

八种菊科外来植物种子形态与 生理生化特征的差异

杨逢建, 张衷华, 王文杰, 祖元刚*, 陈华峰, 贾晶, 关宇, 张乃静

(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 种子繁殖是菊科植物延续后代的主要途径。目前在菊科植物中出现了大量的有害入侵植物,有鉴于此,选择典型的 6 种入侵植物和 2 种非入侵植物对其种子表面形态特征、种子千粒重、种子萌发特性、种子激素和单宁等代谢产物进行测定,试图对这些菊科入侵植物的入侵原因进行探讨。所选择的植物包括:取于温带的入侵植物假苍耳 (*Iva xanthifolia* Nutt)、豚草 (*Ambrosia artemisiifolia* L.), 三裂叶豚草 (*Ambrosia trifida* L.) 和非入侵植物波斯菊 (*Cosmos bipinnata* Cav.); 亚热带的入侵植物薇甘菊 (*Mikania micrantha* H. B. K.), 紫茎泽兰 (*Eupatorium adenophorum* Spreng), 飞机草 (*Chromolaena odoratum* (L.) R. M. King and H. Robinson.) 和非入侵植物金光菊 (*Rudbeckia serotina* (syn. *R. hirta*))。结果表明,在传播方式上,入侵植物比非入侵植物传播方式较为高等且多样化,薇甘菊、飞机草、紫茎泽兰均具有冠毛且种子轻小,适于风力传播,豚草和三裂叶豚草具有钩刺,易被人或动物携带;假苍耳种子较小且容易和北方的谷类等作物种子混杂,增加了人类活动传播的机会;而非入侵种金光菊和波斯菊种子较大,主要靠重力传播。在种子萌发率上,出现了南高北低的现象,这可能与种子的休眠有关,种子萌发速率在入侵种和非入侵种中平均为 3d,两者并没有明显的区别。在种子生理生化特性上,种子 GA 和 IAA 含量在入侵种和非入侵种中区别不大,平均值分别在 0.9 ~ 5 μg/g 和 0.079 ~ 0.3 μg/g 之间;单宁含量出现南高北低现象,但在入侵种和非入侵种之间没有规律。所以在简单的风干种子的激素和单宁含量、种子萌发速率上并不能揭示出入侵种的快速占领新生境的能力。

关键词 入侵性;有性繁殖体;传播;萌发;激素;单宁

文章编号:1000-0933(2007)02-0442-08 中图分类号:Q145,Q945,Q948 文献标识码:A

Anatomical and physiological differences of eight exotic species from Asteraceae

YANG Feng-Jian, ZHANG Zhong-Hua, WANG Wen-Jie, ZU Yuan-Gang*, CHEN Hua-Feng, JIA Jing, GUAN Yu, ZHANG Nai-Jing

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

Acta Ecologica Sinica 2007, 27(2): 0442 ~ 0449.

Abstract: It is main path that the seed reproduction is offspring of asteraceae. We focused on seeds of asteraceae because there were lots of invasive plants from asteraceae, 8 asteraceae plants which included six species of invasive asteraceae plants and two species of noninvasive asteraceae plants were studied. There were *Iva xanthifolia* Nutt, *Ambrosia artemisiifolia* L., *Ambrosia trifida* L. of invasive species and *Cosmos bipinnata* Cav of noninvasive species from temperate zone. There were *Mikania micrantha* H. B. K., *Eupatorium adenophorum* Spreng, *Chromolaena odoratum* (L.) R. M. King and H. Robinson. of invasive species and *Rudbeckia serotina* (syn. *R. hirta*) of noninvasive species from sub-tropical zone.

基金项目: 国家教育部重点基金资助项目 (104191); 黑龙江省自然科学基金 (QC06C006); 东北林业大学优秀青年教师创新资助项目

收稿日期: 2005-12-07; 修订日期: 2006-07-08

作者简介: 杨逢建 (1971 ~) 男, 哈尔滨人, 副教授, 主要从事植物生态学研究, E-mail: yangfj@nefu.edu.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zygorl@vip.ht.cn

Foundation item: The project was financially supported by the Key Project of Chinese Ministry of Education (No. 104191), Natrual Science Foundation of Heilongjiang Province (No. QC06C006) and Foundation for excellent young Teacher by the North East Forestry University

Received date 2005-12-07; **Accepted date** 2006-07-08

Biography: YANG Feng-Jian, Associate professor, maily engaged in plant of ecology. E-mail: yangfj@nefu.edu.cn

Surface character, germination character, hormone and tannins content of desiccation seed were measured in order to discuss the reason of invasion. Results showed invasive species are prior to noninvasive species in model of spread. Invasive species from sub-tropical zone have small, light, pappus, which could be conveyed through wind. Invasive species from temperate zone were hamulus, which could be conveyed through animal. Seeds of *Iva xanthifolia* Nutt were smaller and easy Congestion with farm crop seed, which were increased the opportunity of the dissemination by the mankind activity. Noninvasive species were not pappus or hamulus, which spread through gravitation. GA and IAA were not remarkably different between invasive species and noninvasive species. Content of tannins and germination rate rised from sub-tropical zone to temperate zone, but they were not different between invasive species and noninvasive species. In conclusion, invasive species and noninvasive species were not notably different at aspects of seed coat structure, hormone, tannins, germination, These characters of seeds of air-dry did not explain that invasive species able to occupy quickly new territory.

