

# 4个匍匐翦股颖品种种子萌发期耐盐性评价

王慧慧,刘骐华,王婧,刘璐,柴琦

(兰州大学 草业科学国家级实验教学示范中心,兰州大学草地农业科技学院,甘肃 兰州 730020)

**摘要:**以4个匍匐翦股颖品种(羚羊、克罗米、旅星、A-1)为材料,用不同浓度NaCl溶液(0、20、60、120、180、240、300 mmol/L)模拟盐胁迫,测定4个品种的发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数等11个生长指标,分析不同盐胁迫程度下种子的萌发过程及生长形态指标的变化,并用隶属函数法对4个品种的耐盐性进行了综合评价。结果表明:低浓度的盐胁迫对匍匐翦股颖种子萌发有一定的促进作用,超过一定盐浓度范围后,随着盐浓度的升高,NaCl胁迫对种子的萌发及生长产生明显的抑制作用,各生长指标随着盐浓度的增大呈下降趋势,当盐浓度为240、300 mmol/L时,种子几乎不萌发;不同品种的匍匐翦股颖种子萌发时对盐胁迫的响应程度不同,其中,羚羊和旅星耐盐性最好,克罗米和A-1耐盐性较差,综合评价耐盐性由强到弱依次为旅星>羚羊>克罗米>A-1。

**关键词:**匍匐翦股颖;耐盐性;种子萌发;隶属函数综合评价

**中图分类号:**S688.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2019)05-0031-07

**DOI:** 10.13817/j.cnki.cyyep.2019.05.004

土壤盐渍化是影响农业生产和环境的世界性问题,全球7%的陆地面积和20%的灌溉土地受到盐渍化的影响<sup>[1]</sup>。所以,土壤盐碱化的防治与盐碱土的开发利用已成为社会经济发展、推进可持续进程的重要研究内容<sup>[2-3]</sup>。随着我国城市绿化进程的加速,草坪草作为城镇绿化必不可少的一种植物,覆盖地表后能减少水分蒸发,从而减轻可溶性盐类在地表的积累<sup>[4]</sup>,因此,草坪草对盐碱地和盐碱水资源的开发利用具有潜在的应用价值。而且随着世界范围土地盐渍化的不断加剧,盐渍地草坪建植面积也在不断增长<sup>[5]</sup>,在此背景下,了解盐胁迫对草坪草种子萌发的影响及草坪草在盐胁迫下的反应,对于改善草坪草的耐盐性和提高草坪质量非常重要。

匍匐翦股颖(*Agrostis stolonifera*)为禾本科多年

生草本植物,原产于欧亚大陆,是世界上最重要的冷季型草坪植物之一<sup>[6]</sup>,分布于欧亚大陆的温带和北美,我国东北、华北、华东、华中及西北等地均有分布<sup>[6]</sup>。匍匐翦股颖品质高,结构细,耐低修剪且修剪后再生能力强,可形成优美精致的草坪,应用于高尔夫球场果岭、球道、保龄球场等体育领域和园林绿化工程,是当今世界上最具诱惑力的高尔夫球场果岭草坪建植草种,而且匍匐翦股颖对多种逆境均具有较好的耐性,如耐寒、耐热、耐阴、耐盐等<sup>[7-9]</sup>。草坪草种子的正常萌发和幼苗的正常生长是在盐碱地上利用种子建植草坪的第一步,也是最为关键的一步<sup>[5]</sup>。因此,试验选取4种应用较广泛的匍匐翦股颖品种,用不同浓度的NaCl溶液胁迫处理,研究盐胁迫下匍匐翦股颖种子的萌发和幼苗期对盐胁迫的响应,以期筛选出更耐盐品种,为盐碱地的开发与利用提供一定的基础。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

供试匍匐翦股颖品种分别为羚羊(Impala)、克罗米(Kromi BT)、旅星(Travel Star)、A-1(Pen-1)4个品种,所有草种均由北京克劳沃草业技术开发中心提供,分析纯NaCl由天津市光复科技发展有限公司生产。

收稿日期:2019-02-23; 修回日期:2019-04-09

基金项目:2017 N-应用基础研究-农业与社发-民生与社会事业及公众健康-南通耐盐碱草种评定与筛选(MS12017019-2)项目资助

作者简介:王慧慧(1995-),女,甘肃省秦安人,在读硕士研究生。

E-mail:wanghh2018@lzu.edu.cn

柴琦为通讯作者。E-mail:chaiqi@lzu.edu.cn

## 1.2 试验设计

试验采用氯化钠模拟盐胁迫,共设置 6 个 NaCl 浓度梯度,分别为 20、60、120、180、240、300 mmol/L,以蒸馏水作为对照,共 7 个处理,每个处理重复 4 次。选取成熟、饱满、大小适中且均匀一致的匍匐剪股颖种子,每个品种分别取 1 400 粒。依照国际种子检验规程,发芽床采用滤纸法。试验采用完全随机化设计,将种子浸泡于 0.1% HgCl<sub>2</sub> 溶液消毒 10 min<sup>[10]</sup>,用蒸馏水冲洗干净并晾干,将消毒后的种子均匀地置于铺有两层滤纸、直径为 9 cm 的培养皿中,每个培养皿摆放 50 粒种子。然后分别加入 5 mL 不同浓度的处理液,在 25℃ 的培养箱中进行培养,以恒重法补充水分,维持盐溶液的浓度。

