

皂荚天然群体间种实表型特性及种子萌发的差异分析

李 伟^{1,2}, 林富荣¹, 郑勇奇^{1,①}, 孙 圣¹

(1. 中国林业科学研究院林业研究所 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091;

2. 青岛农业大学园林与林学院, 山东 青岛 266109)

摘要: 对位于湖北京山、湖南城步、贵州兴义、重庆秀山、四川成都、广西桂林、山东费县和甘肃天水的 8 个皂荚 (*Gleditsia sinensis* Lam.) 天然群体间果实和种子表型特性及种子萌发率的差异进行了研究, 在此基础上, 对种子特性与萌发率的相关性进行了分析。结果表明: 不同皂荚群体间荚果的长度、宽度、厚度和质量以及种子长度、宽度、厚度和百粒质量均存在极显著差异 ($P < 0.01$); 在低纬度、高降雨量和干扰程度相对大的区域产生的荚果及种子均较大。在不同温度(昼/夜温度 35 °C/20 °C、30 °C/15 °C、25 °C/10 °C 和 15 °C/5 °C) 条件下, 8 个皂荚群体间种子萌发率无显著差异, 平均萌发率为 7.70%; 种皮经人为损伤后种子萌发率总体上有所提高且在不同温度条件下差异显著, 其中在昼/夜温度 15 °C/5 °C 的条件下种子萌发率低于其他处理温度。在不同温度条件下, 种子的长度、宽度、厚度和百粒质量与萌发率均呈正相关, 但总体上相关性不显著。研究结果说明: 不同皂荚群体的荚果和种子特性变异较大, 且在降雨量高的地区其果实和种子较大; 低温对皂荚种子的萌发有一定抑制作用; 种皮损伤处理可解除皂荚种子的物理性休眠, 但皂荚种子还可能存在生理休眠现象; 一定程度的种子复合休眠可能是皂荚群体适应不同生境的重要生存策略之一。

关键词: 皂荚; 群体; 荚果特性; 种子特性; 种子萌发; 相关性

中图分类号: Q944.3; Q945.34 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2013)04-0070-06

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2013.04.10

Variation analysis on phenotypic characteristics of pods and seeds, and seed germination among natural populations of *Gleditsia sinensis* LI Wei^{1,2}, LIN Furong¹, ZHENG Yongqi^{1,①}, SUN Sheng¹

(1. Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation of State Forestry Administration, Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 2. College of Landscape Architecture and Forestry, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2013, 22(4): 70-75

Abstract: The variation of phenotypic characteristics of pods and seeds, and seed germination rate among eight natural populations of *Gleditsia sinensis* Lam. in Jingshan of Hubei, Chengbu of Hu'nan, Xingyi of Guizhou, Xiushan of Chongqing, Chengdu of Sichuan, Guilin of Guangxi, Feixian of Shandong and Tianshui of Gansu were researched, and on this basis, the correlation between seed characteristics and germination rate also was analyzed. The results show that there are extremely significant differences in length, width, thickness and weight of pods, and in length, width, thickness and 100-seed weight of seeds among different populations of *G. sinensis* ($P < 0.01$), and pods and seeds are bigger in regions with low latitude, high rainfall and more disturbance. Under different temperatures (day/night temperatures of 35 °C/20 °C, 30 °C/15 °C, 25 °C/10 °C and 15 °C/5 °C), there is no significant difference in seed germination rate among eight populations of *G. sinensis* with an average germination rate of 7.70%. After seed coat damaged artificially, the seed germination rate generally increases with the

收稿日期: 2013-05-07

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项重大项目“重要树种种质资源保存与可持续利用关键技术”(201204307)

作者简介: 李 伟(1983—),男,山东潍坊人,博士研究生,主要研究方向为林木遗传育种。

①通信作者 E-mail: zhengyq@caf.ac.cn

significant difference under different temperatures, in which, that is lower under day/night temperature 15 °C/5 °C than that under other temperatures. Under different temperatures, there is the positive correlation in length, width, thickness and 100-seed weight of seeds with seed germination rate, but generally the correlation are not significant. It is suggested that there are obvious variation in pod and seed characteristics among different populations, and pods and seeds are bigger in high rainfall regions. The low temperature has an inhibition to *G. sinensis* seed germination. The physical dormancy of *G. sinensis* seed can be broken by seed coat damaged artificially, but its may possess the physiological dormancy, so the complex dormancy of seeds with a certain degree may be an important survival strategy of *G. sinensis* population at different habitats.

