

加拿大蓬种子生态适应性及其化感作用*

肖春萍, 刘 博, 杨 莉, 韩 梅, 杨利民**

吉林农业大学中药材学院, 吉林省生态恢复与生态系统管理重点实验室, 长春 130118

摘 要: 加拿大蓬是我国外来入侵物种中危害最为严重的植物之一。为探讨加拿大蓬生物入侵与其种子萌发之间的关系, 本试验对加拿大蓬种子萌发所需温度、光照时间、光照强度、水分、适宜基质、种子生活力及加拿大蓬种子浸提液的潜在化感作用进行研究。结果表明: 加拿大蓬种子最佳萌发条件为 20 ℃、全光照、12 h、含水量为 10% 且沙质基质。加拿大蓬种子水浸液对供试植物种子的萌发及幼苗生长均表现出化感浓度效应, 说明加拿大蓬种子广泛的生态适应性及本身的化感作用使其在生物入侵过程中具有优势。

关键词: 加拿大蓬; 种子; 化感作用; 生物入侵

中图分类号: Q945

文献标识码: A

文章编号: 1000-5684(2011)

DOI: CNKI:22-1100/S.20110706.1431.003

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/22.1100.S.20110706.1431.003.html>

Preliminary Study of Ecological Adaptability and Allelopathy of *Conyza Canadensis* Cronq Seeds

XIAO Chun-ping, LIU Bo, YANG Li, HAN Mei, YANG Li-min

College of Chinese Medicinal Materials, Jilin Agricultural University, Key Laboratory for Ecological Restoration and Ecosystem Management of Jilin Province, Changchun 130118, China

Abstract: *Conyza canadensis* is one of the most dangerous invasive plants in China. The relationship between biological invasion of *Conyza canadensis* and its seeds germination was discussed, seven items of *Conyza canadensis* were researched including temperature, illumination time, strength of illumination, suitable water, suitable matrix, seed viability and allelopathy of *Conyza canadensis* seeds water extract. The results showed that: the best germination conditions of *Conyza canadensis* seeds are 20 ℃, entire illumination, illumination for 12 h, 10% water content, and sandy matrix. Allelopathy of *Conyza canadensis* was shown on germination of tested plants seeds and growth of seedlings, indicating the wide ecological adaptability of *Conyza canadensis* seeds and its allelopathy promoting biological invasion of *Conyza canadensis*.

Key words: *Conyza canadensis* cronq; seed; allelopathy; biological invasion

近年来, 世界生物多样性受到严重的威胁。作为生物入侵的外来物种进入以往未曾分布过的地区, 以此延续自己的种群, 有时会产生治理和美化环境等效果, 但是其负面生态效应也很严重^[1]。

外来杂草加拿大蓬 (*Conyza canadensis*) 是菊科飞蓬属一年生草本植物^[2-6], 生长呈野生状态, 能产生大量的瘦果, 借冠毛随风扩散, 蔓延极快。其种子入土后, 第 1 年种子发芽出土, 小苗春季返青, 夏季幼苗猛窜或在原根系上分蘖生长, 在土壤中的根系相当发达, 地面上植株生长茂盛, 如果在夏季时将植株刈割, 不久又会会长出新的植株, 生命力极强^[7]。加拿大蓬具有种子产量高、抗旱能力强、生

命力强、生物量大等特点, 表现出很强的竞争优势, 给我国农业生产带来极大危害, 严重影响了当地生态系统的结构与功能, 已经被列入国家环保局公布的入侵物种名单^[8]。高侃等^[9]对外来种加拿大蓬及其伴生种的生物生态学特性比较研究发现: 加拿大蓬具有较强的光合和迅速扩散能力。但是, 目前对加拿大蓬种子自身生态适应性及其化感能力的研究尚处于空白阶段, 故本试验通过对加拿大蓬种子萌发时体现出的生态学特性及其种子水提液化感作用进行初步研究, 探讨加拿大蓬种子在其成功生物入侵过程中是否起促进作用, 同时为阻止加拿大蓬的进一步扩散蔓延提供参考。

* 基金项目: 国家自然科学基金项目 (30870252), 吉林省科技发展计划项目 (20050547)

作者简介: 肖春萍, 女, 硕士研究生, 主要从事植物化学生态学研究。

收稿日期: 2011-04-24 网络出版时间: 2011-07-06 14:31

** 通讯作者

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试加拿大蓬[*Conyza canadensis*(L.)]种子采自吉林省长春郊区,采集时其已处于成熟状态(均为从植株上自然脱落的种子)。加拿大蓬种子的千粒重为 0.024 g。受体植物种子:青杂一号小白菜(*Brassica pekinensis* L.),苦苣(*Cichorium endivia* L.),胡萝卜(*Daucus carota* L.),均购于长春市现代农业科学研究所。

