

## 核壳、盐和水分胁迫对长柄扁桃种子萌发的影响

马小卫, 郭春会\*, 罗梦

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨陵 712100)

**摘要:**探讨了核壳、盐胁迫和水分胁迫对长柄扁桃种子萌发的影响。结果表明:内种皮对种子萌发没有影响,其种子休眠是由于核壳的机械障碍和内源抑制物的综合作用。盐胁迫对种子发芽具有抑制作用,发芽率随着盐浓度的增加呈下降趋势,0.02~0.06 mol·L<sup>-1</sup> NaCl、0.01~0.02 mol·L<sup>-1</sup> NaHCO<sub>3</sub> 胁迫对种子的萌发影响不大,但发芽时间延长,当盐浓度≥0.03 mol·L<sup>-1</sup> 时 NaHCO<sub>3</sub> 胁迫对种子萌发抑制作用显著强于 NaCl 胁迫。用不同浓度的 PEG6000 模拟土壤干旱对种子萌发进行人工水分胁迫处理,随着水势下降,种子发芽率、发芽速度、发芽指数及发芽活力呈下降趋势,在轻度水分胁迫下(-0.2 MPa)发芽率有所上升,表明长柄扁桃具有一定的抗旱性。

**关键词:**长柄扁桃;种子;核壳;盐胁迫;水分胁迫

**中图分类号:**S662.104.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-7461(2006)04-0069-04

### Influence of Endocarp, Salt and Water Stress on the Seed Germination of *Amygdalus pedunculata*

MA Xiao-wei, GUO Chun-hui, LUO Meng

万方数据

(College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Effects of endocarp, salt stress and water stress on seed germination of *Amygdalus pedunculata* Pall. were studied. The results showed that endocarp had no effect on the seed germination, physical barrier of endocarp and some endogenous inhibitor in the seed synthetically resulted in seed dormancy. Salt stress inhibited seed germination, with the increase of salt concentration, germination decreased. 0.02~0.06 mol·L<sup>-1</sup> NaCl, 0.01~0.02 mol·L<sup>-1</sup> NaHCO<sub>3</sub> had no obvious effect on seed germination, but the time needed to complete the germination was prolonged, when treated with ≥0.03 mol·L<sup>-1</sup> NaHCO<sub>3</sub>, the inhibited extent to seed germination was obviously lower than that under the same concentration of NaHCO<sub>3</sub>. With different concentrations of polyethylene glycol (PEG6000), the treatment of water stress was simulated; With the decrease of water potential, the germination percentage, speed and index decreased in total and increased at the temperate water stress (-0.2 MPa), indicating that *A. pedunculata* Pall. has drought tolerance in certain extent.

**Key words:** *Amygdalus pedunculata* Pall.; seed; endocarp; salt stress; water stress

长柄扁桃(*Amygdalus pedunculata* Pall.)是蔷薇科扁桃属(*Amygdalus*)的落叶灌木,又名野樱桃、毛樱桃。果核卵球形,浅褐色,核壳坚硬、光滑,具稀疏的沟纹。果仁褐色,味微苦<sup>[1]</sup>,据笔者测定千粒仁重 99.527 g,出仁率 28.26%,双仁率 5%。它适应性强,抗旱抗寒,也有一定的抗盐碱能力。可作扁桃育种的原始材料,嫁接繁殖扁桃的砧木以及荒山、沙漠地区的造林树种。长期以来由于沙漠淹没和人为破坏,长柄扁桃分布零散,日趋绝迹。《内蒙古珍稀

濒危植物图谱》将其列为濒危植物<sup>[2]</sup>。其呈零星或片状分布于毛乌素沙地的东南部,分布区干旱多风,年蒸发量为降水量的 4~8 倍<sup>[3]</sup>,很少的、不规则的降水量和很大的潜在蒸发量造成了沙漠地区土壤表面盐分的积累和水分贫瘠,由于长柄扁桃繁殖方式为种子繁殖,自然繁殖困难,而有关其种子萌芽特性的研究报道很少,本文从核壳、土壤水分及盐分对长柄扁桃种子萌发的影响来探讨其致濒原因对加快长柄扁桃的繁殖具有重要意义。

收稿日期:2005-10-31 修回日期:2005-12-08

基金项目:陕西省科学技术攻关项目(2004K04-C9)

