

不同 Ca^{2+} 浓度对蒲公英和橡胶草种子萌发及根系生长的影响

严青青¹, 邢涛², 王莉¹, 张龔¹, 高强¹, 徐麟¹, 王永刚¹

(1. 新疆农业科学院农作物品种资源研究所, 乌鲁木齐 830091; 2. 山东玲珑轮胎股份有限公司, 山东招远 265400)

摘要:【目的】研究黄蒲公英和科根橡胶草 2 个品系种子萌发和根系生长对不同 Ca^{2+} 浓度的响应, 分析其种子及根部对 Ca^{2+} 的响应特征。【方法】以新疆当地黄蒲公英、科根橡胶草为材料, 2020 年设置室内试验。设 0 (CK)、0.04、0.08、0.12、0.16 mol/L 5 个 Ca^{2+} 浓度处理。【结果】与 CK 相比, 0.04 mol/L Ca^{2+} 处理未显著影响黄蒲公英和科根橡胶草的种子发芽率、发芽势、发芽指数, 其余 Ca^{2+} 处理下的种子萌发参数均随着浓度增加呈降低趋势。根系参数与种子萌发参数表现一致, 根系总长度、表面积、体积均随着 Ca^{2+} 浓度的增加逐渐降低, 科根橡胶草的细根长度(直径(d) < 0.5 mm)在 0.04、0.08 mol/L Ca^{2+} 浓度处理下大于黄蒲公英。【结论】黄蒲公英和科根橡胶草在不同的 Ca^{2+} 浓度处理下的根系生长适应性不同。尤其在 0.04、0.08 mol/L Ca^{2+} 浓度处理下科根橡胶草细根长度要大于黄蒲公英, 发芽率也要大于黄蒲公英。

关键词: 黄蒲公英; 科根橡胶草; Ca^{2+} ; 根系生长

中图分类号: S812

文献标识码: A

文章编号: 1001-4330(2022)05-1128-07

0 引言

【研究意义】橡胶草 (*Taraxacum kok-saghyz*), 分布于我国新疆、甘肃、陕西以及东北、华北等地, 国外哈萨克斯坦及欧洲也有分布; 橡胶草为菊科蒲公英属宿根草本植物, 是一种天然产胶植物^[1-2]。橡胶草具有适应性强、适应区域广, 生长收获期短等特点, 且生长繁殖能力较强, 较强耐盐性, 适合新疆盐碱地生长栽培, 易种植, 具有较强抗菌能力和抗虫害能力以及生物相容性好、抗过敏性能强等优点, 因其根部产胶与巴西橡胶树所产天然橡胶结构相似, 成为可替代巴西橡胶树的产胶植物资源^[3-5]。钙离子 (Ca^{2+}) 作为植物必需的矿质元素是植物生长发育的重要调节因

子, 也是植物细胞壁结构的重要组成部分, 钙离子作为液泡内的渗透保护物质具有维持细胞膜稳定和细胞内离子平衡等功能^[6]。根系是植物重要组成部分, 是一个具有适应性和可塑性的器官, 具有运输和吸收养分等功能, 主要通过调整根系长度、不同径级根系生长分配等形态特征来表现出对环境适应性^[7], 橡胶草根部分还是产生橡胶的主要部位, 是产量器官, 根系生长发育更显得重要。研究钙胁迫影响橡胶草种子萌发和根系生长, 阐明种子萌发参数、根系生长参数与 Ca^{2+} 浓度含量的关系, 分析橡胶草应对 Ca^{2+} 的调节机制, 对于橡胶草新品种的选育及产业化发展具有重要意义。【前人研究进展】近年来, 橡胶草的研究主要集中在以遗传改良^[8]、内源激素、根系活力^[9]、分子生

收稿日期 (Received): 2021-11-30

基金项目: 国家重点研发计划“黄河三角洲耐盐碱作物提质增效技术集成研究与示范”(2019YFD1002703); 国家重点研发计划“绿色、水基、高效、低成本蒲公英橡胶制备关键技术和性能研究”(2017YFB0306901); 新疆农业科学院自主培育项目“新疆农作物种质资源优异特性挖掘与利用”(nkyzjkj-008); 北京玲珑蒲公英科技发展有限公司项目“橡胶草栽培装备技术模式研究与原料基地建设”

