



苏文静,赵曼儒,丁小飞,等.大豆种子萌发对盐碱混合胁迫的响应[J].黑龙江农业科学,2024(5):13-18.

大豆种子萌发对盐碱混合胁迫的响应

苏文静¹,赵曼儒¹,丁小飞¹,李倩¹,魏玮¹,蒋红鑫²,周培禄¹,宋晓慧¹

(1.天津农学院/天津市主要农作物智能育种重点实验室,天津 300392; 2.黑龙江省农垦科学院农作物与开发研究所,黑龙江 佳木斯 154007)

摘要:为促进耐盐碱大豆品种选育和盐碱地合理开发与利用,以4个黑龙江省大豆品种(红研12、垦科豆14、垦科豆28和垦豆62)为试材,以6个梯度(0,30,60,90,120和150 mmol·L⁻¹)盐碱混合液(NaCl:Na₂SO₄:NaHCO₃:Na₂CO₃摩尔比为1:9:9:1)对试材进行盐碱胁迫处理,采用培养皿滤纸培养法进行发芽试验,分析盐碱胁迫对大豆种子萌发参数及胚根参数的影响。结果表明,低浓度盐碱胁迫(30 mmol·L⁻¹)处理,对红研12萌发有一定促进作用,但对其他品种发芽率和发芽势有较小的抑制作用;随盐碱混合液浓度增大,各处理发芽势和发芽率受到抑制作用也逐渐增强,相同盐碱混合液浓度对不同品种发芽势和发芽率影响不同;盐碱胁迫浓度≥60 mmol·L⁻¹时,大豆种子发芽率和发芽势及耐盐碱指数下降;盐碱胁迫浓度为90 mmol·L⁻¹时,与CK相比,发芽势、发芽率、耐盐碱指数差异均达到显著水平。盐碱胁迫浓度为150 mmol·L⁻¹时,发芽指标受到的抑制作用最强。盐碱胁迫抑制胚根生长,随盐碱混合液浓度增大,胚根长度、胚根鲜重和干重抑制作用越强,不同品种受到抑制程度不同,与发芽势和发芽率相比,胚根长度、胚根鲜重和干重随盐碱胁迫程度增加受到抑制程度更大,下降幅度更大。在相同处理浓度下,不同大豆品种胚根干重受到抑制程度不同。盐碱混合液浓度为90 mmol·L⁻¹时,各处理的胚根参数指标与CK差异均达到显著水平。综合上述,盐碱胁迫浓度为90 mmol·L⁻¹可作为大豆萌发期耐盐碱鉴定处理液的适宜浓度。

