0.008 ± 0.00c	—	0.006 ± 0.00c	0.012 ± 0.00c	0.007 ± 0.00c	0.016 ± 0.00c	—	0.018 ± 0.00c	0.007 ± 0.00a	

种在高浓度盐溶液中更易受盐离子胁迫;在苗质量方面,只有农安红的各组处理之间差异不显著,其他品种各组处理之间差异均显著,进一步说明农安红更易受盐害胁迫;通过分析苗高和苗质量,初步得出耐盐小豆品种的排序与“2. 1. 1 节”中基本一致。

2.2 各品种小豆根、茎和叶中氯离子含量分析

分析表 3 中数据可知,各品种小豆各部位氯离子含量均随着 NaCl 浓度的增加呈上升趋势,除农安红外其他小豆品种各部位各组处理之间差异均显著,而农安红 2 个试验组之间差异不显著,但 2 个试验组均与对照组之间形成显著性差异,NaCl 浓度升高小豆会启动自身的氯离子转运机制,排除多余的氯离子,从而保护自身细胞免受或减轻氯离子的毒害作用,不同品种间同一 NaCl 浓度处理组与对照组相比氯离子相对含量积累的越少表明氯离子转运机制越强,如小丰 2 号根中氯离子浓度,NaCl 浓度为 65 mmol/L 试验组较对照组高 0.078 mol/L,130 mmol/L 试验组较对照组高 0.257 mol/L,而吉红 9 号 NaCl 浓度为 65 mmol/L 试验组较对照组高 3.045 mol/L,130 mmol/L 试验组较对照组高 5.828 mol/L;其他品种根、茎和叶中氯离子浓度以此类推,分析结果综合小豆的根长、根质量、侧根数、苗高和苗质量的结果表明,氯离子积累浓度与小豆幼苗各生长指标整体呈反比趋势。

2.3 各品种同一部位氯离子含量对比分析

分析图 1、图 2、图 3 可知,对于根部而言,小丰 2 号、吉红 10 号、龙小豆 2 号、佳红 1 号和龙垦红等小豆品种随 NaCl 浓度升高氯离子积累量较其他品种低,表明这些品种根部氯离子转运机制较其他品种强;对于茎部而言,小丰 2 号随 NaCl 浓度升高氯离子积累量低于其他品种,表明这个品种茎部氯离子转运机制较强,可以排除部分多余氯离子;对于叶而言,小丰 2 号、吉红 7 号和吉红 10 号品种随 NaCl 浓度升高氯离子积累量较低,表明这些品种叶部氯离子转运机制较强;综合根、茎和叶所有数据,小丰 2 号随 NaCl 浓度升高根、茎和叶中积累的氯离子含量均较其他品种低,表明小丰 2 号的氯离子转运机制较强,可充分保护植物细胞膜及生物活性成分不被破坏,确保细胞及生物大分子正常的生理功能,有利于植物正常生长。