## 1.3 测定指标与方法

1.3.1 萌发指标测定 以胚芽萌发为准,每天观察并记录种子发芽数,7 d 后统计种子发芽势;28 d 后统计种子发芽率,每个培养皿选取具有代表性的 10 粒发芽种子用直尺测量其苗长,计算指标各项:

发芽率(GR) = 发芽种子总数/供试种子总数 × 100%;

发芽势(GP) = 规定天数内发芽种子数/供试种子数 × 100%

发芽指数(GI) =  $\sum Gt/Dt$ ;

活力指数(VI) =  $S \times \sum Gt/Dt$

相对发芽率 = 处理种子发芽率/对照种子发芽率 × 100%。

相对发芽势 = 规定天数内处理种子发芽数/规定天数内对照种子发芽数 × 100%

相对发芽指数 = 处理种子发芽指数/对照种子发芽指数

式中:Gt 为不同时间发芽数,Dt 为相应发芽天数,S 为幼苗长度。

1.3.2 根系指标测定 每个培养皿选取具有代表性的幼苗 10 株,用直尺测定其苗长和根长后,分离植株根系,用 0.075 mg/mL 的甲基蓝将根系浸泡染色 10 min,再用 Delta-TSCAN 根系分析系统(HP. C7717, Singaporean)扫描根系和叶片,测定叶总表面积、根系总长、平均直径、总表面积和侧根数。

1.3.3 用模糊数学隶属函数法进行盐胁迫综合评价

$$X(\mu) = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$$

式中:  $X(\mu)$  为参试植物某一盐胁迫指标的隶属函数

值,  $X$  为该指标的平均值,  $X_{\max}$  和  $X_{\min}$  为该指标的最大值和最小值。

## 1.4 数据统计分析

数据整理与分析采用 Microsoft Excel 2007 软件,并用 IBM SPSS Statistics 23.0 统计软件对各指标耐盐性进行单因素方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 NaCl 胁迫对 4 个剪股颖品种发芽率和发芽势的影响

低浓度的盐胁迫下匍匐剪股颖种子发芽率和发芽势较对照有所升高,随着盐浓度的增加,各个品种的发芽率和发芽势呈下降趋势,但是由于品种之间的差异,变化程度不尽相同。在 0、20 mmol/L 盐浓度下,其他 3 个品种的发芽率显著( $P < 0.05$ )高于克罗米,发芽势高于克罗米但不显著( $P > 0.05$ ),随着盐浓度增加到 60 mmol/L 时,盐胁迫对不同匍匐剪股颖品种发芽率影响程度的差异性已经显示出来,羚羊和旅星的发芽率明显下降,而克罗米和 A-1 的发芽率则没有明显变化,说明随着盐浓度升高,盐胁迫对羚羊和旅星的发芽率影响程度较大,而对克罗米和 A-1 的发芽率影响程度较小。此时,A-1 的发芽率最高,与克罗米的发芽率达到显著( $P < 0.05$ )状态,但羚羊和旅星的发芽势仍高于克罗米和 A-1。在 120 mmol/L 时,羚羊的发芽率和发芽势均高于其他 3 个品种,A-1 的发芽势最低。随着盐浓度的增加,4 个品种的发芽率和发芽势急剧下降,在 180、240 和 300 mmol/L 盐浓度下,克罗米的发芽率和发芽势均高于其他 3 个品种,并且随着盐浓度的增加,显著性逐渐增强(表 1)。

### 2.2 NaCl 胁迫对 4 个剪股颖品种发芽指数和活力指数的影响

不同盐浓度对不同剪股颖品种的发芽指数和活力指数的影响不同。4 个品种的发芽指数和活力指数随盐浓度的升高而下降,但变化程度不同,克罗米和 A-1 的发芽指数在 20 mmol/L 盐浓度下与对照比较反有所上升。在 0、20 和 60 mmol/L 盐浓度下,羚羊和旅星的发芽指数和活力指数均较高,A-1 的发芽指数和活力指数最低。随着盐浓度的升高,4 个品种的发芽指数和活力指数急剧下降,在 120~300 mmol/L 盐浓度下,克罗米和羚羊的发芽指数和活力指数整体上高于其他 2 个品种,说明克罗米在高盐浓度下耐受力较

