

# NaCl 和 NaHCO<sub>3</sub> 胁迫对黑豆种子萌发的影响

裴 毅, 李 莲, 聂江力

(天津农学院 园艺园林学院, 天津 300384)

**摘 要:**以黑豆种子为试材,采用单盐胁迫的方法,对种子发芽率、发芽势、相对发芽率、活力指数、复萌率指标进行了测定分析;通过研究不同浓度 NaCl 和 NaHCO<sub>3</sub> 溶液胁迫对黑豆种子萌发的影响,探讨黑豆的耐盐碱能力。结果表明:黑豆的发芽率、发芽势、相对发芽率、发芽指数、活力指数、苗鲜重和胚根长随 NaCl 和 NaHCO<sub>3</sub> 溶液胁迫增加总体上呈下降趋势;苗鲜重和胚根长随着溶液胁迫的增长而下降,呈现显著的负相关关系,相对盐害率随溶液胁迫的增加呈现正相关关系;NaCl 胁迫下黑豆种子萌发的耐盐浓度为 18.253‰,半数抑制浓度为 20.264‰,极限浓度为 22.274‰;NaHCO<sub>3</sub> 胁迫下黑豆萌发的耐盐浓度为 18.316‰,半数抑制浓度为 21.270‰,极限浓度为 24.224‰;蒸馏水复萌试验表明,经 NaCl 胁迫后黑豆种子的复萌率均达到 80%以上,黑豆种子经 NaHCO<sub>3</sub> 胁迫后复萌率均为 0%;综上黑豆具有一定的抗耐盐碱能力。

**关键词:**黑豆;种子萌发;胁迫;NaCl;NaHCO<sub>3</sub>

**中图分类号:**S 529 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)09-0001-05

长期以来,由于自然因素和人为因素的影响,土壤的沙化、盐碱化面积较大,据不完全统计,全世界盐碱地的面积约为 9.5438 亿 hm<sup>2</sup>,其中我国约占全球 10%。盐碱地因土壤中含有大量盐分而不利植物生长,甚至已影响到农业生产,每年造成的损失难以估计。种子的萌发是植物生活史中的关键阶段之一,是植物生长定居的前提<sup>[1]</sup>,植物在生长不同阶段耐盐碱性有或大或小的差异,种子萌发期往往是对盐碱胁迫十分敏感的时期。主要表现为降低种子发芽率和成苗率,降低生物量的积累<sup>[2]</sup>,所以盐碱胁迫对植物种子萌发影响的研究,已经引起人们广泛的关注。

黑豆(*Glycine max* var)属豆科植物大豆(*Glycine max* (L.) Merr)的黑色种子,又称马豆、东豆子、黑大豆。外皮由深色的蔬果色素花青素所构成。主要产于中国、日本、韩国、美国等地区。黑豆原产中国,种质资源丰富。黑豆在全国各地都有栽培,尤以山西、河北、陕西栽培较多。黑豆适应性强,耐旱、耐瘠、耐盐碱,在有灾害的年代里更显现黑豆的价值<sup>[3]</sup>。

黑豆具有高蛋白质含量、低热量的特性,蛋白质含量高达 36%~40%,相当于肉类的 2 倍、鸡蛋的 3 倍、牛

奶的 12 倍。黑豆富含 18 种氨基酸,特别是人体必需的 8 种氨基酸含量比美国 FDA 规定的标准还高,黑豆还含 19 种油脂,不饱和脂肪酸含量达 95%以上,能满足人体对脂肪的需要。黑豆具有极高的经济和药用价值。中医学认为,黑豆是一种既廉价又有助于抗衰老、具有医食同疗的特殊功能食品<sup>[4]</sup>。黑豆生长过程中形成一类次生代谢物质大豆异黄酮,大豆异黄酮在抗癌方面具有重要作用,科学家已经揭示了其在抑制癌症方面的奥秘。

