

# 菊科几种入侵和非入侵植物种子需光发芽特性差异

许慧男, 王文杰\*, 于兴洋, 贺海升, 关宇, 祖元刚\*

(东北林业大学森林植物生态学教育部重点实验室, 哈尔滨 150040)

**摘要:** 对入侵菊科植物(假苍耳、薇甘菊、紫茎泽兰、飞机草)以及非入侵菊科植物(扫帚梅、天人菊、金鸡菊、麦秆菊、翠菊、黑心菊)对比研究发现, 入侵组种子往往是需光发芽, 即有光条件下平均高出无光条件发芽率 40% ( $P < 0.01$ ), 而非入侵组的需光发芽特性不明显, 即有光和无光条件下种子发芽率差异不显著 ( $P > 0.05$ )。以入侵植物假苍耳为例对其种子需光发芽的特性研究发现: 红光有利于提高种子的萌发率(萌发率为 62%), 而蓝光起到相反的作用(萌发率 37%); 当以全光的 25% 照射种子时, 最能够促进种子的萌发(萌发率 59%), 更高的光强抑制种子萌发(100% 光强时, 发芽率为 21%)。适宜浓度水杨酸 SA 处理 (0.01 mmol/L) 可以起到与光照类似的效果而促进种子萌发(提高 30% 发芽率), 而 PEG 和低温处理对其不存在显著影响, 说明这种需光发芽的机理可能与 SA 处理影响种子萌发存在一定的联系。研究证实了入侵和非入侵菊科植物之间确实存在需光发芽的差异, 其生理生化差异及是否有利于入侵植物的快速入侵需深入研究。

**关键词:** 入侵菊科植物; 非入侵菊科植物; 需光发芽特征; 低温处理; PEG 处理; 水杨酸处理

## The differences in light-demanding germination features of seeds between invasive and noninvasive alien plants within *Compositae*

XU Huinan, WANG Wenjie\*, YU Xingyang, HE Haisheng, GUAN Yu, ZU Yuangang\*

Key Laboratory of Forest Plant Ecology, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

**Abstract:** Many introducing alien plants from the family of *Compositae* are used as gardening or pasture materials. Some of them had become invasive plants causing serious influence to ecological environment and vegetation health, while others became useful local-like species without any bad biological influence. The reason why some *Compositae* plants had much higher invasive ability than others of close taxonomic relation was a hot issue in the study of biological invasion. Seed germination is the first step for colonizing a new environment for any introducing species and high performance of seed germination may be also important for the success of invasive *Compositae* plants comparing with non-invasive species. High light habitats are typical colonizing sites for the invasive plants, favoring the fast invasion of these species. The aim of this study was to check the possible light influences on seed germination of invasive and non-invasive *Compositae* introduced plants and analogical illustration of possible underlying mechanism for such observed differences by one typical specie. For approaching this aim, the differences in light-demanding germination features of seeds between several alien invasive (*Iva xanthifolia*, *Mikania micrantha*, *Eupatorium adenophorum*, *Eupatorium odoratum*) and noninvasive plants (*Cosmos biginnatus*, *Gaillardia pulchella*, *Coreopsis basalis*, *Helichrysum bracteatum*, *Callistephus chinensis*, *Rudbeckia hybrida*) within *Compositae* were studied in this paper and seed germination experiments of these species were carried out under light or in dark. The results showed that the seeds of invasive plants germinated difficultly without light, and the germination percentage under light was averagely 40% ( $P < 0.01$ ) higher than that in dark, on the contrary, no significant differences in the seed germination percentage in dark and under light were found in non-invasive plants ( $P > 0.05$ ). Taking the typical invasive plant, *Iva xanthifolia* as an example, experiments were designed to find the influence of light quality (red

**基金项目:** 新世纪优秀人才资助项目 (NECT-07-0167); 国家自然科学基金资助项目 (30771698, 40873063); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目 (DL09CA17)

**收稿日期:** 2009-10-10; **修订日期:** 2010-04-02

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zygorl@vip.hl.cn; wjwang225@hotmail.com

light, green light, orange light, yellow light, blue light, purple light and white light control) and light intensity (increasing pieces of gauzes to set 100%、75%、50%、25%、0% of outside light about 78800lx) on the seed germination parameters, and different treatments of low temperature, PEG (polyethylene glycol, PEG-6000) as well as SA (salicylic acid) soaking were used to find possible mechanism underlying the light-demanding germination of invasive *Compositae* plants. The data showed that red light was more benefitable for germination (62% in germination percentage), but blue light strongly restrained the germination (37%), and such difference between two lights were statistical significant ( $P < 0.05$ ). Different light intensity also directly affected the germination performance, under the condition of 25% of full light, the germination percentage increased to 59%, and the length of the seedling was the largest comparing with those in other light conditions. On the contrary, higher light intensity would restrain the germination of seeds (full light, 21%; 75% of full light, 37%; 50% of full light, 30%), and seedling length under full light was the shortest. Data from the treatments of different SA concentration, different PEG concentration and different low temperature showed an alternative method stimulating seed germination instead of light treatment; i. e., SA treatment (0.01 mmol/L) could play the similar role as light to promote germination (30% higher germination percentage than that in dark). However, PEG and low temperature treatments had no effect on seed germination and could not take the place of light in stimulating the seed germination. These findings imply that there might be some correlation between the mechanism of light-demanding germination and the effect of SA treatment. In all, a marked difference in light-demanding seed germination between invasive plants and noninvasive plants were supported by our data, but more researches are needed to testify whether or not such light-demanding differences could benefit the rapid invasion of these species comparing the non-invasive species within the family of *ompositae*.

