

doi:10.11937/bfyy.20171063

复合盐碱胁迫对蒙古高原野韭种子萌发的影响

黄修梅¹, 郝丽珍¹, 惠霖², 杨忠仁¹, 张凤兰¹

(1. 内蒙古农业大学 内蒙古自治区野生特有蔬菜种质资源与种质创新重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010019;

2. 包头市种子管理站, 内蒙古 包头 014010)

摘要:以蒙古高原野韭种子为试材,模拟盐度和碱度各不相同的复杂盐碱条件,研究了混合盐碱胁迫对野韭种子萌发及幼苗生长的影响。结果表明:野韭种子萌发对低盐低碱具有一定适应性;但是随着盐碱胁迫的增强,野韭种子的发芽率、发芽势、发芽指数与对照相比均显著性下降,其中碱性盐所占的比例越大,下降程度越大;各胁迫处理均显著影响了胚轴的生长;将未萌发的种子转移至蒸馏水中复水后,高盐浓度和高 pH 最终发芽率是对照的 44%,说明高盐高碱延缓了种子的萌发,也抑制了一些低活力种子的萌发;综合分析各胁迫处理种子萌发的各项指标,盐浓度、pH 及其相互作用对野韭种子萌发有抑制作用,其中盐浓度是决定性的主导因素,pH 的影响次之。

关键词:野韭;盐碱胁迫;种子萌发;恢复萌发;幼苗生长

中图分类号:S 633.302.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2018)01-0001-06

我国盐渍土壤面积约为 $3.5 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 占可耕地面积的 1/3, 已经成为人类面临的主要生态环境问题之一^[1]。如何改良恢复退化盐碱土壤一直是人们关注的热点, 而利用生物改良选育种植耐盐碱优质农作物无疑是最为经济有效的手段。盐渍环境下的种子萌发是盐生植物生长的关键及敏感阶段^[2], 且盐分组成与盐分浓度对种子萌发的影响也可能是不同的^[3]。

当盐渍土中包含 CO_3^{2-} 或 HCO_3^- 时, 将导致土壤 pH 升高, 这样植物既受到盐胁迫, 又受到碱胁迫^[4-5], 且由 NaHCO_3 和 Na_2CO_3 等碱性盐所造成的碱胁迫的生态破坏作用明显大于由 NaCl 、

Na_2SO_4 等中性盐所造成的盐胁迫^[6-7]。蒙古高原近年来由于自然因素和人为因素的影响, 草场退化、沙化、盐渍化十分严重^[8]。大多数盐碱地往往是既含有中性盐又含有碱性盐的复合盐碱地, 植物在这种环境下面临的并非单纯的盐胁迫或碱胁迫, 而是盐、碱交互的复合盐碱胁迫。

野韭(*Allium ramosum* L.) 属百合科葱属多年生草本植物^[9], 具有菜用、药用、饲用、保健和水土保持等多种功能。在蒙古高原主要分布于草原砾石质坡地、草甸草原、草原化草甸等群落中, 生境既包括典型草原又有荒漠化草原^[10]。野韭嫩叶、花序和鳞茎可食用, 种子可入药, 整个生育期均可利用, 而其利用方式为采收和挖掘野生资源, 因此长期的过量开采利用已经导致野韭生境出现片断化破碎, 群体规模迅速萎缩。目前对野韭植物的研究主要有染色体数目和核型分析^[11]、花形态及花药解剖结构观察结果^[12]、营养成分^[13]等方面, 其中在中国蔬菜品种志提到了其具有耐盐特性, 而关于其耐盐碱能力尚鲜见系统报道。该试验按不同比例混合, 模拟 20 种盐度和碱度各不相同的复杂盐碱条件, 研究了复合盐碱胁迫对野

第一作者简介:黄修梅(1971-), 女, 博士, 副教授, 现主要从事蔬菜种质资源与种质创新等研究工作。E-mail: huangxm0404@126.com.