3 讨论与结论

氯离子是植物的必需元素,它能提高植物细胞

表 3 小豆根、茎、叶中氯离子含量

品种	NaCl 浓度 (mmol/L)	氯离子含量(mol/L)		
		根	茎	叶
佳红 1 号	0	1.045 ± 0.101a	1.133 ± 0.101a	2.158 ± 0.457a
	65	1.807 ± 0.088b	4.501 ± 0.101b	5.175 ± 0.102b
	130	2.305 ± 0.134c	8.338 ± 0.134c	8.778 ± 0.051c
小丰 2 号	0	1.198 ± 0.020a	1.354 ± 0.010a	1.245 ± 0.010a
	65	1.276 ± 0.020b	1.721 ± 0.050b	1.696 ± 0.000b
	130	1.455 ± 0.020c	2.021 ± 0.020c	2.137 ± 0.020c
龙垦红	0	3.183 ± 0.396a	1.602 ± 0.254a	2.334 ± 0.088a
	65	3.622 ± 0.451b	5.000 ± 0.051b	4.062 ± 0.221b
	130	5.087 ± 0.051c	5.761 ± 0.152c	7.957 ± 0.232c
龙小豆 2 号	0	0.489 ± 0.088a	1.104 ± 0.088a	0.489 ± 0.088a
	65	1.250 ± 0.183b	2.744 ± 0.134b	2.236 ± 0.515b
	130	1.514 ± 0.254c	4.677 ± 0.484c	8.279 ± 0.134c
龙小豆 3 号	0	1.426 ± 0.134a	1.631 ± 0.088a	2.071 ± 0.175a
	65	2.334 ± 0.176b	3.711 ± 0.051b	5.175 ± 0.101b
	130	3.096 ± 0.134c	6.259 ± 0.183c	7.108 ± 0.309c
吉红 6 号	0	1.192 ± 0.088a	1.280 ± 0.232a	1.953 ± 0.134a
	65	4.736 ± 0.051b	4.911 ± 0.268b	3.359 ± 0.134b
	130	5.731 ± 0.221c	6.851 ± 0.221c	5.321 ± 0.176c
吉红 7 号	0	2.948 ± 0.203a	5.526 ± 0.396a	1.836 ± 0.134a
	65	4.271 ± 0.183b	6.635 ± 0.176b	3.388 ± 0.088b
	130	6.970 ± 0.134c	7.601 ± 0.051c	5.058 ± 0.088c
吉红 8 号	0	1.221 ± 0.134a	1.368 ± 0.088a	2.236 ± 0.134a
	65	4.150 ± 0.134b	3.096 ± 0.051b	3.506 ± 0.221b
	130	5.849 ± 0.232c	5.058 ± 0.049c	5.936 ± 0.088c
吉红 9 号	0	1.397 ± 0.134a	3.037 ± 0.088a	2.451 ± 0.134a
	65	4.442 ± 0.176b	6.932 ± 0.088b	3.417 ± 0.135b
	130	7.225 ± 0.134c	7.889 ± 0.175c	6.639 ± 0.264c
吉红 10 号	0	1.221 ± 0.134a	1.133 ± 0.221a	1.280 ± 0.088a
	65	1.485 ± 0.183b	3.125 ± 0.088b	2.451 ± 0.051b
	130	2.100 ± 0.134c	4.999 ± 0.182c	5.145 ± 0.088c
农安红	0	1.192 ± 0.088a	2.158 ± 0.088a	2.158 ± 0.088a
	65	2.188 ± 0.051b	4.091 ± 0.088b	4.091 ± 0.088b
	130	3.037 ± 0.051b	5.614 ± 0.051b	5.614 ± 0.051b