好。A-1 的发芽指数和活力指数整体呈较低水平,说明 A-1 的耐盐能力较弱(表 2)。

### 2.3 NaCl 胁迫对 4 种翦股颖苗长和叶总表面积的影响

随着盐浓度的增加,4 个翦股颖品种的苗长和叶总表面积呈下降趋势,在 300 mmol/L 盐浓度时达到最低。0 mmol/L 盐浓度时,4 个翦股颖品种苗长之间

的差异不显著( $P>0.05$ ),随着盐浓度的升高,NaCl 对各个品种苗长胁迫的差异性达到显著( $P<0.05$ )。而 4 个翦股颖品种的叶总表面积在 0~120 mmol/L 盐浓度差异不显著( $P>0.05$ ),随着盐浓度升高,在 180 mmol/L 和 240 mmol/L 盐浓度时,差异显著( $P<0.05$ )(表 3)。

表 1 NaCl 胁迫下 4 个匍匐翦股颖品种的发芽率和发芽势

Table 1 Effects of NaCl stress on germination rate and germination potential of 4 creeping bentgrass cultivars

指标	品种	NaCl 浓度/(mmol·L <sup>-1</sup> )						
		0	20	60	120	180	240	300
发芽率/%	羚羊	0.89±0.03 <sup>a</sup>	0.88±0.04 <sup>a</sup>	0.80±0.04 <sup>ab</sup>	0.76±0.05 <sup>a</sup>	0.51±0.03 <sup>a</sup>	0.24±0.02 <sup>a</sup>	0.03±0.01 <sup>b</sup>
	克罗米	0.71±0.03 <sup>b</sup>	0.72±0.01 <sup>b</sup>	0.72±0.03 <sup>b</sup>	0.71±0.03 <sup>ab</sup>	0.52±0.03 <sup>a</sup>	0.31±0.01 <sup>a</sup>	0.09±0.03 <sup>a</sup>
	旅星	0.86±0.04 <sup>a</sup>	0.87±0.01 <sup>a</sup>	0.80±0.04 <sup>ab</sup>	0.63±0.02 <sup>b</sup>	0.43±0.05 <sup>a</sup>	0.11±0.04 <sup>b</sup>	0.02±0.01 <sup>b</sup>
	A-1	0.83±0.02 <sup>a</sup>	0.88±0.02 <sup>a</sup>	0.87±0.03 <sup>a</sup>	0.65±0.03 <sup>ab</sup>	0.46±0.07 <sup>a</sup>	0.14±0.04 <sup>b</sup>	0.05±0.02 <sup>ab</sup>
发芽势/%	羚羊	0.87±0.03 <sup>a</sup>	0.80±0.05 <sup>a</sup>	0.75±0.03 <sup>a</sup>	0.60±0.04 <sup>a</sup>	0.25±0.02 <sup>ab</sup>	0.03±0.01 <sup>ab</sup>	0.00±0.00
	克罗米	0.68±0.04 <sup>c</sup>	0.69±0.01 <sup>a</sup>	0.64±0.03 <sup>a</sup>	0.57±0.04 <sup>a</sup>	0.27±0.05 <sup>a</sup>	0.04±0.01 <sup>a</sup>	0.00±0.00
	旅星	0.82±0.04 <sup>ab</sup>	0.80±0.01 <sup>a</sup>	0.74±0.04 <sup>a</sup>	0.45±0.03 <sup>b</sup>	0.20±0.04 <sup>ab</sup>	0.02±0.01 <sup>b</sup>	0.00±0.00
	A-1	0.71±0.03 <sup>bc</sup>	0.73±0.04 <sup>a</sup>	0.64±0.04 <sup>a</sup>	0.32±0.03 <sup>c</sup>	0.14±0.04 <sup>b</sup>	0.01±0.01 <sup>b</sup>	0.00±0.00

注:同列不同字母表示差异显著( $P<0.05$ ),下同

表 2 NaCl 胁迫下 4 个匍匐翦股颖品种的发芽指数和活力指数

Table 2 Effects of NaCl stress on germination index and vigor index of 4 creeping bentgrass cultivars