责任作者:郝丽珍(1960-), 女, 内蒙古包头人, 博士, 教授, 现主要从事蔬菜种质资源及种质创新等研究工作。E-mail: haolizhen_1960@163.com.

基金项目:国家农业公益性行业科研专项资助项目(201203004)。

收稿日期:2017-09-04

韭种子萌发及幼苗生长的影响,以探讨野韭种子萌发的耐盐碱能力及在盐碱胁迫下的变化规律,以期为促进蒙古高原野生植物的抗逆性研究及开发利用荒漠植物种质资源和进行植被的恢复与重建提供参考和借鉴。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以采自内蒙古锡林郭勒盟苏尼特左旗(北纬 $43^{\circ}25'$,东经 $113^{\circ}24'$)的野韭(*Allium ramosum* L.)种子为试验材料,采种时间为2013年9月。

1.2 试验方法

1.2.1 复合盐碱胁迫条件的设计

试验选择2种中性盐(NaCl 、 Na_2SO_4)和2种碱性盐(NaHCO_3 、 Na_2CO_3),均按照不同比例混合分为5种(表1),用pH计测定各溶液的pH,分别为7.3、8.7、9.0、9.9、10.8,盐处理浓度分别为50、100、200、300、400 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,水为对照(CK)。

表1 各处理组的盐分组成及摩尔比
Table 1 Salt composition and its molar ratio of various treatments

处理 Treatment	$\text{NaCl} : \text{Na}_2\text{SO}_4 : \text{NaHCO}_3 : \text{Na}_2\text{CO}_3$	pH
1	1 : 1 : 0 : 0	7.3
2	1 : 2 : 1 : 0	8.7
3	1 : 9 : 9 : 1	9.0
4	1 : 1 : 1 : 1	9.9
5	9 : 1 : 1 : 9	10.8

1.2.2 种子萌发试验

野韭种子采用2%的 NaClO 消毒10 min,参照《农作物种子检验规程》(GB/T3543.4—1995),发芽床采用纸间,4次重复,每次重复50粒,当胚根长度大于2 mm时统计为萌发。

试验在人工气候箱中进行,温度为 20°C ,光照时间为 $12\text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$,各处理培养皿中放入经各盐碱处理充分浸湿的滤纸,然后摆入种子。每天以称重法补充蒸馏水以维持溶液浓度的恒定,4 d统计发芽势(萌发高峰),16 d统计初始发芽率,计算发芽指数,并测定幼苗的胚轴长度。

1.3 项目测定

发芽势(%) = 发芽达到高峰期的种子发芽

数/供试种子数 $\times 100$;发芽指数(Gi) = $\sum (Gt/Dt)$ 。式中, Gt 为在时间 t 时的发芽数, Dt 为发芽日数。

将未萌发的种子用蒸馏水冲洗3次后,在含蒸馏水的滤纸上培养。每24 h记录种子的萌发恢复情况,并记录萌发的种子数目,持续观察7 d。恢复萌发率和最终发芽率按照下面的公式进行。

初始发芽率(%) = $b/c \times 100$;恢复发芽率(%) = $(a - b)/(c - b) \times 100$;最终发芽率(%) = $a/c \times 100$ 。式中, a 为在盐溶液和在蒸馏水中恢复萌发的种子总数, b 为在盐溶液中萌发的种子数, c 为测试种子总数。