**Key Words:** invasive plant; noninvasive plant; light-demanding germination; low temperature treatment; PEG treatment; SA treatment

菊科植物中有很多外来引进植物,这些植物中部分植物已经成为入侵植物如,紫茎泽兰、薇甘菊、飞机草、假苍耳等,对生态环境和植被健康造成严重的影响<sup>[1-3]</sup>,也有很多是无害的园林绿化植物,如波斯菊、黑心菊等等。作为亲缘关系较相近的植物,为什么有些植物入侵能力强而另外的植物入侵能力弱,一直是入侵生物学的研究热点。有学者认为,菊科入侵植物能够产生大量的种子,并具有快速扩散能力<sup>[4]</sup>。也有学者认为,光照条件不仅能够影响植物的光合生理功能,而且对于种子萌发特性产生重要影响。如:对著名入侵植物薇甘菊种子的萌发实验发现,其种子只能在有光的条件下萌发,而在没有光照的条件下萌发率几乎为零<sup>[5]</sup>。发芽是植物生长发育的第一步,对于入侵植物和非入侵植物来讲均很重要,菊科入侵植物和非入侵植物在发芽方面是否存在差异值得探讨。基于 Silvertown 等提出的大小-数量权衡的规律,较发育完全种子,相同能量分配在发育不完全种子上具有更大的数量优势<sup>[6]</sup>。特别当发育不完全种子能够利用生境内的充分光照资源进行种子自身需光发育,可能将有利于入侵植物在多光生境条件下的快速入侵。

选择典型入侵植物种,比如假苍耳,其原产于北美洲现已广泛分布于我国东北地区,在辽宁沈阳市、黑龙江省哈尔滨市等城市都已经发现其踪迹,其传播速度异常迅速,《中华人民共和国进境植物检疫潜在危险性病、虫、杂草名录(试行)的通知》已经将其列为我国潜在危害性入侵杂草之一。目前,关于假苍耳的报道比较少,特别是对假苍耳发芽特性的研究未见报道。为了进一步探讨种子需光发芽的机制,通过不同光质、不同光强处理探讨光质光强对其影响,通过低温处理、PEG 处理、SA 处理探讨入侵植物(假苍耳)种子需光发芽的可能内在机理。通过这些研究,有助于理解菊科外来植物产生入侵的深层原因分析。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验材料

典型入侵菊科外来植物组:假苍耳(*Iva xanthifolia*)、薇甘菊(*Mikania micrantha*)、紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*)、飞机草(*Eupatorium odoratum*);典型非入侵菊科外来植物组:扫帚梅(*Cosmos biginnatus*)、天人

菊 (*Gaillardia pulchella*)、金鸡菊 (*Coreopsis basalis*)、麦秆菊 (*Helichrysum bracteatum*)、翠菊 (*Callistephus chinensis*)、黑心菊 (*Rudbeckia hybrida*)。假苍耳种子于 2007 年秋季采集于哈尔滨市市郊 (E126°41' N45°45'), 种子风干后在室温保存。于 2005 年分别采自广东深圳、海南海口和四川凉山州的薇甘菊、飞机草、紫茎泽兰种子在温室栽培,于 2007 年秋季采集种子、风干室温保存。菊科非入侵植物选择扫帚梅、天人菊、金鸡菊、麦秆菊、翠菊、黑心菊 2008 年 2 月种子购买当年生种子。于 2008 年 2 月开始进行各项实验。

### 1.2 几种菊科入侵植物和非入侵植物种子需光发芽特征的测定

经过 0.1%  $\text{HgCl}_2$  消毒 10min 的假苍耳、紫茎泽兰、飞机草、薇甘菊、扫帚梅、天人菊、金鸡菊、麦秆菊、翠菊、黑心菊的饱满种子,清水清洗 3—4 次,以 3 层滤纸作床,每处理重复 5 次,每份 30 粒均匀排列于玻璃培养皿内,用滴管加水至床面湿润并一直保持湿润状态。每种种子分两组放入温箱中,进行有光和无光处理,有光处理种子经过 12h 光照、温度 25℃ 和 12h 黑暗、温度为 15℃ 交替处理,无光处理种子在完全黑暗条件,12h 的 25℃ 和 12h 的 15℃。