关键词:大豆;盐碱胁迫;萌发参数;胚根参数

土壤盐渍化限制了我国农业的可持续发展,盐碱胁迫是限制作物产量和品质的主要非生物胁迫

因素之一。我国盐碱地土地面积位列世界第三,分布广、类型多,因不合理的施肥和灌溉致使

收稿日期:2024-01-05

基金项目:国家十四五重点研发计划(2021YFD1201101);天津市高等学校大学生创新创业训练计划(202310061149)。

第一作者:苏文静(2001—),女,本科生,专业方向为大豆抗逆种质资源筛选研究。E-mail:2321458635@qq.com。

通信作者:宋晓慧(1978—),女,博士,副研究员,从事大豆育种与栽培研究。E-mail:kxysh09@163.com。

Abstract: In order to make rational use of leaf fertilizer in rice production, the bottleneck problems of low milled rice rate and low planting efficiency of high-quality hybrid rice were alleviated, which restricted the development of high-quality rice industry. Brassinolide, selenium fertilizer, silicon fertilizer, and their different combinations were used as the treatment groups to study the effects of foliar spraying on the yield and quality of high-quality rice varieties, including Longliangyou 534, Huiliangyousimiao, and Xiangzaoxian 45. The results showed that except for Si+Se spraying, which resulted in a decrease in yield of Xiangzaoxian 45, other different treatment combinations significantly increased yield, with selenium fertilizer treatment increasing the yield the most, followed by BR and Si+BR treatments. Under the treatment of selenium fertilizer, Longliangyou 534 had the best yield increase effect, with the highest effective panicle of 2.670 million per hectare, the highest grain number per panicle of 173.4, the highest seed setting rate of 86.4%, and the highest yield increase rate of 9.76%. The appearance quality and cooking quality of selenium fertilizer treatment were the best, followed by Si and Si+BR treatment. Among the three varieties, Longliangyou 534 had the the best results of appearance quality and cooking quality, with the highest brown rice rate of 79.8%, the highest head milled rice rate of 65.8%, the lowest chalkiness rate of 0.6% and the best transparency level of 1.0, the alkalinity spreading value was 6.4, the gel consistency was 69 mm, and the amylose content was 13.1%. The net income increase and input-output ratio of Longliangyou 534 were the highest under Se treatment, with values of 148.875 yuan·(667 m²)⁻¹ and 15.14, respectively, followed by the treatment of BR, Se+BR and Si+BR. Taking into account the appearance quality, cooking quality, and revenue enhancement effect, selenium fertilizer treatment had the best effect, followed by Si+BR treatment. This study found that spraying foliar fertilizer can effectively improve the yield and quality of high-quality hybrid rice. This method had less investment and significant yield increase effects, which can effectively increase the planting efficiency of high-quality hybrid rice and facilitate large-scale promotion and application, effectively promoting the development of the rice industry.

Keywords: high-quality rice; chalkiness; milled rice rate; brassinolide; selenium

耕地次生盐碱化问题日趋严重^[1]。种植耐盐碱作物是盐碱地合理开发与利用的途径。大豆 [*Glycine max* (Linn.) Merr] 是我国重要的粮食和油料作物之一,也是饲用蛋白的重要来源。在盐碱地种植大豆既是国家发展大豆产业的需要也是盐碱地合理开发利用的重要途径。

盐碱胁迫对大豆生长发育影响较大,会影响大豆光合作用^[2]、造成大豆植株鲜重与干重下降^[3]。种子萌发期是作物生长发育初始阶段,生理生化活动复杂,也是作物生长发育对盐碱胁迫较为敏感的阶段^[4-5],与苗匀、苗壮密切相关,并最终影响产量。因此,研究耐盐碱胁迫对大豆萌发的影响对盐碱地新品种选育及在盐碱地扩种大豆具有重要意义。

目前,盐碱胁迫对大豆萌发影响研究多以中性盐(NaCl)或碱性盐(Na₂CO₃)为主,多以发芽率、发芽势、萌发指数、胚根长度等形态指标作为研究指标。Kan等^[6]研究表明盐碱胁迫对大豆萌发阶段的耐盐性、发芽率和萌发指数均有较大的影响。盐碱胁迫对大豆萌发的影响也因为胁迫类型和胁迫时间有所不同。相关研究表明,随着盐和碱胁迫程度增加,大豆种子发芽相关指标都呈显著下降趋势^[7],且也有研究表明碱胁迫下对大豆种子萌发造成的伤害高于盐胁迫^[8],而不同程度的盐碱混合胁迫对不同大豆种子萌发影响的相关报道较少。

本研究通过分析不同浓度盐碱混合液处理下不同大豆品种种子的萌发参数和胚根参数变化,探讨不同大豆品种种子萌发期对盐碱混合胁迫的响应,以为耐盐碱大豆品种选育和盐碱地合理开发与利用提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于2023年在天津农学院作物栽培与耕作实验室进行。供试4个大豆品种为红研12、垦科豆14、垦科豆28和垦豆62,由黑龙江省农垦科学院农作物开发研究所提供。供试材料均选择籽粒饱满、种皮完好、无病斑的种子。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 设6个梯度(0,30,60,90,120和150 mmol·L⁻¹)盐碱混合液(NaCl:Na₂SO₄:NaHCO₃:Na₂CO₃摩尔比为1:9:9:1)处理,采用培养皿滤纸培养法,种子用75%酒精消毒30 s,蒸馏水冲洗干净后,用滤纸吸干附着水分,置于直

