

# 一枝黄花属三种欧洲入侵种的生态学研究概况

## Review on Ecological Studies on Three Invasive Species of European Genus *Solidago*

黄 华 郭水良  
Huang Hua Guo Shuiliang

(浙江师范大学化学与生命科学学院 浙江金华市 321004)

(College of Chemistry and Life Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua, Zhejiang, 321004, China)

**摘要** 北美一枝黄花 (*Solidago altissima*)、巨大一枝黄花 (*Solidago gigantean*) 和狭叶一枝黄花 (*Solidago graminifolia*) 原产北美, 于 19 世纪中叶在欧洲归化并成为外来入侵种。简述这 3 个种的种群扩张动态、侵占速率的基本模型、当前分布区域及潜在生长域的预测等种群生态学方面的研究内容, 并介绍一枝黄花属入侵种在中国的分布情况及基本生物学特性。以借鉴国外对一枝黄花属植物的研究方法和手段, 帮助我们理解该植物成功入侵的原因并预言一枝黄花属在我国的入侵植物的未来扩张趋势, 对开展它们的综合治理有重要的意义。

**关键词** 一枝黄花属 生物入侵 外来杂草

中图法分类号 S451

**Abstract** *Solidago altissima*, *Solidago gigantean* and *Solidago graminifolia* originate from North America, nationalized and became exotic invasive species in Europe during the middle of 19th century. The present paper summarizes the studies on the three species on their population expand trend, the fundamental model of their population invasive rate, and their present and potential distribution regions. This article also introduces the distributing and the biological characteristic of some invasive species of *Solidago* in China. In this paper, research approach and means of these species abroad are presented. It is very important to understand the reasons of their succeeded invading, and the prediction of their expand trend in China, and launch the comprehensive administration of these species.

**Key words** *Solidago*, biological invasion, exotic weeds

生物入侵、全球气候变化和动植物生境丧失被看作是全球三大环境问题<sup>[1]</sup>。1995 年在美国召开了第三届湿地植物外来种生态学及治理国际学术讨论会; 1996 年, 在挪威召开了外来种国际学术讨论会; 1997 年在德国柏林召开入侵植物生态学研讨会。这些学术活动表明外来种的入侵问题日益受到人们的重视, 入侵生态学成为生态学的一门重要分支学科。2001 年 10 月我国正式立项开展对外来物种生态学效应和风险防范技术的研究。由于外来种生物入侵问题的广泛性, 入侵生态学研究应该在全球变化的背景下进行, 应该加强区域之间的入侵生态学的交流与合作<sup>[2]</sup>。显然, 对我国境内新入侵植物加拿大一枝黄花 (*Solidago canadensis*) 的近缘种: 北美一枝黄花

(*Solidago altissima*)、巨大一枝黄花 (*Solidago gigantean*) 和狭叶一枝黄花 (*Solidago graminifolia*) 在国外的入侵生态学研究进行综述, 借鉴国外对一枝黄花属 (*Solidago* L.) 植物的研究方法和手段, 能帮助我们理解该植物成功入侵的原因, 并预言一枝黄花属在我国的入侵植物的未来扩张趋势, 对开展它们的综合治理有重要的意义。

### 1 一枝黄花属植物及其入侵现象

菊科一枝黄花属 (*Solidago* L.) 中大约有 100 多个种, 大部分原产于北美洲, 在美国东部地区种类最为丰富<sup>[3]</sup>。该属部分植物现已分布到欧洲、亚洲、大洋洲等地区, 其入侵种在部分国家已造成严重的生态后果<sup>[4-6]</sup>。一枝黄花属植物是多年生草本种类, 具一年生地上茎和多年生地下根状茎, 种子量多而小, 靠风

传播,一旦一个种群建立,它可能以无性生长方式爆发扩张<sup>[7]</sup>。部分学者在这方面关注较多<sup>[8~11]</sup>。

在传入欧洲的一枝黄花属植物中,北美一枝黄花、巨大一枝黄花和狭叶一枝黄花已经归化为当地的恶性杂草<sup>[9]</sup>。

北美一枝黄花、巨大一枝黄花和狭叶一枝黄花分别于18世纪中期作为观赏植物从北美引入欧洲<sup>[12]</sup>,最早关于这些归化种的观察材料发布于19世纪中期<sup>[13]</sup>(见表1)。现在北美一枝黄花和巨大一枝黄花已占据了欧洲大部分地区,狭叶一枝黄花目前只分布于少数地区,但在某些生长区能达到极高密度。