### 1.3 以菊科入侵植物——假苍耳为例对种子需光发芽特征的测定

光质和光强对假苍耳种子萌发的影响。以 6 种颜色红、绿、橙、黄、蓝、紫的单层薄膜纸覆盖于表面皿,作为不同光质处理。将医用纱布叠起覆盖在表面皿上,通过逐渐增加纱布层数达到 100%、75%、50%、25%、0% 的透光率。用照度计 (TES-1330A,台湾泰仕) 进行测定透光率光强:100% ,78800lx;75% ,59100 lx;50% ,39400lx;25% ,19700lx;0% ,50lx。

低温处理<sup>[7]</sup>、PEG<sup>[8-9]</sup>和 SA<sup>[10]</sup>处理探讨假苍耳种子需光发芽是否存在替代方法。如果存在的话,需光发芽的机理可能与这一替代过程存在相同或者类似的机制。低温处理:经过 0.1%  $\text{HgCl}_2$  消毒 10min 的假苍耳种子,清水清洗 3—4 次,分别经过 0℃ 和 -25℃ 低温两种处理,并处理两种时间,即 1 个星期和 2 个星期,低温处理是在冰箱中进行,未进行沙层积处理。处理后将种子放在铺有 3 层滤纸的培养皿上,放入每天光照 16 h,温度设光照时 25℃,黑暗 15℃ 的培养箱中培养;PEG 处理:经过 0.1%  $\text{HgCl}_2$  消毒 10min 的假苍耳种子,清水清洗 3—4 次,分别用 5%、10%、15% 3 个浓度的 PEG-6000 (聚乙二醇-6000) 浸泡 24h,蒸馏水冲洗干净,均匀置于铺有 3 层滤纸,并用蒸馏水湿润的培养皿中,培养皿放在光照 16 h,温度设光照时 25℃,黑暗时 15℃ 的人工培养箱中进行发芽试验;SA 处理:经过 0.1%  $\text{HgCl}_2$  消毒 10min 的假苍耳种子,清水清洗 3—4 次,分别用 0.01、0.05mmol/L 和 0.1mmol/L 3 个浓度的 SA (水杨酸) 浸泡 24h,蒸馏水冲洗干净,均匀置于铺有 3 层滤纸,并用蒸馏水湿润的培养皿中,培养皿放在 20℃ 人工培养箱,黑暗环境下进行发芽试验。

### 1.4 数据收集与处理方法

采用标准发芽试验,以 3 层滤纸作床,每处理重复 5 次,每份 30 粒均匀排列于玻璃培养皿内,用滴管加水至床面湿润并一直保持湿润状态。将子叶展开者视为正常发芽种子进行统计。当连续 3d 无新发芽种子出现即视为发芽过程结束。芽重、芽长和根长在发芽率测定结束时进行测定。参照郑光华<sup>[11]</sup>的方法计算:发芽率 (%) = 发芽种子数/供试种子数 × 100%;发芽势 = 7d 内发芽的种子数/供试种子数 × 100%;发芽指数 ( $G_i$ ) =  $\sum G_t/D_t$  (式中  $G_t$  为在第  $t$  天种子的发芽数, $D_t$  为相应的发芽日数);活力指数 ( $V_i$ ) =  $G_i \times S$  (式中  $S$  为幼苗平均鲜重)。

种子生活力的表征指标主要有发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数等指标。一般认为发芽指数和活力指数是表示种子活力高低的指标,活力高的种子不仅发芽率高、发芽速度快,而且幼苗生长量大。

用 Excel2003 处理数据,用 Spss14.0 对数据统计分析

## 2 结果分析与讨论

### 2.1 菊科入侵植物种子和非入侵植物种子需光发芽特性的差异

图 1 所示,菊科入侵种假苍耳、薇甘菊、紫茎泽兰和飞机草在没有光照的条件发芽率在 20% 以下,而在有光的条件下其发芽率均在 40% 以上,二者差值平均超过 40%,差异多达到极显著水平 ( $P < 0.01$ )。而同科没有产生入侵危害的 6 种植物扫帚梅、天人菊、金鸡菊、麦秆菊、翠菊、黑心菊多表现为差异不显著 ( $P >$