Key Words : invasiveness ;tannins ;germination ;hormone ;spread ;sexual reproduction apparatus

外来种自身的特性对入侵、生存、扩展等极为重要,许多研究已经集中在鉴别能够产生入侵性的植物特性上^[1~3]。其中,入侵种繁殖器官的特性是其主要的研究内容之一^[4]。

种子是植物生长周期中的特殊或重要阶段,它对种群个体的繁殖、种群的扩展和物种抵抗不良环境有着重要的意义。种子的传播是植物种群拓展其生存空间的重要保证。种子萌发是植物生活史的一个关键环节,影响种子萌发的因素有种子自身结构和环境因素。在适宜环境中种子的快速大量萌发和存在长久种子库是植物适应环境的高级形式^[5,6]。其中种子中激素的种类和含量调节着种子由休眠到萌发的过程^[7],单宁的含量也被认为是种子抗性的一种体现^[8]。

本文通过研究菊科植物中的 6 种入侵种和 2 种非入侵种的种子形态、种皮结构特征、种子内激素含量、单宁含量和种子萌发特性来探讨菊科植物在传播特征和萌发特征上,入侵种和非入侵种种子特性的差别。

1 材料与方法

1.1 材料

本文选择中国大陆典型的 6 种入侵菊科植物和 2 种在路旁作为花卉大量栽种的外来非入侵菊科植物为研究对象。其中在温带发生入侵的植物是假苍耳 (*Iva xanthifolia* Nutt)、豚草 (*Ambrosia artemisiifolia* L.)、三裂叶豚草 (*Ambrosia trifida* L.)和对照非入侵植物波斯菊 (*Cosmos bipinnata* Cav.) ;在亚热带的入侵植物薇甘菊 (*Mikania micrantha* H. B. K.)、紫茎泽兰 (*Eupatorium adenophorum* Spreng)、飞机草 (*Chromolaena odoratum* (L.)R. M. King and H. Robinson.)和对照非入侵植物金光菊 (*Rudbeckia serotina* (syn. *R. hirta*))。实验材料分别于 2004 年和 2005 年采自哈尔滨、长春、长春、长春、深圳、西昌、海南,金光菊购于深圳花卉种子公司。

1.2 方法

1.2.1 扫描电镜的样品处理方法

先将种子固定在 3% 的戊二醛中,各级酒精脱水,自然干燥,用导电胶带贴在样品台上,镀膜后在 EFI quanta200 扫描电镜下观察拍照。

1.2.2 种子萌发方法

种子萌发采用培养皿法:将培养皿底部垫上滤纸,种子每皿 100 粒,3 个重复均匀播于滤纸上,保持适当水分,人工气候箱 (ZPW-400, China)中萌发,温度 25℃,箱内湿度 70%,光照时间每天 12h,出现胚根即认为已经萌发。为了保持实验条件的一致性,所有的种子都未经过处理,北方种也未经过打破休眠处理,直接自然风干后即播种。

初始萌发天数是指种子萌发距离实验开始的天数 (d),萌发高峰期是指萌发量最大的时间距实验开始的天数 (d),萌发持续时间是指从实验开始到最后一个萌发的总时间。

1.2.3 激素含量的测定方法

样品采用自然风干的种子,样品处理流程参考报道的方法^[9-12],并在此基础上加以改进。称取 2g 样品,加入 20ml 遇冷的 80% 的甲醇,放置 12h 以上。离心 10min,12000r/min。用石油醚萃取 (1:1) 弃上层,再浓缩至水相,加入 4ml 水及一定量的盐酸 (调 pH 至 2.7~3)。再用乙酸乙酯萃取 (1:1) 3 次,取上层,浓缩至水相。加入 2ml 色谱甲醇复溶,过固相萃取小柱,用 1ml 洗脱液洗脱。HPLC 检测。

小柱的活化:色谱甲醇洗 2 次,双蒸水洗 1 次,PH=3 的水洗 1 次。

流动相的制备:色谱甲醇:双蒸水:乙酸=45:54.2:0.8

1.2.4 单宁含量的测定方法

选取自然风干的种子进行单宁含量的测定。具体取研磨碎的样品 0.05g,加入 70% 的甲醇溶液 5ml,室温下放置 24h 备用。离心 10min,取上清液 0.5ml,加入 4% 的香草醛甲醇溶液 3ml,加入浓盐酸 1.5ml,用铝箔遮光,摇匀试管,在 20℃ 的水浴中加热 20min。以相应试剂做空白,在 510nm 波长下测定吸光值。根据标准曲线计算出提取液中单宁的含量。标准样品为儿茶素。