表1 北美一枝黄花、巨大一枝黄花和狭叶一枝黄花在欧洲国家首次记载的时间<sup>[9]</sup>

Table 1 Year of first record of *S. altissima*, *S. gigantean*, *S. graminifolia* in European countries

国家 Country	首次记载年份 Year of first record		
	北美一枝黄花 <i>S. altissima</i>	巨大一枝黄花 <i>S. gigantea</i>	狭叶一枝黄花 <i>S. graminifolia</i>
奥地利 Austria	1838	1867	1874
保加利亚 Bulgaria	1924	-	-
前捷克斯洛伐克 Czechoslovakia (former)	1867	1867	1874
丹麦 Denmark	1866	1868	-
芬兰 Finland	1910	1898	1986
法国 France	1857	1839	-
德国 Germany	1857	1860	1848
英国 Great Britain	1909	1896	1864
匈牙利 Hungary	1854	1863	-
意大利 Italy	1895	1886	-
前南斯拉夫 Yugoslavia (former)	-	1873	-
挪威 Norway	1887	1893	-
波兰 Poland	1853	1836	1885
罗马尼亚 Romania	-	1941	1973
瑞典 Sweden	1864	1869	-
瑞士 Switzerland	1868	1881	1841

## 2 一枝黄花属在欧洲的种群扩张观察

Ewald weber<sup>[9]</sup>在除希腊,土耳其以外的欧洲国

家(包括前苏联的欧洲部分)设立了生长区,其中北美一枝黄花306个,巨大一枝黄花557个,狭叶一枝黄花30个,将设有生长区的地方以100 km×100 km的网格方块标于等面积的地图上。同时根据Wagenitz<sup>[13]</sup>的资料和各地的植物记载,从1850年起,每隔10a制作1次地图,每次重新确定以下参数:(a)记录生长区数;(b)方形区占据数;(c)中欧最大生长域扩张值(以 $d \times d$ 平方根表示, $d$ 代表南北生长区最大距离, $d$ 代表东西生长区最大距离)。

外来入侵植物的潜伏期(栽培开始和逃逸开始之间的时间间隔)被认为是植物组建足够的先驱种群和使基因适应新的环境的准备期<sup>[14,15]</sup>。由于一枝黄花属的3个种最初引入欧洲大概为1750年,1850~1870年是这些物种扩张的真正开始(图1图2)因此,可推断这段潜伏期为100a左右。

图1中,北美一枝黄花、巨大一枝黄花和狭叶一枝黄花的生长区数量累积数均呈显著( $P < 0.001$ )的线性回归,其中斜率分别为2.25(*S. altissima*),4.11(*S. gigantea*)和0.22(*S. graminifolia*)。北美一枝黄花和巨大一枝黄花从1850年起,狭叶一枝黄花从1870年起,它们的生长区积累数就一直持续增长,

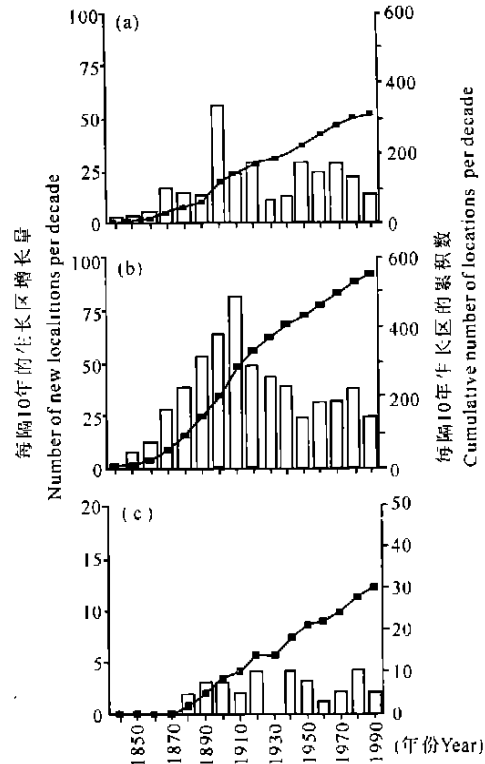


图1 基于欧洲地区腊叶标本和文字记载的北美一枝黄花(a)、巨大一枝黄花(b)和狭叶一枝黄花(c)每隔10a的生长区增长量(□)和生长区数量累积(■)<sup>[9]</sup>