0.05),无光条件下与有光条件下这一组植物的发芽率相差 10% 左右,远低于入侵植物组。

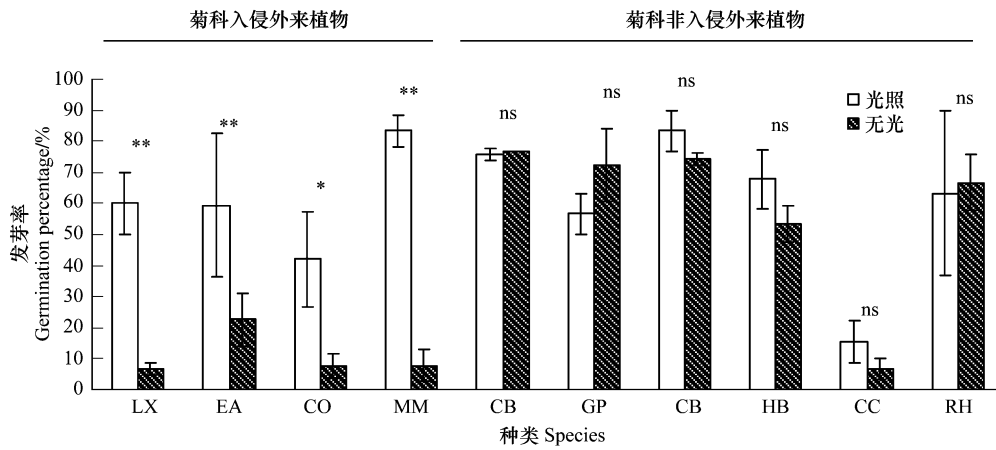


图 1 光照对菊科入侵植物和非入侵植物种子萌发率的影响

Fig. 1 Effect of light on the germination of several invasive alien compositae and non-invasive alien compositae

\* \* ; $P < 0.01$  差异极显著; \* ; $P < 0.05$  差异显著; ns, 差异不显著; IX 假苍耳 *Iva xanthifolia*, EA 紫茎泽兰 *Eupatorium Adenophorum*, CO 飞机草 *Eupatorium odoratum*, MM 薇甘菊 *Mikania micrantha*, CB 扫帚梅 *Cosmos biginnatus*, GP 天人菊 *Gaillardia pulchella*, CB 金鸡菊 *Coreopsis basalis*, HB 麦秆菊 *Helichrysum bracteatum*, CC 翠菊 *Callistephus chinensis*, RH 黑心菊 *Rudbeckia hybrida*

## 2.2 以入侵植物假苍耳为例探讨光质和光强对种子萌发的影响

经过白光、红光、橙光、黄光、绿光、蓝光和紫光 7 种不同光质处理后,发现假苍耳种子的发芽率最高为 62%,而最低的蓝光条件下仅为 37%,二者存在显著的差异 ( $P < 0.05$ ),说明红光最能够促进假苍耳种子萌发,而蓝光存在一定的抑制作用。不同光质影响芽的生长状态,蓝光下个体重量最低,而红光、橙光条件下个体最大;从生长高度来看,红光使个体最高,而蓝光、白光最小;根系在正常白光条件下最大,这也使得白光下根芽比最大(表 1)。

除了光质外,光强对假苍耳的发芽率和发芽状态影响显著(表 2)。无光条件下(0% 光照)几乎不发芽(6%),在 25% 光强下发芽率最高达到 59%,但是当光强增大到 50%、75% 和 100%,发芽率相对于 25% 透光率下降,分别为 30%、37%、21%,说明过强的光照可以抑制假苍耳种子的发芽。对芽重的影响与发芽率类似,25% 光强下,芽最大,而全光条件下,芽最小,但是统计分析显示差异在不同光强下均为达到显著。全光一定程度上抑制了芽的高生长和根系的生长,黑暗条件下个体芽长和根长最大。根芽比的结果统计分析显示差异在不同光强下均为达到显著。

表 1 不同光质的光对入侵植物假苍耳种子发芽的影响

Table 1 Light quality influence on the seed germination status of the invasive alien species of *Iva xanthifolia*

| 光质<br>Light quality | 发芽率/%<br>Germination percentage | 单个芽重/mg<br>Single seedling weight | 平均芽长/cm<br>Average height of seedlings | 平均根长/cm<br>Average length of root | 根/芽<br>Root/seedlings |
|---------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| 白光 White light      | 50(14.33) * abc                 | 8.5(0.52) ab                      | 0.79(0.11) a                           | 2.12(0.22) b                      | 2.65(0.13) b          |
| 红光 Red light        | 62(6.67) c                      | 8.9(1.37) b                       | 1.41(0.11) e                           | 0.98(1.23) a                      | 0.70(1.20) a          |
| 橙光 Orange light     | 43(12.69) ab                    | 8.5(0.45) ab                      | 1.23(0.10) de                          | 1.45(0.08) ab                     | 1.21(0.08) a          |
| 黄光 Yellow light     | 45(7.67) ab                     | 8.9(2.34) b                       | 1.01(0.15) bc                          | 1.03(0.30) a                      | 1.05(0.19) a          |
| 绿光 Green light      | 49(16.55) abc                   | 7.6(0.60) ab                      | 1.12(0.10) cd                          | 0.65(0.04) a                      | 0.60(0.05) a          |
| 紫光 Purple light     | 53(9.00) bc                     | 8.3(0.62) ab                      | 1.24(0.11) de                          | 1.11(0.18) a                      | 0.93(0.10) a          |
| 蓝光 Blue light       | 37(8.50) a                      | 6.9(0.71) a                       | 0.91(0.17) ab                          | 0.68(0.14) a                      | 0.78(0.14) a          |

