

干旱胁迫下钙离子对矮牵牛种子萌发 及幼苗生长的影响

徐拾佳, 郭玉洁, 吴桐, 刘冬云, 姜珊

(河北农业大学 园林与旅游学院, 河北 保定 071000)

摘要: 为了了解干旱胁迫下矮牵牛(*Petunia hybrida* Vilm.) 的生长适应能力, 试验通过聚乙二醇(PEG-6000) 模拟不同程度的干旱条件, 研究了干旱胁迫及胁迫后施用 CaCl_2 对矮牵牛种子萌发和幼苗生长的影响。结果表明: 在 25℃ 最适温度下, 随着干旱胁迫程度的加剧, 矮牵牛种子的发芽率、发芽势、发芽指数及幼苗的胚根长度、胚芽长度、鲜重、干重均呈逐渐下降的趋势。在 50% PEG-6000 胁迫下, 矮牵牛种子及幼苗的以上 7 项指标最低, 其发芽率、发芽势分别为 14.67%、2.00%, 较对照分别下降了 84.50%、95.00%; 在 50% PEG-6000 干旱胁迫下对矮牵牛种子施用 CaCl_2 , 矮牵牛种子的发芽率、发芽势、发芽指数, 以及幼苗的胚根长度、胚芽长度、鲜重、干重, 随着钙离子浓度的增加均呈先上升后下降的趋势, 其中 30 mmol/L 的 CaCl_2 溶液对其缓解效果最好, 其发芽率、发芽势分别为 79.33%、31.33%, 分别是对照的 5.41 倍、15.67 倍。

关键词: 干旱胁迫; 钙离子; 矮牵牛; 种子萌发; 幼苗生长

中图分类号: S 723.1

文献标志码: A

Effects of calcium ions on seed germination and seedling growth of *Petunia hybrida* under drought stress

XU Shijia, GUO Yujie, WU Tong, LIU Dongyun, JIANG Shan

(College of Landscape and Tourism, Hebei Agricultural University, Baoding 071000, China)

Abstract: In order to know the growth ability of *Petunia hybrida* under drought stress, the experiment of using PEG-6000 to simulate the different drought conditions was carried out to study the effects of calcium ions on seed germination and seedling growth of petunia under drought stress. The results showed that at the optimum temperature of 25 °C, the petunia seeds germination rate, germination potential, germination index, radicle length, germ length, fresh weight and dry weight showed a trend of gradual decline with the degree of drought stress intensified. Under 50% PEG-6000 drought stress, the above seven indicators of petunia seeds and seedlings are the lowest, and the germination rate and germination potential are 14.67% and 2.00% respectively, which are 84.50% and 95.00% lower than the control group. Using CaCl_2 under 50% PEG-6000 drought stress, with the increase of calcium ion concentration, the petunia seeds germination rate, germination potential, germination index, radicle length, germ length, fresh weight and dry weight first rise and then fall.

收稿日期: 2017-05-08; 修回日期: 2017-06-18

基金项目: 河北省科学技术厅项目“景观林木、乡土树种种质资源筛选与创新”(17226320D)。

第一作者: 徐拾佳(1995-), 女, 河北保定人, 在读本科, 研究方向: 园林植物资源与应用。

通讯作者: 刘冬云(1971-), 女, 河北赞皇人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向: 主要从事花卉植物种质资源遗传多样性研究。

The 30 mmol/L CaCl_2 solution works best, and the germination rate and germination potential are 79.33% and 31.33% respectively, which are 5.41 times and 15.67 times of the control group respectively.

Key words: drought stress; calcium ion; *Petunia hybrida* Vilm.; seed germination; seedling growth

随着人口数量的不断增长和经济的快速发展,水资源耗用量极大,日渐短缺,干旱化趋势愈加明显^[1]。而水分是影响植物种子萌发及茁壮生长的重要因素,因此,利用 PEG-6000 模拟不同程度的干旱胁迫是室内研究植物抗旱性的重要方法之一。

矮牵牛(*Petunia hybrida* Vilm.)开花繁茂,花期长,色彩丰富,是优良的花坛花卉和盆栽花卉,应用十分广泛^[2]。为探究矮牵牛对干旱环境的适应性,试验通过采用不同浓度的 PEG-6000 来模拟不同干旱条件,研究其对矮牵牛种子萌发及幼苗生长的影响,并对干旱胁迫下的矮牵牛种子施用 CaCl_2 ,探讨其对干旱胁迫下矮牵牛种子萌发及幼苗生长有无恢复作用,从而为矮牵牛在干旱环境中的良好生长及广泛应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为矮牵牛种子,种子由北京神州克劳沃种子有限公司提供。