作者简介:马小卫(1979-),男,河南商丘人,在读硕士研究生,从事果树逆境生理生态研究。

\* 通讯作者:郭春会。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

将采集于陕西省神木县瑶镇乡沟掌村的成熟长柄扁桃种子,经过夹破核壳和剥除核壳处理与完整种子分别用 0.1%  $\text{KMnO}_4$  消毒 10 min 后,用蒸馏水多次冲后,作为试验材料。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 核壳对长柄扁桃种子萌发影响

1.2.1.1 发芽试验:将完整种子、夹破核壳和剥除核壳的长柄扁桃种子在室温清水中浸泡处理 24 h 后,进行培养皿纸上发芽,每天定时定量浇水。

1.2.1.2 种子吸水曲线的制定:将种仁、完整种子浸入水中放在 17℃ 的恒温箱中吸胀,每个处理重复 3 次,每次 50 粒,测定吸水率。

1.2.2 盐和水对长柄扁桃种子萌发影响的研究方法 将经过消毒的去核壳种子用滤纸吸干表面水分,置于分别用不同浓度  $\text{NaCl}$ 、 $\text{NaHCO}_3$  (表 1) 和 PEG6000 浸湿的滤纸上,并用相应溶液定时定量浇灌发芽,每 2~4 d 换一次滤纸,用蒸馏水作对照。PEG6000 质量浓度分别为 100、150、200、250 和 300  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ ,与之相对应的溶液水势梯度大约为 -0.20、-0.40、-0.60、-0.86 和 -1.20 MPa。

表 1  $\text{NaCl}$  和  $\text{NaHCO}_3$  的浓度

Table 1  $\text{NaCl}$  and  $\text{NaHCO}_3$  concentrations

处理	浓度/ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$						对照
$\text{NaCl}$	0.02	0.04	0.06	0.10	0.14	0.18	0
$\text{NaHCO}_3$	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07	0.09	0

#### 1.2.3 测定方法

1.2.3.1 吸水率:采用称重法,分别于 2、4、8、12、24、36、72 h 取出种子用滤纸吸干表面水分,称重。吸水率(%) = (浸泡后重量 - 浸泡前重量) / 浸泡前重量  $\times 100\%$ 。

1.2.3.2 萌发试验:将经过 1.2.1.1、1.2.2 处理的种子置于铺垫双层滤纸的培养皿中,以每组 90 粒,3 个重复,培养于 17℃ 黑暗的恒温培养箱里。从种子置床之日起每隔 24 h 观察一次,种子的萌发以胚根出现为标准,以胚根长度等于种子长度为发芽标准。当连续 4 d 不发芽时作为发芽结束期。参照《国际种子检验规程》<sup>[4]</sup> 及有关文献<sup>[5,6]</sup> 于发芽结束后测量胚根和胚轴长,计算萌发率、发芽率、发芽速度、高峰期、平均发芽天数、发芽指数  $GI = \sum (G_t/D_t)$ , 其中  $G_t$  为在 t 天发芽种子数,  $D_t$  为其相对的发芽天数。发芽势% = (到达高峰日累计发芽粒数/供试种子粒数)  $\times 100\%$ , 活力指数  $VI = GI \times S_x$ , 其中  $S_x$  为发芽结束后胚根长度。相对盐害率% = (对照发

芽率 - 盐处理发芽率) / 对照发芽率  $\times 100\%$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 核壳对种子萌发的影响

表 2 表明:完整种子、夹破核壳种子和去除核壳种子 3 个处理的发芽率有明显差异,经过 12 d 发芽结束后完整种子不能萌发,去核壳种子的萌芽率、发芽率分别达 94.7%、84.0%,表明长柄扁桃种子的内种皮对种子萌发没有影响,导致长柄扁桃休眠的因素之一是其木质化的坚硬核壳。种子吸水量测定表明(图 1)坚硬的核壳对水分渗透有不利影响,但不能阻止水分进入种子,经过 3 d 吸水后,完整种子的吸水率达 24.4%,去核壳种子的吸水率为 58.0%,说明核壳可以透水、透气,并没完全限制种子对水分的吸收。在夹破核壳解除机械障碍后,种子平均发芽天数、高峰期都有不同程度的降低(表 2),种子萌发率、发芽率、和发芽势与去核壳种子相比分别降低 72%、87% 和 86%,经方差分析两者差异达极显著水平,这说明夹破核壳后壳的存在抑制种子的萌发,表明壳有抑制物种种子萌发的存在。

