

干旱胁迫对苦豆子种子吸胀萌发和幼苗生长的影响

王 进¹, 罗光宏^{1,2*}, 颜 霞¹, 陈 叶¹, 张新慧³

1. 河西学院农业与生物技术学院 甘肃省高校河西走廊特色资源利用省级重点实验室, 甘肃 张掖 734000

2. 河西学院 凯源生物技术开发中心, 甘肃 张掖 734000

3. 宁夏医科大学药学院, 宁夏 银川 750004

摘 要: 目的 研究干旱胁迫对苦豆子 *Sophora alopecuroides* L. 种子吸胀萌发的影响及其幼苗抗旱性。方法 以苦豆子种子为实验材料, 采用 PEG-6000 模拟干旱条件, 测定种子吸胀速率、发芽率、种苗生长情况、组织相对含水量等指标。结果 随着胁迫程度的加剧, 苦豆子种子吸胀速率、发芽率、发芽指数、生活力、苗高和根长、组织饱和含水量等指标均表现出明显降低的趋势, 而苗干质量、根干质量和根冠比均呈先升后降的趋势。结论 苦豆子种子在适当的干旱胁迫下可以提高苦豆子幼苗的抗旱性, 有利于培育壮苗。

关键词: 苦豆子; 吸胀萌发; 抗旱性; 种苗生长; 干旱胁迫

中图分类号: R282.2 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2011)09-1807-05

Effect of drought stress on imbibition germination and seedling growth of *Sophora alopecuroides*

WANG Jin¹, LUO Guang-hong^{1,2}, YAN Xia¹, CHEN Ye¹, ZHANG Xin-hui³

1. Key Laboratory of Hexi Corridor Resources Utilization of Gansu Universities, College of Agriculture and Biotechnology, Hexi University, Zhangye 734000, China

2. Kaiyuan Bio-tech Development Center, Hexi University, Zhangye 734000, China

3. College of Pharmacy, Ningxia Medical University, Yinchuan 750004, China

Abstract: **Objective** To study the influence of drought stress on imbibition germination of *Sophora alopecuroides* and the drought resistance of its seedling. **Methods** To measure the imbibition rate, germination rate, germination index, seedling growth, and relative tissue moisture content under the drought stress by PEP-6000. **Results** With the increased level of stress, the imbibition rate, germination rate, germination index, vigor index, seedling height, root length, and the relative tissue moisture content tended to decrease, while the seedling dry weight, root dry weight, and root-shoot ratio presented rising tendency then followed by the decrease. **Conclusion** The appropriate drought stress could improve the drought resistance of seedling, which is beneficial to cultivate strong seedling.

Key word: *Sophora alopecuroides* L.; imbibition rate; drought resistance; seedling growth; drought stress

苦豆子 *Sophora alopecuroides* L. 是豆科槐属植物, 为多年生草本、根茎地下芽旱生耐盐植物, 别名苦豆根、苦豆草、欧苦参等。其根、茎、全草及种子可药用, 味苦性寒, 具有清热解毒、抗菌消炎、祛风燥湿、止痛杀虫、平喘止咳、免疫调节等功效^[1-2]; 临床用于治疗痢疾、湿疹、顽癣、滴虫、外伤化脓及胃痛等^[3]。

苦豆子耐干旱、抗风蚀、固沙抗风, 有良好的保持水土的作用, 是西部荒漠干旱地区重要的植物。

几年来随着荒漠化的加剧, 地表裸露、过度放牧及开采, 使苦豆子野生资源量急剧下降, 无法满足中药加工提取苦豆碱和有机绿肥的需要。开展苦豆子人工栽培和恢复野生苦豆子种群是当前解决原料问题的关键^[4-5]。土壤干旱是影响种子吸胀及萌发的重要因素^[6-10], 但有关干旱胁迫对苦豆子种子萌发和幼苗生长影响方面的研究尚未见报道。因此, 本研究以苦豆子种子为材料, 采用不同 PEG-6000 水溶液模拟干旱胁迫环境来研究苦豆子种子的抗旱性,