径为11 cm的培养皿中,以单层滤纸作发芽床,上面再盖一层滤纸。4次重复,每个重复50粒,置于光照培养箱中培养(光照25℃16 h;黑暗20℃8 h),加入20 mL盐碱胁迫处理液溶液进行盐碱胁迫处理,测定不同品种在不同处理下的发芽情况。用相同浓度的盐碱胁迫溶液保持发芽床的湿润,使大豆种子在发芽期间持续处于模拟盐碱胁迫条件。以任一处理种子开始发芽为第1天(以萌发的幼芽达到粒长1/2为发芽标准),每隔24 h观察1次,记录当日种子萌发情况。

1.2.2 测定项目及方法 发芽第4天统计发芽势,第7天统计发芽率,发芽率测定遵照国家标准GB/T 5520—2011 粮油检验发芽试验。

发芽势(%)=第4天正常发芽种子数/供试种子数×100

发芽率(%)=第7天正常发芽种子数/供试种子数×100

耐盐碱指数=处理种子发芽率/对照种子发芽率
发芽试验7 d结束后,挑选有代表性的10株幼苗,测量胚根长度、鲜重及干重。

1.2.3 数据分析 使用Excel 2016对数据进行整理和分析,使用SPSS 22.0软件进行方差分析和相关性分析等。

2 结果与分析

2.1 盐碱胁迫对大豆萌发参数的影响

2.1.1 发芽势 由图1可知,与对照相比,盐碱胁迫液低浓度处理(30 mmol·L⁻¹)对各供试大豆种子发芽势影响均不显著,除红研12的发芽势略高于对照外,其余3个供试品种发芽势均略低于对照。随着盐碱胁迫浓度增强(≥60 mmol·L⁻¹),所有品种大豆种子发芽势均下降。盐碱胁迫浓度为60 mmol·L⁻¹时,盐碱胁迫对红研12和垦科豆14大豆种子发芽势的影响显著低于对照,发芽势分别下降了22%和13%。而盐碱胁迫浓度≥90 mmol·L⁻¹时,盐碱胁迫对所有大豆种子发芽势影响均显著。盐碱胁迫浓度为90 mmol·L⁻¹时,红研12和垦科豆28大豆种子发芽势下降幅度最大,发芽势均下降了22%。盐碱胁迫浓度为120 mmol·L⁻¹时,垦科豆14和垦科豆28大豆种子发芽势下降幅度最大,发芽势下降了54%和59%。盐碱胁迫浓度为150 mmol·L⁻¹时,各品种发芽势均下降了60%以上,其中下降幅度最大的是垦科豆14,发芽势下降了88%。