1.2 方法

1.2.1 试验准备 选取种粒饱满、大小一致的矮牵牛种子,并将其浸泡在 30%过氧化氢与蒸馏水配比为 1:2 的混合溶液中消毒 20 min,再用蒸馏水冲洗 2~3 次。将培养皿清洗干净并于烘箱中 120℃ 高温消毒 20 min,准备好滤纸。

1.2.2 干旱胁迫处理 设置浓度分别为 3%、10%、20%、30%、40%、50%的 PEG-6000 溶液,以蒸馏水作为对照(CK),每个处理重复 3 次。

1.2.3 钙离子恢复处理 设置浓度分别为 10 mmol/L、30 mmol/L、70 mmol/L、100 mmol/L、150 mmol/L 的 CaCl_2 溶液,选择上一试验中干旱胁迫效果最显著的一组,将其作为对照(CK),并在该浓度的 PEG-6000 胁迫下用不同浓度的 CaCl_2 溶液进行恢复处理,每个处理重复 3 次。

PEG-6000 干旱胁迫和钙离子恢复处理试验过程均在无菌条件下进行操作。在经过高温消毒的

培养皿中放入 2 张大小合适的滤纸,分别加入相同体积不同浓度的上述处理溶液使滤纸达到饱和状态,将冲洗干净的消毒种子均匀排列在培养皿中的滤纸上,每皿 50 粒。之后立即称量培养皿质量,做好记录,以便每天根据恒重法补充相应水分保持培养皿中试剂浓度的稳定。将其放进光照培养箱中培养,设置温度为 25℃,每天记录发芽情况并及时补充水分。

1.3 测定指标

1.3.1 种子萌发指标

发芽率:

$$G = a/A \times 100\%,$$

式中: a 为试验结束后正常发芽的种子粒数, A 为供试种子粒数。

发芽势:

$$G_r = n/N \times 100\%,$$

式中: n 为种子发芽高峰期发芽的种子粒数, N 为供试种子粒数。

发芽指数:

$$G_i = \sum G_t / D_t,$$

式中: G_t 为第 t 日的发芽种子粒数; D_t 为相应的发芽时间。

1.3.2 幼苗生长指标 当种子发芽个数连续 3 d 不变,则停止观察,从每个培养皿中随机选择 20 株幼苗测量胚根长度、胚芽长度、鲜重及干重。

1.4 数据分析

应用微软 Excel 软件和 SPSS17.0 (One-Way ANOVA 和 LSD test) 软件进行数据处理及方差分析。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对矮牵牛种子萌发及幼苗生长的影响

2.1.1 干旱胁迫对矮牵牛种子萌发的影响 干旱胁迫对矮牵牛种子萌发的影响见表 1。

表1 PEG-6000胁迫下矮牵牛种子的萌发情况

Table 1 The germination of *Petunia hybrida* seeds under PEG-6000 stress

PEG-6000 浓度/% Concentration	发芽率/% Germination percentage	发芽势/% Germination potential	发芽指数 Germination index
0	94.67±1.33a	40.00±10.39a	18.37±0.08a
3	80.67±1.76b	26.00±6.11ab	12.86±0.44b
10	79.33±0.67bc	23.33±2.91abc	12.37±0.13b
20	69.33±4.37c	22.00±2.00abc	10.46±0.58c
30	42.67±2.67d	9.33±0.67bc	7.09±0.61d
40	26.00±1.16e	6.67±1.33bc	3.06±0.31e
50	14.67±1.33f	2.00±1.16c	3.04±0.32e

注:同列数据后标注的不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$),下同。

由表1可知,在干旱胁迫下,矮牵牛种子的发芽率、发芽势及发芽指数均低于对照,且随着PEG-6000浓度的增加,矮牵牛种子的发芽率、发芽势及发芽指数均呈逐渐下降的趋势。与其他干旱处理相比,3%PEG-6000溶液处理种子的发芽率、发芽势及发芽指数最高,分别为80.67%、26.00%、12.86,较对照分别下降了14.79%、35.00%、29.99%。50%