该试验以黑豆种子为试材,采用单盐胁迫的方法,研究不同浓度的 NaCl 和 NaHCO<sub>3</sub> 溶液胁迫对黑豆萌发以及解除胁迫后种子复萌的影响,探讨黑豆耐盐能力,以期为我国盐碱地区进行黑豆栽培、植被恢复与土壤改良提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试黑豆购于河北省安国市北方种子种植基地,现黑豆标本存放于天津农学院园艺园林学院园林植物教研室。

### 1.2 试验方法

1.2.1 种子的前处理 随机选取 100 粒黑豆称量其重量分别为 7.92、8.02、7.53 g,从而计算出平均千粒重为 78.23 g。根据测算的千粒重随机选取适量且均匀饱满的黑豆,清洗后用 0.1%的 KMnO<sub>4</sub> 浸泡 10 min。消毒结束后在清水中反复冲洗,直至最后一遍洗涤水清澈,没有 KMnO<sub>4</sub> 的颜色。再在 60℃温水中催芽 40 min。

**第一作者简介:**裴毅(1971-),男,辽宁锦州人,博士,副教授,现主要从事药用植物学与生药学等研究工作。E-mail: peiyee@126.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31100401)。

**收稿日期:**2015-01-19

1.2.2 试验设计 试验分3个阶段,预试验、正式试验和复萌试验。预试验中,分别以5‰、10‰、15‰、20‰、25‰的NaCl溶液和NaHCO<sub>3</sub>溶液滴加培养皿,设3组重复,以蒸馏水为对照组,连续7 d观察种子发芽情况并记录。根据预试验发芽情况设置溶液浓度梯度。正式试验中,设置12个NaCl溶液胁迫梯度,分别为2‰、4‰、6‰、8‰、10‰、12‰、14‰、16‰、18‰、20‰、22‰、24‰;16个NaHCO<sub>3</sub>溶液胁迫梯度为2‰、4‰、6‰、8‰、10‰、12‰、14‰、16‰、18‰、20‰、22‰、24‰、26‰,以蒸馏水处理为对照。催芽结束后置于铺2层滤纸的培养皿(直径9 cm)中,随机数入30粒黑豆后加盖一张滤纸。分别用不同浓度的NaCl和NaHCO<sub>3</sub>润湿,保持适宜发芽的湿度,以蒸馏水为对照组。置于黑暗、25℃恒温培养箱(SPX-250B-G)中培养观察。每天在同一时间补充培养皿中的溶液。在补充溶液的时候要持清洁,避免杂菌感染。连续观察7 d并记录黑豆发芽情况,观测不同盐胁迫程度下对黑豆萌发及生长的影响。第7天取出已经发芽的种子,测定苗鲜重、胚根长。复萌试验,将各浓度组经盐胁迫未发芽的种子取出,用蒸馏水清洗多次,放入培养皿中,方法同上,滴加蒸馏水,连续观察4 d,每日定时观察并记录黑豆种子复萌情况并计算复萌率。

### 1.3 项目测定

种子发芽以胚根突破种皮达到种子长度的一半为标准,计算发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、半数抑制浓度、复萌率、胚根长、苗鲜重。发芽率(GP,%)=(发芽种子总数/供试种子总数)×100%;发芽势(GE,%)=(3 d内发芽种子数/供试种子总数)×100%;发芽指数(GI)= $\sum$ (第t天种子的萌发数/相应的种子发芽天数);活力指数(VT,%)=发芽指数×苗鲜重;相对发芽率(%)=(某一盐处理下的发芽率/对照组的发芽率)×100%;相对盐害率(%)=(对照组的发芽数-各处理发芽数)/对照组的发芽数×100%;复萌率(%)=复萌的种子数/经盐胁迫未萌发种子数×100%。耐盐浓度(适宜值):发芽率达到对照组发芽率75%时相对应的盐浓度;半数抑制浓度(临界值):发芽率达到对照组发芽率50%时相对应的盐浓度。极限值:发芽率达到对照的25%时相对应的盐浓度。

