

盐对夏至草种子萌发以及盐胁迫解除后种子萌发能力恢复的影响

张秀玲*

德州学院生物系, 山东德州 253023

摘要: 检测 NaCl、Na₂SO₄、Na₂CO₃ 和 3 种盐的混合盐对夏至草种子的发芽率、发芽势、发芽指数、胚根和胚轴生长以及解除盐胁迫后的这些生理指标变化的结果表明, 随着 Na₂CO₃ 和混合盐溶液浓度的增加, 夏至草种子的发芽率、发芽势、发芽指数、胚根、胚轴生长均呈下降趋势。低浓度 (25~50 mmol·L⁻¹) NaCl 和 (4~10 mmol·L⁻¹) Na₂SO₄ 促进种子萌发, 高浓度 (200 mmol·L⁻¹) NaCl 和 (150 mmol·L⁻¹) Na₂SO₄ 抑制种子萌发; Na₂CO₃ 和混合盐溶液对夏至草种子萌发有明显的抑制作用。盐胁迫解除后, 夏至草种子的发芽率随着原盐浓度的增加呈升高趋势。除 75 mmol·L⁻¹ Na₂CO₃ 处理的以外, 其它处理的胚根长度都大于未经盐处理的。中性盐处理的胚轴长度都大于未经盐处理的。

关键词: 夏至草; 盐胁迫; 发芽率; 发芽势; 恢复萌发

Effect of Salt on Seed Germination of *Lagopsis supina* (Steph.) IK.-Gal. ex Knorr and Its Recovery after Release from Salt Stress

ZHANG Xiu-Ling*

Department of Biology, Dezhou College, Dezhou, Shandong 253023, China

Abstract: Effects of NaCl, Na₂SO₄, Na₂CO₃ and the mixture of three solutions on seed germination of *Lagopsis supina* and its recovery after release from salt stress were measured. The results showed that the seed germination rates, viability, indexes and the growth of radicle and hypocotyl reduced with increasing of concentrations of Na₂CO₃ and the mixture. 25–50 mmol·L⁻¹ NaCl and 4–10 mmol·L⁻¹ Na₂SO₄ promoted germination of seeds, while 200 mmol·L⁻¹ NaCl and 150 mmol·L⁻¹ Na₂SO₄ restrained it. And both Na₂CO₃ and the mixture solutions restrained germination of seeds. After release from salt stress, seed germination rates rose with the increase of pre-treatment salt concentrations. Except 75 mmol·L⁻¹ Na₂CO₃, the radical lengths with treatment were longer than those of control. The hypocotyl lengths with neutral salt treatment also were longer than those of control.

Key words: *Lagopsis supina*; salt stress; germination rate; germination viability; recovery germination

中药夏至草属唇形科夏至草属, 又名小益母草、白花益母草、白花夏枯草。其化学成分(杨永利等 2001; 袁久荣等 2000)和药理作用(张玉平等 2006; 张晓云等 2007)已多有报道, 但盐胁迫下夏至草种子萌发的报道尚未见到。我国北方的夏至草一般种植在干旱和半干旱盐渍土地区, 这些地区的土壤成分主要是氯化钠、硫酸盐和碳酸钠(明延凯等 1993), 为此, 本文针对这一点, 研究了 NaCl、Na₂SO₄、Na₂CO₃ 和 3 种盐的混合盐对夏至草种子萌发和胚生长的影响, 以期能为我国北方干旱盐碱地区夏至草的引种驯化和盐渍化土地的改良提供参考。

材料与方 法

夏至草 [*Lagopsis supina* (Steph.) IK.-Gal. ex Knorr] 种子采于德州市东郊, 地理位置为东经

115°45'~117°34', 北纬 36°24'25"~38°0'32", 在黄河下游北岸, 山东省的西北部, 是华北平原的一个组成部分, 地处黄河故道, 盐碱土面积较大。气候干旱且春旱严重。春旱时, 土壤返盐现象极其普遍。土壤含盐量为 0.25%~0.45%, pH 值为 6.52, 土壤电导率为 5.05 ms·cm⁻¹, 夏至草自然分布广泛。于 2007 年 5 月夏至草种子成熟期采集种子, 从中取均匀饱满的种子, 千粒重为 0.35 g, 置于 4℃ 冰箱中保存备用。