空白对照 0.5ml 的 70% 的甲醇溶液,加入 4% 的香草醛的甲醇溶液,加入浓盐酸 1.5ml。

标准曲线: $Y = 1.3907X + 0.0097$ $R^2 = 0.9991$ 式中 X 为吸光度, Y 为浓度,线性范围 0~0.6mg/ml。

2 结果与分析

2.1 果实形态特征和千粒重的差异与传播

在研究的 8 种传播体中,豚草和三裂叶豚草是以瘦果外包被木质的总苞的形式存在的,其他 6 种都以果实的形式传播,暂且都称为果实。8 种果实的形态特征如图 1。假苍耳背腹扁,长 2~3mm,宽 1mm,两侧有明显脊棱,顶端圆钝,普通豚草包在木质总苞内,总苞倒卵形,长 3mm,宽 1.5mm,顶端具较粗的锥状喙,每个喙尖下延成 1 个纵棱;三裂叶豚草也包在木质总苞内,总苞长 6~10mm,宽 4~7mm,表面粗糙,顶端具较粗的圆锥形喙,突起下延成脊;波斯菊瘦果矩圆形,长 2mm,宽 0.5mm,4 条纵棱将瘦果分成 4 个平面,顶端收缩成喙,果基具马蹄形果脐;金光菊瘦果长圆形,长 1.6mm,宽 0.5mm,薇甘菊瘦果具 5 棱,长 1.5~2mm,冠毛由 32~38 条刺毛组成,白色,长 2~3.5mm,紫茎泽兰瘦果四棱柱状,长 1.8mm,宽 0.3mm,冠毛白色;飞机草瘦果狭线形,具 4 棱,长 5mm,具白色冠毛。

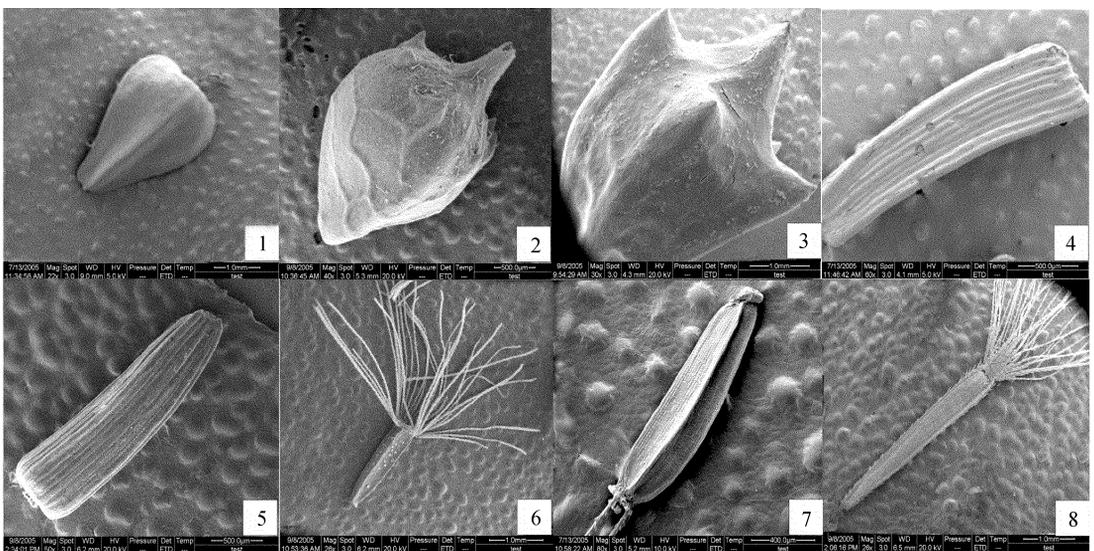


图 1 8 种植物果实的形态

Fig. 1 Fruit morphology of eight kinds of plants

- (1) 假苍耳 $\times 22$; (2) 豚草 $\times 40$; (3) 三裂叶豚草 $\times 30$; (4) 飞机草 $\times 26$; (5) 金光菊 $\times 50$; (6) 薇甘菊 $\times 26$; (7) 紫茎泽兰 $\times 80$; (8) 波斯菊 $\times 60$
 (1) *Iva xanthifolia* Nutt.; (2) *Ambrosia artemisiifolia* L.; (3) *Ambrosia trifida* L.; (4) *Chromolaena odoratum* (L.) R. M. King and H. Robinson;
 (5) *Rudbeckia serotina* (syn. *R. hirta*); (6) *Mikania micrantha* H. B. K. (7) *Eupatorium adenophorum* Spreng; (8) *Cosmos bipinnata* Cav.