### 1.4 数据分析

试验数据用SPSS 19.0软件进行方差分析,其中不同盐碱处理水平之间,不同测量指标之间均采用单因素方差分析,运用LSD和Duncan(D)两两比较。利用SPSS软件中的Probit(概率单位)回归用于分析“浓度—相对发芽率”关系,进行耐盐程度分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 NaCl胁迫下黑豆萌发状况

发芽率是说明发芽情况的最重要的指标,而在盐胁迫下黑豆的发芽情况是反应黑豆发芽潜力的重要指标。

发芽率是说明发芽情况的最重要的指标,而在盐胁迫下黑豆的发芽情况是反应黑豆发芽潜力的重要指标。

如表1所示,不同浓度的NaCl胁迫对黑豆发芽的影响不同,种子发芽率、发芽势和相对发芽率在较低浓度下不产生变化,较高浓度下随着浓度的升高而下降;相对盐害率在较低浓度的NaCl胁迫下也都为0,当NaCl胁迫升高到14‰后,随着NaCl浓度的升高而升高。黑豆在2‰~12‰的NaCl胁迫下发芽率为100%,从14‰NaCl胁迫下发芽率开始下降,18‰组发芽率为74.44%,极显著低于对照组。16‰组发芽势为76.67%,极显著低于对照组的100%。

表1 NaCl溶液胁迫处理对黑豆发芽率、发芽势的影响

Table 1 Effect of NaCl stress on germination rates and potential of *Glycine max* var

NaCl 浓度 NaCl concentration /‰	发芽率 Germination rate/%	发芽势 Germination potential/%	相对发芽率 Relative germination rate/%	相对盐害率 Relative salt injury/%
CK	100.00aA	100.00aA	100.00	0
2	100.00aA	100.00aA	100.00	0.00
4	100.00aA	100.00aA	100.00	0.00
6	100.00aA	98.89aA	100.00	0.00
8	100.00aA	100.00aA	100.00	0.00
10	100.00aA	100.00aA	100.00	0.00
12	100.00aA	96.67aA	100.00	0.00
14	94.44aA	93.33aA	94.44	5.56
16	94.44aA	76.67bB	94.44	5.56
18	74.44bB	41.11cC	74.44	25.56
20	52.22cC	11.11dD	52.22	47.78
22	51.11cC	1.11eD	51.11	48.89
24	0dD	0eD	0.00	100.00

注:表中同列不同小写字母表示 $P<0.05$ 差异显著;不同大写字母表示 $P<0.01$ 差异极显著。以下同。

Note: Different lowercase letters show significant difference at  $P<0.05$ ; different capital letters show very significant difference at  $P<0.01$ . The same below.

NaCl胁迫不仅影响黑豆的发芽率还影响其发芽时间,随着NaCl胁迫浓度的升高,开始发芽的时间会延迟。由图1可以看出,2‰~14‰胁迫组开始发芽时间与CK组相同,16‰胁迫组是从第2天开始发芽的,20‰胁迫组从第3天开始发芽。

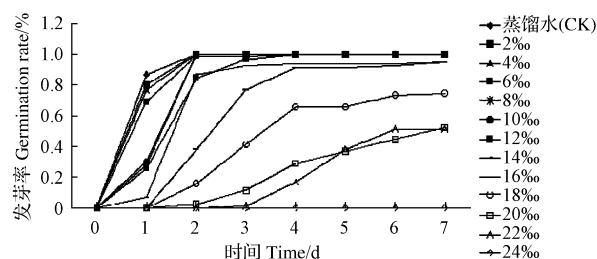


图1 不同时间、不同浓度NaCl胁迫对黑豆发芽率的影响

Fig.1 Effect of NaCl stress with different time and concentrations on seeds germination rate of *Glycine max* var