NaCl、Na₂SO₄、Na₂CO₃ 以及三者的混合盐溶液浓度处理见表 1。种子用 0.1% 的 KMnO₄ 溶液消毒 10 min 后用清水浸泡 12 h, 洗净后置于铺有

收稿 2008-02-04 修定 2008-05-23

资助 德州市科学技术攻关项目(042102)。

* E-mail: dzxy_zxl@163.com; Tel: 0534-8985840

表1 盐溶液的类型和浓度以及pH值

Table 1 The type and concentration of salt and pH value

盐的类别	浓度(pH)/mmol·L ⁻¹							
	对照	处理1	处理2	处理3	处理4	处理5	处理6	处理7
NaCl	0 (7)	25 (6.7)	50 (6.4)	100 (6.1)	200 (6.0)	400 (5.9)	600 (5.7)	800 (5.7)
Na ₂ SO ₄	0 (7)	4 (7.5)	7 (6.9)	10 (6.7)	50 (6.2)	150 (6.1)	200 (6.1)	400 (6.1)
Na ₂ CO ₃	0 (7)	10 (9.4)	20 (10.0)	50 (10.2)	75 (10.4)	150 (10.6)	—	—
混合盐 Na ⁺	0 (7)	90 (9.3)	200 (10.0)	400 (10.1)	425 (10.3)	850 (10.3)	—	—
Cl ⁻	0	50	100	200	200	400	—	—
SO ₄ ²⁻	0	10	25	50	75	150	—	—
CO ₃ ²⁻	0	10	20	50	38	75	—	—

* 表示混合盐的pH值标注在Na⁺一栏中。

2层滤纸的培养皿($\phi=9$ cm)中,每皿50粒种子,分别加入等量盐溶液至饱和为止。每个浓度重复3次,以蒸馏水处理作对照,放入MGC-300H型微电脑控制的人工气候箱(上海一恒科学仪器有限公司)中培养。20 /25 (11 h 黑暗/13 h 白天),光照强度 $56.6 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,相对湿度控制在75%~80%。每日用相应浓度的盐溶液冲洗种子,并以蒸馏水补充蒸发去的水分以维持盐浓度的恒定。

种子开始萌动后每天统计发芽数(以胚根突出2 mm作为发芽标准),直至6 d发芽基本结束时为止。每个重复分别测量15次胚根和胚轴的长度后,将未萌动的种子洗净,在相同的条件下放在蒸馏水中继续萌发,并用同样的方法统计发芽率,第12天测量胚根和胚轴长度。分别计算发芽率、发芽势和发芽指数。计算公式为:发芽率(Gr)=(发芽种子数/供试种子数) $\times 100\%$;发芽势(Gv)=4 d发芽种子数/供试种子数 $\times 100\%$;发芽指数(Gi)= $\sum (Gt/Dt)$ (Gt 指在时间 t 日内的发芽数, Dt 为相应的发芽天数);相对盐害率=[(对照发芽率-处理发芽率)/对照发芽率] $\times 100\%$ (丁明等2004;王永春等2007)。胚根和胚轴的相对长度=盐处理下的长度/对照长度。

结果与讨论

1 盐对夏至草种子发芽率的影响

表2和图1显示:(1)在总体上,不同种类盐胁迫下夏至草种子的发芽率均下降。(2)4种盐胁迫下,夏至草开始发芽的时间随着盐浓度的升高而相应延后。高浓度盐的处理种子不萌发(图1)。

(3)多数植物的种子在蒸馏水中萌发得最好(Gulzar和Khan 2001)。高盐胁迫抑制种子萌发主要是由于外界高渗透压导致种子吸水不足。

2 盐对夏至草种子发芽势和发芽指数的影响

从总体来说,在不同盐的胁迫下,除Na₂SO₄之外,其它3种盐处理的夏至草种子发芽势和发芽指数均显著下降(表2)。在4、7、10 mmol·L⁻¹ Na₂SO₄范围内,随着Na₂SO₄浓度的升高,发芽势和发芽指数逐渐增高,10 mmol·L⁻¹ Na₂SO₄处理的发芽势和发芽指数略高于蒸馏水处理。NaCl、Na₂CO₃和混合盐对发芽势的影响与其对发芽指数的影响趋势一致,但发芽势下降的幅度更大,说明盐溶液可以降低种子活力,尤其是高浓度盐,强烈抑制种子萌发。