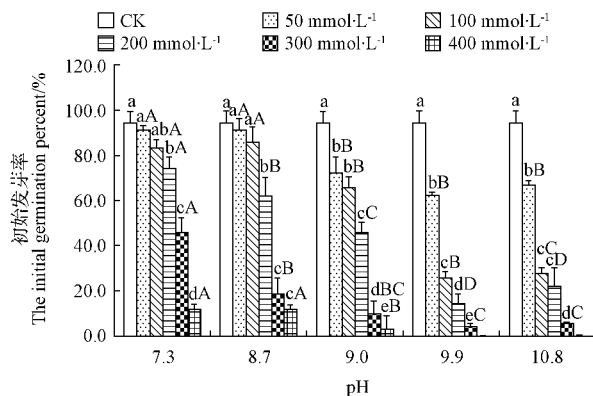
1.4 数据分析

采用Excel软件对数据进行整理、计算、绘图,利用SPSS 13.0软件对数据进行统计分析,通过单因子方差分析(One-way ANOVA)检验差异的显著性。

2 结果与分析

2.1 复合盐碱胁迫对野韭种子初始发芽率和发芽势的影响

发芽率和发芽势是反映种子发芽能力的重要指标,盐碱胁迫会使种子的发芽能力受到影响。由图1可以看出,不同pH和不同盐浓度对野韭种子的初始发芽率产生显著影响。在同一pH条件下随着盐浓度的增加,各组的初始发芽率均下降,但下降趋势略有不同;其中当pH为7.3~8.7时,下降缓慢,盐浓度 $\leq 100\text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 种子初始发芽率与对照无显著差异;pH 7.3时,300 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的初始发芽率仍是对照的66%;pH 9.0~10.8时,下降趋势增大,其中当pH 9.9和10.8时,50 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 就显著影响了野韭种子的初始发芽率,400 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的种子初始发芽率为零。在同一盐浓度条件下随着pH的升高,各组初始发芽率均下降,但下降趋势略有不同;当盐浓度为50 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,pH 7.3和pH 8.7之间差异不显著,处于显著最高值;pH 9.0、9.9、10.8之间差异不显著,其中当pH 10.8时种子初始发芽率仍是对照的71%;当盐浓度为400 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,pH 7.3种子初始发芽率仅为



注:小写字母表示同一 pH,不同盐浓度处理间的显著水平($P < 0.05$);大写字母表示同一盐浓度,不同 pH 处理间的显著水平($P < 0.05$)。下同。

Note: The lowercase letters show significant difference on the different salt concentration of the same pH ($P < 0.05$). The capital letters show significant difference on the different pH of the same salt concentration ($P < 0.05$). The same below.

图1 复合盐碱胁迫对野韭种子初始发芽率的影响

Fig. 1 Effects of complex saline-alkali stress on the initial seed germination percent of *A. ramosum*

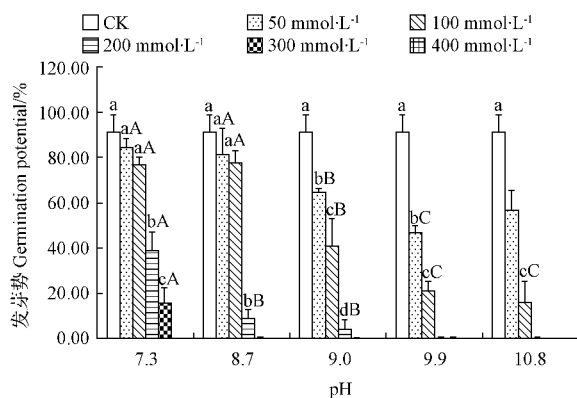


图2 复合盐碱胁迫对野韭种子发芽势的影响

Fig. 2 Effects of complex saline-alkali stress on seed germination potential of *A. ramosum*

对照的 16.0%, pH 9.9、10.8 时为 0.0%。

在各组胁迫处理下,发芽势表现出与发芽率相似的变化趋势。当盐浓度为 50、100 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、pH 7.3、8.7 发芽势与对照无显著差异,其余均显著下降,而随着 pH 增大下降趋势越大;当盐浓度为 50 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、pH 10.8 时种子发芽势仍是对照的 62%;当盐浓度为 400 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 种子发芽