指标	品种	NaCl 浓度/(mmol·L <sup>-1</sup> )						
		0	20	60	120	180	240	300
发芽指数	羚羊	9.96±0.13 <sup>a</sup>	8.90±0.53 <sup>ab</sup>	8.21±0.27 <sup>a</sup>	6.38±0.42 <sup>a</sup>	3.38±0.13 <sup>a</sup>	1.18±0.15 <sup>a</sup>	0.09±0.04 <sup>a</sup>
	克罗米	8.17±0.41 <sup>b</sup>	8.50±0.17 <sup>ab</sup>	7.71±0.27 <sup>a</sup>	6.76±0.33 <sup>a</sup>	3.55±0.38 <sup>a</sup>	1.37±0.09 <sup>a</sup>	0.27±0.10 <sup>a</sup>
	旅星	9.65±0.51 <sup>a</sup>	9.44±0.29 <sup>a</sup>	8.28±0.52 <sup>a</sup>	5.15±0.17 <sup>b</sup>	2.81±0.42 <sup>a</sup>	0.52±0.16 <sup>b</sup>	0.06±0.03 <sup>a</sup>
	A-1	7.93±0.27 <sup>b</sup>	8.11±0.34 <sup>b</sup>	7.28±0.44 <sup>a</sup>	4.29±0.20 <sup>b</sup>	2.50±0.42 <sup>a</sup>	0.57±0.17 <sup>b</sup>	0.13±0.06 <sup>a</sup>
活力指数	羚羊	256.55±20.98 <sup>a</sup>	222.86±21.17 <sup>a</sup>	213.09±8.55 <sup>a</sup>	137.32±8.17 <sup>a</sup>	69.73±3.33 <sup>a</sup>	17.18±2.14 <sup>a</sup>	1.08±0.56 <sup>a</sup>
	克罗米	207.70±13.96 <sup>ab</sup>	221.46±16.58 <sup>a</sup>	182.08±11.25 <sup>ab</sup>	149.74±9.91 <sup>a</sup>	71.66±9.00 <sup>a</sup>	21.05±1.94 <sup>a</sup>	2.20±1.17 <sup>a</sup>
	旅星	248.38±19.68 <sup>a</sup>	220.60±16.25 <sup>a</sup>	197.68±17.87 <sup>ab</sup>	104.73±3.32 <sup>b</sup>	52.77±9.34 <sup>ab</sup>	7.72±2.17 <sup>b</sup>	0.79±0.32 <sup>a</sup>
	A-1	178.79±17.95 <sup>b</sup>	170.67±20.89 <sup>a</sup>	155.20±14.25 <sup>b</sup>	83.01±6.80 <sup>b</sup>	38.61±6.71 <sup>b</sup>	4.54±1.43 <sup>b</sup>	1.01±0.61 <sup>a</sup>

### 2.4 NaCl 胁迫对 4 个翦股颖品种主根长和根总长的影响

4 个翦股颖品种的主根长和根总长随着盐浓度的升高而呈下降趋势,但是各个品种之间的变化不相同。在 0 mmol/L 盐浓度下,克罗米的主根长和根总长显著( $P<0.05$ )高于其他 3 个品种,可能是由于品种之间的差异导致,随着盐浓度的升高,旅星的主根长和根总长在 20 mmol/L 盐浓度下达到峰值,羚羊的主根长

和根总长在 60 mmol/L 盐浓度下达到峰值,在 120、180 和 240 mmol/L 盐浓度时,旅星的主根长和根总长较高,说明高浓度盐对旅星的根长抑制作用与其他 3 个品种相比较低。克罗米的主根长和根总长均下降幅度最大,而 A-1 下降幅度最小(表 4)。

### 2.5 NaCl 胁迫对 4 个翦股颖品种的根总表面积、侧根数、根平均直径的影响

4 个翦股颖品种的根总表面积之间差异不显著( $P$

表3 NaCl胁迫下4个匍匐剪股颖品种的苗长和叶总表面积

Table 3 Effects of NaCl stress on seedling length and total leaf surface area of 4 creeping bentgrass cultivars

指标	品种	NaCl 浓度/(mmol · L <sup>-1</sup> )						
		0	20	60	120	180	240	300
苗长/mm	羚羊	25.73±1.93 <sup>a</sup>	24.98±1.68 <sup>ab</sup>	26.00±0.99 <sup>a</sup>	21.58±0.55 <sup>a</sup>	20.63±0.29 <sup>a</sup>	14.55±0.41 <sup>a</sup>	10.50±1.19 <sup>a</sup>
	克罗米	25.50±1.57 <sup>a</sup>	26.00±1.55 <sup>a</sup>	23.58±1.07 <sup>ab</sup>	22.10±0.57 <sup>a</sup>	20.08±0.42 <sup>ab</sup>	15.25±0.56 <sup>a</sup>	5.99±2.14 <sup>a</sup>
	旅星	25.68±1.05 <sup>a</sup>	23.30±1.12 <sup>ab</sup>	23.80±1.17 <sup>ab</sup>	20.35±0.30 <sup>ab</sup>	18.65±0.88 <sup>b</sup>	15.97±1.36 <sup>a</sup>	9.75±3.33 <sup>a</sup>
	A-1	22.45±1.82 <sup>a</sup>	20.85±1.64 <sup>b</sup>	21.25±1.05 <sup>b</sup>	19.28±0.87 <sup>b</sup>	15.38±0.49 <sup>c</sup>	7.36±1.79 <sup>b</sup>	4.75±2.81 <sup>a</sup>
叶总表面积/mm <sup>2</sup>	羚羊	13.01±0.70 <sup>a</sup>	12.64±1.29 <sup>a</sup>	12.53±0.39 <sup>a</sup>	10.15±0.59 <sup>a</sup>	10.01±0.62 <sup>a</sup>	6.66±0.53 <sup>a</sup>	5.34±0.74 <sup>a</sup>
	克罗米	11.46±0.67 <sup>a</sup>	12.86±0.47 <sup>a</sup>	11.13±0.15 <sup>a</sup>	10.32±0.72 <sup>a</sup>	8.68±0.46 <sup>ab</sup>	6.60±0.48 <sup>a</sup>	2.72±0.96 <sup>a</sup>
	旅星	12.18±0.51 <sup>a</sup>	11.98±0.53 <sup>a</sup>	11.63±0.69 <sup>a</sup>	9.77±0.66 <sup>a</sup>	8.24±0.55 <sup>ab</sup>	7.30±1.21 <sup>a</sup>	4.56±1.54 <sup>a</sup>
	A-1	11.75±0.80 <sup>a</sup>	11.95±0.94 <sup>a</sup>	11.09±0.66 <sup>a</sup>	10.23±0.20 <sup>a</sup>	7.80±0.63 <sup>b</sup>	3.96±0.90 <sup>b</sup>	3.66±2.67 <sup>a</sup>