3 盐对胚根和胚轴生长的影响

从图2可见,盐胁迫下,夏至草的相对胚根长度(将未经盐处理的胚根长度视为1)和相对胚轴长度基本上随着盐浓度的升高而下降;但在50 mmol·L⁻¹ NaCl和4、7 mmol·L⁻¹ Na₂SO₄胁迫下,夏至草的相对胚根长度大于1,表明低浓度的盐可以促进胚根生长。在不同浓度盐胁迫下,夏至草的相对胚轴长度均小于1,盐对胚轴的胁迫程度大于胚根,显示胚轴是对盐胁迫较敏感的部位。在较低浓度的Na₂CO₃和混合盐胁迫下的胚根和胚轴相对长度明显低于其它两种盐的胁迫,表明Na₂CO₃和混合盐可明显抑制胚根和胚轴的生长。

4 盐胁迫解除后夏至草种子的发芽率以及胚根和胚轴的生长

从图3和图4可以看出:(1)4种盐胁迫解除

表2 盐对夏至草种子萌发的影响

Table 2 Effect of salt on seed germination of *L. supina*

盐的类别	浓度 /mmol·L ⁻¹	发芽率 /%	发芽势	发芽指数	相对盐害率 /%
NaCl	0	100.00±0 ^a	94.67±3.06 ^a	34.03±1.12 ^a	0 ^a
	25	84.67±3.06 ^b	81.33±3.06 ^b	27.03±1.68 ^b	15±3 ^b
	50	86.00±3.46 ^b	77.33±9.02 ^b	25.72±1.26 ^b	14±3 ^b
	100	75.33±1.15 ^c	35.33±11.55 ^c	16.08±1.46 ^c	25±1 ^c
	200	48.00±0.14 ^d	18.67±7.22 ^d	9.56±2.87 ^d	52±4 ^d
	400	0 ^e	0 ^e	0 ^e	100±0 ^e
	600	0 ^e	0 ^e	0 ^e	100±0 ^e
	800	0 ^e	0 ^e	0 ^e	100±0 ^e
Na ₂ SO ₄	0	100.00±0 ^a	94.67±3.06 ^a	34.03±1.12 ^a	0 ^a
	4	82.00±3.46 ^b	76.00±7.21 ^b	27.06±2.43 ^b	18±3 ^b
	7	92.67±4.16 ^c	88.00±5.29 ^a	29.25±1.54 ^b	7±4 ^c
	10	96.70±3.15 ^{ac}	95.33±1.15 ^a	34.39±2.82 ^a	3±3 ^{ac}
	50	93.00±3.05 ^c	62.67±4.16 ^c	23.33±0.85 ^c	7±3 ^c
	150	73.33±3.57 ^d	11.67±6.11 ^d	10.64±1.64 ^d	27±8 ^d
	200	15.30±6.11 ^e	0 ^e	1.39±0.67 ^e	85±6 ^e
	400	0 ^f	0 ^e	0 ^e	100±0 ^f
Na ₂ CO ₃	0	100.00±0 ^a	94.67±3.06 ^a	34.03±1.12 ^a	0 ^a
	10	89.30±10.26 ^a	74.67±9.45 ^b	23.64±3.54 ^b	11±10 ^a
	20	70.00±15.62 ^b	45.67±5.03 ^c	17.18±1.47 ^c	30±16 ^b
	50	46.00±13.11 ^c	24.00±10.00 ^d	9.97±2.54 ^d	54±13 ^c
	75	0 ^d	0 ^e	0 ^e	100±0 ^d
	150	0 ^d	0 ^e	0 ^e	100±0 ^d
混合盐	0	100.00±0 ^a	94.67±3.06 ^a	34.03±1.12 ^a	0 ^a
	1	90.00±2.00 ^b	70.00±3.46 ^b	21.31±0.48 ^b	10±2 ^b
	2	50.00±9.16 ^c	2.00±2.00 ^e	8.19±1.62 ^c	50±1 ^c
	3	0 ^d	0 ^e	0 ^d	100±0 ^d
	4	0 ^d	0 ^e	0 ^d	100±0 ^d
	5	0 ^d	0 ^e	0 ^d	100±0 ^d