Key words: *Gleditsia sinensis* Lam.; population; pod characteristics; seed characteristics; seed germination; correlation

种子是植物界演化的最高阶段,是种子植物生活史中的一个重要生育期,对植物群落的建立有决定性作用;而种子萌发过程是建立种子植物群落的关键环节,是实现种群更新和物种延续的重要阶段。种子的大小对于种子的萌发能力及幼苗更新能力起重要作用^[1-2],物种之间种子大小有别,而同种植物在不同环境下种子大小也有所不同^[3]。群体间种子性状的差异是由地理因子、气候条件、土壤条件、生境以及可利用资源量等多种因素决定的^[4-5]。而种子在大小、质量和萌发能力等方面的变异使得种子能逃避不利的环境条件,提高物种的适应能力,进而提高其生存能力^[1],对植物幼苗的存活、种群的更新和植被的发展动态具有重要作用^[6-7]。

休眠是种子内在的固有特性之一,而萌发是种子对环境条件和萌发需求二者叠合时的响应^[8],环境的异质性导致同一物种发生形态变异和遗传差异,产生了不同的生态型,使种子萌发特性存在明显差异,在同种植物的群体间主要反映为种子休眠程度的不同。物种有其独特的种子萌发和休眠策略,以增强其对环境的适应能力。同种植物群体间种子萌发特性的差异受分布区气候条件、经纬度、海拔高度和受干扰程度等外界环境因素的影响,因此,研究生境对群体间种实表型特征和种子萌发特性的影响有助于理解物种对环境的适应机制。

皂荚(*Gleditsia sinensis* Lam.)为豆科(Fabaceae)皂荚属(*Gleditsia* Linn.)植物,为中国特有种,自中国北部至南部及西南均有分布,多生长于平原、山谷及丘陵地区。皂荚有很强的抗逆性^[9],是优良的中药材和工业原料^[10],也是经济林、用材林、防护林及园林绿化的理想树种。皂荚虽分布广泛,但由于人为过度采伐及其自然群体种子萌发困难,目前仅保留残次疏林、个体(丛、簇)或散生木,群体处于濒危状态。迄今

为止,对皂荚的研究主要集中在引种栽培、种实和皂刺特性与成分^[11-12]、抗逆性^[9]和种源研究^[13]等方面,对于皂荚不同群体内和群体间表型变异及不同群体的种子萌发差异的研究鲜有报道^[14]。

目前,研究者对不同皂荚群体在长期适应各类生境的过程中表型特征是否会发生变化、在不同的生境中其种子的萌发行为是否产生变异等问题尚不清楚。为此,作者拟通过分析不同皂荚群体的种实表型特征及种子萌发行为,以期探讨影响皂荚种实表型特征及种子萌发的因素,阐明不同生境下皂荚种子和果实的生态适应机制,为该种类的资源保护和合理利用提供实验依据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试的8个皂荚自然群体分别位于湖北京山(HB)、贵州兴义(GZ)、重庆秀山(CQ)、四川成都(SC)、广西桂林(GX)、湖南城步(HN)、甘肃天水(GS)和山东费县(SD),各群体的地理位置及主要气候条件见表1。每个群体选择20株样株,共160株样株,株间距50 m以上;在每个样株树冠中上部南向位置采集50~80个荚果,于2011年11月完成所有样品的采集。