8 种植物的果实的千粒重如图 2 ,他们分布于两个数量级 ,假苍耳、豚草、三裂叶豚草、波斯菊、金光菊千粒重在 1.234 ~ 22.104g 之间 ,最重的是三裂叶豚草 ,薇甘菊、紫茎泽兰、飞机草千粒重在 0.045 ~ 0.164g 之间 ,紫茎泽兰最轻。

薇甘菊、紫茎泽兰和飞机草果实较轻 ,并且具有冠毛 ,适合风力传播 ,而同样生长在亚热带的金光菊没有冠毛的存在 ,果实较前三者也重 ,且不具备钩刺一类的适合动物传播的特征。可见 ,在自然传播的状态下 ,靠风力传播的薇甘菊、紫茎泽兰和飞机草较金光菊有明显的优势。

以温带为主要适生区的假苍耳、豚草、三裂叶豚草和波斯菊中 ,豚草和三裂叶豚草具有明显的钩刺结构 ,而假苍耳和波斯菊表面较平滑 ,可以推断 ,豚草和三裂叶豚草较假苍耳和波斯菊有较强的动物传播能力。

在不考虑人为因素的影响时 ,大多数果实的传播距离都是比较短的 ,而这当中 ,靠重力传播又是其中传播距离最短的 ,从种子结构和质量上发现假苍耳、波斯菊和金光菊主要靠重力传播。

2.2 种子萌发特性的差异

实验进行 20d ,三裂叶豚草并没有萌发现象发生 ,其它 7 种植物种子萌发情况如表 1。紫茎泽兰萌发最快 2d 就开始萌发 ,萌发高峰期是第 3 天 ,发芽持续时间为 13d ,萌发率 90% ,金光菊第 3 天即开始萌发 ,第 4 天为萌发高峰期 ,发芽持续期为 16d ,萌发率为 69.33% ;飞机草第 4 天开始萌发 ,萌发高峰期为第 4 天 ,发芽持续期为 14d ,萌发率为 59.67% ;薇甘菊第 4 天开始萌发 ,萌发高峰期为第 5 天 ,发芽持续期为 8d ,萌发率为 77% ;波斯菊第 3 天开始萌发 ,其第 3 天为萌发高峰期 ,发芽持续期为 3d ,萌发率为 26.67% ;假苍耳第 3 天开始萌发 ,第 3 天和第 4 天为萌发高峰期 ,发芽持续期为 8d ,萌发率为 14.67% ,豚草从第 4 天开始萌发 ,出苗不齐 ,发芽持续期为 13d ,萌发率仅为 4.67%。

表 1 种子萌发特性

Table 1 Germination character of seeds

植物 Plant	初始萌发天数 Original germination (d)	萌发高峰期 Maximum germination (d)	萌发持续时间 Germination day (d)	萌发率 Germination rate (%)
假苍耳 <i>Iva xanthifolia</i> Nutt	3	4	8	14.67
豚草 <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	4	6	13	4.67
三裂叶豚草 <i>Ambrosia trifida</i> L.	—	—	—	—
波斯菊 <i>Cosmos bipinnata</i> Cav.	3	3	3	26.67
薇甘菊 <i>Mikania micrantha</i> H. B. K.	4	5	8	77
紫茎泽兰 <i>Eupatorium adenophorum</i> Spreng	2	3	13	90
飞机草 <i>Chromolaena odoratum</i> (L.) R. M. King and H. Robinson.	4	4	14	59.67
金光菊 <i>Rudbeckia serotina</i> (syn. <i>R. hirta</i>)	3	4	16	69.33

— 没有萌发 No germination

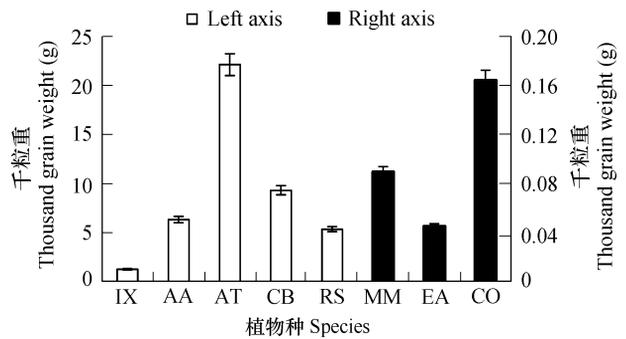


图 2 8 种植物种子千粒重的差别

Fig. 2 Different thousand grain weight of 8 species

IX 假苍耳 *Iva xanthifolia* Nut ; AA 豚草 *Ambrosia artemisiifolia* L. ; AT 三裂叶豚草 *Ambrosia trifida* L. ; CB 波斯菊 *Cosmos bipinnata* Cav. ; RS 金光菊 *Rudbeckia serotina* (syn. *R. hirta*) ; MM 薇甘菊 *Mikania micrantha* H. B. K. ; EA 紫茎泽兰 *Eupatorium adenophorum* Spreng ; CO 飞机草 *Chromolaena odoratum* (L.) R. M. King and H. Robinson.