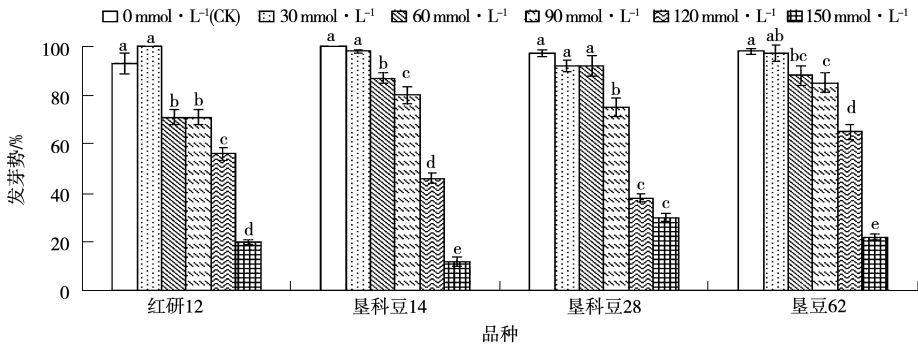


图1 盐碱胁迫对大豆种子发芽势的影响

注:不同小写字母表示同一品种不同处理间在 $P<0.05$ 水平差异显著。下同。

2.1.2 发芽率 由图2可知,与对照相比,盐碱胁迫低浓度处理($30\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)对大豆种子发芽率影响不显著,除红研12的发芽率略高于对照外,其余3个供试品种发芽率略均低于对照。随着盐碱胁迫程度增强($\geq 60\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$),所有大豆品种种子发芽率均下降,当盐碱胁迫浓度 $\geq 90\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,所有品种的发芽率与对照组相比,差异达显著水平。盐碱胁迫浓度为 $60\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,盐碱胁迫

对垦科豆14大豆种子发芽率影响最大,比对照下降了10%。盐碱胁迫浓度为 $90\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,盐碱胁迫对垦科豆28大豆种子发芽率影响最大,比对照下降了23%。盐碱胁迫浓度为 $120\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,垦科豆28大豆种子发芽率下降幅度最大,比对照下降了61%。盐碱胁迫浓度为 $150\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,各品种发芽率下降幅度 $\geq 50\%$,其中下降幅度最大的是垦科豆14,发芽率下降了85%。

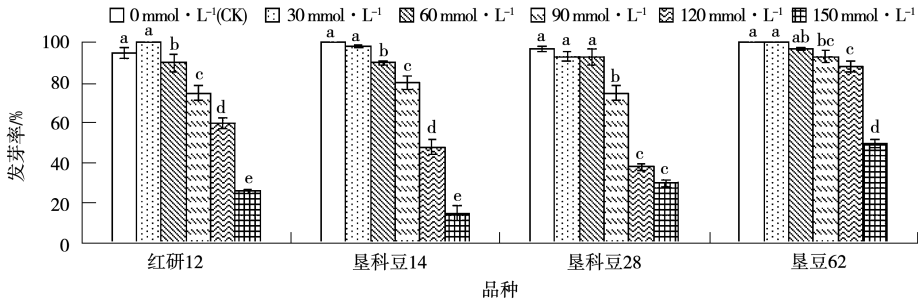


图2 盐碱胁迫对大豆种子发芽率的影响

2.1.3 耐盐碱指数 由图3可知,与对照相比,除了浓度为 $30\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理的大豆品种红研12外,其他处理大豆种子耐盐碱指数均随着盐碱胁迫程度增强而下降。盐碱胁迫浓度为 $30\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,红研12耐盐碱指数显著高于对照,而其他大豆种子耐盐碱指数影响与对照差异不显著。盐碱胁迫浓度为 $60\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,盐碱胁迫对红研12

和垦科豆14大豆种子耐盐碱指数影响与对照相比差异显著。而盐碱胁迫浓度 $\geq 90\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,盐碱胁迫对所有大豆种子耐盐碱指数影响均显著。当盐碱胁迫浓度达到 $150\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,各品种耐盐碱指数下降幅度最大,耐盐碱指数最小的是垦科豆14,最大的是垦豆62。