作者简介: 严青青(1993-), 女, 四川渠县人, 助理研究员, 硕士研究生, 研究方向为作物栽培生理生态, (E-mail) 1359055572@qq.com

通信作者: 王莉(1976-), 女, 山东胶南人, 副研究员, 硕士研究生, 研究方向为种质资源, (E-mail) wlio6@129.com

张龔(1981-), 男, 山东烟台人, 高级农艺师, 硕士研究生, 研究方向为种质资源, (E-mail) 251717640@qq.com

物学^[10-13]等方面。耐盐方面研究则较少,李苗等以橡胶草为材料,以 NaCl 为盐胁迫处理,认为橡胶草对盐胁迫的耐受极值为 NaCl 浓度 0.5%,0.2% 盐胁迫处理浓度是进行橡胶草苗期耐盐性鉴定和筛选的较适宜浓度^[14]。陆婷等^[15]验证了中性盐(NaCl、 Na_2SO_4)和碱性盐(NaHCO_3 、 Na_2CO_3)混合盐胁迫对橡胶草种子发芽的抑制作用,研究表明:盐浓度是抑制种子萌发的主导因素,pH 值的影响次之。 Ca^{2+} 作为新疆盐碱土壤的主要成分,橡胶草种子对 Ca^{2+} 的响应机制却极少有研究。【本研究切入点】目前,对于橡胶草资源引进及品种培育农艺性状等研究甚少。新疆耕地钙盐类型丰富, Ca^{2+} 含量高,而 Ca^{2+} 作为植物生长的重要调节因子,其对植物生长的调控机理一直是研究热点。亟需研究钙胁迫对黄蒲公英、科根橡胶草品系种子萌发及根系生长的影响。【拟解决的关键问题】选取新疆特有的黄蒲公英(*Taraxacum mongolicum* strain Huangpu)品系和科根橡胶草(*Taraxacum kok-saghyz* strain Kegen)品系为材料,比较不同 Ca^{2+} 浓度对其种子萌发及根系生长的影响,分析科根橡胶草种子及根部对 Ca^{2+} 的响应特征,为橡胶草产胶器官根系的深入研究和橡胶草高产优质的品种培育提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

材料选用黄蒲公英和科根橡胶草 2 个品系(新疆农业科学院农作物品种资源研究所提供)。

1.2 方 法

1.2.1 试验设计

采用 5 种不同程度的 Ca^{2+} (CaCl_2 溶液)浓度试验。 CaCl_2 以摩尔质量模拟中性盐和碱性盐 2 种盐类型,胁迫处理总 Ca^{2+} (配置 CaCl_2 溶液获取相应的 Ca^{2+} 浓度)浓度设为 0(对照,CK)、0.04、0.08、0.12 和 0.16 mol/L。

精选饱满、大小一致的 2 个品系种子,使用规格为 22 cm × 11 cm 的培养皿,每个培养皿平铺 1 张滤纸,均匀放置 50 粒种子,每个培养皿加对应浓度的 CaCl_2 溶液 2 mL,对照加 2 mL 蒸馏水,每个 Ca^{2+} 浓度重复 3 次。盖上培养皿盖子,保证水

分不流失。置于光照培养室内,白天温度(25 ± 2) $^{\circ}\text{C}$,光强 $400 \mu\text{mol}/(\text{m} \cdot \text{s})$,12 h;夜间温度(22 ± 2) $^{\circ}\text{C}$,12 h,相对湿度 70% ~ 75%。从第 1 d 开始每天统计发芽数,第 10 d 统计完发芽数后,将发芽芽苗移栽至花盆中,将一定量的 CaCl_2 溶液均匀灌入营养土和蛭石复合基质内,每盆装土 300 g,每盆移栽 6 ~ 8 棵芽苗,保持每棵芽苗的移栽深度 2 ~ 3 cm,每处理移种 12 盆,每个营养钵保证 3 株幼苗。将各处理置于智能培养室中培养,培养条件设置为昼/夜温度为 $25^{\circ}\text{C}/22^{\circ}\text{C}$ 、光照强度为 $400/0 \mu\text{mol}/(\text{m} \cdot \text{s})$,相对湿度 70% ~ 75%,光周期 12 h/12 h(昼/夜)。