1.2 种子处理

挑选饱满、子粒大小相当的种子均匀置于垫有单层滤纸的培养皿内(直径 9 cm),每皿 50 粒种子。试验过程中每日定时补充蒸馏水和相应溶液保证滤纸湿润。试验中种子露白视为萌发,每 24 h 记录 1 次萌发情况。

1.3 试验方法

1.3.1 加拿大蓬种子萌发适宜基质的测定 根据《农作物种子检验规程》GB/T 3543.4-1995 的规

定,种子发芽试验的基质可选择发芽纸和沙,特殊情况用土壤。本试验采用培养皿纸上发芽法和沙床发芽法,以确定适宜的发芽基质。所用细沙过 1 mm 孔径细筛,于 200 °C 消毒 120 min。4 次重复,每次重复 50 粒种子,25 °C 下进行发芽。3 d 后统计发芽数,7 d 后计算发芽率。

1.3.2 加拿大蓬种子生活力测定 根据加拿大蓬种子细胞差别透性,利用电导仪法^[10]对有生活力与无生活力的加拿大蓬种子的电导率进行测定比较。4 次重复,每次重复 100 粒种子。分别测定自然成熟和经煮沸 30 min 2 种情况下的加拿大蓬种子电导率并计算其电解质渗出率(相对电导率)。公式为电解质渗出率=浸泡液电导率值/煮沸后电导率值×100%

1.3.3 加拿大蓬种子萌发适宜生态条件的筛选 采用培养皿纸上发芽法。设温度、光照强度和光照时间为影响因素。3 水平,9 个处理,随机区组排列,3 次重复,每次重复测定 50 粒种子。试验方案和小区田间平面排列见表 1,于 3 d 后统计发芽势,7 d 后计算发芽率。

表 1 加拿大蓬种子发芽适宜条件的试验因子设计

Table 1. Design of suitable conditions for *C. canadensis* seeds germination experiment factorial

水平 Level	因素 Factor		
	θ/ °C Temperature	光照强度 Illumination intensity	光照时间/h Illumination time
1	15	1/4	6/18
2	20	1/2	12/12
3	28	全光照	18/6

1.3.4 加拿大蓬种子发芽适宜水分条件的测定 采用培养皿沙床发芽法。发芽床初始含水量设 4 个处理:5%、10%、20%、30%,发芽期间每日 17:00~17:30 称重以补充损失的水分。试验于 25 °C 下恒温进行,3 次重复,每次重复 50 粒种子,7 d 后计算发芽率。

1.3.5 加拿大蓬种子水提液化感作用的生物测定 准确称取 10 g 加拿大蓬种子置于 100 mL 蒸馏水中,浸泡 24 h 后,将浸提液配置成 0.010, 0.025, 0.050 g/mL 3 个梯度,以蒸馏水作对照。试验以小白菜、苦苣和胡萝卜作为供试植物,25 °C 下培养,3 次重复,每次重复 50 粒种子,7 d 后统计发芽抑制率、根长及苗长。

1.4 数据统计

每隔 1 d 统计发芽的种子(以露白为准),3 d 后测定发芽势;培养 7 d 后分别统计各处理的发芽数、发芽率及发芽对照抑制率^[11]。不同发育期的发芽势和发芽率^[12]的差异显著性及加拿大蓬种子对供试植物种子萌发影响的对照抑制率的所有数据均采用 Office 软件和 DPS7.05 软件检验。

$$\text{对照抑制率} = (1 - \text{对照/处理}) \times 100\%$$

$$\text{发芽势(GE)} = (\text{前 3 d 内正常发芽种子数} / \text{供试种子总数}) \times 100\%$$

$$\text{发芽率(GR)} = (7 \text{ d 内正常发芽的种子数} / \text{供试种子总数}) \times 100\%$$

2 结果与分析

2.1 加拿大蓬种子萌发的适宜基质

加拿大蓬种子在相同培养温度下,不同培养基质结果不同:纸培法的发芽数和发芽率分别为 12.00±0.14 和 39%,均低于沙培法(15.75±0.17, 45.00%),且沙培法的发芽率显著高于纸培法($P < 0.05$),说明加拿大蓬种子萌发的最适宜基质是沙子。