收稿日期: 2010-12-15

基金项目: 甘肃省科技厅重点资助课题 (2GS035-A43-048-04); 河西学院校长基金资助项目 (XZ201001)

作者简介: 王 进 (1974—), 男, 汉族, 甘肃张掖人, 副教授, 主要从事种子抗逆生理等方面的研究。Tel: (0936)8280809

*通讯作者 罗光宏 Tel: (0936) 8280003 E-mail: luoguanghong@hxy.edu.cn

对于揭示苦豆子抗旱机制和指导苦豆子规范化种植具有重要意义。

1 材料

苦豆子原材料 2008 年 10 月采自腾格里沙漠, 由河西学院农业与生物技术学院张勇教授鉴定为 *Sophora alopecuroides* L.。苦豆子荚果, 经自然阴干, 反复搓揉脱粒后清洗, 逐个精选, 除去烂粒、秕瘦粒和虫蚀粒, 获苦豆子净种子 2 000 g。

2 方法

实验于 2008 年 11 月至 2009 年 6 月在河西学院种子检验实验室内进行。

2.1 种子处理

将干净的苦豆子在水中 (25 ℃) 浸泡 24 h, 获取硬实种子^[11], 然后将苦豆子种子用 90% H₂SO₄ 处理 70 min 以破除硬实。

2.2 模拟干旱胁迫对种子吸水率的影响

模拟干旱胁迫条件以 5%、10%、15%、20%、25%、30% 聚乙二醇 (PEG) 水溶液处理, 其渗透势相当于 -0.09、-0.24、-0.43、-0.66、-0.85、-1.20 MPa, 以蒸馏水处理作对照 (CK), 共 7 个处理, 每个处理重复 3 次。试验温度为 25 ℃, 吸水床用直径 7 cm 培养皿, 试验时各处理随机取苦豆子种子约 5 g, 放置于培养皿内, 用适量处理液浸没种子后加盖。为减少蒸发和种子吸水引起培养皿内水势的改变, 3 h 更换一次溶液, 试验时间为 48 h, 每 3 小时测定 1 次吸水量。测定时将培养皿内的种子全部取出, 用滤纸吸去种子表面黏附的溶液, 快速称质量, 计算种子累计吸水率。种子累计吸水率 = [(吸水后种子质量 - 吸水前种子质量) / (吸水前种子质量 - 硬实种子质量)]^[7-8]。

2.3 模拟干旱胁迫条件对种子萌发的影响

模拟干旱胁迫条件以 5%、10%、15%、20%、25%、30% PEG 水溶液处理芽床, 以蒸馏水处理芽床作对照, 共 7 个处理。发芽试验在人工气候箱内进行, 采用 25 ℃ 全光照, 在培养皿纸上 (TP) 发芽, 每处理设 4 个重复, 每个重复 50 粒种子, 发芽期间每日统计萌发数, 每 2 天更换一次 PEG 水溶液处理的发芽床, 以保持芽床水势恒定。记录种子起始萌发的天数, 第 10 天统计发芽率, 计算发芽指数和活力指数, 并推导种子吸水率与萌发率的关系。发芽率 = 发芽种子数 / 供试种子数; 发芽指数 = $\sum (Gt/Dt)$ (其中 Gt 表示第 t 天的发芽数, Dt 表示相应的发芽天数); 活力指数 = $S \times GI$ (式中 S 为幼苗鲜质量, GI 为发芽指数)^[12-14]。

2.4 模拟干旱胁迫条件对幼苗生长、物质分配及复水恢复率的影响

将“2.3”项第 10 天的正常幼苗每培养皿随机取 30 株测量苗高、根长、苗鲜质量、芽干质量、根干质量、芽相对含水量、根相对含水量和根冠比; 将没有萌发的种子清洗后用蒸馏水处理芽床做恢复发芽试验, 第 5 天统计恢复发芽率。芽苗组织相对含水量采用饱和称量法测定, 根冠比用根干质量与芽干质量的比值表示。