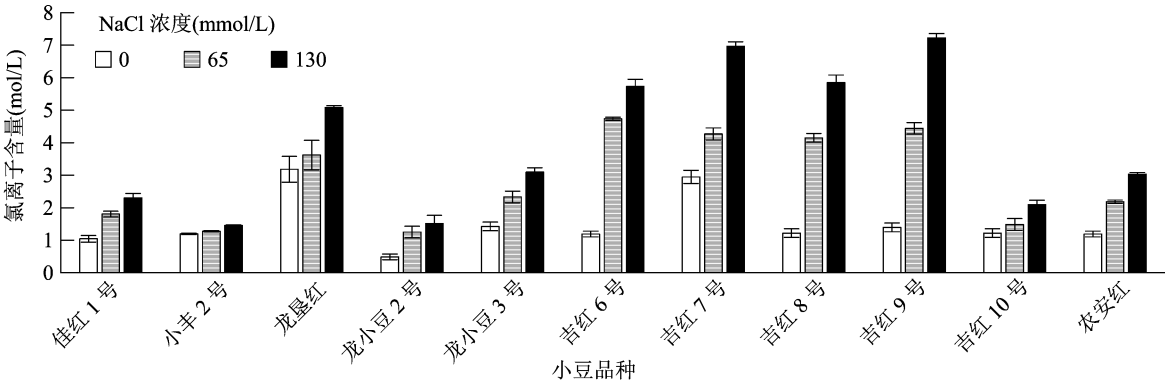


图 1 根中氯离子含量

的渗透压和植物组织的水势,减轻某些病害,具有一定的硝化抑制作用^[11]。根系是植物最活跃的吸收器官和合成器官,根的生长情况和代谢水平直接

影响植物地上部的生长及产量。因此,根系活力是植物生长的重要生理指标之一,也是衡量植株抗逆能力的关键指标^[12]。本试验中所有品种的小豆根

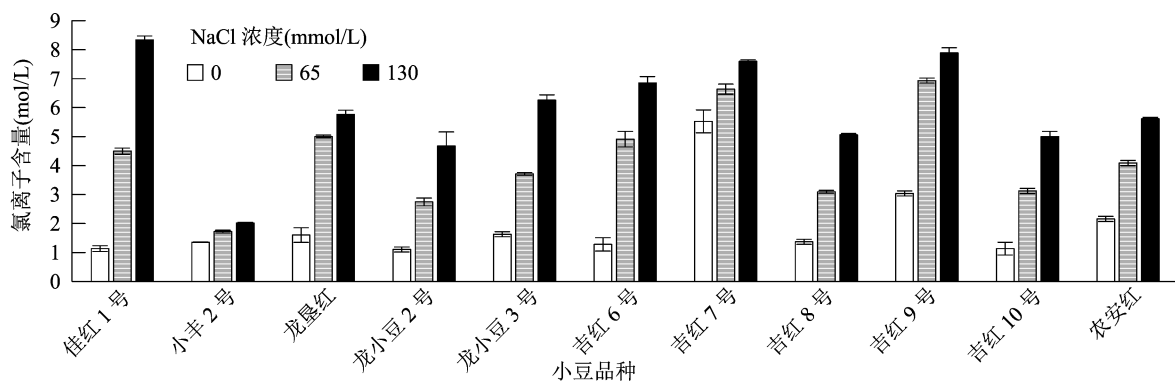


图2 茎中氯离子含量

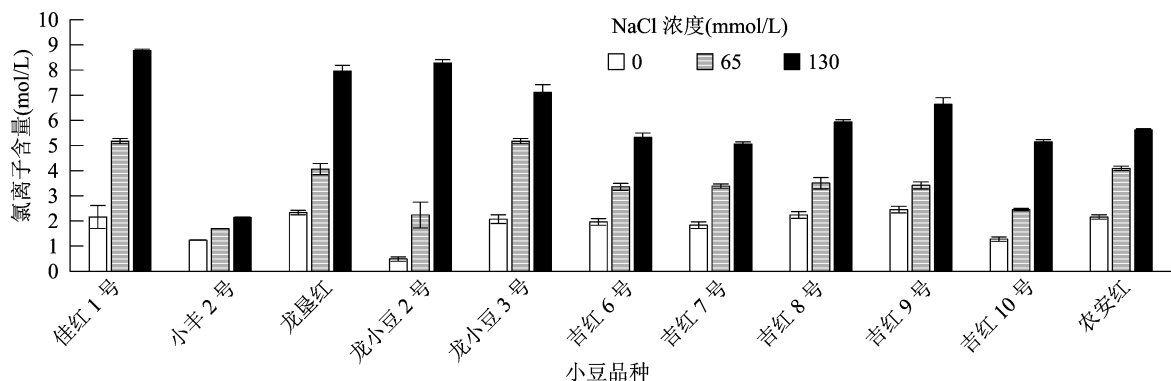


图3 叶中氯离子含量

部的氯离子浓度都是随着盐浓度的上升而上升,其中,吉红 7 号和吉红 9 号的根部的氯离子浓度随着 NaCl 浓度增加而增长的趋势较快,且浓度也较其他品种高,这 2 个品种的小豆生长势也较弱,可能与氯离子通道的转运能力有关,植物的茎部在植物的生长发育过程中主要起到支撑植物生长以及运输营养和养分的作用,根部吸收的物质可以通过茎部由下向上运输^[13],运输到植物的各个器官,在植物茎部如果有大量的氯离子积累,会造成植物离子比例失调,氯离子过量会抑制植物对其他离子的吸收,造成植物营养不良^[14]。本试验中所有品种的小豆茎部的氯离子浓度都是随着盐浓度的上升而上升的;叶片是植物进行光合作用积累有机物的主要部位,叶片细胞氯离子转运机制发达对植物生长有重要意义。试验中农安红是一个较为特殊的品种,试验过程中对照组中农安红的根长、根质量、侧根数、苗高和苗质量等各生长指标均相对较弱,随 NaCl 浓度增加小豆几乎不萌发,所以上文所述规律不适合农安红,农安红品种的变化规律还需要进一步研究;有关于植物如何抵御盐害离子,排除盐害离子以及氯离子通道,如何对植物盐害起作用,有待深入

研究。

本试验通过对 11 个小豆品种用 0、65、130 mmol/L NaCl 溶液培养,测定根长、根质量、侧根数、苗高和苗质量等生长指标,反映不同品种的耐盐性;使用分光光度计在 300 nm 波长处测定 D ,计算各品种根、茎和叶中氯离子含量,通过分析氯离子含量,试图找出小豆耐盐性与氯离子分布关系,结果表明试验所选 11 个品种的耐盐性表现为小丰 2 号 > 吉红 10 号 > 佳红 1 号 > 吉红 8 号 > 龙垦红 > 龙小豆 2 号 > 吉红 6 号 > 吉红 9 号 > 吉红 7 号 > 龙小豆 3 号 > 农安红;而氯离子与植物耐盐性关系则表现为不同品种随 NaCl 浓度升高在同一部位氯离子积累量低则表明氯离子转运机制较发达,并发现氯离子随 NaCl 浓度上升而积累量越低的植物其耐盐性越强。