Fig. 1 Absolute number per decade (□) and cumulative number (■) of localities in time of *S. altissima* (a), *S. gigantea* (b), *S. graminifolia* (c), based on European herbarium specimens and literature records

表明它们的生长域一直在扩张 就北美一枝黄花和巨大一枝黄花而言,1850年至1910年表现轻微的指数增长,以后表现为线性

图2中,北美一枝黄花、巨大一枝黄花、狭叶一枝黄花的方形占据区数量累积数均呈显著 ( $P < 0.001$ )的线性回归,其中斜率分别为741、910和128,即北美一枝黄花,巨大一枝黄花,狭叶一枝黄花的侵占速率分别为  $741 \text{ km}^2/\text{year}$ ,  $910 \text{ km}^2/\text{year}$ ,  $128 \text{ km}^2/\text{year}$  这种物种几乎同时开始扩张,扩张生长域的机会相同,因此,物种间不同的侵占速度反映了不同的入侵能力

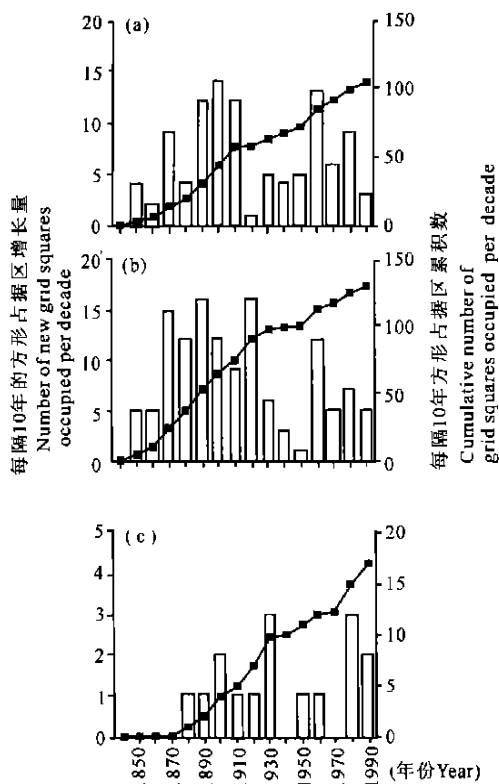


图2 基于欧洲地区腊叶标本和文字记载的北美一枝黄花 (a)、巨大一枝黄花 (b) 和狭叶一枝黄花 (c) 每隔10a的方形占据区增长量 (□) 和方形占据区数量累积 (■)<sup>[9]</sup>

Fig. 2 Absolute number per decade (□) and cumulative number (■) of grid squares occupied in time of *S. altissima* (a), *S. gigantean* (b), *S. graminifolia* (c), based on European herbarium specimens and literature records<sup>[9]</sup>

侵占速率是植物传播能力、定居能力和人类对其影响的综合结果。对于近缘外来种的扩散来说,假设扩散最慢的物种已经达到了扩散的最大限度,那么说明其他物种的还有很大的扩散空间,其他的一些因素诸如种植的频率、物种生态学都可能影响到它们的入侵速度。巨大一枝黄花具有长的、易断裂的根状茎,可通过水流传播达到快速侵染的目的<sup>[16]</sup>。北美一枝黄花生长在较干燥的环境中,具紧密的、短的根状茎,

这可能限制了它们的侵占速度。狭叶一枝黄花的生长习性与另外两种大不相同,例如短小的、分叉的枝条,这意味着种子传播能力弱

### 3 一枝黄花属种群扩展的基本模型

Baker<sup>[17]</sup>指出了种群扩张的两种模型,由中心向四周稳定的推进和由最初生长域中心的多个“卫星式”种群四散传播,然后填充空隙。Auld和Tisdell<sup>[18]</sup>发现多个小的种群增殖扩张占据整个地区较之单个的种群要迅速。一枝黄花属外来入侵种在欧洲的扩张方式就遵循了后一种模型,即分层传播模型<sup>[19]</sup>。北美一枝黄花和巨大一枝黄花在中欧的最大生长域半径,从扩散起,60a内增加了3倍,与侵占区相比表现为对数曲线(图3)。这个半径表示边缘生长区之间距离,与密度相关。大约1880年,这两种植物就已基本达到了目前的生长域半径,北美一枝黄花1900年后还略有增长。北美一枝黄花和巨大一枝黄花早期的生长域扩张(1850~1910年)已形成了一个框架,此后,植物或通过短途传播或人类传递来填充空隙。因此,除了入侵植物的基因型、生态特性以外,引入的时间、机遇以及由人类造成的分布型也同样是影响其成功入侵的重要因素<sup>[20-21]</sup>。分层传播模型可能是作为观赏植物引进的入侵植物的最适用的模型<sup>[19]</sup>。这说明植物侵占速度取决于生态学和人类因素,如果单纯依赖它们自身方式传播,这个速度将会慢得多。