PEG-6000处理下的种子发芽率、发芽势及发芽指数最低,分别为14.67%、2.00%、3.04,较对照分别下降了84.50%、95.00%、83.45%,该处理对矮牵牛种子萌发的抑制作用最强。

2.1.2 干旱胁迫对矮牵牛幼苗生长的影响 干旱胁迫对矮牵牛幼苗生长的影响见表2。

表2 PEG-6000胁迫下矮牵牛幼苗的生长情况

Table 2 The seedling growth of *Petunia hybrida* under PEG-6000 stress

PEG-6000 浓度/% Concentration	胚根长度/mm Root length	胚芽长度/mm Seedling length	鲜重/g Fresh weight	干重/g Dry weight
0	8.03±0.09a	4.13±0.19a	0.021 5±0.000 5a	0.002 9±0.000 2a
3	5.90±0.17b	3.90±0.38a	0.012 0±0.000 3b	0.001 9±0.000 1a
10	4.03±0.15c	3.80±0.17a	0.011 7±0.000 3b	0.001 8±0.000 2a
20	3.60±0.32cd	3.20±0.15a	0.011 5±0.000 4b	0.001 6±0.000 2a
30	2.90±0.21d	3.10±0.06a	0.007 9±0.000 2c	0.001 3±0.000 2a
40	1.03±0.26e	1.00±0.29b	0.002 9±0.000 2d	0.001 2±0.000 3a
50	0.87±0.24e	0.73±0.18b	0.002 6±0.000 3d	0.001 1±0.000 1a

注:由于矮牵牛幼苗体量过小,因此鲜重、干重均按20株来称量,表4同。

由表2可知,在干旱胁迫下,矮牵牛幼苗的胚根长度、胚芽长度、鲜重及干重均低于对照,且随着PEG-6000浓度的增加,矮牵牛幼苗的胚根长度、胚芽长度、鲜重及干重均呈逐渐下降的趋势。3%~50%PEG-6000处理下,矮牵牛幼苗的胚根长度与对照存在显著差异($P < 0.05$),其中50%PEG-6000处理下减少最多,较对照下降了89.17%。3%~30%PEG-6000处理下胚芽长度与对照差异不显著($P > 0.05$),40%和50%PEG-6000处理胚芽长度与对照差异显著,分别较对照下降75.79%、82.32%。3%~50%PEG-6000处理下,矮牵牛幼苗的鲜重与对照均存在显著差异,其中50%PEG-6000

处理下鲜重减少最多,较对照下降87.91%。而在3%~50%PEG-6000处理下,矮牵牛幼苗的干重与对照差异不显著,但其中50%PEG-6000处理下,矮牵牛幼苗的干重最低,较对照下降了62.07%。综上,PEG-6000胁迫可以抑制矮牵牛幼苗的生长,且随着浓度的升高,抑制作用逐渐增强。

2.2 钙离子对干旱胁迫下矮牵牛种子萌发及幼苗生长的影响

2.2.1 钙离子对干旱胁迫下矮牵牛种子萌发的影响 钙离子对干旱胁迫下矮牵牛种子萌发的影响见表3。

表 3 PEG-6000 胁迫下钙离子处理后矮牵牛种子的萌发情况

Table 3 Seed germination of *Petunia hybrida* after calcium ion treatment under PEG-6000 stress

CaCl ₂ 浓度/(mmol·L ⁻¹) Concentration	发芽率/% Germination percentage	发芽势/% Germination potential	发芽指数 Germination index
0	14.67±1.33d	2.00±1.16b	3.04±0.32c
10	64.67±2.91ab	29.33±6.36a	9.29±0.63ab
30	79.33±1.76a	31.33±3.53a	11.57±0.89a
70	64.00±3.46ab	28.67±1.76a	9.17±0.72ab
100	50.00±5.77bc	15.33±7.06ab	7.25±1.30b
150	43.33±2.40c	13.33±2.91ab	6.30±0.55bc

由表 3 可知,干旱胁迫下钙离子处理后的矮牵牛种子的发芽率、发芽势及发芽指数均高于对照,且随着钙离子浓度的增加呈先上升后下降的趋势。其中,30 mmol/L 的 CaCl₂ 溶液处理下,矮牵牛种子的发芽率、发芽势及发芽指数最高,分别为对照的 5.41 倍、15.67 倍、3.81 倍;而 150 mmol/L 的 CaCl₂ 处理下,矮牵牛种子的发芽率、发芽势及发芽指数