黑豆经不同浓度 NaCl 溶液胁迫处理 7 d, 由表 2 可知, 苗鲜重、胚根长、发芽指数和活力指数均呈现随 NaCl 溶液浓度增加而降低, 可见 NaCl 胁迫对黑豆苗鲜重、胚根长、发芽指数和活力指数均有抑制作用。4‰ 浓度下的苗鲜重和胚根长与对照组均呈极显著差异。NaCl 胁迫浓度  $\geq 8\text{‰}$  发芽指数与对照组有极显著差异。活力指数从 4‰ 开始与对照组存在极显著差异。

表 2 NaCl 胁迫处理对黑豆苗鲜重、胚根长和活力指数的影响

Table 2 Effect of NaCl stress on seedling fresh weight, radicle length and vigour index of *Glycine max* var

NaCl 浓度 NaCl concentration /‰	苗鲜重 Seedling fresh weight /mg	胚根长 Radicle length /mm	发芽指数 Germination index	活力指数 Vigour index
CK	406.9 aA	11.47 aA	28.00 aA	11.37 aA
2	380.9 aAB	11.19 aA	27.00 aA	10.29 aA
4	318.3 bBC	8.31 bB	26.50 aA	8.45 bB
6	253.9 cCD	6.26 cC	25.25 aA	6.38 cC
8	260.7 cCD	4.39 dD	19.17 bB	4.99 dCD
10	221.2 cdDE	3.00 eE	19.50 bB	4.26 dD
12	210.7 cdDEF	2.28 eE	17.97 bBC	3.80 dDE
14	171.0 deEFG	1.73 fF	14.71 cC	2.52 eEF
16	153.1 eEFG	0.81 gG	10.79 dD	1.65 eFG
18	124.8 eG	0.70 gG	7.16 eDE	0.90 fgFG
20	141.1 eFG	0.55 gG	3.74 fEF	0.53 fgG
22	155.7 eEFG	0.55 gG	3.21 fEF	0.50 fgG
24	—	—	0.00 gF	0.00 gG

## 2.2 NaHCO<sub>3</sub> 胁迫下黑豆萌发状况

如表 3 所示, 随着浓度增加种子发芽率、发芽势和相对发芽率在较低浓度 ( $\leq 10\text{‰}$ ) 与对照组差异不显著, 随溶液浓度增至较高浓度 ( $\geq 12\text{‰}$ ) 呈下降趋势, 相对盐害率在 NaHCO<sub>3</sub> 胁迫浓度  $\leq 10\text{‰}$  都为 0, 当浓度  $\geq 12\text{‰}$  随浓度升高而相对盐害率增加。发芽率从 12‰ 组开始

表 3 不同浓度 NaHCO<sub>3</sub> 胁迫处理对黑豆发芽率、发芽势的影响

Table 3 Effect of different concentration NaHCO<sub>3</sub> stress on germination rates and potential of *Glycine max* var

NaHCO <sub>3</sub> 浓度 NaHCO <sub>3</sub> concentration /‰	发芽率 Germination rate/%	发芽势 Germination potential/%	相对发芽率 Relative germination rate/%	相对盐害率 Relative salt injury/%
CK	100.00 aA	100.00 aA	100.00	0
2	100.00 aA	99.00 aA	100.00	0
4	100.00 aA	100.00 aA	100.00	0
6	100.00 aA	99.00 aA	100.00	0
8	100.00 aA	99.00 aA	100.00	0
10	100.00 aA	100.00 aA	100.00	0
12	92.00 abA	92.00 aAB	92.22	7.78
14	97.00 abA	97.00 aAB	96.67	3.33
16	96.00 abA	94.00 aAB	95.56	4.44
18	92.00 abA	91.00 aAB	92.22	7.78
20	80.00 bA	75.56 bB	80.00	20.00
22	50.00 cB	45.56 cC	50.00	50.00
24	33.33 dB	28.89 cC	33.33	66.67
26	2.22 eC	2.22 dD	2.22	97.78

下降, 但是 2‰~18‰ 组发芽率与对照组差异不显著; 20‰ 组发芽率开始显著低于对照组, 22‰ 组发芽率极显著低于对照组。发芽势从 2‰~18‰ 组均与对照组差异不显著, 20‰ 组发芽势与对照组差异极显著。