\* 括号内数值为标准差;;小写字母为 LSD 比较结果,相同字母表示没有显著性差异,不同字母表示差异性显著

表 2 不同光强入侵植物假苍耳种子发芽的影响

Table 2 Light intensity influence on the seed germination status of the invasive alien species of *Iva xanthifolia*

| 光强<br>Light intensity | 发芽率/%<br>Germination percentage | 单个芽重/mg<br>Single seedling weight | 平均芽长/cm<br>Average height of seedlings | 平均根长/cm<br>Average length of root | 根/芽<br>Root/seedlings |
|-----------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| 0% 黑暗 Dark            | 6(13.04) * a                    | 4.4(1.17) a                       | 0.68(0.11) c                           | 1.16(0.22) c                      | 1.27(0.38) a          |
| 25% 光 Light           | 59(10.17) d                     | 4.6(0.59) a                       | 0.57(0.04) bc                          | 0.92(0.22) bc                     | 1.64(0.44) a          |
| 50% 光 Light           | 30(17.32) bc                    | 3.5(2.10) a                       | 0.35(0.21) a                           | 0.75(0.48) ab                     | 1.76(1.35) a          |
| 75% 光 Light           | 37(7.82) c                      | 3.9(0.76) a                       | 0.43(0.05) ab                          | 0.81(0.13) bc                     | 1.90(0.62) a          |
| 100% 全光 Full light    | 21(11.88) b                     | 2.7(1.55) a                       | 0.36(0.21) a                           | 0.40(0.25) a                      | 0.90(0.52) a          |

\* 括号内数值为标准差; 小写字母为 LSD 比较结果, 相同字母表示没有显著性差异, 不同字母表示差异性显著

2.3 基于 PEG 和低温处理探讨假苍耳种子需光发芽的可能机制

入侵植物较非入侵植物而言, 其种子在无光条件下, 很难发芽, 经过光照处理后发芽率明显得到了提高 (图 1), 假苍耳具有类似的特征。PEG 处理和低温处理是打破种子休眠的常用方法, 如果假苍耳的上述发芽特征经过 PEG 处理/低温处理后, 能够较有光处理条件下发芽率进一步提高, 说明 PEG 处理增强需光发芽的过程, 反之, 则说明 PEG 处理/低温处理过程中, 抑制了需光发芽打破种子休眠的过程, 即需光发芽的机理很可能与 PEG 处理/低温处理促进萌发的机理相反。

如图 2 所示, 光照处理后的种子同时经过 3 种浓度 PEG 处理发芽率分别是 40%、40% 和 28.89%, 相对于仅进行光照处理种子的发芽率显著下降, 从活力指数可以看出, 5% 的 PEG 处理与光照处理对种子起到了相同的作用, 而更高的浓度反而抑制了种子的发芽。

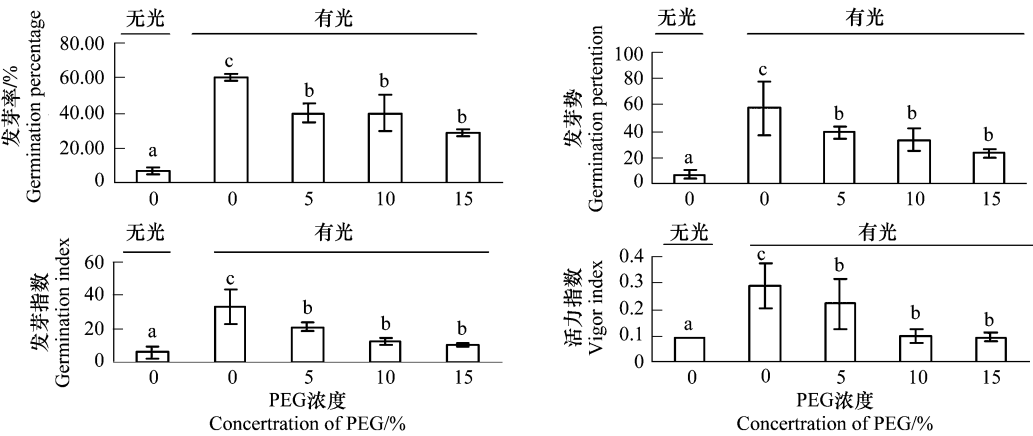


图 2 不同浓度 PEG 对假苍耳种子发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数的影响

Fig. 2 Effect of PEG with different concentration on the seed germination percentage, germination potential, germination index and vigor index of *Iva xanthifolia*