不同字母表示在 $P < 0.05$ 水平上差异显著。

后,夏至草种子的萌发能力均可恢复,其发芽率基本上随着原盐溶液浓度的升高呈上升的趋势。200 mmol·L⁻¹ NaCl 处理的夏至草种子,在盐胁迫解除后开始时的发芽率为 48%,而后,发芽的种子逐渐死亡,最后稳定在 21%。用 400、600、800 mmol·L⁻¹ NaCl 处理的不萌发种子在胁迫解除后的发芽率分别达到 78%、82%、86%。Na₂SO₄ 胁迫与 NaCl 相似,最高浓度(400 mmol·L⁻¹) Na₂SO₄ 处理的种子在解除胁迫后的发芽率达到 94%。经 Na₂CO₃ 和混合盐处理的种子在解除胁迫后的发芽率最高达 47% 和 76%。从总体上看,较高浓度盐处理的已萌发的种子,其在盐胁迫解除后的成活率低,而不萌发的种子在胁迫解除后仍具有很高的萌发力。

(2)盐胁迫解除后,除了 75 mmol·L⁻¹ Na₂CO₃ 处理的以外,夏至草的相对胚根长度都大于 1。在各组盐处理中,200 mmol·L⁻¹ NaCl、200 mmol·L⁻¹ Na₂SO₄、50 mmol·L⁻¹ Na₂CO₃ 和混合盐 4 处理的胚根最长。胚轴与胚根不同,解除盐胁迫后中性盐处理的相对胚轴长度都大于 1,400 mmol·L⁻¹ NaCl 和 150 mmol·L⁻¹ Na₂SO₄ 处理的胚轴最长;Na₂CO₃ 和混合盐解除胁迫后的都小于 1,胚轴基本上随着盐浓度的升高而下降。这说明经过盐处理后,其耐盐能力受到了锻炼,所以胚根的恢复生长能力增强;而经中性盐处理则是胚轴恢复生长能力增强。显示不同浓度盐胁迫下,夏至草的胚根和胚轴对盐的敏感程度不同。