1.2 方法

1.2.1 种实表型性状测定 测定指标包括荚果长度、宽度和厚度以及种子的长度、宽度、厚度和百粒质量。在每个群体的每一样株上随机选择30个荚果,用游标卡尺分别测定荚果的最长、最宽及最厚处,即为荚果的长度、宽度和厚度,测量精度0.1 cm。在每个群体的每一样株上随机选择30粒种子,采用Epson 4990型平面扫描仪(爱普生中国有限公司)以及

WinSeedle 图像分析软件(加拿大 Regent Instrument 公司)测定种子的长度、宽度和厚度;每一样株随机抽取 100 粒种子,用 1/100 电子天平称取种子百粒质量,重复 8 次。

表 1 8 个皂荚天然群体的地理位置及主要气候条件

Table 1 Geographical location and main climatic condition of eight natural populations of *Gleditsia sinensis* Lam.

编码 Code	产地 Location	经度/(°) Longitude	纬度/(°) Latitude	年均温度/°C Annual mean temperature	年均降雨量/mm Mean annual precipitation	受干扰程度 ¹⁾ Disturbance degree ¹⁾
GZ	贵州兴义 Xingyi of Guizhou	E 104.97	N 25.72	15.2	1 315.0	中度 Medium
HN	湖南城步 Chengbu of Hu'nan	E 110.97	N 26.50	16.1	1 218.0	中度 Medium
SC	四川成都 Chengdu of Sichuan	E 104.10	N 31.12	16.2	918.2	中度 Medium
CQ	重庆秀山 Xiushan of Chongqing	E 108.97	N 28.75	16.5	1 334.0	较严重 Serious
GX	广西桂林 Guilin of Guangxi	E 110.78	N 25.45	18.9	1 949.0	中度 Medium
HB	湖北京山 Jingshan of Hubei	E 113.02	N 31.03	16.3	1 179.0	较严重 Serious
SD	山东费县 Feixian of Shandong	E 117.36	N 35.01	13.4	860.5	轻度 Slight
GS	甘肃天水 Tianshui of Gansu	E 105.37	N 34.21	11.5	491.7	轻度 Slight

¹⁾ 根据采样地周围环境以及与人类居住地的距离确定受干扰程度 Disturbance degree is defined according to surrounding environment of sampling location and the distance to human living place.

1.2.2 种子萌发率测定 用锋利刀片切去种子远离胚根一端的种皮直至露白,作为种皮损伤处理,以未经处理的种子为对照;将种子分别置于光照培养箱中,培养箱设置4个昼/夜温度梯度:35 °C/20 °C、30 °C/15 °C、25 °C/10 °C和15 °C/5 °C,每天光照12 h;每隔2 d统计萌发种子的数量并将已萌发的种子移除,持续观察30 d。每个群体每一处理30粒饱满种子,各重复3次。

1.3 数据分析

采用 SPSS 统计分析软件进行实验数据的分析,采用 EXCEL 2010 数据处理软件作图。用 Turkey 多重比较方法对皂荚群体间果实和种子性状及种子萌发率等变量的差异进行比较,并对这些指标进行方差

分析和相关性分析。

2 结果和分析

2.1 皂荚天然群体间荚果和种子特性的差异分析

8 个皂荚天然群体间果实特性和种子特性的比较结果见表 2。由表 2 可知:8 个皂荚群体间的荚果长度($F=41.32, P<0.01$)、宽度($F=17.54, P<0.01$)、厚度($F=32.88, P<0.01$)和质量($F=18.12, P<0.01$)均有极显著差异,各群体间种子的长度($F=12.99, P<0.01$)、宽度($F=21.04, P<0.01$)、厚度($F=17.00, P<0.01$)和百粒质量($F=151.07, P<0.01$)也均存在极显著差异。

表 2 8 个皂荚天然群体的荚果和种子表型性状的比较($\bar{X}\pm SD$)

Table 2 Comparison of phenotypic characteristics of pods and seeds of eight natural populations of *Gleditsia sinensis* Lam. ($\bar{X}\pm SD$)