2.3 果实生理生化特性的差异

对成熟风干种子的 GA、IAA 和单宁的质量百分含量测定结果如表 2。在 GA 含量上紫茎泽兰 > 假苍耳 > 金光菊 > 薇甘菊 > 波斯菊 > 豚草 > 三裂叶豚草 > 飞机草。在 IAA 含量上飞机草 > 金光菊 > 假苍耳 > 豚草 >

紫茎泽兰 > 薇甘菊 > 三裂叶豚草 > 波斯菊。在单宁含量上薇甘菊 > 紫茎泽兰 > 飞机草 > 金光菊 > 波斯菊 > 假苍耳 > 豚草 > 三裂叶豚草。

统计分析表明,在 GA 含量上,金光菊和紫茎泽兰、飞机草、三裂叶豚草、假苍耳存在显著差别 ($p < 0.05$);波斯菊和紫茎泽兰、飞机草、假苍耳存在显著差别,紫茎泽兰和其它 7 种存在显著的差别,假苍耳和其它 7 种之间存在显著差别;飞机草和除三裂叶豚草以外的其他 6 种存在显著差别。在 IAA 含量上,金光菊除和飞机草以外的其他 6 种种子存在显著的差别;波斯菊同除了紫茎泽兰和薇甘菊以外的其他 5 种种子存在显著差别;飞机草同除了金光菊以外的 6 种种子存在显著差别。在单宁含量上,薇甘菊和三裂叶豚草、豚草之间存在显著差别,其他各种之间不存在显著差别。南方种中单宁的含量普遍高于北方种,这与种皮的厚度正好成相反的趋势,金光菊和波斯菊的单宁含量介于南方种和北方种之间,这和其地理分布正好吻合。

表 2 8 种植物种子的生理特征

Table 2 Physiological characters of eight kinds of plants

植物 Plant	种皮厚度 Seed coat thickness (μm)	GA 含量 GA content ($\mu\text{g/g}$)	IAA 含量 IAA content ($\mu\text{g/g}$)	单宁含量 Tannins content (mg/g)
假苍耳 <i>Iva xanthifolia</i> Nutt	51.786 (5.348)*	5.257 (1.594)	0.124 (0.092)	9.4586 (1.4408)
豚草 <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	373.871 (83.439)	2.716 (0.217)	0.122 (0.055)	8.4341 (0.8694)
三裂叶豚草 <i>Ambrosia trifida</i> L.	804.129 (144.416)	1.794 (0.397)	0.018 (0.002)	8.0652 (2.7819)
波斯菊 <i>Cosmos bipinnata</i> Cav.	71.464 (9.186)	2.79 (0.15)	—	9.5406 (0.5442)
薇甘菊 <i>Mikania micrantha</i> H. B. K.	16.571 (3.782)	2.862 (0.246)	0.034 (0.015)	25.6870 (2.6081)
紫茎泽兰 <i>Eupatorium adenophorum</i> Spreng	10.500 (2.887)	9.011 (0.843)	0.079 (0.072)	19.7860 (3.3384)
飞机草 <i>Chromolaena odoratum</i> (L.) R. M. King and H. Robinson.	14.250 (1.708)	0.843 (0.324)	0.300 (0.005)	16.1796 (3.8409)
金光菊 <i>Rudbeckia serotina</i> (syn. <i>R. hirta</i>)	45.333 (4.163)	3.073 (0.833)	0.298 (0.075)	10.9339 (3.1135)

* 括号内数值为标准差 Standard deviation in the bracket

2.4 种子生理特性与萌发的关系

种子的休眠机制大致分为种(果)皮形成的休眠和胚休眠。其中种(果)皮形成的休眠原因包括限制水分的吸收,干预气体的交换,阻止胚内抑制物质的排出,向胚内分泌抑制物质等^[13]。种(果)皮的厚度在一定程度上将阻止水分和气体的交换^[14],对种皮的厚度进行测量表明北方种种皮的厚度较南方种明显的增厚,却并没有发现种皮厚度和萌发快慢之间的关系。

人们对大麦干种子浸水处理发现,种子吸水几分钟后,胚合成的 GA 增加,扩散到胚乳中激活 GA 效应基因合成各种酶类,储藏物质水解供应胚的活动^[15]。GA 的多少在一定程度上制约着种子由干化到萌发的转变。但并没有报道干种子本身的激素含量对于种子萌发的贡献。对干种子的激素和萌发率进行的分析(图 3)结果表明南方种的 GA/IAA 的含量与萌发率呈对数关系,相关系数达到 0.9,北方种 GA/IAA 的含量也和萌发率成一定的对数关系,但二者却并不存在同样的关系式中,这在一定程度上也体现了南北方的差别。对种皮厚度和萌发率进行分析表明种皮厚度和萌发率之间成负对数关系,这可以说种皮厚度在一定程度上降低了种子的萌发率。此外,还观察到没有经过打破休眠就进行萌发时,南方种的萌发率普遍高于北方种,且两者之间存在显著差异,这部分原因可能是北方种没有打破休眠而只有部分种子萌发。