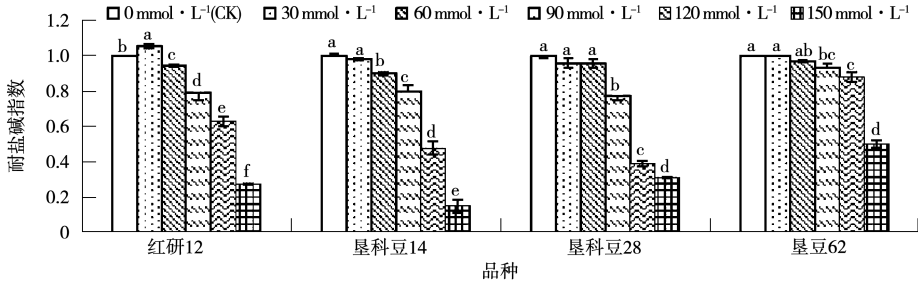


图3 盐碱胁迫对大豆种子耐盐碱指数的影响

2.2 盐碱胁迫对大豆胚根参数的影响

在本研究中盐碱胁迫浓度为 120 和 150 mmol·L⁻¹ 时,大豆胚根过于弱小,无法称重,故不予统计。

由表 1 可知,盐碱胁迫能够抑制大豆胚根生长,且盐碱胁迫程度越强,抑制作用越强。盐碱溶液浓度为 90 mmol·L⁻¹ 时,胚根参数指标下降幅度最大,且均与对照差异显著。

2.2.1 胚根长 在相同处理浓度下,不同大豆品种胚根长度受到不同程度抑制;在盐碱胁迫浓度为 30 mmol·L⁻¹ 时,受到抑制程度最大的是垦豆 62,胚根长度较对照降低 4.60 cm,降低 43.40%;在盐碱胁迫浓度为 60 mmol·L⁻¹ 时,受到抑制程度最强的是垦科豆 14,胚根长度较对照减少 6.10 cm,降低 66.30%;在盐碱胁迫浓度为 90 mmol·L⁻¹ 时,受到抑制程度最强的是垦科豆 28,胚根长度减少 7.40 cm,降低 74.75%。

2.2.2 胚根重 胚根鲜重和干重也随盐碱胁迫

程度增加而降低,在盐碱胁迫浓度为 30 mmol·L⁻¹ 时,受到抑制程度最小,随着盐碱胁迫浓度增加,抑制作用越强。在相同处理浓度下,不同大豆品种胚根鲜重受到抑制程度不同;盐碱胁迫浓度为 30 mmol·L⁻¹ 时,垦豆 62 胚根鲜重受到抑制程度最大,较对照减少 0.86 g,降低 29.35%;盐碱胁迫浓度为 60 mmol·L⁻¹ 时,垦豆 62 胚根鲜重受到抑制程度最大,较对照减少了 1.78 g,降低 60.75%;盐碱胁迫浓度为 90 mmol·L⁻¹ 时,红研 12 胚根鲜重受到抑制程度最大,较对照减少了 1.79 g,降低了 68.32%。

在相同处理浓度下,不同大豆品种胚根干重受到抑制程度不同;盐碱胁迫浓度为 30 mmol·L⁻¹ 时,垦豆 62 胚根干重受到抑制程度最大,较对照减少 0.05 g,降低 15.15%;盐碱胁迫浓度为 60 和 90 mmol·L⁻¹ 时,红研 12 受到抑制程度最大,较对照分别减少了 0.18 和 0.20 g,分别降低 62.07%和 68.97%。

表 1 盐碱胁迫处理对大豆胚根发育指标的影响

| 项目 | 胁迫浓度/(mmol·L ⁻¹) | 红研 12 | 垦科豆 14 | 垦科豆 28 | 垦豆 62 |
|--------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 胚根长/cm | 0(CK) | 7.60±0.32 a | 9.20±0.49 a | 9.90±0.65 a | 10.60±0.33 a |
| | 30 | 7.00±0.38 a | 8.10±0.37 b | 8.10±0.35 b | 6.00±0.17 b |
| | 60 | 3.30±0.18 b | 3.10±0.23 c | 4.20±0.19 c | 3.90±0.06 c |
| | 90 | 2.40±0.06 b | 3.20±0.24 c | 2.50±0.20 d | 3.60±0.20 c |
| 胚根鲜重/g | 0(CK) | 2.62±0.09 a | 2.86±0.26 a | 2.34±0.18 a | 2.93±0.10 a |
| | 30 | 2.43±0.13 a | 2.78±0.11 a | 2.24±0.11 a | 2.07±0.06 b |
| | 60 | 1.08±0.07 b | 1.16±0.08 b | 1.24±0.09 b | 1.15±0.03 c |
| | 90 | 0.83±0.02 b | 1.23±0.09 b | 0.85±0.05 c | 1.08±0.06 c |
| 胚根干重/g | 0(CK) | 0.29±0.01 a | 0.36±0.06 a | 0.21±0.02 a | 0.33±0.01 a |
| | 30 | 0.25±0.01 a | 0.32±0.02 a | 0.20±0.01 a | 0.28±0.01 b |
| | 60 | 0.11±0.01 b | 0.16±0.02 b | 0.15±0.01 b | 0.16±0.01 c |
| | 90 | 0.09±0.02 b | 0.13±0.02 b | 0.11±0.01 c | 0.11±0.01 d |