产地 ¹⁾ Location ¹⁾	荚果特性 ²⁾ Pod characteristics ²⁾				种子特性 ²⁾ Seed characteristics ²⁾			
	长度/cm Length	宽度/cm Width	厚度/cm Thickness	质量/g Weight	长度/cm Length	宽度/cm Width	厚度/cm Thickness	百粒质量/g 100-seed weight
GZ	23.64±1.05a	2.62±0.05d	0.84±0.41b	20.12±1.04cd	1.24±0.02ab	0.84±0.02c	0.24±0.01d	44.84±1.54c
HN	23.09±1.02ab	2.61±0.06d	0.84±0.41b	21.09±1.40c	1.20±0.01abc	0.83±0.01cd	0.25±0.01c	41.25±1.37e
SC	23.32±1.04ab	2.66±0.06cd	0.83±0.29bc	23.11±1.03a	1.23±0.01ab	0.80±0.01e	0.29±0.01a	42.75±1.26d
CQ	21.75±0.64d	2.75±0.03bc	0.79±0.32d	22.73±1.02b	1.14±0.02c	0.86±0.01b	0.28±0.01a	46.11±1.45b
GX	22.98±1.06bc	2.81±0.05b	0.84±0.31b	21.95±1.41bc	1.25±0.02a	0.82±0.01d	0.25±0.01cd	44.48±1.47c
HB	22.73±1.02c	2.79±0.04b	0.99±0.42a	23.05±1.21a	1.18±0.02bc	0.88±0.01a	0.26±0.01bc	48.92±1.32a
SD	22.58±0.76c	2.89±0.04a	0.84±0.34b	19.63±0.85d	1.12±0.02d	0.83±0.01cd	0.26±0.01bc	39.87±1.35f
GS	17.91±0.56e	2.90±0.06a	0.82±0.37c	21.68±1.02bc	1.09±0.01d	0.83±0.02cd	0.27±0.01b	38.84±1.28f

¹⁾ GZ: 贵州兴义 Xingyi of Guizhou; HN: 湖南城步 Chengbu of Hu'nan; SC: 四川成都 Chengdu of Sichuan; CQ: 重庆秀山 Xiushan of Chongqing; GX: 广西桂林 Guilin of Guangxi; HB: 湖北京山 Jingshan of Hubei; SD: 山东费县 Feixian of Shandong; GS: 甘肃天水 Tianshui of Gansu.

²⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著($P<0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P<0.05$).

贵州群体的荚果最长,达(23.64±1.05) cm;甘肃群体的荚果最短,仅(17.91±0.56) cm。甘肃群体的荚果最宽,为(2.90±0.06) cm;湖南群体的荚果宽度最小,为(2.61±0.06) cm。湖北群体的荚果厚度最大,为(0.99±0.02) cm;重庆群体的荚果厚度最小,为(0.79±0.03) cm。四川群体的荚果质量最大,为(23.11±1.03) g;山东群体的荚果质量最小,为(19.63±0.85) g。

广西群体的种子最长,为(1.25±0.02) cm;而甘肃群体的种子最短,为(1.09±0.01) cm。湖北群体的种子最宽,为(0.88±0.01) cm;四川群体的种子宽度最小,为(0.80±0.01) cm。四川群体的种子厚度最大,为(0.29±0.10) cm;贵州群体的种子厚度最小,为(0.26±0.01) cm。湖北群体的种子百粒质量最大,为(48.92±1.32) g;甘肃群体的种子百粒质量最小,为(38.84±1.28) g。

实验结果表明:供试的8个皂荚天然群体间荚果特性和种子特性均存在显著差异,而且位于纬度高和降雨量低的生境中,群体的荚果和种子的多项指标均低于位于纬度低和降雨量高的生境中的群体。由于

采样地受干扰程度不同,皂荚的果实和种子特性也表现出一定的差异,干扰程度相对严重的群体产生的种子相对较大。

2.2 皂荚天然群体间种子萌发特性的差异分析

在不同温度条件下8个皂荚天然群体种子萌发率的比较结果见表3。表3的数据显示:在4个温度处理条件下种皮未处理种子的萌发率在8个群体间无显著差异,平均萌发率为7.70%。而种皮经过损伤处理后种子的萌发率总体上有所提高,表明皂荚种子的种皮渗透性较差,对种皮进行破坏能够打破种子的物理性休眠、促进种子萌发。