2.2 加拿大蓬种子的生活力

由于高温逆境的伤害,首先作用于质膜上,造成质膜差别透性的改变与丧失,致使细胞内的物质大量外渗,导致组织浸泡液的电导率增大^[10]。本试验通过测定外渗液电导率的变化即反映出膜伤害程度,可间接反映出种子的生活力。沸前和沸后加拿大蓬种子水提液的相对电导率可达 55.30%,证明自然成熟状态下的加拿大蓬种子具有较强的生活

力。加拿大蓬种子数量繁多，扩散速度快，生活力较强，可推测其种子在成功入侵过程中起着重要作用。

2.3 加拿大蓬种子萌发的生态适宜条件

由表 2 可知，加拿大蓬种子萌发最适宜条件为 $A_2B_3C_2$ ，其中 3 因素的影响大小顺序为 $A>C>B$ 。随着培养温度升高，加拿大蓬种子发芽势逐渐增大，说明高温利于种子萌发；15 °C 和 20 °C 的发芽率间差异达到显著水平 ($P<0.05$)，20 °C 和 28 °C 的发芽率间差异不显著 ($P>0.05$)，故最佳培养温度为 20

°C；光照时间为 12 h 时，发芽势及发芽率均高于 6 h 和 18 h (28 °C 各处理差异不显著)，说明最佳光照时间为 12 h；种子萌发后，在植株生长过程中，与全光照相比，1/4 光照时，植株弱小且叶片发黄，1/2 光照时，苗矮小且叶片小，说明最佳光照强度为全光照。即加拿大蓬种子的最佳发芽温度是 20 °C，光和强度为全光照，光照时间为 12 h，发芽率最高为 40.67%。将表 3 数据进一步作方差分析，结果见表 3。

表 2 加拿大蓬种子发芽适宜条件正交试验设计

Table 2. Orthogonal test design and results of suitable temperature of *C. canadensis* seed germination

序号 No	A	B	C	发芽势/% GE	发芽率/% GR
1	1	1	1	3.33	32.33 ^b
2	1	2	2	22.33	39.67 ^a
3	1	3	3	15.33	31.00 ^b
4	2	1	2	29.33	40.33 ^a
5	2	2	3	33.00	40.66 ^a
6	2	3	1	31.00	40.67 ^a
7	3	1	3	31.33	34.33 ^{ab}
8	3	2	1	34.33	36.67 ^{ab}
9	3	3	2	37.33	40.00 ^a
K1	0.343	0.358	0.366		
K2	0.406	0.372	0.401		
K3	0.370	0.389	0.352		
R	0.062	0.031	0.049		

表 3 加拿大蓬种子发芽适宜温度方差分析结果

Table 3. Variances analytical of suitable temperature of *C. canadensis* seed germination

变异来源 Variation Source	离差平方和 SS	自由度 DF	方差 MS	F 检验	P
区组 Block	0.004	8	0.002		
θ	0.018	2	0.009	3.736**	<0.01
光照强度 Illumination intensity	0.004	2	0.002	7.385**	<0.01
光照时间 Illumination time	0.012	2	0.006	1.837	>0.05
误差 Error	0.021	18	0.001		
总和 Sum	0.049				

方差分析结果表明(表 3)可以看出，温度(15 °C，20 °C 和 28 °C)对加拿大蓬种子萌发具有极显著影响 ($P<0.01$)；1/4 光照、1/2 光照和全光照对加拿大蓬种子萌发具有显著影响 ($P<0.01$)；光照时间(6, 12, 18 h)对加拿大蓬种子萌发无显著影响 ($P>0.05$)。这说明温度及光照强度是影响加拿大蓬种子萌发的主要生态因子。

2.4 加拿大蓬种子萌发的适宜水分条件

基质中水分过多或过少均会影响种子的正常生

长。基质中的含水量为 10% 时，加拿大蓬种子的发芽率最大(33%)，含水量为 20% 和 30% 时，发芽率分别为 29% 和 27%，当基质中的含水量为 5% 时，加拿大蓬种子仍能萌发(29%)，说明加拿大蓬种子能适应较干旱的生境。它的生态适应性非常强，在生态竞争中更具优势。