表4 NaCl胁迫下4个匍匐剪股颖品种的主根长和根总长

Table 4 Effects of NaCl stress on main root length and total root length of 4 creeping bentgrass cultivars

指标	品种	NaCl 浓度/(mmol · L <sup>-1</sup> )						
		0	20	60	120	180	240	300
主根长/mm	羚羊	8.20±0.61 <sup>b</sup>	7.58±0.74 <sup>a</sup>	9.40±2.46 <sup>a</sup>	5.05±0.09 <sup>a</sup>	4.30±0.26 <sup>a</sup>	2.88±0.60 <sup>a</sup>	1.38±0.24 <sup>a</sup>
	克罗米	12.80±1.10 <sup>a</sup>	9.05±0.90 <sup>a</sup>	7.05±0.57 <sup>a</sup>	5.70±0.52 <sup>a</sup>	4.43±0.29 <sup>a</sup>	2.75±0.36 <sup>a</sup>	1.61±0.28 <sup>a</sup>
	旅星	8.38±0.31 <sup>b</sup>	11.30±3.34 <sup>a</sup>	8.10±0.61 <sup>a</sup>	6.03±0.23 <sup>a</sup>	5.23±0.84 <sup>a</sup>	2.69±0.56 <sup>a</sup>	0.75±0.25 <sup>a</sup>
	A-1	7.18±0.58 <sup>b</sup>	6.58±0.38 <sup>a</sup>	5.70±0.11 <sup>a</sup>	5.23±0.38 <sup>a</sup>	4.05±0.99 <sup>a</sup>	2.00±0.19 <sup>a</sup>	0.75±0.48 <sup>a</sup>
根总长/mm	羚羊	19.10±2.65 <sup>b</sup>	18.74±3.57 <sup>ab</sup>	22.01±4.73 <sup>a</sup>	13.60±0.99 <sup>a</sup>	10.66±1.08 <sup>a</sup>	6.56±0.61 <sup>ab</sup>	5.84±0.70 <sup>a</sup>
	克罗米	28.63±3.35 <sup>a</sup>	27.52±2.89 <sup>a</sup>	20.87±2.02 <sup>a</sup>	15.44±1.90 <sup>a</sup>	11.71±1.18 <sup>a</sup>	6.42±0.75 <sup>ab</sup>	3.76±0.65 <sup>a</sup>
	旅星	21.68±1.50 <sup>ab</sup>	26.31±4.17 <sup>ab</sup>	19.42±1.72 <sup>a</sup>	14.32±1.12 <sup>a</sup>	12.71±2.53 <sup>a</sup>	8.27±0.81 <sup>a</sup>	3.09±1.20 <sup>a</sup>
	A-1	18.05±0.40 <sup>b</sup>	16.22±1.13 <sup>b</sup>	17.81±1.04 <sup>a</sup>	13.78±1.12 <sup>a</sup>	10.16±1.89 <sup>a</sup>	5.49±0.26 <sup>b</sup>	3.67±2.26 <sup>a</sup>

>0.05),侧根数在20 mmol/L和60 mmol/L处理下差异显著( $P<0.05$ ),4个剪股颖品种的主根总表面积和侧根数随着盐浓度的升高而下降,但是在20 mmol/L和60 mmol/L盐浓度时,各个品种的主根总表面积和侧根数有所上升。试验分析,羚羊的主根总表面积和侧根数的下降幅度最小,克罗米的主根总表面积和侧根数下降幅度最大,盐浓度的增大对羚羊根的影响较小,对克罗米根的影响最大。4个剪股颖品种的根平均直径随着盐浓度的增大而增大,差异显著( $P<0.05$ ),羚羊和A-1的根平均直径较高,而克罗米和旅星的根平均直径较低。

## 2.6 4个品种萌发期指标的隶属函数法分析

对4个品种在不同浓度下的相对发芽率、相对发

芽势、相对发芽指数、相对株高、相对根长、相对活力指数、相对叶总表面积、相对根总长、相对主根总表面积、相对侧根数、相对根平均直径结果用隶属函数法计算,得到4个品种的隶属函数总平均值,4个品种的综合耐盐性强弱表现为旅星>羚羊>克罗米>A-1(表5,6)。