2.5 数据处理

应用计算机 DPS 程序统计分析实验数据, Duncan 方法进行多重比较, Excel 程序绘图。

3 结果与分析

3.1 干旱胁迫对苦豆子种子发芽的影响

3.1.1 模拟干旱胁迫对种子累计吸水率的影响 由图 1 可以看出, 苦豆子种子吸水过程呈现 3 个阶段, 即急剧吸水期、缓慢吸水期和饱和吸水期。浸种后 12 h 内为急剧吸水期, 吸水率由 0% 急剧上升到 80%~130%; 浸种后 12~27 h 为稳定吸水期, 吸水率从 130% 上升到 150%, 吸水率近似直线上升; 浸种 27 h 后为饱和吸水期, 从 148% 增加到 152%, 浸种 28 h 达到最大吸胀率, 这期间吸水率差异不显著 ($P > 0.05$)。在不同处理中, 苦豆子种子在 CK 及 5%、10% PEG 处理下, 27 h 达到最大吸水率, 分别为 153%、151%、147%, 在 15%、20%、25%、30% PEG 处理下 30 h 达到最大吸水率, 分别为 144%、134.85%、133.99%、121.94%。

3.1.2 模拟干旱胁迫对种子发芽特性的影响 由表 1 可见, 在实验设置的干旱条件下, 苦豆子种子在 CK 及 5%、10% PEG 处理下, 第 1 天开始萌发, 发芽

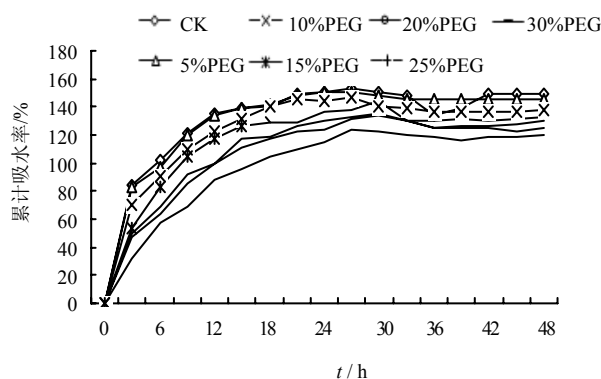


图 1 苦豆子种子累计吸水率对不同模拟干旱胁迫的响应

Fig. 1 Response of accumulated absorbing water rate in seeds of *S. alopecuroides* to different simulated drought stress

表 1 苦豆子种子发芽对模拟干旱胁迫的响应

Table 1 Responses of germination in seeds of *S. alopecuroides* to different simulated drought stress

处理	发芽起始天数	发芽率/%	发芽指数	活力指数
CK	1	97.30± 2.31 Aa	93.00± 2.64 Aa	13.20± 0.94 Aa
5%PEG	1	94.00± 0.00 Aa	72.40± 0.95 Bb	7.79± 0.05 Bb
10%PEG	1	94.70± 3.06 Ab	42.90± 2.82 Cc	3.79± 0.25 Cc
15%PEG	2	64.00± 4.00 Bb	22.70± 3.83 Dd	1.94± 0.33 Dd
20%PEG	2	48.00± 10.00 Cc	10.50± 3.07 Ee	0.76± 0.27 Ee
25%PEG	6	11.33± 4.16 Dd	1.80± 0.93 Ff	0.10± 0.05Ee
30%PEG	—	0± 0 Ee	0± 0 Ff	0± 0 Ee

同列中不同大写字母表示在 0.01 水平差异显著, 不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著, 下同

For each index, different uppercase and lowercase letters indicate significant differences at level of 0.01 and 0.05 by Duncan tests, respectively, same as below

率极显著高于其他处理, 在 15%、20%PEG 处理下, 第 2 天开始萌发, 在 25%PEG 处理下, 第 6 天开始萌发, 30%PEG 处理不萌发。随着干旱的加剧和水势的降低, 苦豆子种子、发芽率、发芽指数和活力指数均显著减低 ($P<0.05$)。与 CK 相比, 在 15%、20%、25%、30%PEG 处理下, 苦豆子种子发芽率、发芽指数和活力指数分别降低 34.22%、50.67%、88.36%、100%, 76.67%、89.21%、98.15%、100% 和 98.00%、99.21%、99.89%、100%, 差异均达到极显著水平 ($P<0.01$)。