2.5 加拿大蓬种子水提液的化感作用

由表 4 可知，不同浓度加拿大蓬种子水浸提液对 3 种供试植物(小白菜、苦苣和胡萝卜)种子萌

发均产生化感效应。24 h时不同浓度加拿大蓬种子水提液对小白菜和苦苣的种子萌发均产生抑制作用，浓度为0.050 g/mL时，小白菜和苦苣的发芽率最低；而各浓度加拿大蓬种子水提液对胡萝卜种子萌发都有一定的促进作用，但随水提液浓度增大促进作用减小。发芽48 h时，各浓度下供试植物的发芽率都有明显提高，但与对照相比仍然存在一定数量的种子未萌发或迟萌发，表现出延迟萌发效应^[13-14]，且仍随水提液浓度增加，对小白菜和苦苣的种子萌发抑制作用增强，对胡萝卜种子的萌发由促进作用转为抑制作用。

由表5可知，不同浓度加拿大蓬种子水提液对3种供试植物的幼苗生长均产生化感效应。浓度为0.010 g/mL和0.025 g/mL时，加拿大蓬种子水提液

对小白菜幼根的生长表现出促进作用，差异极显著 ($P<0.01$)，高浓度 (0.050 g/mL) 促进作用降低并与对照差异不显著，对幼苗表现出显著的促进作用 ($P<0.05$)；不同浓度加拿大蓬种子水提液对苦苣幼根生长均表现出显著抑制作用 ($P<0.05$)，对苦苣的幼苗生长则表现为促进作用，但不同处理间差异不显著；浓度为0.025 g/mL和0.050 g/mL时加拿大蓬种子水提液对胡萝卜幼根生长表现为极显著的抑制作用 ($P<0.01$)，浓度为0.010 g/mL和0.025 g/mL时，对幼苗生长表现为促进作用，浓度为0.050 g/mL时对幼苗生长表现为抑制作用，但差异不显著 ($P>0.05$)。综合上述可知，加拿大蓬种子的水提液对3种供试植物种子的萌发及幼苗生长均表现出化感效应，说明其种子中具有化感物质。

表4 不同浓度加拿大蓬种子浸提液对受体植物发芽抑制率的影响

Table 4. Effect of different concentrations of *C.canadensis* seeds on receptor plant relative inhibitory rate

t/h	ρ /(g·mL ⁻¹)	抑制率/% Inhibitory rate		
		小白菜 <i>Brassica pekinensis</i> L.	苦苣 <i>Cichorium endivia</i> L.	胡萝卜 <i>Daucus carota</i> L.
24	0.010	0.008	0.097	-0.056
	0.025	0.049	0.355	-0.053
	0.050	0.062	0.538	-0.150
48	0.010	0.035	0.074	-0.026
	0.025	0.036	0.148	0.037
	0.050	0.056	0.180	0.047

表5 不同浓度加拿大蓬种子浸提液对供试植物生长的影响

Table 5. Effect of different concentrations of *C.canadensis* seeds on tested plant length and height

ρ /(g·mL ⁻¹)	白菜 <i>Brassica pekinensis</i> L.		苦苣 <i>Cichorium endivia</i> L.		胡萝卜 <i>Daucus carota</i> L.	
	根长	苗长	根长	苗长	根长	苗长
	Root length	Seedling length	Root length	Seedling length	Root length	Seedling length
ck	6.00 ^{Bb}	0.95 ^{Bc}	6.56 ^{Aa}	0.44 ^{Bb}	3.53 ^{Aa}	1.99 ^{Aab}
0.010	6.31 ^{Bb}	1.20 ^{Bb}	6.22 ^{Aa}	0.58 ^{Aa}	3.41 ^{Aa}	2.06 ^{Aab}
0.025	8.05 ^{Aa}	1.62 ^{Aa}	4.11 ^{Bb}	0.60 ^{Aa}	2.77 ^{Bb}	2.32 ^{Aa}
0.050	6.54 ^{Bb}	1.57 ^{Aa}	3.74 ^{Bc}	0.60 ^{Aa}	2.62 ^{Bb}	1.74 ^{Ab}

注: 同列不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)，同列不同大写字母表示差异显著 ($P<0.01$)

Note: Different normal letters of the same column indicate significant difference at 0.01 and 0.05 levels

3 讨论

加拿大蓬可产生大量的瘦果，借冠毛随风扩散，因此其分布范围极广，产生的危害很大。研究结果表明：加拿大蓬的生活力较高，且最适宜的生长基质为含水量10%，透气性较好的沙质基质；加拿大蓬种子的最佳萌发条件为20℃、全光照、光照12h；加拿大蓬种子的水提液对3种供试植物的种子萌发及幼苗生长均表现出化感作用。本研究同时采用了十字花科的小白菜、菊科的苦苣及伞形科的胡萝卜作为受体，旨在推测加拿大蓬种子中化感物质对不同科属植物的化感作用可能存在较大差异。加拿大蓬种子发芽率为45.00%，具备广泛的生态适应性，且种子的水提液具有潜在化感作用，证实加拿大蓬种子在其生物入侵过程中起积极的促进作用。