由图 2 可以看出, 随着 NaHCO<sub>3</sub> 胁迫浓度的增加, 黑豆的累计发芽率下降。经过 1 d 的处理每个浓度组的黑豆都发芽了, 对照组的发芽率为 86.7%, 2‰ 组的发芽率为 81.1%, 26‰ 组的发芽率为 1.1%。说明 NaHCO<sub>3</sub> 浓度的上升没有延迟黑豆种子的发芽时间。

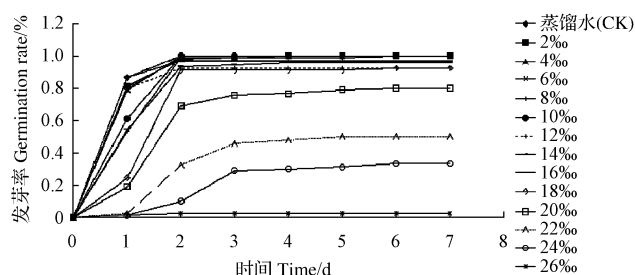


图 2 不同时间、不同浓度 NaHCO<sub>3</sub> 胁迫对黑豆的累计发芽率的影响

Fig. 2 Effect of NaHCO<sub>3</sub> stress with different time and concentration on germination rate of *Glycine max* var

由表 4 可知, 在 NaHCO<sub>3</sub> 溶液的胁迫下, 黑豆幼苗的苗鲜重、胚根长和活力指数都随溶液浓度的增加而下降, 苗鲜重从 6‰ 组开始与对照组存在极显著性差异。胚根长对于 NaHCO<sub>3</sub> 浓度的变化更加敏感, 从 2‰ 组开始就与对照组间表现出极显著的差异。发芽指数从 16‰ 组开始极显著低于对照组。活力指数从 4‰ 组开始极显著低于对照组。

表 4 不同浓度 NaHCO<sub>3</sub> 胁迫处理对苗鲜重、胚根长和活力指数的影响

Table 4 Effect of different concentration NaHCO<sub>3</sub> stress on seedling fresh weight, radicle length and vigour index of *Glycine max* var

NaHCO <sub>3</sub> 浓度 NaHCO <sub>3</sub> concentration /‰	苗鲜重 Seedling fresh weight /mg	胚根长 Radical length /mm	发芽指数 Germination index	活力指数 Vigour index
CK	406.9 aA	11.47 aA	28.00 aA	11.37 aA
2	393.4 aA	10.00 bB	27.11 abAB	10.65 abAB
4	364.9 aA	7.03 cC	26.83 abAB	9.58 bB
6	282.4 bB	4.45 dD	26.92 abAB	7.58 cC
8	245.7 bcBC	2.67 eE	24.38 abcAB	5.97 dD
10	204.6 cdCD	2.05 eEF	24.50 abcAB	4.98 deDE
12	180.2 deD	1.25 eF	25.83 abcAB	4.66 efDE
14	164.8 deD	1.05 eG	24.28 bcAB	4.00 efgEF
16	162.0 deD	0.87 eG	22.36 cB	3.62 fgEFG
18	163.6 deD	0.87 eG	17.39 dC	2.88 ghFG
20	144.1 eD	0.61 eG	14.11 eC	2.04 hiGH
22	143.8 eD	0.55 eG	6.80 fD	1.00 ijHI
24	135.8 eD	0.43 fG	3.82 fDE	0.51 jHI
26	134.8 eD	0.45 fG	0.50 gE	0.07 jI

### 2.3 解除胁迫后黑豆种子的复萌

表5为经NaCl和NaHCO<sub>3</sub>溶液胁迫处理未萌发的黑豆种子解除胁迫后复萌状况。可以看出,解除胁迫复萌4 d后NaCl试验组黑豆种子绝大多数都萌发了,各试验组间的复萌率差异不显著。NaHCO<sub>3</sub>试验组所有发芽的黑豆在解除胁迫后的复萌试验中都没有发芽,复萌率为0%。