势全部为 0.0%;当盐浓度为 300 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\text{pH} \geq 8.7$ 种子发芽势为 0.0%;当盐浓度为 200 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\text{pH} \geq 9.9$ 种子发芽势为 0.0%。这说明低盐低碱环境对野韭种子发芽率、发芽势未形成显著影响,随着盐浓度的增加,种子发芽率、发芽势下降,随着碱性盐所占比例的增大,下降幅度越大;同时也说明盐浓度对野韭种子萌发的胁迫大于 pH 的胁迫。

2.2 复合盐碱胁迫对野韭种子发芽指数的影响

发芽指数比发芽率更能灵敏地表现种子活力。复合盐碱胁迫对野韭种子发芽指数的影响与对种子发芽率的影响趋势相同(图 3)。随着盐浓度的增加,野韭种子发芽指数呈下降趋势,而且随着碱性盐所占的比例越大,这种下降趋势越明显;同一 pH,随着盐浓度的增加,各处理呈显著下降;同一盐浓度,随着 pH 的升高,下降趋势缓慢, pH 7.3 和 pH 8.7 之间差异不显著,当盐浓度为 400 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 各处理的发芽指数均较低, pH 9.9 和 pH 10.8 显著低于其余处理。

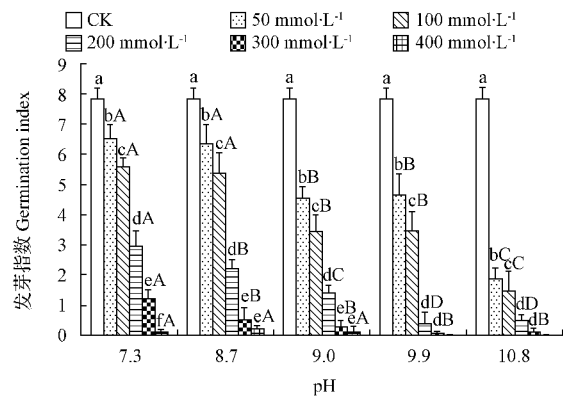


图3 复合盐碱胁迫对野韭种子发芽指数的影响

Fig. 3 Effects of complex saline-alkali stress on seed germination index of *A. ramosum*

2.3 复合盐碱胁迫对野韭种子胚轴生长的影响

从胚轴长度(图 4)可以看出,同一 pH,各盐浓度胁迫处理的胚轴长均显著低于对照,并随着盐浓度的增高,野韭种子胚轴长度越来越短。当盐浓度为 50 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, pH 7.3 和 pH 8.7 差异不显著,显著高于其余处理;当盐浓度为 100~300 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, pH 7.3 显著高于其余处理;当盐浓度为 400 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, pH 7.3~9.0

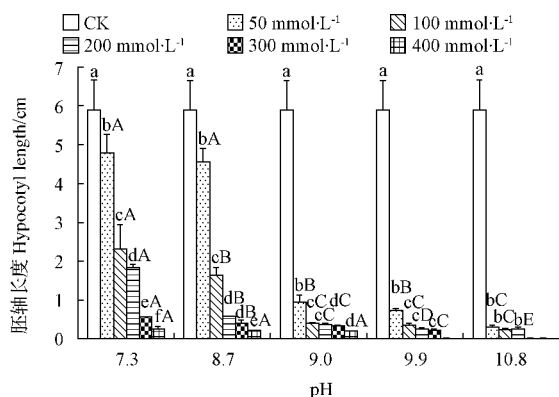


图4 复合盐碱胁迫对野韭种子胚轴生长的影响

Fig. 4 Effects of complex saline-alkali stress on the hypocotyl growth of *A. ramosum*

表2 双因素方差分析盐浓度、pH 与其相互作用对野韭种子发芽率、发芽指数和胚轴生长的影响

Table 2 Two-way ANOVA of effects of salinity, pH, and their interactions on seed germination, germination index and hypocotyl growth of *A. ramosum*

方差来源 Source of variation	发芽率 Germination ratio/%	发芽指数 Germination index	胚轴长度 Hypocotyl length/cm
盐浓度 Salinity	432.71 **	831.10 **	590.01 **
pH	376.45 **	67.53 **	77.53 **
盐浓度×pH Salinity×pH	28.98 **	15.39 **	18.58 **