1.2.2 测定指标

1.2.2.1 种子萌发参数

播种后,每天 20:00 ~ 22:00 统计种子发芽数。

发芽势:播种后第 4 d 统计种子发芽数,发芽势 = 发芽种子数/供试种子数 × 100%。

发芽率:播种后第 10 d 统计种子发芽数,发芽标准为芽长达种子长度的 1/2。发芽种子数/供试种子数 × 100%,即为发芽率。

发芽指数:发芽指数(GI) = $\sum(G_i/D_i)$ 。

式中: G_i 为在不同时间的发芽数, D_i 为发芽天数。

1.2.2.2 根系形态学参数

移栽后第 30 d 时,每个处理取 5 株幼苗,洗净根系后采用 Scan Wizard EZ 扫描仪扫描,用万深 LA-S 植物根系分析系统分析根长、表面积、体积以及不同径级根长和表面积等形态学参数。

1.3 数据处理

采用 SPSS 19.0 计算软件进行数据分析,采用新复极差法进行差异显著性检验($P < 0.05$),采用 Microsoft Office Excel 2010 软件整理数据和绘制图表。

2 结果与分析

2.1 不同 Ca^{2+} 浓度对蒲公英和橡胶草种子萌发的影响

2.1.1 不同 Ca^{2+} 浓度蒲公英和橡胶草发芽率的影响

研究表明,随着 Ca^{2+} 浓度的增加,2 个品系的发芽率均显著下降。当 Ca^{2+} 浓度为 0 mol/L 时,2 个品系的发芽率无明显差异;随着 Ca^{2+} 浓度的增

加,2 个品系的发芽率逐渐下降,与对照相比,0.04、0.08 mol/L 分别下降了 174%、286%。黄蒲的发芽率在 Ca^{2+} 浓度大于 0.04 mol/L 时均小于科根,科根种子较黄蒲更耐 Ca^{2+} 胁迫。与发芽率表现一致,随着 Ca^{2+} 浓度的增加,2 个品系的发芽势、发芽指数均呈下降趋势, Ca^{2+} 浓度的增加降低了 2 个品系种子的活力;各 Ca^{2+} 浓度下,2 个品系的发芽势、发芽指数无显著差异。 Ca^{2+} 浓度在 0.12、0.16 mol/L 下的 2 个品系的发芽率、发芽势、发芽指数几乎为 0。图 1~3

2.2 不同 Ca^{2+} 浓度对蒲公英和橡胶草根系生长的影响

2.2.1 不同 Ca^{2+} 浓度对蒲公英和橡胶草根系长度(L)的影响

研究表明,随着 Ca^{2+} 浓度的增加,2 个品系的幼苗根系总长度和各径级根系均呈显著下降趋势。 Ca^{2+} 浓度大于 0.04 mol/L 时,在同一 Ca^{2+} 浓度下,科根的根系总长度大于黄蒲,黄蒲较科根不耐 Ca^{2+} 胁迫,各浓度下 2 个品系的细根(直径(d) < 0.5 cm)显著多于中根(0.5 ≤ 直径(d) < 2.0 cm)。与 CK 相比,科根在 0.04、0.08、0.12、0.16 mol/L 处理下根系总长度分别减少了 154.64、166.65、203.65、220.45 cm,黄蒲在 0.04、0.08、0.12、0.16 mol/L 处理下根系总长度分别减少了 221.15、266.98、338.21、360.67 cm,黄蒲的根系总长度下降程度大于科根。表 1

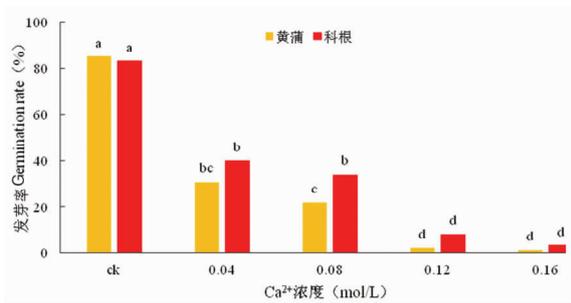


图 1 不同 Ca^{2+} 浓度下蒲公英和橡胶草发芽率变化

Fig. 1 Effect of different Ca^{2+} on germination rate of *Taraxacum mongolicum* and *Taraxacum kok-saghyz*