表5 解除胁迫后黑豆种子的萌发率

Table 5 Seeds germination rate of *Glycine max* var after the stress being removed

NaCl 浓度 NaCl concentration /‰	复萌率 Recovery germination rate/%	NaHCO <sub>3</sub> 浓度 NaHCO <sub>3</sub> concentration /‰	复萌率 Recovery germination rate/%
12	—	12	0
14	83 aA	14	0
16	83 aA	16	0
18	100 aA	18	0
20	86 aA	20	0
22	82 aA	22	0
24	98 aA	24	0
—	—	26	0

### 2.4 黑豆的耐盐程度分析

2个处理中,浓度逐渐到达较高值时,随着浓度的上升,黑豆种子的发芽率、发芽势、相对发芽率、发芽指数、活力指数均呈下降趋势。分析“浓度-反应”关系,表明黑豆对NaCl耐受程度模型方程为:Probit(p) = -6.798 + 0.335X;耐盐浓度为18.253‰,95%置信限度的上限为18.758‰、下限为17.667‰;半数抑制浓度为20.264‰,95%置信限度的上限为20.747‰、下限为19.794‰;极限浓度为22.274‰,95%置信限度的上限为22.921‰、下限为21.735‰。黑豆对NaHCO<sub>3</sub>程度耐受程度模型为:Probit(p) = -4.856 + 0.228X。耐盐浓度为18.316‰,95%置信限度的上限为18.758‰、下限为17.667‰;半数抑制浓度为21.270‰,95%置信限度的上限为20.747‰、下限为19.794‰;极限浓度为24.224‰,95%置信限度的上限为25.255‰、下限为23.362‰。

### 2.5 盐胁迫对黑豆苗鲜重、胚根长的影响

种苗鲜重和胚根长度是种子发芽质量的2个重要指标。从图3、4可以看出,苗鲜重和胚根长都随NaCl溶液与NaHCO<sub>3</sub>溶液浓度的升高而降低,说明2种盐溶液都抑制了苗的生长。

2种溶液胁迫处理下,黑豆的苗鲜重都呈现明显的下降趋势,NaHCO<sub>3</sub>的下降趋势较平缓;NaCl组的苗鲜重变化出现波动,但整体仍呈现下降趋势。由于22‰组以上浓度的苗过小,为了保证结论的正确性,舍弃了过小的苗。

在较低浓度胁迫范围内,相同胁迫浓度处理的NaHCO<sub>3</sub>胚根长较NaCl处理下的胚根长短。说明在一定较低范围内的NaHCO<sub>3</sub>比NaCl对胚根的抑制能力强。

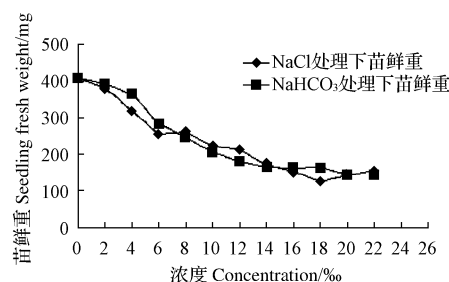


图3 不同浓度NaCl和NaHCO<sub>3</sub>溶液胁迫对黑豆的苗鲜重的影响

Fig. 3 Effect of NaCl and NaHCO<sub>3</sub> stress with different concentrations on seedling fresh weight of *Glycine max* var

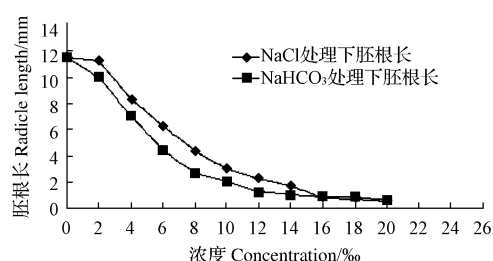


图4 不同浓度NaCl和NaHCO<sub>3</sub>溶液胁迫对黑豆胚根长的影响

Fig. 4 Effect of NaCl and NaHCO<sub>3</sub> stress with different concentrations on radicle length of *Glycine max* var