表 2 核壳对种子萌发的影响

Table 2 Effect of endocarp on seed germination

处理	萌发率 / %	发芽率 / %	发芽势 / %	平均发芽天数 / d	高峰期
完整种子	—	—	—	—	—
夹破核壳种子	26.7	10.7	6.7	8.0	0.2
去核壳种子	94.7	84.0	47.3	4.7	2.9

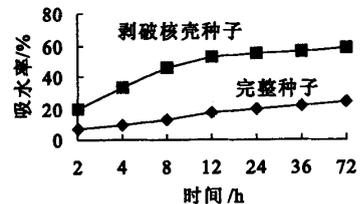


图 1 长柄扁桃种子吸水率变化

Fig. 1 Variation of the water absorption ratio of the seed

### 2.2 盐分对种子萌发的影响

去除核壳的长柄扁桃种子经不同浓度的  $\text{NaHCO}_3$ 、 $\text{NaCl}$  处理后,发芽率随着盐浓度的增高而降低,发芽期推迟(图 2、3),播种后第 3 d 对照已经发芽,经  $\text{NaHCO}_3$ 、 $\text{NaCl}$  处理的种子仍不能萌发。播后第 6 d,经 0.02、0.04、0.06、0.10 和 0.14  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{NaCl}$  处理的种子发芽率分别为 56%、52%、45.3%、16% 和 8%,对照发芽率为 72%。第 14 d 发芽试验全部结束时上述各处理的发芽率分别为 65%、71%、64%、48% 和 33.3%,对照发芽率为 84%,经 0.18  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{NaCl}$  处理的种子只有 2 粒发芽,呈现出极强的胁迫效应。0.01、0.02  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{NaHCO}_3$

胁迫对种子萌发的影响与  $0.04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl 胁迫相似,发芽结束后上述各处理的发芽率分别为 73%、72%,但当  $\text{NaHCO}_3$  浓度为  $0.03 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  时,种子发芽率已经受到较强的抑制只有 33%是同浓度

NaCl 胁迫下发芽率的 50% 左右,  $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{NaHCO}_3$  处理的种子已经极少发芽(发芽率为 27%)。表明随着盐浓度的增加  $\text{NaHCO}_3$  胁迫对种子萌发的抑制强于 NaCl 胁迫。

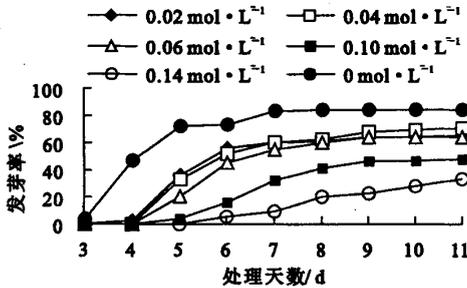


图2 NaCl 胁迫对种子发芽率的影响

Fig. 2 Effect of NaCl stress on seed germination percentage

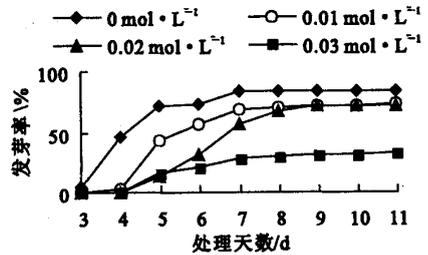


图3  $\text{NaHCO}_3$  胁迫对种子萌发的影响

Fig. 3 Effect of  $\text{NaHCO}_3$  stress on seed germination percentage

表3说明:盐分胁迫除使累积发芽率降低外还使胚根生长受到抑制,发芽的整齐度降低。 $0.02 \sim 0.06 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl、 $0.01 \sim 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{NaHCO}_3$  的低浓度胁迫处理,种子相对盐害率已显著影响了胚根长度及发芽指数。但随着盐浓度的增加,NaCl 胁迫处理,种子相对盐害率、胚根长度和发芽指数变化不显著,当 NaCl 浓度为  $0.14 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时,胚根长度和发芽指数急剧下降,与对照相比降幅为 78.7%。在  $\text{NaHCO}_3$  浓度为  $0.03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时,种子相对盐害率已极显著影响了胚根长度和发芽指数,下降幅度分别为 75.4%、70.2%, $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{NaHCO}_3$  胁迫几乎完全抑制了胚根的生长。

表3 盐胁迫对种子相对盐害率、胚根长度和发芽指数的影响

Table 3 Effect of salt stress on seed relative injury rate, sprout length and germination index