注:同列不同小写字母表示同一品种各指标不同浓度间在 P<0.05 水平差异显著。

3 讨论

目前,很多学者采用单一中性盐(NaCl)或单一中性碱进行大豆盐碱胁迫研究^[8-13],而盐碱土中除了中性盐分外,还含有 Na₂CO₃ 等碱性盐,Na₂CO₃ 胁迫同 NaCl 相比,不仅能引起离子胁迫,还能引起高 pH 胁迫,因而对种子萌发的破坏力更大^[14-16]。NaCl 筛选的耐盐性作物并不都适宜在盐碱土上生

长,为此,有必要对作物进行耐盐碱性的筛选,更准确地获得适应盐碱土壤生长的作物资源。

萌发期是播种之后作物生长的第一阶段,大豆萌发期耐盐碱性直接决定能否在盐碱胁迫条件下保证全苗和壮苗,因此萌发期鉴定必不可少^[17]。很多研究者将发芽势和发芽率作为作物萌发期耐盐碱性研究的最基本指标^[18-21]。徐芬芬等^[11]研

究表明程度较轻的盐胁迫对大豆种子发芽势和发芽率的影响较小,甚至有的品种发芽势和发芽率会高于对照,盐胁迫程度越强其对大豆种子萌发的抑制作用越强,这与本研究的发芽势与发芽率变化趋势相同,而在其他作物研究中,如苜蓿种子受到盐碱胁迫后,也有相同变化趋势^[22]。本研究中相同盐碱胁迫处理下,不同品种受到盐碱胁迫的影响不同,发芽势、发芽率、耐盐碱指数变化趋势均不相同,当盐碱溶液浓度为 $90 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,各处理耐盐碱指数均与对照差异显著。

本研究中,与发芽势和发芽率相比,胚根长度、胚根鲜重和干重随盐碱胁迫程度增加变化幅度更大,受到抑制程度更大,说明胚根对盐碱胁迫更敏感,这一结果与盐胁迫对大豆种子萌发影响变化趋势基本相同^[23]。本研究中不同品种胚根随盐碱胁迫程度增加,受到抑制程度也不同,盐碱溶液浓度为 $90 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,胚根参数指标下降幅度最大,且均与对照差异显著。

大豆耐盐碱性状属于数量性状,由多基因控制。因机理复杂,单一指标并不能完全代表耐盐碱性。而利用发芽势、发芽率、胚根长及胚根重等多个性状指标,采用隶属函数、回归分析等统计方法分析更有利于客观评价大豆耐盐碱性,如张新草等^[24]利用主成分分析、隶属函数和多元回归等统计方法筛选出了大豆萌发期耐盐碱鉴定指标。本研究中不同大豆品种受到胁迫后,萌发参数指标和胚根参数指标变化情况不同,这一结论可为大豆耐盐碱机理研究及耐盐碱鉴定指标筛选提供参考,但是综合评价具体一个品种的耐盐碱性,还需要丰富样本及指标数量,结合隶属函数、回归分析等统计方法更有助于评价大豆耐盐碱性。

4 结论

低浓度盐碱胁迫处理,对大豆种子发芽率和发芽势有较小的抑制作用,甚至对个别品种有一定促进作用,影响不显著;随盐碱混合液浓度增大,发芽势和发芽率受到抑制作用也逐渐增强,相同盐碱混合液浓度对不同品种发芽势和发芽率影响不同。盐碱混合液浓度为 $90 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,各处理的参数指标与对照差异均达到显著水平,因此可作为大豆萌发期耐盐碱鉴定处理液的适宜浓度。

参考文献:

[1] 王志春,杨福,陈渊,等.苏打盐碱胁迫下水稻体内的 Na^+ 、

K^+ 响应[J]. 生态环境,2008,17(3):1198-1203.