较对照增长最小,分别为对照的 2.95 倍、6.67 倍、2.07 倍。说明不同浓度的钙离子能够不同程度地缓解干旱胁迫对矮牵牛种子萌发的抑制作用,其中缓解效果最好的是 30 mmol/L 的 CaCl₂ 溶液。

2.2.2 钙离子对干旱胁迫下矮牵牛幼苗生长的影响 钙离子对干旱胁迫下矮牵牛幼苗生长的影响见表 4。

表 4 PEG-6000 胁迫下钙离子处理后矮牵牛幼苗的生长情况

Table 4 Seedling growth of *Petunia hybrida* after calcium ion treatment under PEG-6000 stress

CaCl ₂ 浓度/(mmol·L ⁻¹) Concentration	胚根长度/mm Root length	胚芽长度/mm Seedling length	鲜重/g Fresh weight	干重/g Dry weight
0	0.87±0.24c	0.73±0.18c	0.0026±0.0003d	0.0011±0.0001c
10	2.43±0.23b	2.30±0.15b	0.0070±0.0001c	0.0015±0.0002bc
30	5.47±0.26a	3.77±0.15a	0.0121±0.0001a	0.0027±0.0001a
70	3.23±0.15b	2.77±0.15b	0.0082±0.0001b	0.0019±0.0001b
100	2.77±0.15b	2.17±0.12b	0.0080±0.0001b	0.0017±0.0001bc
150	2.27±0.18b	2.13±0.15b	0.0072±0.0001c	0.0013±0.0001bc

由表 4 可知,干旱胁迫下钙离子处理后的矮牵牛幼苗的胚根长度、胚芽长度、鲜重及干重均高于对照,且随着 CaCl₂ 溶液浓度的增加,矮牵牛幼苗的胚根长度、胚芽长度、鲜重及干重均呈先上升后下降的趋势。其中,浓度为 30 mmol/L 的 CaCl₂ 溶液处理缓解效果最好,胚根长度、胚芽长度、鲜重及干重分别较对照增加 4.60 mm、3.04 mm、0.0095 g、0.0016 g。说明不同浓度的钙离子对干旱胁迫下矮牵牛幼苗的生长有恢复作用,可不同程度地缓解干旱胁迫对矮牵牛幼苗生长的抑制作用。

3 结论与讨论

随着 PEG-6000 浓度的增加,即干旱程度的加剧,矮牵牛种子的发芽率、发芽势、发芽指数及幼苗的胚根长度、胚芽长度、鲜重、干重均逐渐降低,抑制作用逐渐增强。这与陈培等的研究结果一致^[3]。当 PEG-6000 浓度为 3%~10% 时,矮牵牛种子的发

芽率仍能保持 80% 左右,且保持较高的发芽势及发芽指数。当 PEG-6000 浓度为 50% 时,种子的发芽率、发芽势最低,分别为 14.67%、2.00%,较对照下降了 84.50%、95.00%。本试验中,在 50% PEG-6000 干旱胁迫下,随着钙离子浓度的增加,矮牵牛种子的发芽率、发芽势、发芽指数及幼苗的胚根长度、胚芽长度、鲜重、干重均呈先上升后下降的趋势。当 CaCl₂ 浓度为 30 mmol/L 时,矮牵牛种子及幼苗的以上 7 项指标达到最高,其发芽率、发芽势分别为 79.33%、31.33%,是对照的 5.41 倍、15.67 倍。

种子是种子植物特有的延存器官^[4],是植物生活史中的重要阶段^[5]。由试验可知,矮牵牛种子能在中轻度干旱环境中正常萌发,但矮牵牛种子的 PEG-6000 致死浓度还有待于进一步研究。根长是评价植物根系吸收水分能力强弱的重要指标,较长根系可以帮助植物吸收更多的水分,抵抗干旱环境带来的危害,更有利于植物体的生长发育^[6]。本试