2.5 入侵种与非入侵种生理特性比较

入侵种和非入侵种在种子生理生化上的关系如表 3。单宁在植物体内广泛存在,在低温、强光照和微生物伤害时存在增加,是植物长期的生存适应过程中形成的保护性代谢产物^[16]。但研究表明在入侵种和非入侵外来种之间并不存在显著差异。

Villier 和 Wareing^[17]提出激素平衡理论,认为休眠程度和激素平衡——抑制因子(ABA)与促进因子(GA、IAA、乙烯)的存在形式有关,Khan^[18]认为 GA 与种子的萌发有关,许多研究发现,外施 GA 和 IAA 有利

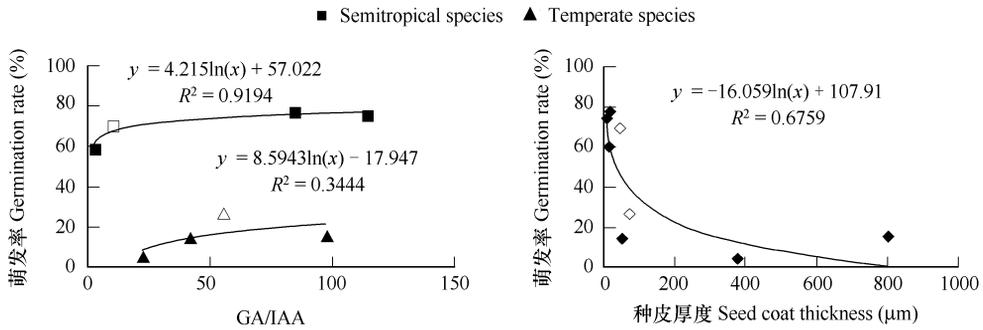


图3 种子中 GA/IAA 和种皮厚度与种子萌发率的关系 (中间空白的为非入侵种)

Fig. 3 Relationship between germination ratio and GA/IAA and relationship between germination ratio and seed coat thickness (vacancy in the middle represent noninvasive species)

于种子萌发,提高种子萌发率^[15]。如表3所示,本文并没有发现入侵种和非入侵种种子内GA和IAA含量的明显不同,这说明简单的干种子内激素含量并不能揭示适宜条件下种子萌发的快慢,也不能完全说明入侵种和非入侵种的差别。在种皮厚度上,亚热带入侵种明显低于亚热带非入侵种,他们之间存在显著差异。

表3 入侵种和非入侵种的生理特征比较

Table 3 Physiological characters of invasive plants and noninvasive plants

项目 Item	种皮厚度 Seed coat thickness (μm)	GA 含量 GA content ($\mu\text{g/g}$)	IAA 含量 IAA content ($\mu\text{g/g}$)	单宁含量 Tannins content (mg/g)
亚热带入侵种 Invasive species in semitropical zone	13.774 (3.714)	3.64 (3.46)	0.14 (0.13)	21.884 (14.021)
亚热带非入侵种 Noninvasive species in semitropical zone	45.333 (4.163)	3.073 (0.833)	0.298 (0.075)	10.9339 (3.1135)
显著性 Significance	*	—	—	—
温带入侵种 Invasive species in temperature zone	440.252 (340.059)	3.26 (1.76)	0.09 (0.07)	8.604 (1.420)
温带非入侵种 Noninvasive species in temperature zone	71.464 (9.186)	2.787 (0.153)	(-)	9.5406 (0.5442)
显著性 Significance	—	—	(-)	—

— 差异不显著 no significant difference; * 显著水平 0.05 significant difference at a 0.05 level (SPSS 10.0); (-) 未检测出 no mensuration;

括号内数值为标准差 standard deviation in the bracket

3 讨论

本文虽然仅研究了8个种,但包括了从我国北方到南方的6种重要的菊科入侵植物和2种在我国有大量栽培的菊科外来非入侵植物。这对于全面认识菊科植物在入侵植物中所扮演的角色和菊科植物的引种工作、预防工作有重要的意义。

果皮和种皮的形态是多样的,是其有性繁殖体散布和在新环境下顺利萌发的保证^[9~22]。Jurado研究了墨西哥111种植物的种子,表明质量在0.03~598mg之间,总体呈现正态分布,但是攀援植物种子小于1mg的占有较大比重,大种子的数量最少,认为小的种子(<1mg)代表了风传播的类型,中等大小的种子(1~9.9mg)是各种传播类型的过渡阶段,大种子(>9.9mg)主要是动物传播类型,<0.1mg的种子是依靠自己尺寸的风传播种子^[23]。大的种子能够保证种子的萌发和幼苗的生长,而小的种子能够保证传播,大种子是对优越环境的适应,而小种子更适合干扰环境^[24]。高的表面积与重量比和带有冠毛等特征被认为是风传播种子提高自身传播能力和提高种子质量,增高子代成活的进化特点^[25]。Chambers等研究表明小种子比大种子更容易和土壤结合、更容易形成土壤种子库、更能适应较大的土壤湿度环境、更适合表层破坏的土壤和裸露的