参考文献:

- [1] 马瑞萍,任顺成. 红小豆的保健功能及加工利用[J]. 粮食科技与经济,2012(3):36-37.
- [2] 于军香. 盐胁迫对红小豆种子萌发与生理生化特性的影响[J]. 作物杂志,2010(4):47-48.
- [3] 李家磊,姚鑫淼,卢淑雯,等. 红小豆保健价值研究进展[J]. 粮

司贤宗,张翔,索炎炎,等. 施硫对花生生产质量和硫吸收利用的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(6):59-63.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.06.012

施硫对花生生产质量和硫吸收利用的影响

司贤宗¹,张翔¹,索炎炎,毛家伟¹,李亮¹,余琮¹,李国平¹,余辉²

(1. 河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所,河南郑州 450002; 2. 正阳县花生研究所,河南正阳 463600)

摘要:采用大田随机区组试验,研究施硫对花生生产质量和硫吸收利用的影响,为花生合理施用硫肥提供技术支撑。结果表明,随着施硫量的增加,花生的饱果质量、出仁率、百果质量、产量呈增加趋势,其最大值分别为 29.2 g/株、68.8%、224.5 g、5 836.5 kg/hm²;油酸、亚油酸的含量呈增加趋势,最高值分别为 37.83%、39.83%;硬脂酸、花生酸的含量呈抛物线变化趋势,最大值分别为 3.45%、1.48%;蛋氨酸、色氨酸的含量呈增加趋势,最大值分别为 0.26%、0.30%。花生仁、茎、果壳、叶、根中硫积累量分别占总积累量的 44.4%~47.7%、29.4%~31.5%、12.1%~13.6%、6.7%~7.5%、1.9%~5.2%,随着施硫量的增加,花生仁、果壳、茎中硫的积累量呈抛物线变化趋势,叶、根中硫的积累量呈增加趋势。花生硫素积累量、硫肥利用率、硫肥农学效率均随着施硫量的增加呈抛物线变化趋势,最大值分别为 19.65 kg/hm²、8.4%、9.8 kg/kg。在本试验条件下,施硫量在 60~90 kg/hm² 时,花生生产量为 5 665.5~5 802.0 kg/hm²,硫肥利用率、硫肥农学效率分别为 7.1%~8.4%、8.0~9.8 kg/kg。