注: ** $P < 0.01$ 。

2.5 复合盐碱胁迫对野韭种子恢复发芽率和最终发芽率的影响

从表3可以看出,野韭种子在不同盐碱胁迫环境中处理16 d后,将未萌发的种子转移至蒸馏水中检查其萌发情况。恢复萌发7 d后,在相同pH范围内,随着盐浓度的增加,恢复发芽率呈递增趋势,但增加幅度略有下降。低盐低碱处理

差异不显著。当pH 9.9、盐浓度为100~400 mmol·L⁻¹和pH 10.8、盐浓度为50~400 mmol·L⁻¹胚轴尖端严重坏死。

2.4 盐浓度、pH 及二者相互作用对野韭种子发芽率、发芽指数和胚轴长度的影响

由表2可以看出,野韭种子的发芽率极显著受到了盐浓度、pH 以及二者相互作用的影响;野韭种子发芽指数极显著受到了盐度、pH 以及二者相互作用的影响;野韭种子胚轴长度同样也极显著受到了盐度、pH 以及二者相互作用的影响。从双因素方差分析结果也可以看出,盐浓度是决定性的主导因素,pH 对野韭种子萌发的影响次之。

(pH 7.3、8.7,盐浓度50、100 mmol·L⁻¹)最终种子发芽率与对照之间未形成显著差异,高盐浓度和高pH处理下(pH 10.8,盐浓度400 mmol·L⁻¹)的最终发芽率显著低于对照,但仍有对照的44%,说明野韭种子萌发对低盐低碱有一定的适应性,高盐浓度和高pH 延缓了种子的萌发,也抑制了一些低活力种子的萌发。

表3 不同胁迫处理下野韭种子的萌发率

Table 3 Seed germination of *A. ramosum* incubated in each treatment

%

pH	盐浓度 Salinity/(mmol·L ⁻¹)	初始发芽率 Initial germination ratio	恢复发芽率 Recovery germination ratio	最终发芽率 Total germination ratio
7.3	CK	94.4±5.1a	0.0±0.0	94.4±5.1a
	50	91.1±1.9a	0.0±0.0d	91.1±1.6a
	100	83.3±3.3ab	32.7±3.5c	88.9±1.9a
	200	74.4±7.7b	32.7±6.1c	82.2±3.1b
	300	46.9±5.8c	57.2±1.6b	76.7±2.7b
	400	12.2±1.9d	65.6±6.8a	78.9±4.2b
	50	91.1±5.1a	0.0±0.0d	91.1±4.2a
	100	85.6±6.9a	18.8±6.8c	88.9±3.1a

表 3(续)
Table 3(Continued)

%

pH	盐浓度 Salinity/(mmol · L ⁻¹)	初始发芽率 Initial germination ratio	恢复发芽率 Recovery germination ratio	最终发芽率 Total germination ratio
8.7	200	62.2±7.7b	17.1±6.2c	68.9±4.2b
	300	18.9±6.9c	50.4±7.6a	63.3±7.2b
	400	12.2±1.9c	44.7±5.6b	52.2±6.3c
	50	72.2±6.9b	15.9±4.5c	76.7±4.7b
	100	65.6±5.1b	15.9±4.5c	71.1±3.1bc
9.0	200	45.6±5.1c	30.3±9.1b	63.3±7.2c
	300	10.0±5.8d	28.2±4.1b	62.2±6.3c
	400	3.3±3.3e	62.0±7.1a	62.2±3.1c
	50	63.3±7.2b	21.2±1.1c	71.1±5.7b
	100	25.6±3.1c	56.6±4.2a	67.8±1.6b
9.9	200	14.5±4.3d	39.9±4.2b	48.9±5.7d
	300	4.4±1.6e	44.1±4.5ab	46.7±2.7d
	400	0.0±0.0f	56.3±4.6a	56.3±4.6c
	50	64.5±1.9b	28.2±1.6d	74.4±1.6b
	100	27.8±2.5c	52.4±2.1a	65.6±5.7b
10.8	200	22.2±8.4c	32.9±8.4c	45.6±3.1c
	300	0.0±0.0d	42.3±5.8bc	42.3±5.8c
	400	0.0±0.0e	41.1±4.9b	41.1±4.9c

注:不同小写字母表示处理间在 0.05 水平上差异显著。
Note: The different lowercase letters show significant difference among treatments at 0.05 level.