小写字母为 LSD 比较结果, 相同字母表示没有显著性差异, 不同字母表示差异性显著

图 3 显示低温处理对假苍耳种子需光发芽的影响。常温条件下, 光照处理种子萌发率显著高于黑暗条件下的萌发率 ( $P < 0.05$ )。1 周不同低温处理的种子发芽率均在 60% 左右, 与只进行光照处理发芽率不存在显著差异。不同低温处理 2 周种子发芽率下降分别为 46% 和 42%, 低于只进行光照处理发芽率, 但是差异也没有达到显著水平 ( $P > 0.05$ )。

上述结果说明, 假苍耳种子需光发芽对 PEG 处理和低温处理不敏感。低温处理过程中, 有的种子不仅低温, 而且需要湿沙低温层积处理, 使得种子内有害种子萌发物质转化或者渗出, 从而达到促进种子萌发的效果<sup>[15]</sup>。实验处理中, 不是沙埋。因此只能说明, 低温本身并不能代替光照, 而低温沙埋处理是否有效需要进一步研究。

## 2.4 基于水杨酸 SA 处理探讨假苍耳种子需光发芽的可能机制

水杨酸 SA 处理也是打破种子休眠的常用方法之一,如果假苍耳的上述发芽特征经过 SA 处理后,能够起到与光照类似的效果,则假苍耳的需光发芽的机理与 SA 处理类似,反之,说明其机制与需光处理不同。

图 4 中,0.01、0.05mmol/L 和 0.1mmol/L 3 个浓度 SA 处理的种子发芽率分别为 36.67%、23.89% 和 12.22%,黑暗无任何处理假苍耳种子很难萌发,发芽率仅 6.67%,其中 0.01mol/L SA 处理种子发芽率最高,过高的 SA 浓度降低了发芽率。与发芽率类似,发芽势、发芽指数、和活力指数出现类似的变化规律,均是 0.01mol/L SA 处理种子后,各项指标显著提高,而当浓度进一步提高时,各指标有下降趋势。经过 SA 处理后,假苍耳种子发芽率提高 30%,这与光照处理种子发芽率提高 50% (图 1) 类似,说明种子需光发芽过程可能与 SA 处理过程的机制类似。

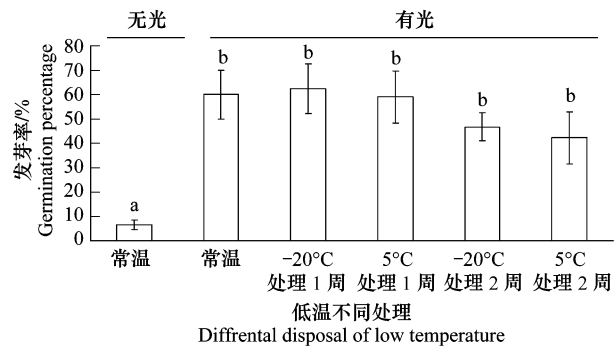


图 3 不同低温处理对假苍耳种子发芽率的影响

Fig. 3 Effect of different low temperature treatment on the seed germination percentage of *Iva xanthifolia*

小写字母为 LSD 比较结果,相同字母表示没有显著性差异,不同字母表示差异性显著

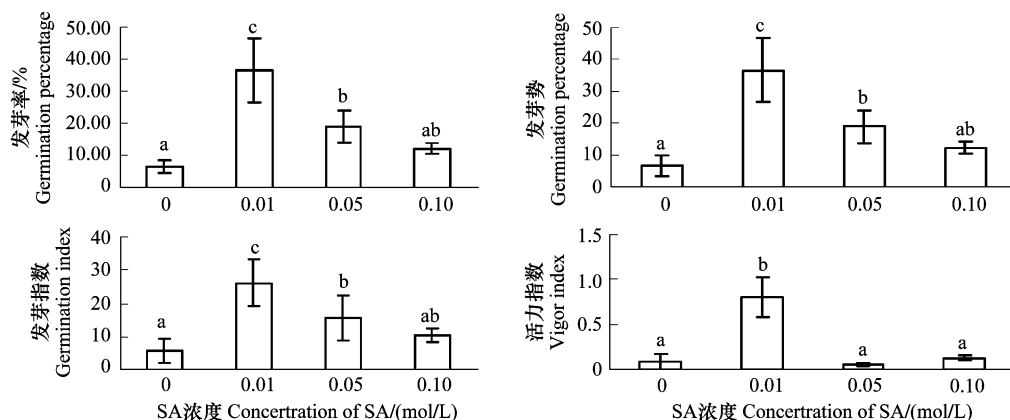


图 4 不同浓度 SA 对假苍耳种子发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数的影响

Fig. 4 Effect of SA with different concentration on seed germination percentage, germination potential, germination index and vigor index of *Iva xanthifolia*