## 3 讨论与结论

发芽率反映种子发芽的潜在能力,发芽势、发芽指数反映种子的发芽速度和整齐程度,而活力指数是种子活力水平的综合体现,反映种子在较广范围内能否迅速生长和生长的整齐度<sup>[5]</sup>。有研究表明,干燥种子丧失了膜的完整性和质膜选择透性,在吸胀初期至少有若干分钟膜系统处于不连续状态<sup>[6]</sup>,而盐胁迫造成膜修复困难,甚至进一步加剧了膜结构的破坏,影响种子的萌发与生长,发芽率、发芽指数的下降<sup>[7]</sup>,吸胀过程受到盐的伤害不是盐胁迫影响种子萌发的唯一原因,盐胁迫还会引起α-淀粉酶活性的降低导致种子萌发受阻<sup>[8]</sup>。该试验中,由于在试验前对于干燥的黑豆浸泡和催芽,黑豆的膜结构和活性得到了一定的恢复。从总体上来看,低浓度的NaCl和NaHCO<sub>3</sub>溶液对种子的萌发没有影响,当NaCl和NaHCO<sub>3</sub>溶液浓度达到较高值时均抑制了种子的萌发。这些盐对种子的萌发抑制效应可能是由以上原因造成的。

通过比较NaCl和NaHCO<sub>3</sub>胁迫下黑豆萌发的耐盐浓度、半数抑制浓度和极限浓度2组数据,发现黑豆对NaHCO<sub>3</sub>耐盐浓度、半数抑制浓度和极限浓度比NaCl的耐盐浓度、半数抑制浓度和极限浓度都高。说明黑豆对于NaHCO<sub>3</sub>的耐性比对于NaCl的高。

在盐胁迫下,由于植株同化量减少、渗透调节能耗



和维持生长能耗增加等原因,常导致植株生长量减少<sup>[9]</sup>。随盐溶液浓度升高,水势降低,使植物吸水困难,严重时,植株体内的水分会外渗,正常的生理过程受到干扰,甚至受到伤害,植株内的相对含水量会有所降低<sup>[10]</sup>。该试验中,随着 NaCl 和 NaHCO<sub>3</sub> 胁迫浓度的增加,黑豆苗鲜重和胚根长均下降。由于盐浓度的影响,萌发的种子有机物积累减少,细胞内的水分外渗,导致苗鲜重和胚根长的降低。

休眠是盐生植物种子逃避渗透胁迫的一种重要的适应策略<sup>[11]</sup>。高盐浓度胁迫时不萌发,环境适宜再萌发,这样一定程度上避免植株受到高浓度的盐害,从而正常生长。高盐度可对大多数盐生植物的种子萌发产生渗透抑制,进而推迟萌发,直到有淡水补充,胁迫减轻时这样抑制作用才被解除<sup>[12]</sup>。能量过分消耗的代价是生长的降低,但这是有限度的,当盐胁迫超过某一阈值时,植物体通过降低生长还不足以维持各种代谢平衡时,植物叶片和生长点受损严重,植株停止生长,死亡<sup>[10]</sup>。该试验中,NaCl 胁迫下未萌发的黑豆在复萌阶段,绝大多数种子都萌发了,复萌率均达到 80% 以上;NaHCO<sub>3</sub> 胁迫下未萌发的黑豆在复萌阶段均未萌发,复萌率为 0%。说明,NaCl 胁迫下的种子绝大多数是处于休眠阶段,NaHCO<sub>3</sub> 胁迫下的种子失去了生命力。

植物生命开始于种子的萌发,种子萌发阶段也是植物最早收到盐胁迫的阶段。NaCl 和 NaHCO<sub>3</sub> 都对黑豆的萌发具有抑制作用,且对于黑豆的苗期生长影响更显著。黑豆对于 NaCl 极限浓度为 22.274‰,黑豆对于