- [2] GONG B, WANG X F, WEI M, et al. Overexpression of S-adenosylmethionine synthetase 1 enhances tomato callus tolerance to alkali stress through polyamine and hydrogen peroxide cross-linked networks[J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 2016, 124(2): 377-391.
- [3] WEIL R R, KHALIL N A. Salinity tolerance of winged bean as compared to that of Soybean¹ [J]. Agronomy Journal, 1986, 78(1): 67-70.
- [4] 胡宗英,张红香,孙泽威.盐碱胁迫对农牧作物种子萌发的影响研究进展[J]. 中国种业,2014(5):21-23.
- [5] 孙小芳,郑青松,刘友良. NaCl 胁迫对棉花种子萌发和幼苗生长的伤害[J]. 植物资源与环境学报,2000,9(3):22-25.
- [6] KAN G Z, ZHANG W, YANG W M, et al. Association mapping of soybean seed germination under salt stress[J]. Molecular Genetics and Genomics, 2015, 290(6): 2147-2162.
- [7] 张旗,陶梦慧,李丹,等.盐碱胁迫对野生大豆种子萌发的影响[J]. 畜牧与饲料科学,2022,43(4):104-108.
- [8] 周妍.盐胁迫对大豆种子萌发、离子平衡及可溶性糖含量影响的研究[D]. 长春:东北师范大学,2014.
- [9] 邵桂花,万超文,李舒凡.大豆萌发期耐盐生理初步研究[J]. 作物杂志,1994(6):25-27.
- [10] ZHANG W J, NIU Y, BU SH, et al. Epistatic association mapping for alkaline and salinity tolerance traits in the soybean germination stage[J]. PLoS One, 2014, 9: e847501.
- [11] 徐芬芬,楚婕好,刘誉,等.盐胁迫对大豆种子萌发过程中吸水和水解酶活性的影响[J]. 大豆科学,2017,36(1):74-77.
- [12] 杨莉萍,张乃群,张驰.盐胁迫对野生大豆种子萌发的影响[J]. 河南农业,2023(1):48-49.
- [13] 那桂秋,寇贺,曹敏建.不同大豆品种种子萌发期耐盐碱性鉴定[J]. 大豆科学,2009,28(2):352-356.
- [14] 季平,张鹏,徐克章,等.不同类型盐碱胁迫对大豆植株生长性状和产量的影响[J]. 大豆科学,2013,32(4):477-481.
- [15] 冯钟慧,刘晓龙,姜昌杰,等.吉林省粳稻种质萌发期耐碱性和耐盐性综合评价[J]. 土壤与作物,2016,5(2):120-127.
- [16] 于莹,吴广文,黄文功,等.2个亚麻品种萌发期耐盐碱性比较研究[J]. 中国麻业科学,2013,35(3):139-143.
- [17] 寇贺,曹敏建,那桂秋.大豆种子萌发期耐盐性综合鉴定指标初探[J]. 杂粮作物,2007,27(5):352-354.
- [18] 彭小星,张红岩,滕长才,等.蚕豆种质资源芽期耐盐碱性鉴定评价及耐盐碱种质筛选[C]//第二十届中国作物学会学术年会论文摘要集.长沙,2023:285.
- [19] 张明伟,高欣梅,福英,等.燕麦种子萌发和幼苗生长盐碱耐性综合鉴定及评价[J]. 农业与技术,2024,44(4):31-36.
- [20] 廖珍凤,王剑,宋西娇,等.盐胁迫对大豆种子萌发过程中子叶超微结构的影响[J]. 浙江农业科学,2022,63(6):1250-1256,1261.
- [21] 薛天源,鲁金春子,何思晓,等.286份甘蓝型油菜种质苗