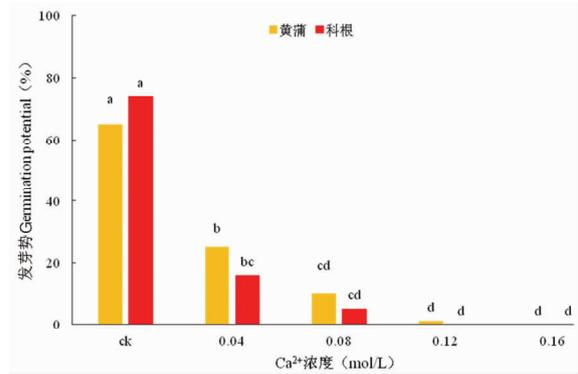


图 2 不同 Ca^{2+} 浓度下蒲公英和橡胶草发芽势变化

Fig. 2 Effect of different Ca^{2+} concentration on germination potential of *Taraxacum mongolicum* and *Taraxacum kok-saghyz*

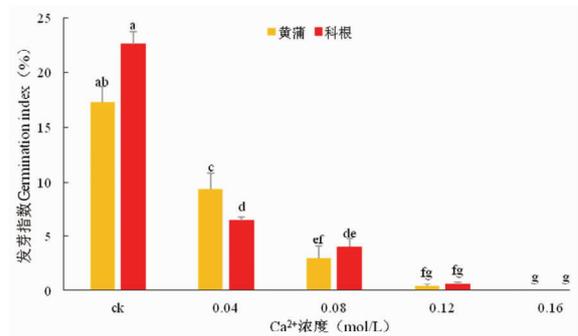


图 3 不同 Ca^{2+} 浓度下蒲公英和橡胶草发芽指数变化

Fig. 3 Effect of different Ca^{2+} on germination index of *Taraxacum mongolicum* and *Taraxacum kok-saghyz*

2.2.2 不同 Ca^{2+} 浓度对蒲公英和橡胶草根系表面积(SA)的影响

研究表明,根系总表面积与根系总长度表现一致,随着 Ca^{2+} 浓度增加,2 个品系的幼苗根系总表面积在逐渐减少,差异显著。黄蒲的根系总表面积、细根(直径(d) < 0.5 cm)表面积在 CK(未添加 Ca^{2+} 溶液)处理下显著大于科根,但是在 0.08、0.12、0.16 mol/L 的 Ca^{2+} 浓度处理下表面积却小于科根,黄蒲根系生长受 Ca^{2+} 抑制比科根程度大。科根的根系总表面积在 0.04、0.08、0.12、0.16 mol/L 浓度下较 CK 分别下降了 35.52%、90.13%、141.34%、167.59%,与黄蒲一样,根系生长受到严重抑制。表 2

2.2.3 不同 Ca²⁺ 浓度对蒲公英和橡胶草根系体积(*V*)的影响

研究表明,2 个品系的根系体积与根系长度、表面积表现一致,除 CK 外 2 个品系在各处理下的根系总体积随着浓度的增加逐渐降低,各径级

根系体积在 CK 和 0.04 mol/L Ca²⁺ 浓度处理下最大。黄蒲和科根根系总体积较小,Ca²⁺ 浓度下细根($d < 0.5$ cm)和中根($0.5 \leq d < 2.0$ cm)体积呈不同程度的下降。表 3

表 1 不同 Ca²⁺ 浓度下蒲公英和橡胶草不同径级根系长度(*L*)变化

Table 1 Effects of different Ca²⁺ concentrations on root length (*L*) of different diameter classes of *Taraxacum mongolicum* and *Taraxacum kok-saghyz*

品系 Strain	Ca ²⁺ 浓度 Ca ²⁺ Concentration (mol/L)	根系总长度 Total root length - <i>L</i> (cm)	直径 Diameter - $d \leq 0.5$ mm 根系长度 <i>L</i> (cm)	0.5 < 直径 Diameter - $d \leq 2.0$ mm 根系长度 <i>L</i> (cm)
科根 Kegen	CK	328.86 ^b	268.94 ^b	59.69 ^a
	0.04	174.22 ^c	155.99 ^c	16.81 ^b
	0.08	161.61 ^c	147.73 ^{c,d}	13.22 ^b
	0.12	125.21 ^d	114.94 ^{d,e}	10.26 ^b
	0.16	108.41 ^d	92.84 ^e	14.84 ^b
黄蒲 Huangpu	CK	393.72 ^a	365.10 ^a	28.33 ^b
	0.04	172.57 ^c	160.70 ^c	11.87 ^b
	0.08	126.74 ^d	110.87 ^{d,e}	15.57 ^b
	0.12	55.51 ^e	48.12 ^f	7.37 ^b
	0.16	33.05 ^e	31.09 ^f	1.96 ^b