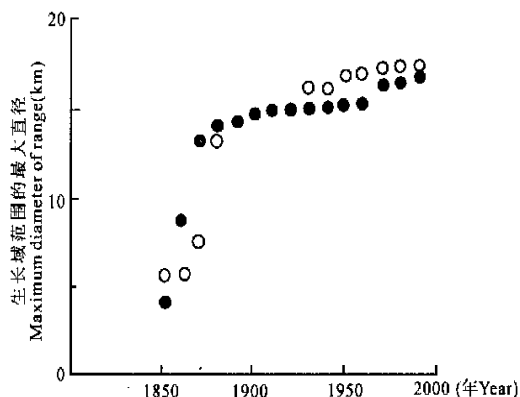


图3 北美一枝黄花 (○) 和巨大一枝黄花 (●) 在中欧生长域范围增长情况<sup>[9]</sup>

Fig. 3 The increase of range size of *S. altissima* (○) and *S. gigantean* (●) in central Europe<sup>[9]</sup>

1850年以来,在欧洲,北美一枝黄花和巨大一枝黄花生长域主要向北部和东部扩张,北美一枝黄花同时还向西部扩张;狭叶一枝黄花的生长域由少数几个离散的区域组成;北美一枝黄花和巨大一枝黄花目前的分布限度稍有不同,前者的南限和北限纬度均大于后者。历史上北美一枝黄花和巨大一枝黄花在欧洲的

扩张,主要是在相隔遥远的侵染区之间填充间隙的过程,这个过程目前还未到达最后一步,主要通过现有的生长域内增加个体数,这两个物种都将扩张得更广泛.同样可以设想,它们的生长域也会继续扩张.可能由于缺少足够的引入区,狭叶一枝黄花才扩张缓慢.

#### 4 一枝黄花属潜在生长域预测

Weber<sup>[22]</sup>用同类气候分析法预测了一枝黄花属在欧洲的三种入侵植物的潜在生长域,根据原产地分布的气候条件,制定了3个物种的气候档案,将这些档案与欧洲气象站的数据进行了比较.用来自全球历史气象学网络<sup>[23]</sup>的普遍用于同类气候比较研究的9个参数:最低月平均气温、年平均气温、最高月平均气温、6°C以上天数、月均无霜期、年均降水量、最多月降水量、最干旱月平均降水量、最湿月平均降水量建立气候档案,如果9个参数的值恰好处于气候档案的相应参数的范围内,那么气象站所在区域就被认为是适宜这些植物生长的区域.

Weber<sup>[22]</sup>的研究表明,一枝黄花属的这3个种的潜在分布都要比当前分布大得多.暂时还未被这些种侵占,但气候适宜的地区包括欧洲的东部和东南部,斯堪的纳维亚和中东等地区,尽管当前分布还在经度45°以内,但潜在生长域将越过经度55°(见图4).在欧洲当前分布纬度和潜在生长域纬度之间跨度最大的是狭叶一枝黄花,其在原产地的生长纬度分布也是