小写字母为 LSD 比较结果,相同字母表示没有显著性差异,不同字母表示差异性显著

## 2.5 菊科入侵植物和非入侵植物种子萌发特性的生态学意义探讨

菊科外来入侵植物的种子产量往往是巨大的<sup>[12-14]</sup>,这种巨大量种子的产生往往需要消耗大量的营养和各种资源,如何能够尽量的降低这种资源消耗对于其快速入侵具有相当正面意义。后期需光发芽,有利于植物在服从大小-数量权衡原则,把繁殖消耗用于生产更大量种子,甚至是还没有完全发育成熟、尚需要种子自身需光发育的种子上<sup>[6]</sup>,这样,理论上就可以把有限的资源利用于产生更多的后代。当然,入侵植物所在的生境多为阳生生境,特点为多光,这为种子发芽需光提供了必要的条件。因此,较非入侵植物组而言,入侵植物组这种“需光发芽 + 适宜多光生境”使得其产生更多可以繁育的后代成为可能。

入侵菊科植物种子需光发芽实质是一种种子后熟或者种子处于休眠状态,往往是植物长期适应复杂环境条件而形成的生理生态特性。其原因也复杂多样,其中发芽抑制物的存在是导致种子休眠的原因之一。Khan 和 Waters 根据各种激素的相互作用,认为种子中存在发芽抑制物和发芽促进物,他们对种子的休眠和萌发有调节作用<sup>[15]</sup>。讨论最多的是 ABA 和 GA 之间的平衡,可以致使种子休眠和萌发。Benvenuti 和 Macchia

在对曼陀罗种子的研究中发现刺激物(如 Pfr)和抑制物(ABA 或者分类化合物)之间的平衡影响种子休眠和萌发<sup>[16]</sup>。近年来,水杨酸(SA)被认为是一种具有促进种子发芽、调节植物生长发育、诱导植物抗病、抗逆境胁迫等多种生理作用的物质<sup>[17]</sup>。打破休眠的方法多为温度处理、PEG 处理和水杨酸处理等。通过类比的方法发现,入侵菊科植物假苍耳种子需光发芽的机理,可能与适宜浓度水杨酸处理促进种子萌发类似,因为 SA 处理一定程度上可以替代需光处理,提高假苍耳种子的发芽率等相关指标。有光处理条件下,PEG 处理和低温处理对其不存在影响。

此外,对其种子需光发芽特性的研究表明,红光有利于提高种子的萌发率和萌发芽的生长状态提高,而蓝光起到相反的作用,即抑制需光种子萌发的数量和质量。虽然假苍耳种子萌发需光,但并不是光越强越好,当全光的 25% 时,最能够促进种子的萌发。这些数据为假苍耳种子萌发特性研究奠定基础,而且对于其机理的阐明有益。

菊科入侵植物种子产量巨大,且种子重量轻,非入侵植物种子往往是入侵植物种子千粒重的 10—30 倍<sup>[18]</sup>,这不仅仅有利于其传播,而且使得入侵植物种子更易于分布在基质表面。这些种子所具有的需光发芽特性可能是一种适应这种环境、并充分利用这一环境特定的适应性改变。当然,这种种子通过如风、人、动物等媒介进行传播,到达目的地,可能会停留物体表面(吸收光能、快速萌发),也可能会落入阴生生境(环境不适,不能萌发)。从这一角度来看,确实,这种需光萌发特性可能使得入侵种子萌发对环境要求更为苛刻。但是,这种需光萌发,使得入侵植物自身能量可以分配到更多的后代、产生更多的种子上面,从而使其具有更多的竞争机会,可能是上述对环境苛刻要求的一种补偿<sup>[6]</sup>,是否及如何与入侵植物组的强入侵性存在联系,需要进一步研究阐明。

### 3 结论

菊科植物中很多都是外来种,其中部分成为入侵有害植物,部分没有表现出入侵有害的特征,通过对入侵菊科植物(假苍耳、薇甘菊、紫茎泽兰、飞机草)以及非入侵菊科植物(扫帚梅、天人菊、金鸡菊、麦秆菊、翠菊、黑心菊)对比研究发现,入侵组植物种子往往是需光发芽的,而非入侵组的需光发芽特性不明显。以入侵植物——假苍耳为例对其种子需光发芽的特性研究发现:红光有利于提高种子的萌发率,而蓝光起到相反的作用;当全光的 25% 时,最能够促进种子的萌发,更高的光强抑制种子萌发。适宜浓度水杨酸 SA 处理可以起到与光照类似的效果而促进种子萌发,而 PEG 和低温处理对其不存在显著影响,说明这种需光发芽的机理可能与 SA 处理影响种子萌发存在一定的联系。