## 3 讨论

### 3.1 NaCl胁迫对4个剪股颖品种种子萌发的影响

A-1的发芽率在20 mmol/L盐浓度下与对照相比有所上升;克罗米和A-1的发芽指数在20 mmol/L盐浓度下相较对照有所上升;随着盐浓度的升高,旅星的主根长和根总长在20 mmol/L盐浓度下达到峰值,

表 5 NaCl 胁迫下 4 个匍匐翦股颖品种的根总表面积、侧根数、根平均直径

Table 5 Effects of NaCl stress on total root area, lateral root number and average root diameter of 4 creeping bentgrass cultivars

指标	品种	NaCl 浓度/(mmol · L <sup>-1</sup> )						
		0	20	60	120	180	240	300
根总表面积/mm <sup>2</sup>	羚羊	3.80±0.58 <sup>a</sup>	4.31±0.77 <sup>a</sup>	3.95±1.57 <sup>a</sup>	3.18±0.38 <sup>a</sup>	3.05±0.30 <sup>a</sup>	1.82±0.21 <sup>a</sup>	1.28±0.29 <sup>a</sup>
	克罗米	5.10±0.51 <sup>a</sup>	5.59±0.82 <sup>a</sup>	4.53±0.48 <sup>a</sup>	3.33±0.46 <sup>a</sup>	2.72±0.30 <sup>a</sup>	1.63±0.22 <sup>a</sup>	0.82±0.13 <sup>a</sup>
	旅星	4.30±0.52 <sup>a</sup>	5.06±0.75 <sup>a</sup>	4.19±0.41 <sup>a</sup>	3.43±0.29 <sup>a</sup>	3.06±0.49 <sup>a</sup>	2.06±0.16 <sup>a</sup>	0.85±0.32 <sup>a</sup>
	A-1	3.83±0.16 <sup>a</sup>	3.53±0.36 <sup>a</sup>	4.30±0.20 <sup>a</sup>	3.43±0.27 <sup>a</sup>	2.70±0.63 <sup>a</sup>	1.53±0.15 <sup>a</sup>	0.95±0.58 <sup>a</sup>
侧根数	羚羊	4.30±0.58 <sup>a</sup>	4.05±0.50 <sup>b</sup>	4.65±0.28 <sup>a</sup>	3.78±0.28 <sup>a</sup>	3.45±0.16 <sup>a</sup>	2.20±0.52 <sup>a</sup>	2.38±0.38 <sup>a</sup>
	克罗米	5.23±0.53 <sup>a</sup>	5.28±0.27 <sup>a</sup>	4.35±0.22 <sup>ab</sup>	4.03±0.43 <sup>a</sup>	3.55±0.25 <sup>a</sup>	2.23±0.30 <sup>a</sup>	1.42±0.25 <sup>a</sup>
	旅星	4.63±0.35 <sup>a</sup>	4.20±0.12 <sup>b</sup>	3.90±0.00 <sup>b</sup>	3.85±0.16 <sup>a</sup>	3.30±0.33 <sup>a</sup>	3.16±0.28 <sup>a</sup>	1.63±0.55 <sup>a</sup>
	A-1	4.33±0.14 <sup>a</sup>	3.98±0.18 <sup>b</sup>	4.45±0.22 <sup>ab</sup>	3.90±0.15 <sup>a</sup>	3.08±0.15 <sup>a</sup>	2.25±0.28 <sup>a</sup>	1.63±0.99 <sup>a</sup>
根平均直径/mm	羚羊	0.32±0.01 <sup>ab</sup>	0.38±0.01 <sup>a</sup>	0.38±0.01 <sup>a</sup>	0.38±0.03 <sup>ab</sup>	0.46±0.01 <sup>a</sup>	0.45±0.02 <sup>a</sup>	0.36±0.04 <sup>a</sup>
	克罗米	0.29±0.01 <sup>b</sup>	0.33±0.02 <sup>ab</sup>	0.35±0.02 <sup>a</sup>	0.35±0.01 <sup>b</sup>	0.38±0.02 <sup>b</sup>	0.40±0.01 <sup>a</sup>	0.36±0.04 <sup>a</sup>
	旅星	0.32±0.02 <sup>ab</sup>	0.31±0.01 <sup>b</sup>	0.35±0.01 <sup>a</sup>	0.39±0.00 <sup>ab</sup>	0.40±0.03 <sup>ab</sup>	0.41±0.02 <sup>a</sup>	0.35±0.12 <sup>a</sup>
	A-1	0.35±0.01 <sup>a</sup>	0.35±0.02 <sup>ab</sup>	0.39±0.01 <sup>a</sup>	0.40±0.01 <sup>a</sup>	0.42±0.03 <sup>ab</sup>	0.46±0.05 <sup>a</sup>	0.22±0.13 <sup>a</sup>

表 6 4 个翦股颖品种耐盐指标隶属值及耐盐性综合评价

Table 6 Subordinate values of salt tolerance index and comprehensive evaluation on salt tolerance of 4 bentgrass cultivars