NaHCO<sub>3</sub> 的极限浓度为 24.224‰。综合各指标认为,黑豆为种子萌发率较高的植物,种子发芽时具有一定的耐盐性且对 NaHCO<sub>3</sub> 的耐盐性强于 NaCl。NaHCO<sub>3</sub> 溶液会杀死黑豆的种子细胞,NaCl 胁迫下未发芽的种子绝大多数是处于休眠状态,待环境适宜休眠的种子仍可以萌发。综上所述,黑豆对 NaCl 和 NaHCO<sub>3</sub> 有较高的耐性。

### 参考文献

- [1] 王芳,肖洪浪,赵亮. 单盐胁迫对红砂种子萌发的影响[J]. 种子, 2013,32(10):1-11.
- [2] 张秀玲,李瑞利,石福臣. 盐胁迫对罗布麻种子萌发的影响[J]. 南开大学学报,2007,40(4):13-18.
- [3] 王敏,李丹,李荣和,等. 黑豆营养价值及功能特性应用的研究与进展[J]. 长春大学学报,2008,18(1):104-107.
- [4] 王洛. 黑豆的营养价值[J]. 农产品加工,2011(1):50.
- [5] 殷秀杰,燕昌江,李凤兰,等. 混合盐胁迫对白三叶种子萌发的影响[J]. 东北农业大学学报,2009,40(12):58-61.
- [6] 傅家瑞. 种子生理[M]. 北京:科学出版社,1985.
- [7] 李磊,赵檀方,胡延吉. 大麦芽期耐盐性鉴定指标初探[J]. 莱阳农学院,2000,17(1):29-31.
- [8] 杨秀玲,郁继华,李雅佳,等. NaCl 胁迫对黄瓜种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2004,39(1):6-9.
- [9] 管志勇,陈发棣,滕年军,等. 5 种菊花近缘种属植物的耐盐性比较[J]. 中国农业科学,2010,43(4):787-794.
- [10] 郭艳超,孙昌禹,王文成,等. NaCl 胁迫对芙蓉葵种子萌发和种苗生长的影响[J]. 西北农业学报,2012,21(3):158-163.
- [11] 渠晓霞,黄振英. 盐生植物种子萌发对环境的适应策略[J]. 生态学报,2005,25(9):2389-2398.
- [12] Ungar I A. Seed germination and seed-bank ecology in halophytes[M]. New York:Marcel Dekker,1995.

## Effect of the NaCl and NaHCO<sub>3</sub> Stress on *Glycine max* var

PEI Yi, LI Lian, NIE Jiang-li

(College of Horticulture and Landscape, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384)

**Abstract:** Taking seeds of *Glycine max* var as materials, with method of single salt stress, the germination rate, germination potential, relative germination rate, vigor index and recovery germination rate of *Glycine max* var were determined, effect of different concentration of NaCl and NaHCO<sub>3</sub> stress on *Glycine max* var was studied, in order to investigate salinity resistance of *Glycine max* var. The results showed that with increasing of concentrations of NaCl and NaHCO<sub>3</sub>, germination rate, germination potential, the relative germination rate, radicle length, seedling fresh weight of *Glycine max* var were reduced. The above results showed a significant negative correlation between them and positive correlation with the relative salt damage rate. The suitable concentration, half inhibition concentrations and limiting concentration of NaCl stress on *Glycine max* var were 18.253‰, 20.264‰ and 22.274‰; the suitable concentration, half inhibition concentrations and limiting concentration of NaHCO<sub>3</sub> stress on *Glycine max* var were 18.316‰, 21.270‰ and 24.224‰; after the stress being removed, recovery germination rate of NaCl stress on *Glycine max* var was increased with NaCl concentrations increasing. The recovery germination rate of NaHCO<sub>3</sub> stress was 0%. Therefore, *Glycine max* var seeds had certain salinity and alkali resistance.

**Keywords:** *Glycine max* var; seeds germination; stress; NaCl; NaHCO<sub>3</sub>