- 期耐盐碱性综合评价[J]. 植物遗传资源学报, 2024, 25 (3): 356-372.
- [22] 杜敏. 混合盐碱胁迫对苜蓿种子萌发特性的影响[J]. 当代畜牧, 2019(10): 30-31.
- [23] 张兆宁, 李江辉, 赵怡宇, 等. 不同程度盐胁迫下大豆萌发期耐盐性鉴定[J]. 大豆科学, 2023, 42(3): 335-343.
- [24] 张新草, 薛项潇, 姜深, 等. 大豆种质发芽期耐盐碱性鉴定及指标筛选[J]. 西北农业学报, 2020, 29(3): 374-381.

Response of Soybean Seed Germination to Saline-Alkaline Stresses

SU Wenjing¹, ZHAO Manru¹, DING Xiaofei¹, LI Qian¹, WEI Wei¹, JIANG Hongxin², ZHOU Peilu¹,
SONG Xiaohui¹

(1. Tianjin Agricultural College / Tianjin Key Laboratory of Intelligent Breeding of Major Crops, Tianjin 300392, China; 2. Crop and Development Research Institute, Heilongjiang Agricultural Reclamation Sciences, Jiamusi 154007, China)

Abstract: In order to promote the breeding of salt alkali tolerant soybean varieties and the rational development and utilization of saline alkali land, four soybean varieties from Heilongjiang Province (Hongyan 12, Kenkedou 14, Kenkedou 28, Kendou 62) were used as test materials. Six gradients (0, 30, 60, 90, 120 and 150 mmol·L⁻¹) of salt alkali mixed solution (NaCl:Na₂SO₄:NaHCO₃:Na₂CO₃ molar ratio of 1:9:9:1) were used to treat the test materials with salt alkali stress. The germination experiment was conducted using filter paper culture in a culture dish to analyze the effects of salt alkali stress on soybean seed germination parameters and embryonic root parameters. The results showed that low concentration saline alkali stress (30 mmol·L⁻¹) treatment had a certain promoting effect on the germination of Hongyan 12, but had a relatively small inhibitory effect on the germination rate and germination potential of other varieties. As the concentration of saline alkali mixture increases, the inhibitory effect on germination potential and germination rate of the treatment also gradually increases. The same concentration of saline alkali mixture has different effects on germination potential and germination rate of different varieties; When the concentration of salt alkali stress was ≥ 60 mmol·L⁻¹, the germination rate, germination potential, and salt alkali tolerance index of soybean seeds decrease; When the concentration of salt alkali stress was 90 mmol·L⁻¹, compared with CK, the differences in germination potential, germination rate, and salt alkali tolerance index all reach significant levels. When the concentration of salt alkali stress was 150 mmol·L⁻¹, the germination index was most inhibited and the embryonic root growth was inhibited. As the concentration of salt alkali mixture increases, the inhibitory effect on root length, root fresh weight, and dry weight became stronger. Different varieties were subject to different degrees of inhibition. Compared with germination potential and germination rate, embryonic root length, embryonic root fresh weight, and dry weight were more inhibited and decrease more with the increase of salt alkali stress. Under the same treatment concentration, the inhibition of embryonic root dry weight varies among different soybean varieties. When the concentration of saline alkali mixture was 90 mmol·L⁻¹, the differences in embryonic root parameter indicators and CK between each treatment reach a significant level. Based on the above results, a salt alkali stress concentration of 90 mmol·L⁻¹ could be used as the appropriate concentration for identifying salt alkali tolerance in soybean germination.

Keywords: soybean; salinity stress; germination parameters; radicle parameters