品种	相对发芽率	相对发芽势	相对发芽指数	相对株高	相对根长	相对活力指数	
羚羊	0.456 4	0.425 9	0.497 8	0.466 0	0.492 4	0.456 4	
克罗米	0.417 9	0.372 4	0.410 7	0.520 9	0.504 4	0.423 8	
旅星	0.493 3	0.413 8	0.481 5	0.467 1	0.504 5	0.493 4	
A-1	0.454 0	0.324 2	0.527 7	0.499 3	0.385 9	0.539 2	

  

品种	相对叶总面积	相对根总长	相对根总面积	相对侧根数	相对根平均直径	综合值	排序
羚羊	0.511 8	0.452 0	0.424 5	0.460 7	0.499 3	0.467 6	2
克罗米	0.388 4	0.448 8	0.423 3	0.542 9	0.523 1	0.452 4	3
旅星	0.477 0	0.466 6	0.505 8	0.617 6	0.493 0	0.492 1	1
A-1	0.377 7	0.431 6	0.400 2	0.469 6	0.443 9	0.441 2	4

羚羊的主根长和根总长在 60 mmol/L 盐浓度下达到峰值;在 20、60 mmol/L 盐浓度时,各个品种的根总表面积和侧根数有所上升,说明低浓度的盐胁迫有促进种子萌发的作用,这与周桂莲<sup>[10]</sup>、苏永全等<sup>[11]</sup>报道结果一致,但是试验中不同品种的引发浓度及指标并不相同,这可能是受品种之间的差异及试验浓度梯度设置的影响。

有研究表明,盐分胁迫主要通过离子毒害、渗透胁迫和氧化胁迫对植物产生伤害,盐分胁迫能够抑制植物营养物质吸收,减少生物量积累,阻碍植物的生长发育<sup>[12]</sup>,长时间处于盐胁迫下,植物叶片的面积会缩小<sup>[13]</sup>,这可能是由于盐分影响了细胞分裂和细胞延伸的速率或是减少了细胞延伸的时间<sup>[14]</sup>。试验中,超过一定盐浓度范围后。随着盐浓度的升高,4 个匍匐翦

股颖品种的发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、株高、根长及根总表面积、侧根数、叶总表面积均呈下降趋势,与高小宽<sup>[15]</sup>、李海燕等<sup>[16]</sup>研究结果一致,这充分表明超过一定范围的盐浓度不但降低草坪种子的发芽率,导致萌发延迟,而且抑制幼苗生长<sup>[17]</sup>。

### 3.2 4个翦股颖品种萌发期耐盐性综合评价

试验结果表明,4个匍匐翦股颖品种在相同盐浓度下表现也有所差异,羚羊和旅星在一般盐浓度下耐盐能力最好,说明在一般盐浓度下,羚羊和旅星具有较强的耐盐能力,而克罗米和 A-1 的耐盐能力较弱。这些均表明草坪草不同种或品种的种子在同一盐胁迫水平下,受抑制表现有所不同,体现了品种耐盐性的差异<sup>[15,19]</sup>。而耐盐性是植物多种生理过程的总体表现,不同植物或同种植物不同品种在不同时期的耐盐性都有所不同,所以任何单一指标都不能准确有效地评价其耐盐性。因此,采用多指标体系对植物耐盐性进行综合评价比较科学合理<sup>[18]</sup>。隶属函数是模糊数学中的一种评价方法,它对品种各个抗盐指标的隶属值进行累加取平均值,并进行品种间比较,避免了使用单一评价系统的片面性和不准确性,评价的结果较为科学、可靠<sup>[19]</sup>。因此,试验选取了各个品种的 11 个指标,利用隶属函数法求出耐盐性综合评价值,对 4 个匍匐翦股颖品种进行耐盐性排序,4 个匍匐翦股颖品种耐盐性由强到弱表现为旅星>羚羊>克罗米>A-1。

## 4 结论

20~60 mmol/L 盐浓度对匍匐翦股颖种子萌发影响不大,甚至对种子萌发有一定的促进作用,超过此范围后,随着盐浓度的升高,NaCl 胁迫对种子的萌发及生长产生明显的抑制作用,各个生长指标随着盐浓度的增大呈下降趋势,在 240、300 mmol/L 盐浓度时,种子损害严重;不同品种的种子在同一盐胁迫水平下,受抑制表现有所不同,其中羚羊和旅星表现最好,克罗米和 A-1 表现较差,综合评价各品种耐盐性,由强到弱为旅星>羚羊>克罗米>A-1。

### 参考文献:

[1] 李晓靖,崔海军. 植物对环境胁迫的生理响应研究进展[J]. 安徽农学通报,2018,24(14):17-18.  
[2] 梁建财,史海滨,李瑞平,等. 覆盖对盐渍土壤冻融特性与

秋浇灌水质量的影响[J]. 农业机械学报,2015,46(4):98-105.