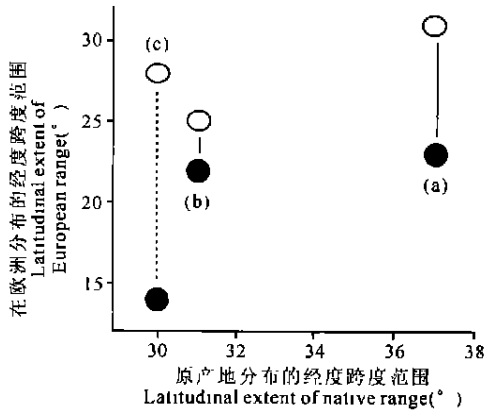


图4 北美一枝黄花 (a)、巨大一枝黄花 (b) 和狭叶一枝黄花 (c) 在欧洲的当前分布 (虚线) 和潜在分布 (实线)<sup>[22]</sup>

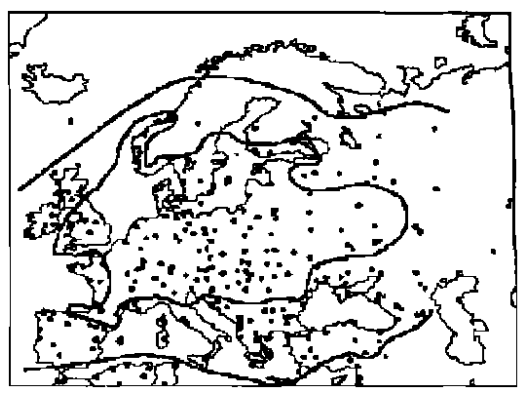
Fig. 4 Current (hatched line) and potential (solid line) distributions of *S. altissima* (a), *S. gigantea* (b), and *S. graminifolia* (c) in Europe<sup>[22]</sup>

○表示不适合这些种生长的地区所在的气象站,●表示适合这些种生长的地区所在的气象站.

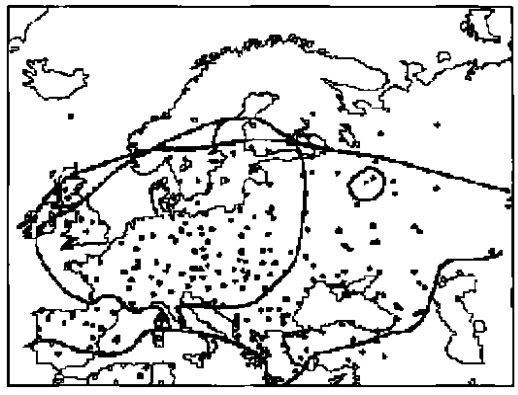
○ are climate stations unsuitable for the species, ● are climate stations suitable for the species.

最窄的;欧洲当前和潜在分布域纬度范围差异最小的

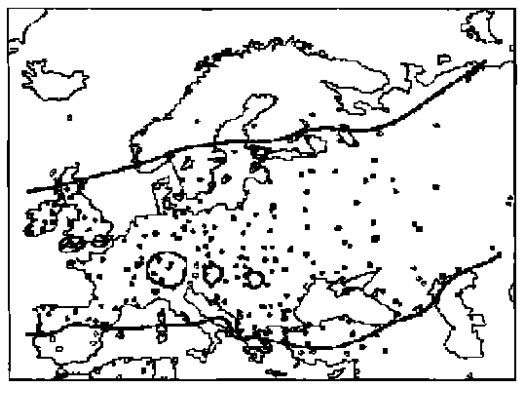
是巨大一枝黄花,其次是北美一枝黄花和狭叶一枝黄花 (图5).



(a)



(b)



(c)

图5 北美一枝黄花 (a)、巨大一枝黄花 (b) 和狭叶一枝黄花 (c) 在北美原产地和欧洲侵占区的分布纬度跨度关系<sup>[22]</sup>

Fig. 5 Relationship between the latitudinal extent of the range in America and in Europe for *S. altissima* (a), *S. gigantea* (b), and *S. graminifolia* (c) in Europe<sup>[22]</sup>

○表示在欧洲潜在生长域的纬度跨度,●表示当前在原产地和欧洲分布的纬度跨度.

○ indicate latitudinal extent of potential range; ● indicate current range.

从严格意义上来讲,由同类气候分析法判断而得的潜在分布只有当3个原产地的物种生物学假设成立

才有效。第一，必需假设原产地的物种不存在基因变异或生态型差异；第二，该物种在原产地的分布必需直接地或间接地受气候因素制约；第三，每一物种在原产地的扩张必须已达到气候限度<sup>[24-25]</sup>。