在不同温度条件下种皮经过损伤处理后种子萌发率存在显著差异[35℃/20℃($F=2.81, P<0.05$)、30℃/15℃($F=3.82, P<0.05$)、25℃/10℃($F=15.42, P<0.01$)、15℃/5℃($F=15.21, P<0.01$)];其中,在昼/夜温度15℃/5℃的条件下种子萌发率低于其他处理温度,说明低温对皂荚种子的萌发有一定的抑制作用。此外,位于纬度高、降雨量低的生境中的山东和甘肃群体的种子萌发率均最低,但与其他群体间的差异并不显著。

表3 不同温度条件下8个皂荚自然群体种皮未损伤与种皮损伤种子萌发率的比较($\bar{X}\pm SD$)

Table 3 Comparison of germination rate of seeds with coats undamaged or damaged of eight natural populations of *Gleditsia sinensis* Lam. under different temperatures($\bar{X}\pm SD$)

产地 ¹⁾ Location ¹⁾	不同温度条件下种皮未损伤种子的萌发率/% ²⁾ Germination rate of seed with coat undamaged under different temperatures ²⁾				不同温度条件下种皮损伤种子的萌发率/% ²⁾ Germination rate of seed with coat damaged under different temperatures ²⁾			
	15℃/5℃	25℃/10℃	30℃/15℃	35℃/20℃	15℃/5℃	25℃/10℃	30℃/15℃	35℃/20℃
GZ	7.63±0.12a	7.88±0.19a	8.29±0.12a	7.48±0.12a	78.15±2.34a	91.04±1.48a	92.67±2.98a	90.17±2.24a
HN	7.56±0.17a	8.07±0.97a	8.55±0.17a	7.18±0.24a	75.43±2.43a	87.86±1.27a	85.40±1.98a	80.76±1.43ab
SC	7.42±0.23a	7.74±0.19a	8.04±0.13a	7.37±0.22a	80.41±1.73a	94.24±1.34a	88.76±3.42a	90.23±2.43a
CQ	8.03±0.97a	8.18±0.17a	8.16±0.14a	7.34±0.22a	69.97±2.47ab	86.37±1.28a	87.21±2.68a	88.36±1.24a
GX	7.94±0.14a	8.37±0.22a	8.28±0.14a	6.83±0.10a	78.43±2.35a	90.24±1.07a	88.34±1.43a	84.27±2.47ab
HB	7.72±0.17a	8.04±0.12a	8.19±0.19a	7.18±0.13a	73.76±2.27a	86.88±1.47a	85.87±1.28a	81.56±1.35ab
SD	7.45±0.23a	7.89±0.13a	8.44±0.24a	7.04±0.11a	58.06±1.15b	69.75±2.35b	67.21±1.36b	67.88±1.43ab
GS	7.14±0.24a	7.54±0.19a	7.89±0.14a	6.93±0.24a	63.87±1.24ab	77.65±2.46a	70.43±1.43b	71.23±1.42ab

¹⁾ GZ: 贵州兴义 Xingyi of Guizhou; HN: 湖南城步 Chengbu of Hu'nan; SC: 四川成都 Chengdu of Sichuan; CQ: 重庆秀山 Xiushan of Chongqing; GX: 广西桂林 Guilin of Guangxi; HB: 湖北京山 Jingshan of Hubei; SD: 山东费县 Feixian of Shandong; GS: 甘肃天水 Tianshui of Gansu.

²⁾ 为昼/夜处理温度 Representing day/night treatment temperatures. 同列中不同的小写字母表示差异显著($P<0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P<0.05$).