地表^[26]。

薇甘菊、飞机草、紫茎泽兰种子都 < 1 mg, 且具有冠毛是典型的风传播种子, 通过质量来判断生活力, 飞机草种子生活力最强, 薇甘菊种子次之, 紫茎泽兰最次。假苍耳种子接近于风传播种子, 可认为是过渡类型, 没有进化成为风传播种子可能的原因是必须增加种子的生活力来抵御北方的严寒。

三裂叶豚草是典型的动物传播种子, 进化出了明显的钩刺。豚草、波斯菊和金光菊质量上更接近于动物传播种子, 但是波斯菊和金光菊种子并没有动物传播种子的明显附属物, 可见通过动物传播的能力也较低。

在人类活动较频繁的现代, 种子或果实的传播已经能够突破了传统自然力的限制。果实较小, 存在利于人类携带的特征, 具有和经济作物果实类似特征的伪装等特征都将成为现代繁殖体扩散的优势条件。薇甘菊、紫茎泽兰、飞机草已经被证明能够附着在人类的衣物等上面进行长距离传播, 此外, 豚草和三裂叶豚草有适合动物传播的特征, 同时也能利用人类无意识的传播。果实的大小和拟态对于无意识的混种至关重要, 假苍耳种子较小, 容易和北方谷类种子混杂, 增加了人类活动传播的机会。

种子萌发速率在自然条件下受多种因素的影响, 例如水分、温度、光等^[27]。不同的种子对不同环境条件的适应也不同。在实验室条件下应用相同的条件研究种子的萌发速率可能对于不同的种子存在不同程度的抑制, 这可能是造成在比较入侵种和非入侵外来种之间没有差别的原因。

激素是生物体内的调控物质, 越来越多的人们利用激素的作用改良生物。但近些年, 有研究表明转基因 (transgenic growth hormone genes) 使生物入侵的风险性增大^[28]。国外研究动物的较多, 对植物激素的高表达对入侵的影响的报道较少, 入侵种本身激素的含量对于自身竞争能力的研究还刚刚起步, 研究入侵种和非入侵外来种干种子中激素含量的初步表明: 在干种子内入侵种和非入侵外来种在 GA 和 IAA 含量上并没有显著的差别, 但并没有研究其他激素, 如脱落酸等在入侵种和非入侵种之间的差别, 也有可能这种差别并不简单的表现在整个器官的含量上, 而是表现在激素的动态变化上。

4 结论

研究表明入侵植物的有性传播结构往往进化为较高级的传播方式和具有多样化的传播方式, 而非入侵外来植物金光菊和波斯菊传播结构原始单一。在人为活动频繁的今天, 传播体的拟态和微小更加值得人们注意。

在风干种子的 GA、IAA 和单宁含量上并没有发现入侵种和非入侵外来种之间的显著区别, 在单宁含量和种皮厚度上虽然非入侵外来种介于南方入侵种和北方入侵种之间, 但也不能很好的说明在适应性上入侵种比非入侵外来种更能适应环境。这些都充分的说明了单从风干种子的萌发特性和种子内 GA、IAA、单宁含量上还不能揭示入侵种能大量占有新生境的特性。

研究中也发现种子萌发率和干种子中的 GA/IAA 存在一定对数关系, 而种子萌发率和种皮厚度存在负对数关系。

References :

- [1] Baker H G. The evolution of weeds. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1974, 5: 1-24.
- [2] Howe H F, Smallwood. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1982, 13: 201-228.
- [3] Callaway P M and Aschehong E T. Invasive plants versus their new and old neighbors: a mechanism for exotic invasion. *Science*, 2000, 290: 521-523.
- [4] Xu R M, Ye W H. Theories and practices of Biological invasion. Beijing: Science Press, 2003.
- [5] Thompson K. The functional ecology of soil seed banks. *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. UK: CAB International, 2000, 215-235.
- [6] Shen Y X, Liu W Y. Persistent soil seed bank of eupatorium adenophorum. *Acta Phytocologica Sinica*, 2004, 28 (6): 768-772.
- [7] Bewley J D, Black M. *Seeds: Physiology of Development and Germination*. New York: Plenum Press, 1994. 367.
- [8] David W A, Truman P. Effects of large mammalian herbivores and ant symbionts on condensed tannins. *Journal of Chemical Ecology*, 2002, 28.
- [9] Blake P S, Taylor J M, Finch-Savage W E. Identification of abscisic acid, indole-3-acetic acid, jasmonic acid, indole-3-acetonitrile, methyl jasmonate and gibberellins in developing, dormant and stratified seeds of ash (*Fraxinus excelsior*). *Plant Growth Regulation*, 2002, 37: 119-125.