注:表中同一指标不同品系间不同的字母表示在不同 Ca²⁺ 浓度胁迫下各品系在 5% 水平上差异显著。CK:空白对照 Blank control。下同

Note: Different letters between different strains of the same index in the table indicate that all strains differ significantly at the 5% level under stress of different Ca²⁺ concentration. The same below

表 2 不同 Ca²⁺ 浓度下蒲公英和橡胶草不同径级根系表面积(*SA*)变化

Table 2 Effects of different Ca²⁺ concentrations on root surface area (*SA*) of different diameter classes of *Taraxacum mongolicum* and *Taraxacum kok-saghyz*

品系 Strain	Ca ²⁺ 浓度 Ca ²⁺ Concentration (mol/L)	根系总表面积(<i>cm</i> ² /株) Total root surface area - <i>SA</i> (<i>cm</i> ² /plant)	直径 Diameter - $d \leq 0.5$ mm 根系表面积 <i>SA</i> (<i>cm</i> ²)	0.5 < 直径 Diameter - $d \leq 2.0$ mm 根系表面积 <i>SA</i> (<i>cm</i> ²)
科根 Kegen	CK	23.12 ^b	17.12 ^b	5.88 ^a
	0.04	17.06 ^c	12.76 ^c	3.72 ^{a,b,c}
	0.08	12.16 ^d	9.68 ^d	2.06 ^{b,c,d}
	0.12	9.58 ^e	7.66 ^{d,e}	1.93 ^{b,c,d}
	0.16	8.64 ^e	6.39 ^e	1.55 ^{c,d}
黄蒲 Huangpu	CK	26.85 ^a	22.42 ^a	4.25 ^{a,b}
	0.04	15.23 ^c	13.37 ^c	1.86 ^{b,c,d}
	0.08	7.38 ^{e,f}	5.74 ^{e,f}	1.43 ^{c,d}
	0.12	5.40 ^f	3.63 ^{f,g}	1.72 ^{b,c,d}
	0.16	2.37 ^g	2.06 ^g	0.31 ^d

3 讨论

3.1 不同 Ca²⁺ 浓度对蒲公英和橡胶草种子萌发的影响

研究表明,2 个品系材料的发芽率、发芽指数、发芽势均随着 Ca²⁺ 浓度的增加逐渐减少,当 Ca²⁺ 浓度大于 0.08 mol/L 时严重抑制了科根橡胶草和黄蒲蒲公英种子的萌发,0.16 mol/L Ca²⁺

表3 不同 Ca^{2+} 浓度下蒲公英和橡胶草不同径级根系体积 (V) 变化Table 3 Effects of different Ca^{2+} concentrations on root volume (V) of different diameter classes of *Taraxacum mongolicum* and *Taraxacum kok-saghyz*

品系 Strain	Ca^{2+} 浓度 Ca^{2+} Concentration (mol/L)	根系总体积($\text{cm}^3/\text{株}$) Total root volume - V (cm^3/plant)	直径 Diameter - $d \leq 0.5$ mm 根系体积 $V(\text{cm}^3)$	0.5 < 直径 Diameter - $d \leq 2.0$ mm 根系体积 $V(\text{cm}^3)$
科根 Kegen	CK	0.25 ^b	0.13 ^{ab}	0.12 ^a
	0.04	0.20 ^c	0.10 ^{cd}	0.05 ^{bc}
	0.08	0.15 ^{cde}	0.07 ^{de}	0.06 ^b
	0.12	0.10 ^e	0.05 ^e	0.05 ^{bc}
	0.16	0.10 ^e	0.06 ^{de}	0.03 ^{bc}
黄蒲 Huangpu	CK	0.29 ^b	0.16 ^a	0.12 ^a
	0.04	0.36 ^a	0.16 ^a	0.11 ^a
	0.08	0.18 ^{cd}	0.11 ^{bc}	0.05 ^{bc}
	0.12	0.12 ^{de}	0.08 ^{cde}	0.04 ^{bc}
	0.16	0.01 ^f	0.01 ^f	0.00 ^c