3 讨论与结论

种子发芽率、发芽势、发芽指数是表征种子萌发水平最主要的指标,有关盐碱胁迫对作物种子萌发的影响已经有一些报道。新疆野生实蕁葱^[14]、灰绿藜^[7]、燕麦^[15]、短命植物^[16]种子萌发的研究表明,随着盐碱胁迫增强,种子发芽率、发芽指数均显著性降低,盐碱胁迫能显著抑制种子萌发;但对高粱^[1]、芨芨草^[17]、紫花苜蓿^[18]等种子的萌发研究表明,低盐碱环境促进了种子的萌发水平,但随着盐碱强度的增强,种子发芽率降低。该试验中,在低盐低碱环境野韭种子发芽率和发芽指数与对照均无显著性差异,表现野韭种子萌发对低盐低碱具有一定适应性;但是随着盐碱胁迫的增强,野韭种子的发芽率、发芽势、发芽指数与对照相比均显著性下降,碱性盐所占的比例越大,下降程度越大,这主要是由于在高盐、高碱环境下,种子不能从外界吸收足够的水分来合成萌发所需的各种酶和结构蛋白,难以完成细胞分裂分化、胚生长,从而降低了种子发芽率。同时,高盐、高碱环境下野韭种子发芽势为零,不但发芽率低而且发芽延迟;而在低盐低碱情况下,发芽势与

发芽率均与对照未形成显著差异,说明发芽率高且发芽速率快,能在短时间内迅速发芽。盐碱胁迫对作物种子萌发的影响不仅表现在发芽率上,还表现在胚轴生长上^[7],而生物量变化是植物对盐碱胁迫的综合反映。该试验结果表明,盐碱胁迫对野韭种子胚轴生长的影响一致,随着盐碱胁迫的增强,呈显著下降。通过双因素方差分析表明,盐度、pH 及盐度与 pH 相互作用对野韭种子的发芽率、萌发指数、胚轴长度均有极显著性影响,其中盐度起主导作用,这与前人的研究结论基本一致^[1,7,18]。

参考文献

[1] 何磊,陆兆华,管博,等. 盐碱胁迫对两种高粱种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 西北植物学报,2012,32(2):362-369.
[2] SONG J,FAN H,ZHAO Y Y, et al. Effect of salinity on germination, seedling emergence, seedling growth and ion accumulation of a euhalophyte *Suaeda salsa* in an intertidal zone and on saline inland[J]. Aquatic Botany,2008,88:331-337.
[3] LIU J, GUO W Q, SHI D C. Seed germination, seedling survival, and physiological response of sunflowers under saline and alkaline conditions[J]. Photosynthetica,2010,48:278-286.
[4] 高战武, 蔺吉祥, 邵帅, 等. 复合盐碱胁迫对燕麦种子发芽的影响[J]. 草业科学,2014,31(3):451-456.
[5] LI R, SHI F, FUKUDA K. Interactive effects of salt and al-

kali stresses on seed germination, germination recovery, and seedling growth of a halophyte *Spartina alterniflora* (Poaceae) [J]. South Afr J Bot, 2010, 76: 380-387.

[6] FANNY I S, SIGSTAD E E. Calorimetric studies of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seed germination under saline stress conditions [J]. Thermochimica Acta, 2005, 428: 71-75.