3.1.3 苦豆子种子发芽率与累计吸水率的关系 由图 1 数据结合表 1 进行发芽率与累计吸水率回归分析结果表明, 模拟干旱胁迫条件下, 苦豆子种子发芽率与 48 h 累计吸水率呈显著正相关 ($P<0.05$) (图 2)。种子开始萌发的吸水率小于最大累计吸水率, 以发芽率为纵坐标 (Y), 累计吸水率为横坐标 (X), 绘制标准曲

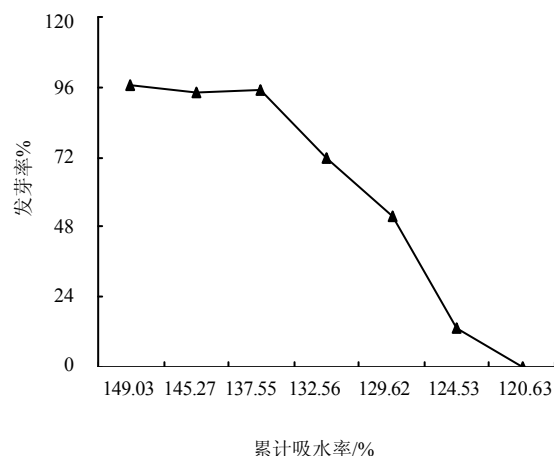


图 2 苦豆子种子发芽率与累计吸水率的关系

Fig. 2 Relationship of germination rate and accumulated absorbing water rate in seeds of *S. alopecuroides*

线, 得回归方程为 $Y = -2.8095 X^2 + 5.4238 X + 96.486$, $r = 0.9729$ 。

3.2 干旱胁迫对苦豆子苗生长的影响

从幼苗生长情况来看, H_2SO_4 处理的苦豆子硬实种子在蒸馏水处理下萌发, 幼苗生长健壮, 灰暗绿, 心叶抽出, 羽状复叶可见; 5%PEG 处理下, 幼苗生长健壮, 鲜绿, 心叶叶柄抽出, 但羽状复叶不展开, 种皮全部脱离子叶; 10%PEG 处理下, 幼苗鲜绿, 40%种皮脱离子叶, 心叶小, 但可见, 其余种皮紧裹子叶; 15%~25%PEG 处理下, 种皮紧裹子叶, 幼苗生长较小。由表 2 可见, 随模拟干旱胁迫的加剧, 苦豆子幼苗的苗高、根长、次生根个数和幼苗鲜质量均显著降低。

3.3 模拟干旱胁迫对苦豆子幼苗饱和含水量、恢复率和物质分配的影响

由表 3 可见, 随模拟干旱胁迫的加剧, 幼苗的干质量增加, 子叶养分转化率降低, 幼苗饱和含水量降低, 在 5%PEG 的模拟干旱胁迫胁迫下, 苦豆子幼苗根干质量和根冠比增加, 随模拟干旱胁迫的加剧幼苗根干质量和根冠比降低; 受到 20%~30% PEG 胁迫的苦豆子吸胀种子复水后随胁迫加剧恢复萌发率提高。

4 结果与讨论

干旱胁迫下种子吸胀萌发特性对幼苗生存具有十分重要的意义, 一般野生于干旱荒漠地区的植物种子具有独特的萌发特性, 以适应该区的降水条件。

关于苦豆子种子在干旱胁迫下萌发特性和幼苗生长的研究未见报道。本研究结果发现, PEG 模拟干旱处理可以延迟苦豆子种子在水分不充足的条件下萌发, 浓度的增高 (低于 10%) 使苦豆子种子

表 2 苦豆子幼苗生长对模拟干旱胁迫的响应

Table 2 Responses of *S. alopecuroides* seedling to different simulated drought stress