浓度/ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$		相对盐害率/%		胚根长度/cm		发芽指数	
NaCl	$\text{NaHCO}_3$	NaCl	$\text{NaHCO}_3$	NaCl	$\text{NaHCO}_3$	NaCl	$\text{NaHCO}_3$
0	0	0	0	6.90	6.90	4.70	4.70
0.02	0.01	22	13	4.29	4.35	2.95	3.31
0.04	0.02	18	14	4.45	4.32	3.06	2.78
0.06	0.03	24	60	3.02	1.70	2.67	1.40
0.10	0.05	43	100	2.25	—	1.75	—
0.14	0.07	62	100	1.47	—	1.00	—

2.3 水分胁迫对种子萌发的影响

表4表明:长柄扁桃种子在不同水分胁迫下的发芽率差异显著(发芽速度、发芽指数和活力指数的方差分析也均达到显著水平),长柄扁桃种子的发芽率随着 PEG 浓度的增加总体呈下降趋势。PEG 浓度从  $100 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  ( $-0.2 \text{ MPa}$ ) 到  $150 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  ( $-0.4 \text{ MPa}$ ) 时,发芽率下降 21.6%,在 PEG 浓度为  $250 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  ( $-0.86 \text{ MPa}$ ) 时种子发芽已被完全抑制,发芽率为 0。但在 PEG 浓度为  $100 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  时

发芽率高于对照,经方差检验二者差异不显著。随着水势的下降,长柄扁桃种子的发芽速度相应减慢,从  $0 \sim -0.2 \text{ MPa}$  发芽期推迟了 0.27 d,但经方差检验,二者差异不显著,当水势为  $-0.6 \text{ MPa}$  时发芽速度明显减慢。

表4 水分胁迫对发芽率、发芽速度的影响

Table 4 Effect of water stress on seed germination rate and germination speed

浓度	发芽率/%	发芽速度/d	水势 / -MPa	发芽率下降/%	发芽天数下降/d
对照(0 MPa)	84.0	4.68			
100(-0.2MPa)	86.7	4.95	0~0.2	-3.2	0.27
150(-0.4MPa)	68.0	5.43	0.2~0.4	21.6	0.48
200(-0.6MPa)	48.0	7.93	0.4~0.6	29.4	2.5
250(-0.86MPa)	—	—	0.6~0.86	—	—
300(-1.2MPa)	—	—	0.86~1.20	—	—

发芽指数反映了种子萌发的速度和整齐度,长柄扁桃种子发芽指数随着水势下降相应下降(图4),轻度水分胁迫(水势为  $-0.2 \text{ MPa}$ )下与 CK 相比变化不大,降幅为 12.13%,发芽指数在  $-0.4 \text{ MPa}$  下降幅也较小仍为 CK 的 76.17%,当 PEG 浓度增加到  $200 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  ( $-0.6 \text{ MPa}$ ) 时降幅较大,仅为 CK 的 33.14%。

活力指数表达了种子的发芽速度、整齐度、发芽百分数和幼苗生长势,是种子发芽和幼苗生长的综合反映,也表达了一定的植株生产力,图5反映了经不同浓度 PEG6000 处理后种子活力指数的变化,随着 PEG 浓度的增加,种子活力指数呈递减趋势,在 PEG 浓度为  $100 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  ( $-0.2 \text{ MPa}$ ) 时种子活力指数降幅较大,只有 CK 的 56%,随着胁迫的加剧,降幅逐渐增大。