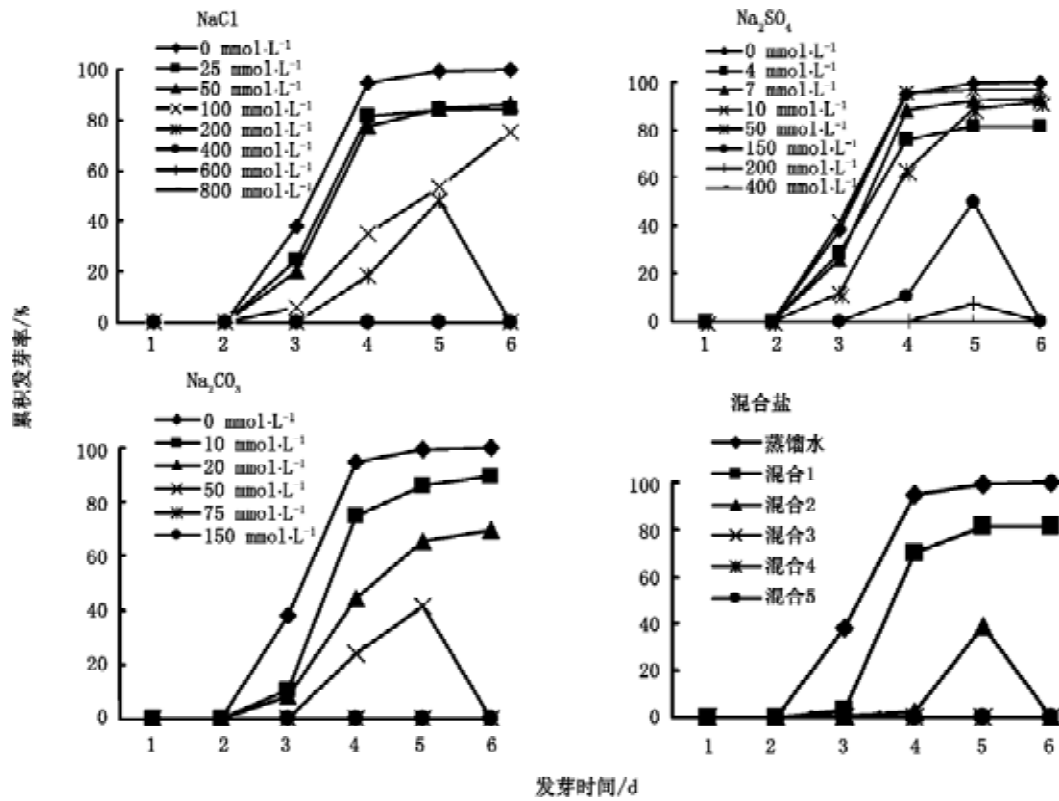


图1 盐胁迫下夏至草种子的萌发
Fig.1 Seed germination of *L. supina* under salt stress

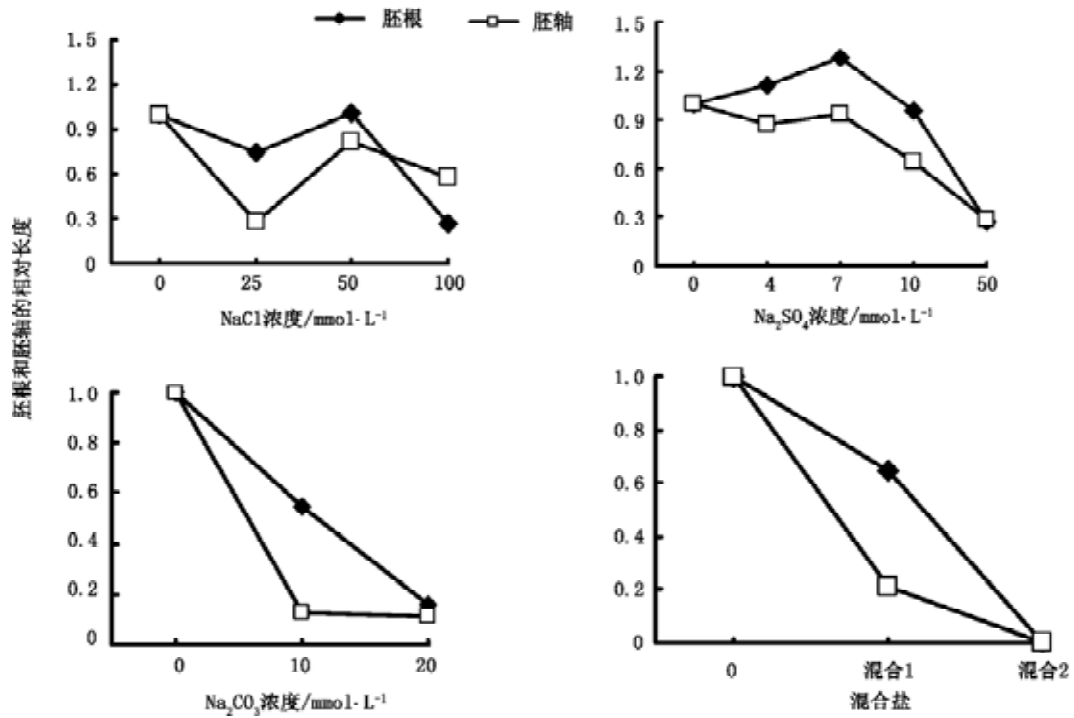


图2 盐胁迫下夏至草的胚根和胚轴的相对长度
Fig.2 Relative lengths of radical and hypocotyl of *L. supina* under salt stress