处理	苗高/cm	根长/cm	次生根个数	每 10 株幼苗鲜质量/mg
CK	2.810±0.090 1 Aa	5.005±0.030 0 Aa	6.65±0.694 6 Aa	1.418±0.106 9 Aa
5%PEG	2.190±0.048 6 Bb	4.790±0.111 7 Aa	5.05±0.086 6 Bb	1.076±0.092 1 Bb
10%PEG	1.380±0.230 7 Cc	3.360±0.120 7 Bb	2.70±0.522 0 Cc	0.884±0.059 8 Cc
15%PEG	1.300±0.105 0 Cc	2.920±0.360 9 Cc	1.47±0.100 0 Dd	0.852±0.069 3 Cc
20%PEG	0.908±0.049 5 Dd	0.640±0.145 3 Dd	0.12±0.104 1 Ee	0.667±0.062 4 Dd
25%PEG	0.785±0.020 7 Dd	0.620±0.105 3 Dd	0.00±0.00 Ee	0.554±0.048 0 Ee

表 3 模拟干旱胁迫对苦豆子物质分配、幼苗饱和含水量和恢复率的影响

Table 3 Effects of simulated drought stress on matter distribution, seedling saturated water content, and recovery rate in seeds of *S. alopecuroides*

处理	饱和含水量/%	恢复率/%	每 10 株苗干质量/g	每 10 株根干质量/g	根冠比
CK	92.77±5.71 Aa	0±0 Dd	0.097 5±0.001 6 Bc	0.026 2±0.000 5 Bb	0.268 3±0.002 8
5%PEG	89.20±0.99 Aab	0±0 Dd	0.104 6±0.004 1 Bbc	0.036 4±0.002 1 Aa	0.348 3±0.006 9
10%PEG	84.19±2.51	0±0 Dd	0.127 5±0.012 7 Bb	0.024 3±0.002 0 Bb	0.190 5±0.009 5
15%PEG	77.78±6.40 BCc	0±0 Dd	0.192 7±0.014 7 Aa	0.026 4±0.005 8 Bb	0.136 8±0.029 6
20%PEG	70.07±7.50 CDd	15±8 Cc	0.214 6±0.149 0 Aa	0.011 3±0.001 6 Cc	0.052 8±0.008 2
25%PEG	63.89±9.15 Dd	38±5 Bb	0.201 1±0.027 8 Aa	0.007 9±0.002 7 Cc	0.040 7±0.008 9
30%PEG	0±0 Ee	46±6 Aa	0±0 Cd	0±0 Dd	0±0 Ff

在前期萌发率较低,而在 48 h 后也能达到大部分吸胀,这可能是因为随着模拟干旱胁迫强度的增加,苦豆子种子内部膜系统的修复将更加延缓,当然浓度过高则不能修复。由此可以看出 PEG 处理虽然抑制种子的发芽势,但轻度胁迫(低于 10%)并未影响苦豆子最终的发芽率。

在水分胁迫下,发芽种子通常会调节地上与地下器官比例,使其有限的营养物质和水分优先满足根部生长,本实验结果显示,在干旱胁迫下,苗高比根长生长受胁迫影响更大。苦豆子的苗高、根长和幼苗生长量随干旱胁迫的加强而降低,说明苦豆子幼苗对干旱有特殊适应机制,通过减少生长量来缓解轻度干旱对其幼苗的危害。随着干旱的加剧,苗干质量增加,根干质量在轻度胁迫下增加,重度胁迫下降低,根冠比随胁迫的加剧先升后降,这表明苦豆子种子幼苗生长过程中对于外界干旱环境能够首先采取增加胚根/胚芽比来适应,这与前人对甘草的研究结果一致^[7],是一种对干旱的适应性反应。但胁迫时间长或干旱严重时,种子萌发受到抑制甚至不能发芽成苗。因此播种时,一方面考虑墒情,使种子顺利萌发,同时幼苗生长时考虑适当干旱炼苗,提高幼苗根冠比,以促进幼苗健壮生长。

在干旱渗透胁迫下,幼苗组织含水量降低,这有利于细胞维持较低水势有利吸水。

因此,在苦豆子播种和育苗的生产环节中,根据苦豆子种子的吸胀萌发特性,应给予适当的干旱环境,促进根系的伸长生长,提高自身抗旱性,培养壮苗,为提高人工种植苦豆子的药材产量和质量奠定良好的物质基础。

参考文献

[1] 杨家新,喻志芳. 苦豆子的研究进展 [J]. 天津药学, 1998, 10(1): 43-45.