关键词:花生;硫肥;产质量;吸收;利用

中图分类号: S565.206;S143.7⁺1

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2020)06-0059-05

花生是需硫较多的作物,随着花生生产量的增加,每年从土壤中携走较多的硫,同时,农家肥、含

收稿日期:2019-03-05

基金项目:河南省花生产业技术体系耕作栽培岗位项目(编号:S2012-05-G02);河南省农业科学院自主创新专项基金;河南省重大科技攻关项目(编号:122101110600)。

作者简介:司贤宗(1975—),男,河南夏邑人,博士,助理研究员,主要从事经济作物施肥研究。E-mail:sixianzong@163.com。

通信作者:张翔,研究员,主要从事植物营养与施肥技术研究。E-mail:zxtf203@163.com。

硫化肥投入量减少,易导致土壤中的硫不能满足整个花生生育期对硫的需求,进而影响花生的产量和品质^[1]。因此,研究硫对花生生产质量和硫吸收利用的影响,对花生产量增加、品质改善和硫肥高效利用具有重要意义。国内外学者对硫营养的研究主要集中在冬小麦^[2]、玉米^[3-4]、水稻^[5]、油菜^[6]、烤烟^[7]、卷心菜^[8]等作物的生长发育、产量增加和品质改善上,而对花生硫营养研究较少,且研究内容多集中在花生缺硫矫正施肥和产量效益方面,如周

食与油脂,2014,27(2):12-15.

[4]姜琳,王有婧,周薇,等. 植物抵抗盐胁迫的生理机制[J]. 北方园艺,2016(23):190-194.

[5]于章龙,段欣,武晓娟,等. 红小豆功能特性及产品开发研究现状[J]. 食品工业科技,2011(1):360-363.

[6]Munns R, Tester M. Mechanisms of salinity tolerance[J]. Annual Review of plant Biology,2008,59:651-681.

[7]Hong C Y, Chao Y Y, Yang M Y, et al. Na⁺ but not Cl⁻ or osmotic stress is involved in NaCl-induced expression of glutathione reductase in roots of rice seedlings[J]. Journal of Plant Physiology, 2009,166(15):1598-1606.

[8]Gong H, Blackmore D, Clingeleffer P, et al. Contrast in chloride exclusion between two grapevine genotypes and its variation in their hybrid progeny[J]. Journal of Experimental Botany,2011,62(3):989-999.

[9]Storey R, Schachtman D P, Thomas M R. Root structure and cellular

chloride, sodium and potassium distribution in salinized grapevines[J]. Plant, Cell & Environment,2003,26(6):789-800.

[10]White P J, Broadly M R. Chloride in soils and its uptake and movement within the plant: a review[J]. Annals of Botany,2001,88(6):967-988.

[11]段才绪,何平,谢英赞,等. 盐胁迫对决明种子萌发和幼苗生理特性的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2013,38(2):73-78.

[12]王永娟,周妍,徐明,等. 盐胁迫对大豆种子萌发及矿质元素变化的影响[J]. 生态学杂志,2015,34(6):1565-1571.

[13]周丹丹. 朴树等 3 个树种耐盐性生理生化研究及评价[D]. 泰安:山东农业大学,2016:38.

[14]Yang J Y, Zheng W, Tian Y, et al. Effects of various mixed salt-alkaline stresses on growth, photosynthesis, and photosynthetic pigment concentrations of *Medicago ruthenica* seedlings[J]. Photosynthetica,2011,49(2):275-284.