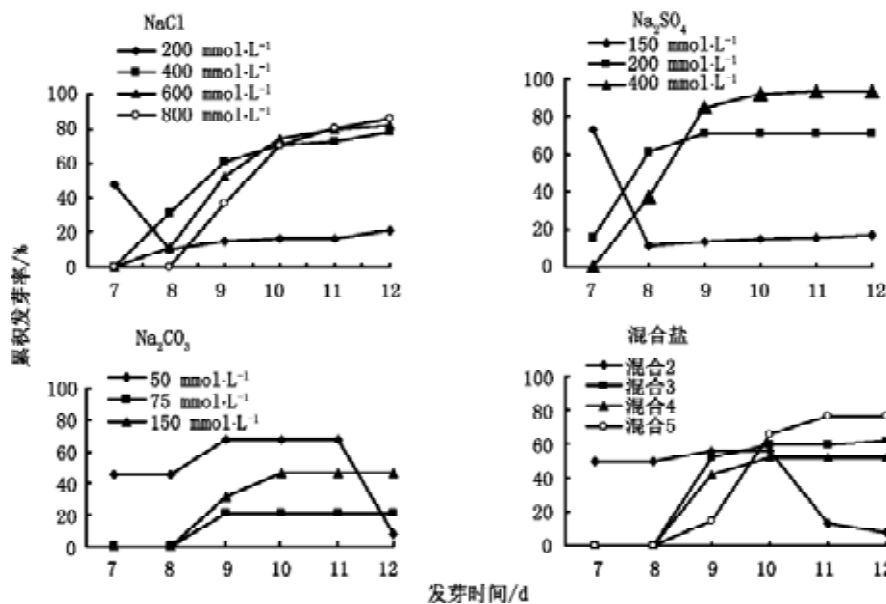


图3 盐胁迫解除后夏至草种子的发芽率

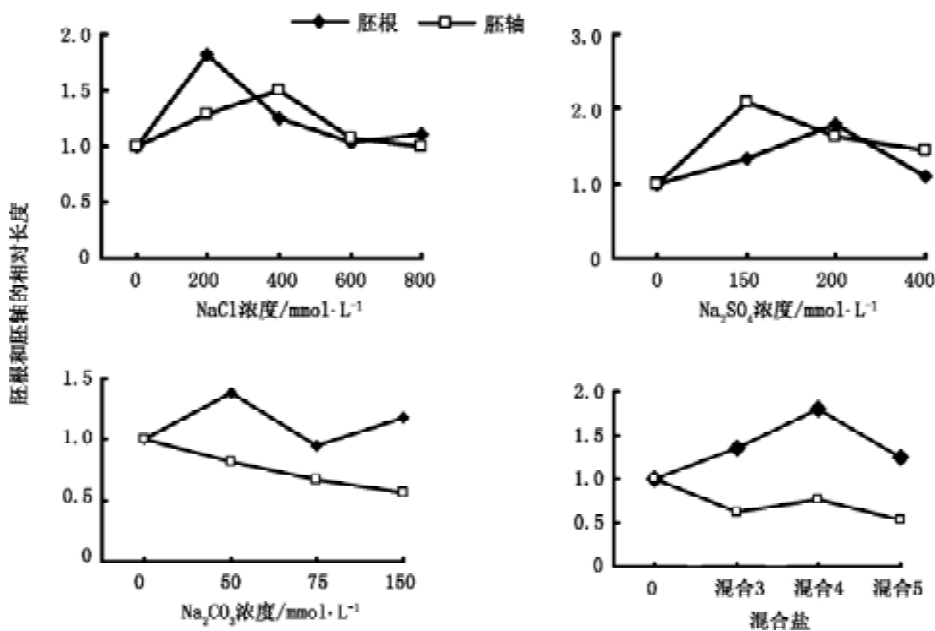
Fig.3 Seed germination rate of *L. supina* after release from salt stress

图4 盐胁迫解除后夏至草的胚根和胚轴的相对长度

Fig.4 Relative length of radical and hypocotyl of *L. supina* after release from salt stress

参考文献

丁明, 邹志荣, 黄丹枫(2004). 臭氧水浸种对黄瓜种子萌发及幼苗生长的影响. 植物生理学通讯, 40 (12): 686~688
 明延凯, 高六礼, 王乃钧, 高翔(1993). 环境保护与人体健康. 青岛: 青岛海洋大学出版社
 王永春, 罗铮, 曲超, 丁自勉, 孙宝启, 孙群(2007). 肥皂草种子的休眠和萌发特性初探. 植物生理学通讯, 43 (6): 491~493
 杨永利, 郭守军, 张继, 姚健, 程东亮(2001). 夏至草亲水性化学成分的研究. 西北植物学报, 21 (3): 551~555

袁久荣, 李全文, 李智立(2000). 夏至草化学成分的研究. 中国中药杂志, 25 (7): 421~423
 张晓云, 赵兰平, 刘艳凯, 温晓竞, 王雪芳(2007). 夏至草总生物碱对休克血浆所致豚鼠乳头状肌电生理效应的影响. 中药药理与临床, 23 (2): 32~34
 张玉平, 刘艳凯, 姜华, 赵自刚, 杜舒婷, 牛春雨(2006). 夏至草生物碱对失血性休克大鼠淋巴微循环的影响. 中国微循环, 10 (3): 166~167
 Gulzar S, Khan MA (2001). Seed germination of a halophytic grass *Aeluropus lagopoides*. Ann Bot, 87 (3): 319~324