2.3 皂荚种子特性与萌发率的相关性分析

对皂荚种子的各性状指标和不同温度条件下的萌发率进行相关性分析,结果见表4。由相关系数可见:仅在昼/夜温度30℃/15℃的条件下种子萌发率与其百粒质量有显著相关性($R=0.749, P<0.05$),而

在其他温度条件下种子百粒质量与种子萌发率均无显著相关性;且在不同温度条件下种子的长度、宽度和厚度与其萌发率均无显著相关性。但种子各项指标与种子萌发率均呈正相关,表明种子萌发率不仅受遗传特性限制,也与其生存环境的综合作用有关。

表4 不同温度条件下皂荚种子特性与种子萌发率的相关系数
Table 4 Correlation coefficient between seed characteristics and seed germination rate of *Gleditsia sinensis* Lam. under different temperatures

萌发率 ¹⁾ Germination rate ¹⁾	相关系数 Correlation coefficient			
	种子长度 Seed length	种子宽度 Seed width	种子厚度 Seed thickness	百粒质量 ²⁾ 100-seed weight ²⁾
A	0.088	0.108	0.534	0.571
B	0.086	0.151	0.569	0.582
C	0.075	0.330	0.622	0.749 *
D	0.165	0.227	0.675	0.657

¹⁾ A, B, C, D: 分别表示在昼/夜温度15℃/5℃、25℃/10℃、30℃/15℃和35℃/20℃条件下的种子萌发率 Representing seed germination rate under day/night temperatures of 15℃/5℃, 25℃/10℃, 30℃/15℃ and 35℃/20℃, respectively.

²⁾ *: $P < 0.05$.

3 讨论和结论

3.1 皂荚果实和种子特性与环境的关系分析

群体间种子的差异与气候、环境、经纬度、海拔高度以及植株大小等因素有关^[3]。种子质量是衡量一个物种适应环境的重要指标之一,但对不同的物种影响因素有一定差异。Mazer^[15]的研究结果显示:在印第安纳地区干旱对野萝卜(*Raphanus raphanistrum* Linn.)种子质量无影响;而Baker^[16]的研究结果表明:在加利福尼亚地区,极度干旱条件导致栎属(*Quercus* Linn.)和七叶树属(*Aesculus* Linn.)种类产生大种子。本研究结果显示:在降雨量高的地区,皂荚倾向于产生较大的果实和种子。这一结果可能与南方地区年平均降雨量和光热条件充足、植物个体获得的资源和水分较多、生殖生长较旺盛有关。此外,受人为干扰较严重的重庆和湖北皂荚群体的种子较大且质量也较高,这一结果与Salisbury^[17]的研究结果一致,因为大种子能储存更多的能量和物质,有效适应环境变化。

3.2 皂荚种子萌发特性与环境的关系分析

环境的异质性导致不同种子具有不同的萌发特性,群体间种子的萌发特性受多种因素的综合影响。Gray等^[18]和Probert等^[19]的研究结果表明:生长在高温环境中的植物种子的萌发率高于生长在低温环境中的植物种子萌发率;而Espigares等^[20]发现:昼/夜温度25℃/10℃对种子萌发有抑制作用。本研究中,在不同温度条件下,皂荚群体内种皮损伤种子的萌发率有显著差异,表现为在昼/夜温度15℃/5℃的低温条件下抑制种子萌发。这种在低温条件下种子萌发

率较低的特性对皂荚适应当地气候条件有重要意义。

在种子成熟过程中,降雨量的高低会导致一些物种的种子萌发率降低或者增加。Hacker等^[21]发现:分布在水分条件良好区域的群体种子萌发率显著高于分布于水分条件较差区域的群体;而Temel等^[22]的研究结果表明:沿海群体的种子萌发速率高于水分条件差的内陆群体,但是内陆群体的种子萌发率则高于沿海群体。本研究结果显示:分布于低降雨量区域的山东和甘肃皂荚群体的种子萌发率较低,但与其他群体无显著差异。进一步说明在自然生境中水分条件对不同物种种子萌发的影响有所不同。