- [3] 李彬,王志春,孙志高,等. 中国盐碱地资源与可持续利用研究[J]. 干旱地区农业研究,2005(2):154-158.  
[4] 杨富裕,周禾. 草坪草抗盐性研究进展[J]. 草原与草坪,2001(1):10-13.  
[5] 韩瑞宏,李志丹,高桂娟,等. 优良草坪草匍匐翦股颖研究进展[J]. 广东农业科学,2011,38(15):39-42.  
[6] 孙吉雄. 草坪学(第二版)[M]. 北京:中国农业出版社,2003:91-92.  
[7] 张利娟. 匍匐翦股颖对干旱-低温交叉胁迫的适应机制[D]. 北京:北京林业大学,2014.  
[8] 武春霞,杨静慧,颜丽丽,等. 四种常见草坪草的耐盐性[J]. 南方农业(园林花卉版),2007(1):59-61.  
[9] 张晨妮,周青平,颜红波,等. PEG 对老芒麦种质材料萌发期抗旱性影响的研究[J]. 种子,2010,29(01):37-40.  
[10] 周桂莲. 麦类作物耐盐性机制研究进展[J]. 西北农业学报,1998(4):104-108.  
[11] 苏永全,吕迎春. 盐分胁迫对植物的影响研究简述[J]. 甘肃农业科技,2007(3):23-27.  
[12] 孙立荣. 外源一氧化氮对盐胁迫下黑麦草幼苗生长的影响及作用机制研究[D]. 长春:辽宁师范大学,2008.  
[13] Munns R, Gardner A, Tonnet M L, *et al.* Growth and development in NaCl-treated plants. II. Do Na<sup>+</sup> or Cl<sup>-</sup> concentrations in dividing or expanding tissues determine growth in barley[J]. Aust J Plant Physiol, 1988, 15: 529-540.  
[14] 董丽华,姚爱兴,王宁. 盐分对草坪草影响研究概述[J]. 西北林学院学报,2006,21(1):64-67.  
[15] 高小宽. 盐胁迫对 3 种草坪草种子萌发的影响[J]. 河南农业,2016(29):44-45.  
[16] 李海燕,丁雪梅,周婵,等. 盐胁迫对三种盐生禾草种子萌发及其胚生长的影响[J]. 草地学报,2004,12(1):45-50.  
[17] 张秀云. 草坪草耐盐性研究进展[J]. 草原与草坪,2000(2):8-11.  
[18] 张相锋,杨晓斌,焦子伟. 植物耐盐性评价研究进展及评价策略[J]. 生物学杂志,2018,35(6):91-94.  
[19] 于伟,刘卫东,柳李旺,等. 隶属函数法对 12 个茄种幼苗期耐盐性的筛选与鉴定[J]. 江苏农业科学,2015,43(11):228-230.

of alfalfa to thrips. The egg laying amount of adults, growth and development of nymphs under different phosphorus levels were observed. The soluble sugar content, nitrogen content and phosphorus content were determined as well. The result showed that the egg laying amount of thrips on the leaf of same alfalfa variety increased significantly with the increase of phosphorus level. The survival ratio of 1-2 instar nymph increased significantly after phosphorus application, but the developmental period did not change significantly. There was no significant changes in 3-4 instar nymph survival ratio and developmental period. The soluble sugar content, phosphorus content and sugar to nitrogen ratio of alfalfa were significantly increased after phosphorus application and there was no significant correlation with egg laying amount, there was a significant positive correlation between phosphorus content and 1-2 instar nymphs survival rate of Gannong No. 9. Two alfalfa varieties did not show significant antixenosis and antibiosis to thrips after phosphorus application.

**Key words:** phosphorus element; alfalfa; *Odontothrips loti*; growth and development; oviposition selection

.....  
(上接 36 页)

## Salt tolerance evaluation of four creeping bentgrass varieties at seed germination stage

WANG Hui-hui, LIU Qi-hua, WANG Jing, LIU Lu, CHAI Qi

(National Experimental Teaching Demonstration Center of Grassland Science/College of Grassland Agricultural Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730020, China)

**Abstract:** Four creeping bentgrass cultivars (Impala, Kromi BT, Travel Star, Pen-1) were used to evaluate their salt tolerance at germination stage under NaCl stress (0, 20, 60, 120, 180, 240 and 300 mmol/L). 11 growth indices, including germination rate, germination potential, germination index and vigor index, the germination process and morphological changes of seeds, were measured. The salt tolerance of 4 cultivars was evaluated comprehensively by membership function method. The results showed that the low concentration of NaCl solution promoted the germination. When the NaCl concentration exceeded a certain range, NaCl stress significantly inhibited the germination and growth. With the increase of salt concentration, each growth index showed a decreasing trend. When the salt concentration was 240 to 300 mmol/L, the seeds hardly germinated. The response degree of creeping bentgrass seed germination to salt stress was different among tested cultivars. In which, Impala and Travel Star performed best, while Kromi BT and Pen-1 worst. The order of salt tolerance was Travel Star > Impala > Kromi BT > Pen-1.

**Key words:** creeping bentgrass; salt tolerance; seed germination; comprehensive evaluation of membership function