### References:

- [1] Wang W J, Zhang Z H, Zu Y G, He H S, Guan Y, Li W X. Photosynthetic characteristics of the non-photosynthetic organs of *Mikania micrantha* and its ecological significance. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(1): 29-36.
- [2] Wang W J, Zu Y G, Meng Q H, Yang F J, Zhao Z H, Cao J G. CO<sub>2</sub> exchange characteristics of *Eupatorium adenophorum*. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(8): 1899-1907.
- [3] Yang F J, Zu Y G. Invasion Mechanism of *Eupatorium odoratum* a Kind of Forestry Harmful Invasion Plant. Beijing: Science Press, 2005: 51-52.
- [4] Zhu S X, Qin H N, Chen Y L. Alien species of *Compositae* in China. *Journal of Guangxi Plant*, 2005, 25(1): 69-76.
- [5] Wang B S, Wang Y J, Liao W B, Zan Q J, Li M G, Peng S L, Han S C, Zhang W Y, Chen R P. The Invasion Ecology and Management of Alien Weed *Mikania micrantha* H. B. K. Beijing: Science Press, 2004: 50-51.
- [6] Silvertown J W, Charlesworth D, Deborah C. Introduction to Plant Population Biology. Oxford: Blackwell Publishing, 2003: 240.
- [7] Holloway P S. Seed germination of Alaska Ifis. *Hortscience*, 1987, 22(5): 898-899.
- [8] Michael B E, Kaufman M R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, 1973, 51: 914-916.
- [9] Stewart R R, Bewley J D. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. *Plant Physiology*, 1980, 65(2): 245-248.
- [10] Hua B, Zheng A Z. The research on plant salt-tolerance. *Journal of Changchun Teachers College*, 2004, 23(3): 50-52.
- [11] Zheng G H. Study on Seed's Physiology. Beijing: Science Press, 2004: 623-624.
- [12] Smith C M, Walters L J. Fragmentation as a strategy for *Caulerpa* species: fates of fragments and implications for management of an invasive weed. *Marine Ecology*, 1999, 20(3/4): 307-319.

- [13] Meyer J Y. Observations on the reproductive biology of *Miconia calvescens* DC (Melastomataceae), an alien invasive tree on the Island of Tahiti (South Pacific Ocean). *Biotropica*, 1998, 30(4): 609-624.
- [14] Daehler C C. Variation in self-fertility and the reproductive advantage of self-fertility for an invading plant (*Spartina alterniflora*). *Evolutionary Ecology*, 1998, 12: 553-568.
- [15] Fu J R. *Physiology of Seed*. Beijing: Science Press, 1985: 204-292.
- [16] Benvenuti S, Macchia M. Light environment, phytochrome and germination of *Datura stramonium* L. Seeds. *Environmental and Experimental Botany*, 1997, 38(1): 61-71.
- [17] Qi X D. Progress of the physiological action of salicylic acid in plants. *Journal of Hebei Normal University of Science & Technology*, 2007, 21(1): 75-77.
- [18] Yang F J, Zhang Z H, Wang W J, Zu Y G, Chen H F, Jia J, Guan Y, Zhang N J. Anatomical and physiological differences of eight exotic species from *Asteraceae*. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(2): 0442-0449.

#### 参考文献:

- [1] 王文杰, 张衷华, 祖元刚, 贺海生, 关宇, 李文馨. 薇甘菊 (*Mikania micrantha*) 非同化器官光合特征及其生态学意义. *生态学报*, 2009, 29(1): 29-36.
- [2] 王文杰, 祖元刚, 孟庆焕, 杨逢建, 赵则海, 曹建国. 紫茎泽兰的 CO<sub>2</sub> 交换特性. *生态学报*, 2005, 25(8): 1899-1907.
- [3] 杨逢建, 祖元刚. 林业有害植物飞机草的入侵机理. 北京: 科学出版社, 2005, 52-51.
- [4] 朱士新, 覃海宁, 陈艺林. 中国菊科植物外来种概述. *广西植物*, 2005, 25(1): 69-76.
- [5] 王伯荪, 王勇军, 廖文波, 咎启杰, 李鸣光, 彭少麟, 韩诗畴, 张炜银, 陈瑞屏. 外来杂草薇甘菊的入侵生态及其治理. 北京: 科学出版社, 2004: 50-51.
- [10] 滑冰, 郑爱珍. 植物耐盐研究. *长春师范学院学报*, 2004, 23(3): 50-52.
- [11] 郑光华主编. 种子生理研究. 北京: 科学出版社, 2004: 623-624.
- [15] 傅家瑞. 种子生理. 北京: 科学出版社, 1985: 204-292.
- [17] 齐秀东. 水杨酸对植物的生理作用. *河北科技师范学院学报*, 2007, 21(1): 75-77.
- [18] 杨逢建, 张衷华, 王文杰, 祖元刚, 陈华锋, 贾晶, 关宇, 张乃静. 八种菊科外来植物种子形态与生理生化特征的差异. *生态学报*, 2007, 27(2): 443-449.