浓度下的种子发芽率、发芽势、发芽指数几乎为0,与吕朝燕、肖雪^[15-16]研究的结果一致,高浓度 Ca^{2+} 含量(大于0.08 mol/L时)抑制了牧草、苦荞及金荞麦种子的萌发,显著降低了种子的发芽率、发芽势、发芽指数。当 Ca^{2+} 浓度小于0.08 mol/L时对黄蒲公英、科根橡胶草种子的萌发无显著影响,肖雪^[16]研究表明,低浓度0.075 mol/L的 Ca^{2+} 含量处理相较于无 Ca^{2+} 含量处理促进了苦荞种子的萌发,与试验结果不同。檀龙颜^[17]表明在1.5%的 Ca^{2+} 浓度下种子萌发下降显著。科根橡胶草在小于0.08 mol/L Ca^{2+} 浓度处理下的发芽势和发芽指数低于黄蒲公英或者无显著差异,科根橡胶草的种子活力在 Ca^{2+} 浓度处理下要小于黄蒲公英,但发芽率高于黄蒲公英,科根橡胶草的种子出苗率要大于黄蒲公英。

3.2 不同 Ca^{2+} 浓度对蒲公英和橡胶草根系生长参数的影响

不同分支等级的根序具有显著不同的解剖、形态、养分和生理特征,细根的主要功能是吸收营养,粗根的主要功能是运输养分并让植株稳定在土壤中,改善根系研究框架是提高根系特征认识的基础^[18-19]。根系作为橡胶草产胶产量器官,根系生长发育尤为重要,根系形态学参数是反映根系生长的最直观的指标,试验条件下, Ca^{2+} 浓度的增加抑制了根系的生长,根系长度、表面积、体积均随着 Ca^{2+} 浓度的增加在逐渐降低,2个品系的

细根($d < 0.5$ mm)的总长度、表面积、体积均大于中根($0.5 \leq d < 2.0$ mm),幼苗期的黄蒲公英、科根橡胶草主要增长细根长度,以吸收水分和营养来维持幼苗的正常生长,需进一步在开花期及成熟期测定根系的生长动态。

4 结论

0.04 mol/L的 Ca^{2+} 浓度对科根橡胶草、黄蒲公英的种子萌发无显著影响,大于此浓度的 Ca^{2+} 含量抑制了2个品系的种子萌发和根系的生长。 Ca^{2+} 浓度小于0.08 mol/L时,黄蒲公英的品系的发芽势、发芽指数高于科根橡胶草,发芽率低于科根橡胶草。大于此浓度的2个品系的种子萌发参数显著降低甚至为0。2个品系的根系总长度、表面积、体积随着 Ca^{2+} 浓度的增加呈现降低趋势,0.08 mol/L Ca^{2+} 浓度下的科根橡胶草根系总长度大于黄蒲公英。

参考文献 (References)

- [1] 仇键,张继川,罗世巧,等. 橡胶草的研究进展[J]. 植物学报, 2015, 50(1): 133-141.
QIU Jian, ZHANG Jichuan, LUO Shiqiao, et al. Research advances and perspectives of rubber-producing *Taraxacum* [J]. *Chinese Bulletin of Botany*, 2015, 50(1): 133-141.
- [2] 安锋,林位夫,谢贵水,等. 国内外巴西橡胶树替代作物及技术研发现状[J]. 热带作物学报, 2012, 33(6): 1134-1141.
AN Feng, LIN Weifu, XIE Guishui, et al. Development of alternative natural rubber producing crops and techniques [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2012, 33(6): 1134-1141.