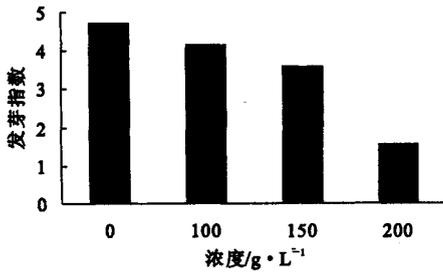


图4 不同浓度的 PEG 对长柄扁桃发芽指数的影响

Fig.4 Effect of different PEG6000 concentrations on seed germination index

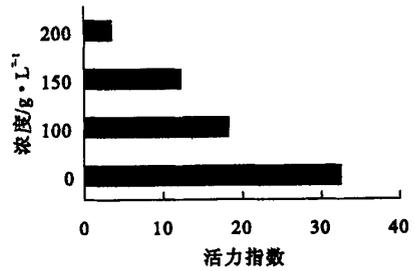


图5 不同浓度的 PEG 对长柄扁桃活力指数的影响

Fig.5 Effect of different PEG6000 concentrations on seed vigor index

### 3 讨论

试验结果表明长柄扁桃种子胚已完成其形态、生理发育,人工去除核壳不经沙藏可有效解除长柄扁桃种子的休眠。种皮结构是由遗传基因所控制、生态条件所影响,和休眠程度密切相关<sup>[7]</sup>,长柄扁桃的内种皮可以透水、透气,对种子萌发没有影响。核壳对透水有一定的影响,但没有完全阻碍。核壳结构对种子休眠的影响有四个方面<sup>[7]</sup>,一是不透水性,二是不透气性,三是机械阻碍,四是抑制物质。综合分析限制和阻碍长柄扁桃种子萌发导致休眠的因素可能是:一是来自坚硬核壳的机械阻力紧紧的束缚着种子,使胚根很难突破核壳而生长,二是核壳内可能还有控制休眠的物质存在,有待于进一步研究。这可能是长柄扁桃在自然条件下繁殖困难的原因之一。

种子在盐胁迫下能够正常萌发、成苗是植株在盐胁迫下能够生长发育的前提,本试验结果表明长柄扁桃种子的发芽率随着盐浓度的增加而降低,0.02 ~ 0.06 mol · L<sup>-1</sup> NaCl, 0.01 ~ 0.02 mol · L<sup>-1</sup> NaHCO<sub>3</sub> 胁迫对种子发芽率影响不大,但种子完成萌发所需时间延长了 1 ~ 2 d, 胚根长度和发芽指数也受到不同程度影响,长柄扁桃能在盐渍土上维持较高的发芽率,是其适应环境的一个特征。随着盐浓度的增加,长柄扁桃种子的发芽率降低,在盐胁迫中中性盐和碱性盐对种子萌发的胁迫作用不同,当 NaCl、NaHCO<sub>3</sub> 的浓度分别为 0.10、0.03 mol · L<sup>-1</sup> 时,种子发芽率受到较强的抑制,胚根长度和发芽指数降幅较大,相对被害率极显著升高,表现出转折浓度,可见长柄扁桃种子耐盐性略强于其耐碱性。与蒙古扁桃在低浓度盐胁迫下发芽率提高不同<sup>[8]</sup>,低浓度盐胁迫对长柄扁桃种子的发芽率没有促进现象。

PEG6000 是惰性大分子,可配制成预定的水势溶液,用来模拟土壤的自然水势,造成水分胁迫,以研究植物对水分胁迫的反映,揭示其抗旱性<sup>[9]</sup>。长柄扁桃种子在受到不同程度的干旱胁迫时,随着水势的下降其发芽率、发芽速度、发芽指数及活力指数等都不同程度的降低。但在轻度水分胁迫 PEG 浓度为 100 g · L<sup>-1</sup> (-0.2 MPa) 时其发芽率略高于对照,发芽速度、发芽指数下降幅度也较小,水势下降到 -0.4 MPa 时仍维持 68.0% 的发芽率,表明长柄扁桃在轻度水分胁迫下耐旱性较强,是其适应干旱环境的生理机制之一,当水势为 -0.6 MPa 时种子的萌发受到较强的抑制,表现为一界限值,以后随着胁迫的加剧,种子萌发完全被抑制,在水势为 -0.86 MPa 发芽率为 0。

### 参考文献:

- [1] 郭春会、梅立新、张檀. 扁桃的园艺技术[M]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [2] 赵一之, 内蒙古珍稀濒危植物图谱[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1992.
- [3] 符雅儒、万子俊. 沙地植物柄扁桃的生物学特性及引种栽培的研究[J]. 西北植物学报, 1996, 16(3): 19-23.
- [4] 国际种子检验协会 (ISTA). 国际种子检验规程[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1985, 54-57.
- [5] 张凤娟, 徐兴友, 孟宪东, 王凤宝, 金幼菊. 皂荚种子休眠解除及促进萌发[J]. 福建林学院学报, 2004, 24(2): 175-178.
- [6] 马翠兰, 刘星辉, 杜志坚. 盐胁迫对柚、福橘种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 福建农林大学学报(自然版), 2003, 32(3): 320-324.
- [7] 彭幼芬. 种子生理研究的新成就和大趋势[J]. 大自然探索, 1993, 12(3): 89-94.
- [8] 斯琴巴特尔, 满良. 蒙古扁桃种子发芽生理研究[J]. 广西植物, 2002, 22(6): 564-566.
- [9] 代莉, 谢双喜, 样荣和. 水分胁迫对日本柳杉种子萌芽的影响[J]. 贵州林业科技, 2003, 31(4): 15-19.