3.3 皂荚种子萌发率与种子形态的关系分析

植物种子萌发特性与其形态特征,如种子大小、形状和百粒质量等性状均有关。Grime等^[23]认为:种子越小越容易萌发;而Leishman等^[24]认为:对同一类而言,大种子比小种子具有更高的萌发率,在资源受到限制的条件下大种子的萌发和幼苗更新比小种子有更大的优势。而对皂荚种子特性与萌发率的相关性分析结果也表明:相同条件下皂荚的大种子比小种子具有更高的萌发率。表明群体间种子萌发率的差异可能是由种子大小决定的,也即环境的差异使种子产生大小差异,形成了不同的萌发特性。

3.4 皂荚种子休眠与环境的关系分析

群体间种子休眠特性受经纬度、海拔、生境条件、光照、温度、水分以及受干扰程度等因素的影响。在18℃、21℃和24℃条件下 *Syringa reflexa* Schneid 种子的休眠率比生长在15℃条件下更高^[25];水分胁迫降低了 *Avena fatua* Linn. 种子的生理休眠^[26];但水分胁迫可增加无翅猪毛菜(*Salsola komarovii* Iljin)的生理休眠^[27]。种子的物理休眠能保证种子在极端环境下存活和产生持久种子库^[28]。皂荚种子具有物理性休眠特性,能够在胁迫环境条件下保存种子,对适应不同地区的生长环境有重要意义。通过人为损伤种皮,皂荚种子萌发率可显著提高。但种皮损伤只能打破物理休眠,而在4℃密封条件下保存2a的皂荚种子仍然具有95%的活力,因此,皂荚种子可能具有复合型休眠类型,种皮损伤只能打破其物理休眠,但不能解除其生理休眠。这也可能是皂荚种子对环境的适应策略之一。

综上所述,为适应不同环境条件,不同皂荚群体的荚果和种子特性广泛变异,且在降雨量高的地区荚果和种子均较大,但群体间种子萌发率无显著差异;

种皮损伤能打破皂荚种子的物理休眠,且低温可抑制其种子萌发;皂荚种子还可能存在生理性休眠。可见,不同程度的种子复合休眠是皂荚适应不同生境的生存策略之一,可保证其在不同生境中更新、存活和繁衍。

参考文献:

- [1] LORD J, WESTOBY M, LEISHMAN M. Seed size and phylogeny in six temperate floras: constraints, niche conservatism, and adaptation [J]. *The American Naturalist*, 1995, 146(3): 349-364.
- [2] KIDSON R, WESTOBY M. Seed mass and seedling dimensions in relation to seedling establishment [J]. *Oecologia*, 2000, 125(1): 11-17.
- [3] MICHAELS H J, BENNER B, HARTGERINK A P, et al. Seed size variation: magnitude, distribution, and ecological correlates [J]. *Evolutionary Ecology*, 1988, 2(2): 157-166.
- [4] SUSKO D J, LOVEIT-DOUST L. Patterns of seed mass variation and their effects on seedling traits in *Alliaria petiolata* [J]. *American Journal of Botany*, 2000, 87(1): 56-66.
- [5] MURRAY B R, BROWN A H D, DICKMAN C R, et al. Geographical gradients in seed mass in relation to climate [J]. *Journal of Biogeography*, 2004, 31(3): 379-388.
- [6] MEYER S E, KITCHEN S G, CARLSON S L. Seed germination timing patterns in intermountain *Penstemon* (Scrophulariaceae) [J]. *American Journal of Botany*, 1995, 82(3): 377-389.
- [7] ANDERSSON L, MILBERG P. Variation in seed dormancy among mother plants, populations and years of seed collection [J]. *Seed Science Research*, 1998, 8(1): 29-38.
- [8] THOMPSON K, OOI M K J. To germinate or not to germinate: more than just a question of dormancy [J]. *Seed Science Research*, 2010, 20(4): 209-211.
- [9] 冯 蕾, 白志英, 路丙社, 等. 氯化钠胁迫对枳椇和皂荚生长, 叶绿素荧光及活性氧代谢的影响 [J]. *应用生态学报*, 2008, 19(11): 2503-2508.
- [10] WU J, LI J, ZHU Z, et al. Protective effects of echinocystic acid isolated from *Gleditsia sinensis* Lam. against acute myocardial ischemia [J]. *Fitoterapia*, 2010, 81(1): 8-10.
- [11] 王菊花, 唐 静, 李 瑞, 等. 皂荚化学成分和生物活性的研究进展 [J]. *中国野生植物资源*, 2008, 27(6): 1-3.
- [12] LAI P, DU J R, ZHANG M X, et al. Aqueous extract of *Gleditsia sinensis* Lam. fruits improves serum and liver lipid profiles and attenuates atherosclerosis in rabbits fed a high-fat diet [J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2011, 137(3): 1061-1066.
- [13] 顾万春, 李 斌, 孙翠玲. 皂荚优良产地和优良种质荐 [J]. *林业科技通讯*, 2001(4): 10-13.
- [14] 兰彦平, 顾万春. 北方地区皂荚种子及荚果形态特征的地理变异 [J]. *林业科学*, 2006, 42(7): 47-51.
- [15] MAZER S J. Ecological, taxonomic, and life history correlates of seed mass among Indiana dune angiosperms [J]. *Ecological Monographs*, 1989, 59(2): 153-175.
- [16] BAKER H G. Seed weight in relation to environmental conditions in California [J]. *Ecology*, 1972, 53(6): 997-1010.
- [17] SALISBURY E. Seed size and mass in relation to environment [J]. *Proceedings of the Royal Society of London (Series B): Biological Sciences*, 1974, 186: 83-88.
- [18] GRAY D, STECKEL J R A. Viability of onion (*Allium cega*) seed as influenced by temperature during seed growth [J]. *Annals of Applied Biology*, 1984, 104(2): 375-382.
- [19] PROBERT R J, SMITH R D, BIRCH P. Germination responses to light and alternating temperatures in European populations of *Dactylis glomerata* [J]. *New Phytologist*, 1985, 99(2): 317-322.
- [20] ESPIGARES T, PECO B. Mediterranean pasture dynamics: the role of germination [J]. *Journal of Vegetation Science*, 1993, 4(2): 189-194.
- [21] HACKER J B, RATCLIFF D. Seed dormancy and factors controlling dormancy breakdown in buffel grass accession from contrasting provenances [J]. *Journal of Applied Ecology*, 1989, 26(1): 201-212.
- [22] TEMEL F, GÜLCÜ S, ÖLMEZ Z, et al. Germination of Anatolian Black Pine (*Pinus nigre* subsp. *pallasiana*) seeds from the Lakes Region of Turkey: geographic variation and effect of storage [J]. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 2011, 39(1): 267-274.
- [23] GRIME J, MASON G, CURTIS A V, et al. A comparative study of germination characteristics in a local flora [J]. *Journal of Ecology*, 1981, 69(3): 1017-1059.
- [24] LEISHMAN M R, WESTOBY M. Hypotheses on seed size: tests using the semiarid flora of western New South Wales, Australia [J]. *The American Naturalist*, 1994, 143(5): 890-906.
- [25] JUNTILLA O. Effects of mother plant temperature on seed development and germination in *Syringa reflexa* Schneid [J]. *Meldinger fra Norges Landbrukshoeqskole*, 1971, 50(10): 1-16.
- [26] SAWHNEY R, NAYLOR J M. Dormancy studies in seed of *Avena fatua*. 13. Influence of drought stress during seed development on duration of seed dormancy [J]. *Canadian Journal of Botany*, 1982, 60(6): 1016-1020.
- [27] YAMAGUCHI H, ICHIHARA K, TAKENO K, et al. Diversities in morphological characteristics and seed germination behavior in fruits of *Salsola komarovii* Iljin [J]. *The Botanical Magazine*, 1990, 103(2): 177-190.
- [28] TRAN V N, CAVANAGH A K. Structural aspects of dormancy [M] // MURRAY D R. *Seed Physiology: Vol. 2*. Sydney: Academic Press Australia, 1984: 1-44.