[7] 古丽内尔·亚森, 杨瑞瑞, 曾幼玲. 混合盐碱胁迫对灰绿藜 (*Chenopodium glaucum* L.) 种子萌发的影响 [J]. 生态学杂志, 2014, 33(1): 76-82.

[8] 高娃, 邢旗, 吉木色. 内蒙古草原退化沙化盐渍化与防治措施及成效 [C]. 2009 中国草原发展论坛论文集, 2009: 313-318.

[9] 赵一之. 内蒙古葱属植物生态地理分布特征 [J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 1994, 25(5): 546-553.

[10] 胡长青, 邓颖莲, 樊磊虎. 内蒙古野生葱属植物资源的开发利用与保护 [J]. 中国野生植物资源, 2007, 26(6): 30-31.

[11] 周颂东, 何兴金, 余岩, 等. 葱属根茎组 8 种 21 居群植物的核型研究 [J]. 植物分类学报, 2007(2): 22-24.

[12] 郝丽珍, 杨忠仁, 王六英, 等. 三种葱属植物花形态及花药解剖结构观察 [J]. 植物研究, 2005, 25(3): 277-279.

[13] 中国农业科学院蔬菜花卉研究所. 中国蔬菜品种志(上、下卷) [M]. 北京: 中国农业出版, 2011: 366-367.

[14] 帕提曼·阿布都热合曼, 努尔加马力·约麦尔, 木叶沙尔·艾尔肯. NaCl、Na₂SO₄ 胁迫对新疆野生蔬菜实蒴葱种子萌发的影响 [J]. 新疆农业大学学报, 2014, 37(1): 54-56.

[15] 芦翔, 汪强, 赵惠萍, 等. 盐胁迫对不同燕麦品种种子萌发和出苗影响的研究 [J]. 草业科学, 2009, 26(7): 77-81.

[16] 努尔帕提曼·买买提热依木, 齐曼·尤努斯, 谭敦炎. 胁迫对 4 种短命植物种子萌发及植株生长的影响 [J]. 西北植物学报, 2011, 31(8): 1618-1627.

[17] 纪荣花, 于磊, 鲁为华, 等. 盐碱胁迫对芨芨草种子萌发的影响 [J]. 草业科学, 2011, 28(2): 245-250.

[18] 蔺吉祥, 高战武, 王颖, 等. 盐碱胁迫对紫花苜蓿种子发芽的协同影响 [J]. 草地学报, 2014, 22(2): 312-319.

Effects of Salt-alkali Mixed Stresses on Seed Germination of *Allium ramosum* From Mongolia Plateau

HUANG Xiumei¹, HAO Lizhen¹, HUI Lin², YANG Zhongren¹, ZHANG Fenglan¹

(1. Inner Mongolia Key Laboratory of Wild Peculiar Vegetable Recourse and Germplasm Enhancement, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019; 2. Baotou Seed Management Station, Baotou, Inner Mongolia 014010)

Abstract: *Allium ramosum* from Mongolia Plateau was used to study effect of mixed stress (by mixing salinity and alkalinity in different molar ratios) on seeds germination and seedling growth of *A. ramosum*. The results showed that the low salt and low alkali environment had no significant effect on seed germination of *A. ramosum*. When alkaline salt proportion was larger, the degree of decline was greater. Seed germination percentage, germination potential and germination index were significantly reduced with increasing salinity and pH, which reduced more with the increasing the ratio of alkaline salt. Each stress treatment significantly affected the hypocotyl growth. Ungerminated seeds on each stress might germinate when they were transferred to distilled water. The final germination rate on high salinity and high pH was 44% of CK, indicating that high alkalinity and high salt delayed seed germination and inhibited the germinating of some low vigor seed. These germination indexes indicated salinity and alkalinity and their interaction had inhibited seed germination of *A. ramosum*, and the salinity was a dominant factor.

Keywords: *Allium ramosum* L.; salt-alkali mixed stresses; seed germination; germination recovery; seedling growth