- [10] Wang R Z, Xiao L T, Lin W H, *et al.* High performance liquid chromatographic determination of internal hormones in inter-subspecific hybrid rice. *Chinese Journal of Chromatography*, 2002, 20 (2) :148—150.
- [11] Zhao J Y, Xin J H, Guo Y Na, *et al.* Determination of three phenylurea herbicides in water using solid-phase extraction and high performance liquid chromatography. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 2004, 37 (7) :939—942.
- [12] Zhong X H, Ma D W, Huang Y F. Content variation of endogenous hormone during fruit developing period of strawberry. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2004, 26 (1) :108—111.
- [13] Xiao S H, Run C S, Zhang H P, *et al.* Germinative study of wheat spikes. Beijing :Chinese Agriculture Science and Technology Press, 2004.
- [14] Willats W G, Cartney M C, Knox J P. In-situ analysis of pectic polysaccharides in seed mucilage and at the root surface of *Arabidopsis*. *Planta*, 2001, 213 :37—44.
- [15] Lack A J, Evans D E. *Plant biology*. Yang Shi-Jie, *et al.* translation. Beijing :Science Press, 2005.
- [16] Scalbert A. Antimicrobial properties of tannins. *Phytochemistry*, 1991, 30 :3875—3883.
- [17] Villiers T A, Wareing P F. Dormancy in fruits of *Fraxinus excelsior*. *Journal of Experimental Botany*, 1964, 16 :533—544.
- [18] Khan A A. Control and manipulation of seed dormancy, *Plant dormancy : physiology, biochemistry and molecular biology*. UK Wallingford :CABI Press, 1996. 29—24.
- [19] Prance G T, Mori S A. Observations on the fruits and seeds of neotropical Lecythidaceae. *Brittonia*, 1978, 30 :21—33.
- [20] Prance G T, Mori S A. Lecythidaceae-Part I. The actinomorphic-flowered New World Lecythidaceae (*Asteranthos*, *Gustavia*, *Grias*, *Allantoma*, *Cariniana*). Fl. Neotrop. Monogr, 1979, 21 :1—270.
- [21] Mori S A, Prance G T. Taxonomy, ecology, and economic botany of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. Bonpl :*Lecythidaceae*). *Advances in Economic Botany*, 1990, 8 :130—150.
- [22] Mori S A. Bats, bees, and Brazil nut trees. *Natural History*, 2000, 4 :66—69.
- [23] Jurado E, Estrada E, Moles A. Characterizing plant attributes with particular emphasis on seeds in Tamaulipan thornscrub in semi-arid Mexico. *Journal of Arid Environment*, 2001, 48 :309—321.
- [24] Chamber J C, Macmahon J A, Haefner J H. Seed entrapment in alpine ecosystems : effects of soil particle size and diaspore morphology. *Ecology*, 1991, 72 :1668—1677.
- [25] Chambers J C. Relationship between seed fates and seedling establishment in alpine ecosystems. *Ecology*, 1995, 76 :2124—2133.
- [26] Dalling J W, Swaine M D, Garwood N C. Soil seed bank community dynamics in seasonally moist lowland tropical forest, Panama. *Journal of Tropical Ecology*, 1997, 13 :659—680.
- [27] Zhang Y, Xue L G, Gao T P, Jin L, An L Z. Research advance on seed germination of desert plants. *Journal of Desert Research*, 2005, 25 (1) :106—112.
- [28] Hedrick P W. Invasion of transgenes from salmon or other genetically modified organisms into natural population. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 2001, 58 :841—844.

参考文献 :

- [4] 徐汝梅, 叶万辉. 生物入侵理论与实践. 北京 :科学出版社, 2003.
- [6] 沈有信, 刘文耀. 长久性紫茎泽兰土壤种子库. *植物生态学报* 2004, 28 (6) :768—772.
- [10] 王若仲, 萧浪涛, 蔺万煌, 等. 亚种间杂交稻内源激素的高效液相色谱测定法. *色谱* 2002, 20 (2) :148—150.
- [11] 赵进英, 辛暨华, 郭英娜, 等. 固相萃取富集-高效液相色谱法分离检测水中3种苯脲除草剂. *分析化学* 2004, 37 (7) :939—942.
- [12] 钟晓红, 马定涓, 黄远飞. 草莓果实发育过程中内源激素水平的变化. *江西农业大学学报* 2004, 26 (1) :108—111.
- [13] 肖世和, 闫长生, 张海萍, 等. 小麦穗发芽研究. 北京 :中国农业科学技术出版社, 2004.
- [15] Lack A J, Evans D E. *植物生物学*. 杨世杰等译. 北京 :科学出版社, 2005.
- [27] 张勇, 薛林贵, 高天鹏, 等. 荒漠植物种子萌发研究进展. *中国沙漠* 2005, 25 (1) :106—112.