物种的世代更新对于物种的进化和延续具有巨大的影响，在自然群落内如果物种在上一代死亡前得不到有效更新，这个物种就有可能逐渐消亡。种子萌发对物种更新至关重要，种子发芽率降低可能会降低植物在群落中的多度。种子发芽速度降低，发芽时间延长，出苗延后，将严重影响植物对地上和地下资源的竞争能力^[15-17]。化感物质对受体植物根生长的抑制导致植株根系变小，吸水、吸肥能力降低，对受体植物苗生长的抑制导致植株矮小瘦弱，影响其对光的竞争，这些均会直接影响未来植株的生长发育及其在群落中的地位和作用^[18]。所以，在防治加拿大蓬入侵中，应优先考虑其种子的生理生态特性及本身产生的化感作用。自然界中植物之间的化感生态关系是极其复杂的，而且与环境条件密切相关。化感作用的

最终效果表现为植物间的竞争以及其与土壤、微生物等生态因子相互作用的综合结果。本研究采用室内生物测定方法,只是从一个侧面放大或缩小了受体和供体之间的化感关系。今后在研究过程中要优化浸提液的制备方法,同时要排除溶液的浓度、溶液 pH、渗透压等因素的干扰,还要结合模拟野外试验,这样研究结果会更接近自然界的实际情况。

参考文献:

- [1] 屈冉,李俊生.外来物种入侵的负面生态效应及防治策略[J].生态安全,2007(7A): 31-33.
- [2] 曹慕岚,罗群,张红.入侵植物加拿大飞蓬生理生态适应初探[J].四川师范大学学报:自然科学版,2007,30(3): 387-390.
- [3] 席庆国,洪浩.外来植物奇岗的生物学特征[J].草业科学,2008,25(2): 26-28.
- [4] 彭友林,王朝晖,王云,等.常德市外来有害植物的种类、分布及危害的研究[J].湖北农业科学,2009,48(8):1906-1909.
- [5] 彭友林,王云,周国庆,等.洞庭湖区外来有害植物种类、分布及危害的研究[J].安徽农业科学,2008,36(3):1114-1116.
- [6] 徐海松,强胜.中国外来入侵植物编目[M].北京:中国环境科学出版社,2004.
- [7] 唐文福.外来入侵蜜粉源植物——加拿大蓬[J].中国养蜂,2004,55(2):28.

肖春萍等:加拿大蓬种子生态适宜性及其化感作用

- [8] 陈丽萍,曹慕岚,马丹焱.入侵植物加拿大蓬遗传毒性的初步研究[J].四川师范大学学报:自然科学版,2008,31(3):372-375.
- [9] 高侃,韩梅,李培建,等.外来种加拿大蓬及其伴生种的生物生态学特性比较[J].安徽农业科学,2010,68(13):6838-6840.
- [10] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:261-263.
- [11] 沈慧敏,郭鸿儒,黄高宝,等.不同植物对小麦、黄瓜和萝卜幼苗化感作用潜力的初步评价[J].应用生态学报,2005,16(4):740-743.
- [12] 慕小倩,何红花,董志刚,等.2种杂草水提液对小麦种子萌发及幼苗生长的影响[J].西北植物学报,2008,28(6):1165-1171.
- [13] 王大力,祝心如.三裂叶豚草的化感作用研究[J].植物生态学报,1996,20(4):330-337.
- [14] 翟梅枝,高小红,赵彩霞,等.核桃枝叶水溶物的化感作用研究[J].西北农业学报,2006,15(3):179-182.
- [15] Ross M A, Harper J L. Occupation of biological space during seedling establishment [J]. Journal of Ecology, 1972, 60:77-88.
- [16] Fowler N. The role of competition in plant communities in arid and semi-arid regions[J]. Annual Review of Ecological Systematic, 1986, 17: 89-110.
- [17] Weiner J, Wright D B, Castro S. Symmetry of below-ground competition between Kochia scoparia individuals [J].Oikos,1997,79: 85-91.
- [18] 郑丽,冯玉龙.紫茎泽兰叶片化感作用对 10 种草本植物种子萌发和幼苗生长的影响[J].生态学报,2005, 25(10): 2782-2787