- [3] 谢全亮,李鸿彬,王旭初. 橡胶草 90 年来主要研究成果及最新研究进展[J]. 植物科学学报,2019,37(3):404-412.
XIE Quanliang, LI Hongbin, WANG Xuchu. Recent progress in the study of rubber grass (*Taraxacumkok - saghyzRodin*) and main achievements over the past ninety years [J]. *Plant Science Journal*, 2019, 37(3): 404-412.
- [4] Jan B van Beilen, Yves Poirier. Establishment of new crops for the production of natural rubber [J]. *Trends in Biotechnology*, 2007, 25(11): 522-529.
- [5] 赵平娟,安锋,林位夫,等. 大力开展巴西橡胶树替代产胶植物及技术研究的建议[J]. 中国农学通报,2012,28(34):124-130.
ZHAO Pingjuan, AN Feng, LIN Weifu, et al. Proposal for developing alternative nature rubber producing crops and techniques [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2012, 28(34): 124-130.
- [6] 檀龙颜,马洪娜. 植物响应钙离子胁迫的研究进展[J]. 植物生理学报,2017,53(7):1150-1158.
TAN Longyan, MA Hongna. Advance in the research of plant in response to calcium ions stress [J]. *Plant Physiology Journal*, 2017, 53(7):1150-1158.
- [7] 刘铁山,李梓豪,燕世忠,等. 4 种灌木幼苗根系形态与数量特征研究[J]. 内蒙古林业科技,2020,46(3):8-12.
LIU Tieshan, LI Zihao, YAN Shizhong, et al. Root morphology and quantity characteristics of four shrub seedlings [J]. *Inner Mongolia Forestry Science and Technology*, 2020, 46(3): 8-12.
- [8] 王肖肖,覃碧,杨玉双,等. 橡胶草的遗传改良研究进展[J]. 分子植物育种,2020,18(17):5826-5834.
WANG Xiaoxiao, QIN Bi, YANG Yushuang, et al. Research progress on genetic improvement of *Taraxacumkok - saghyzRodin* [J]. *Molecular Plant Breeding*, 2020, 18(17): 5826-5834.
- [9] 李苗,郑国保,朱金霞,等. 盐胁迫对橡胶草生长及生理指标的影响[J]. 北方园艺,2018,(12):101-104.
LI Miao, ZHENG Guobao, ZHU Jinxia, et al. Effects of salt stress on growth and physiological indexes of *Taraxacumkok - saghyzRodin* [J]. *Northern Horticulture*, 2018, (12): 101-104.
- [10] 马海霞,何丽娜,海春燕,等. 茉莉酸甲酯对橡胶草生理生化及乳管分化的影响[J]. 石河子大学学报(自然科学版),2017,35(4):451-457.
MA Haixia, HE Lina, HAI Chunyan, et al. Effects of Methyl jasmonate on physiology, biochemistry and laticifer differentiation of *Taraxacumkok - saghyz* [J]. *Journal of Shihezi University (Natural Science Ed.)*, 2017, 35(4): 451-457.
- [11] 罗成华,闫洁. 橡胶草分子生物学研究进展及展望[J]. 生物技术世界,2013,(10):5.
LUO Chenghua, YAN Jie. Research progress and prospect of molecular biology of *Taraxacumkok - saghyz* [J]. *Biotech World*, 2013,(10): 5.
- [12] 张慧艳. 橡胶草小橡胶粒子蛋白基因及其启动子的克隆与功能分析[D]. 石河子:石河子大学,2019.
ZHANG Huiyan. *Cloning and functional analysis of Taraxacumkok - saghyz Rodin small rubber particle protein gene and its promoter* [D]. Shihezi: Shihezi University, 2019.
- [13] 李忠晴. 橡胶草响应茉莉酸的蛋白质组学研究[D]. 石河子:石河子大学,2018.
LI Zhongqing. *Study of the proteomes of Taraxacumkok - saghyz Rodin in response to Jasmonate* [D]. Shihezi: Shihezi University, 2018.
- [14] 马海霞. 茉莉酸对橡胶草乳管分化调控机制的研究[D]. 石河子:石河子大学,2017.
MA Haixia. *Study on the regulation of Jasmonic acid on the laticifer differentiation of Taraxacumkok - saghyz Rodin* [D]. Shihezi: Shihezi University, 2017.
- [15] 陆婷,李英霜,康健. 混合盐碱胁迫对橡胶草种子萌发的影响[J]. 种子,2019,38(2):12-15,19.
LU Ting, LI Yingshuang, KANG Jian. Effects of salt - alkali mixed stresses on seed germination of *Taraxacum kok - saghyz Rodin* [J]. *Seed*, 2019, 38(2): 12-15, 19.
- [16] 吕朝燕,田维怡. 钙离子胁迫对 3 种牧草种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 种子,2019,38(4):56-61.
LÜ Chaoyan, TIAN Weiyi. Effects of calcium stress on seed germination and seedling growth of three forage grasses [J]. *Seed*, 2019, 38(4): 56-61.
- [17] 肖雪,章洁琼,陈玉琳,等. 钙离子胁迫条件下苦荞种质资源多样性分析[J]. 耕作与栽培,2020,40(2):11-14.
XIAO Xue, ZHANG Jieqiong, CHEN Yulin, et al. Diversity analysis of Tartary buckwheat germplasm resources under calcium ion stress [J]. *Tillage and Cultivation*, 2020, 40(2): 11-14.
- [18] 檀龙颜,王海燕,黄丽容,等. 不同浓度钙胁迫对金荞麦种子萌发的影响[J]. 种子,2020,39(10):86-89.
TAN Longyan, WANG Haiyan, HUANG Lirong, et al. Effects of calcium stress with different concentration seed germination of *Fagopyrumdibotrys* [J]. *Seed*, 2020, 39(10): 86-89.
- [19] 严青青,张巨松,徐海江,等. 盐碱胁迫对海岛棉幼苗生物量分配和根系形态的影响[J]. 生态学报,2019,39(20):7632-7640.
YAN Qingqing, ZHANG Jusong, XU Haijiang, et al. Effects of saline - alkali stress on biomass allocation and root morphology of Sea Island cotton seedlings [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(20): 7632-7640.
- [20] 魏孔亮,冯俊,林劲松,等. 磷肥对橡胶幼苗根系生长的影响试验初报[J]. 南方农业,2020,14(25):20-22.
WEI Kongliang, FENG Jun, LIN Jinsong, et al. Effect of phosphate fertilizer on root growth of rubber seedlings [J]. *South China Agriculture*, 2020, 14(25): 20-22.