验结果表明,随着 PEG-6000 浓度的增加,矮牵牛种子的胚根长度逐渐降低。这与李文鹤等对野菊花的研究结果一致^[7];但张凤银等在对宿根天人菊的研究中发现,胚根长度随着 PEG-6000 浓度的增加呈先上升后下降的趋势。因此,在一定浓度范围内 PEG-6000 可以促进胚根生长^[8]。由此说明,PEG-6000 胁迫对植物根系生长情况的影响因植物种类不同而异。

一定浓度的钙离子能够缓解干旱胁迫对矮牵牛种子萌发及幼苗生长的抑制作用,且不同浓度的钙离子对其缓解效果不同,其中缓解效果最好的是 30 mmol/L 的 CaCl₂ 溶液。钙是植物正常生长所必需的矿质元素之一,可以维持膜结构的稳定性,是构成细胞壁的一种元素^[4],作为代谢调节中的“第二信使”,在植物体生命活动中起着重要作用^[9]。综上所述可知,矮牵牛种子有一定的抗旱能力,能在中轻度干旱环境中正常萌发。但在中高度干旱环境中,可以采用一定浓度的 CaCl₂ 溶液浸种,从而使矮牵牛能够良好生长,达到更好的园林应用效果。

参考文献:

- [1] 丁文喜. 中国水资源可持续发展的对策与建议[J]. 中国农学通报, 2011(14): 221-226.
- [2] 刘燕. 园林花卉学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2008.
- [3] 陈培, 汪强, 赵莉, 等. 水分胁迫对芝麻种子萌发特性的影响[J]. 种子, 2012(4): 83-85.
- [4] 潘瑞焱. 植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [5] 蔡喜悦, 陈晓德, 李朝政, 等. 干旱胁迫下外源钙对石灰岩地区复羽叶栎树种子萌发的影响[J]. 应用生态学报, 2013, 24(5): 1341-1346.
- [6] 魏红, 聂向荣, 樊明寿. 断根对玉米幼苗根系生物学特性及水分代谢的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(1): 115-118.
- [7] 李文鹤, 何淼, 卓丽环. PEG-6000 处理对野菊花种子萌发期抗旱性的影响[J]. 种子, 2010, 29(11): 51-54.
- [8] 张凤银, 陈禅友, 胡志辉. PEG-6000 胁迫对宿根天人菊种子萌发及幼苗生理特性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2014, 42(1): 132-136.
- [9] 林琳琳, 沈立, 林义章, 等. 钙信使在植物适应非生物胁迫中的作用[J]. 中国园艺文摘, 2015(4): 41-45, 106.

(编辑 郭丽娟)

《河北林果研究》更名为《林业与生态科学》启事

经国家新闻出版广电总局批准(新广出审[2017]2613号),《河北林果研究》将于 2018 年第 1 期正式更名为《林业与生态科学》,新编国内统一连续出版物号为 CN13-1425/S,原国内统一连续出版物号 CN13-1215/S 作废。

更名后的《林业与生态科学》办刊宗旨为“贯彻‘双百’方针,及时报道林业与生态学领域的创新性科研成果和科研进展,反映林业与生态学领域的学术水平和发展方向,促进学术交流、学科建设和人才培养,为推动科学技术进步、高等教育发展和生态文明建设服务”。主要刊登林学、生态学、园艺、园林与旅游、环境科学及相关领域的学术论文、研究报告、简报、专论与综述等。读者对象为从事林学、生态、资源与环境科学、农学、园艺、园林、旅游、城建、生物、经贸、商学等相关专业的师生、科研和管理人员。

根据惯例,更名后的期刊将继承原有期刊的数据及评价结果。该刊曾多次获得全国高校优秀学报、中国高校特色科技期刊奖、中国高校编辑出版质量优秀科技期刊、河北省高校优秀学报、河北省优秀期刊等奖励,并被《中国科技核心期刊》《中国科技论文与引文数据库》《万方数据库》《中国期刊全文数据库》《中国学术期刊全文数据库》《中文科技期刊文摘数据库》等多家权威检索系统和数据库收录。

《林业与生态科学》为季刊,大 16 开,每期页码 112 页,逢季首月 25 日出版。国内外公开发行,邮局发行代号:18-256,单价 20 元/册,全年 80 元。

E-mail 地址: xuebaolin@hebau.edu.cn

网 址: http://xuebaolin.hebau.edu.cn:8080

http://hbly.chinajournal.net.cn

联系电话: 0312-7526750, 0312-7526751

《河北林果研究》编辑部