[2] 李莉,张文学,张顺利. 苦豆子生物碱的免疫调节作用及其作用机制研究进展 [J]. 中草药, 2007, 38(4): 附 7-附 8.

[3] 陈文娟,杨敏丽. GC-MS 分析宁夏苦豆子不同部位挥发油的化学成分 [J]. 华西药学杂志, 2006, 21(4): 334-336.

[4] 王进,王泽基,陈叶,等. 苦豆子种子发芽特性研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(5): 202-206.

[5] 王建宇. 宁夏中部干旱带药用植物区系特点及开发利用 [J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(1): 204-207.

[6] 杨鹏辉,李贵全,郭丽,等. 干旱胁迫对不同抗旱大豆品种花荚期质膜透性的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2003, 31(3): 23-26.

- [7] 刘长利, 王文全, 魏胜利. 干旱胁迫对甘草种子吸胀萌发的影响 [J]. 中草药, 2004, 35 (12): 1403-1405.
- [8] 曾彦军, 王彦荣, 萨仁, 等. 几种旱生灌木种子萌发对干旱胁迫的响应 [J]. 应用生态学报, 2002, 13(8): 953-956.
- [9] 曾彦军, 王彦荣, 保平, 等. 几种生态因子对红砂和霸王种子萌发及幼苗生长的影响 [J]. 草业学报, 2005, 10: 24-30.
- [10] 曾彦军, 王彦荣, 庄光辉, 等. 红砂和霸王种子萌发对干旱与播深条件的响应 [J]. 生态学报, 2008(8): 1629-1634.
- [11] 尹燕桦, 董学会. 种子学实验技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
- [12] 韩建国. 实用牧草种子学 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1997.
- [13] 颜启传. 种子检验原理与技术 [M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2001.
- [14] 徐本美译. 种苗评定与种子活力测定方法手册 [M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993.

《药物流行病学杂志》征稿与征订启事

《药物流行病学杂志》为科技部中国科技论文统计源期刊、中国科技核心期刊, 湖北优秀期刊, 中国药学会主办, 1992 年创刊, 是此新兴边缘学科在我国乃至亚洲第一本公开发行的专业期刊, 为国内各大数据库和《国际药学文摘》等收录, 2009 年被遴选进入 WHO 西太平洋地区医学索引。设有述评、论著、临床用药与药效评价、药物警戒与安全用药、药物利用与药物经济学、讲座·药物警戒、综述·论坛和病例报道·病案分析等栏目; 大 16 开本, 56 页, 每月 15 日出版, 每期定价 9 元, 全年 108 元。国内统一刊号: CN42-1333/R, 邮发代号 38-187。漏订者可向编辑部补订。

该刊早在 2003 年就开设杂志独立网站, 改造工作流程, 自行设计开发了远程稿件处理系统, 大大加快了稿件审理流转速度, 方便了与作者的信息交互, 打破专家地域局限, 增加了一批国际编委, 权威的审稿专家网络和便捷的信息传递系统, 保证了杂志对重要基金项目产文等优质稿件的快速审理和优先及时发表; 同行评价水平高, 审结周期短, 编辑部承诺: 在作者密切配合下, 90 天内可获知稿件处理结果; 省、部级基金或重要成果的首发论文 60 天左右内刊登; 国家级基金首发论文 30 天左右刊登。

编辑部地址: 湖北省武汉市兰陵路 2 号 **邮编:** 430014 **电话:** 027-82778580, 82835077

在线投稿及查询网址: <http://tg.cnjpe.org> **杂志网址:** <http://www.cnjpe.org>

投稿备份电邮: cnjpetg@163.com