Effects of Different Ca^{2+} Concentrations on Seed Germination and Root Growth of *Taraxacum mongolicum* and *Taraxacumkok – saghyz*

YAN Qingqing¹, XING Tao², WANG Li¹, ZHANG Yan¹, GAO Qiang¹, XU Lin¹, WANG Yonggang¹

(1. Institute of Crop Germplasm Resources, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China; 2. Linglong Shandong Dandelion Technology & Development Co., Ltd, Zhaoyuan Shandong 265400, China)

Abstract: **[Objective]** To study the response of seed germination and root growth to different concentrations of Ca^{2+} and elucidate the response characteristics of seed and root to Ca^{2+} . **[Method]** In this study, we used the *Taraxacum mongolicum* strain Huangpu and *Taraxacumkok – saghyz* strain Kegen in Xinjiang as materials, In 2020, the laboratory experiment was carried out Institute of Crop Germplasm Resources, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences. **[Result]** Compared with CK, 0.04 mol/L Ca^{2+} treatment had no significant effect on the germination rate, germination potential and germination index of Huangpu and Kegen. The germination parameters of other Ca^{2+} treatments decreased with the increase of concentration. The total length, surface area and volume of roots decreased gradually with the increase of Ca^{2+} concentration. The fine root length (diameter (d) < 0.5 mm) of Kegen was larger than that of Huangpu under 0.04 and 0.08 mol/L Ca^{2+} concentrations. **[Conclusion]** The root growth adaptability of Huangpu and Kegen is different under different Ca^{2+} concentrations. Especially at the concentration of 0.04 and 0.08 mol/L Ca^{2+} , the fine root length of Kegen is longer than that of Huangpu, and the germination rate of Kegen is higher than that of Huangpu.

Key words: *Taraxacum mongolicum*; *Taraxacumkok – saghyz*; Ca^{2+} ; root growth

Fund project: National Key R & D Program in China – Integrated Research and Demonstration on Improving Quality and Efficiency of Saline Alkali Tolerant crops in the Yellow River Delta (2019YFD1002703); National Key R & D Program in China – Study on Key Technologies and Properties of Green, Water – Based, Efficient and Low – Cost Dandelion Rubber (2017YFB0306901); Independent Cultivation Project of Xinjiang Academy of Agricultural Sciences – Mining and Utilization of Excellent Characteristics of Crop Germplasm Resources in Xinjiang (nkyzzkj – 008); Project of Linglong Beijing Dandelion Technology & Development Co., Ltd. (Study on Cultivation Equipment and Technical Mode of Rubber Grass and Construction of Raw Material Base)

Correspondence author: WANG Li (1976 –), female, Associate Researcher, Research direction: Collection and innovation of germplasm resources, (E – mail) wlio6@129.com

ZHANG Yan (1981 –), male, Senior Agronomist, Research direction: Collection and innovation of germplasm resources, (E – mail) 251717640@qq.com