最后的一个假设已经成立。因为这3种植物通过菊科植物最常见的蜜蜂、野蜂授粉，种子可由风进行远距离传播，不需要某种特定生物来完成，在北美已经形成了大面积的生长域，是非常成功的侵占者。对于第2个假设，由于北美一枝黄花和巨大一枝黄花能耐大范围的环境状况，在北美占据了大量区域（灌木丛，河岸，荒地等），这说明这些物种的原产地生长域不受生物因素制约，相反地受气候因素制约。至于第一个假设，北美一枝黄花和巨大一枝黄花关于相同基因的假设未满足。北美一枝黄花无论欧洲还是原产地，在生活史和物候现象方面，都是极其多变的物种<sup>[26]</sup>。巨大一枝黄花不及北美一枝黄花多变，而且在欧洲，形态学方面相当一致<sup>[27]</sup>，但在北美存在着多倍体和叶绒毛变异<sup>[28-29]</sup>，在欧洲其种群间同样表现了基因上的变异<sup>[30]</sup>。这些入侵种在欧洲生长域内其物候学和生活史特性上的变异，可能是物种引进后适应的结果。一个物种相对于原产地的基因变异可能预示了一个物种侵占新的领地的进化潜力，因此，一个物种在新的地区的潜在分布比无基因变异的要大。

北美一枝黄花潜在生长域只是气候适宜其生长的区域，并不等于新的侵占区。扩张的范围和速度受欧洲具体国家的土地使用格局（如城市化）和物种的生态学等方面的影响。例如，北美一枝黄花较巨大一枝黄花喜干旱，它的扩散就有可能主要在马路边、铁道线旁和村落边人类干扰区，城市化速率高的国家会促进北美一枝黄花的扩张。巨大一枝黄花局限于潮湿的土壤，与其生态适应性相一致，这个物种在受干扰的河岸和其他潮湿的地方出现就比较频繁。

## 5 中国境内一枝黄花属入侵种概况

一枝黄花属植物在中国的外来杂草报道的有加拿大一枝黄花，北美一枝黄花<sup>[6,31]</sup>。加拿大一枝黄花在我国部分地区已经归化为外来杂草<sup>[6,32]</sup>。初步调查表明，加拿大一枝黄花已经广泛地逸生于沪宁线、沪杭线、浙赣铁路沿线地区及浙江宁波、台州等地区，成为荒地、河岸以及自然保护区大量的、极富侵略性的入侵者<sup>[32]</sup>。北美一枝黄花仅见于昆山至上海铁路沿线、浦东新区、青浦等近郊县<sup>[31]</sup>。北美一枝黄花在欧洲的分类地位不确定，在有些文献中与加拿大一枝黄花相互混淆，同时两者在形态学上的特征表明在欧洲的北美一枝黄花可以等同于加拿大一枝黄花<sup>[33]</sup>。

这两种植物在中国的分类地位尚待进一步确定，但是至少应对已在部分地区归化的加拿大一枝黄花引起足够的重视。

随着人类社会的文明和进步，物种传播的速度越来越快，外来入侵植物的潜伏期将大大缩短。凤眼莲（*Eichhornia crassipes*），空心莲子草（*Alternanthera philoxeroides*）分别在20世纪三四十年代引入我国；紫茎泽兰（*Eupatorium adenophorum*）于20世纪70年代末传入我国四川凉山州，潜伏期大约为10a。加拿大一枝黄花20世纪70年代作为庭园花卉引种栽培于我国上海、南京等地，到现在为止已体现出一定的危害性。因此，对新传入的外来杂草（如加拿大一枝黄花等）开展生态学适应性研究，对于预测它们在我国分布的潜在范围和生境特点有实际意义。

加拿大一枝黄花环境生态幅广、耐贫瘠，具有较强的环境适应性。郭水良等<sup>[32]</sup>测定了不同酸碱度、不同NaCl含量、不同质地的土壤、不同温度处理对加拿大一枝黄花植物体内游离脯氨酸、丙二醛、可溶性糖含量、过氧化物酶活性和过氧化物酶同工酶谱等生理指标的影响。加拿大一枝黄花具有发达的根系，而且能利用根上长出的不定芽进行无性繁殖，其多年生地下根状茎有很强的无性繁殖能力，极易形成无性系种群。加拿大一枝黄花也能进行有性繁殖，开花、结籽、萌发、长出新的个体。种子量多而小，依靠风力传播，种子占领新领域萌发的幼苗又可以形成新的无性系。因此，该种扩张速度极快，是一种典型的外来入侵杂草。野外观察发现，在其入侵的地方，其他外来种和土著种很快就会被排挤出去，成为单优势种的种群，优势种群面积可达几十至上百亩。植株粗壮，平均高度在2m以上，表现出极强的竞争优势。该入侵种已经对部分疏林果园和旱田作物产生严重影响，也影响抛荒地植被的自然恢复过程，急需对加拿大一枝黄花的入侵、定居和扩散机制以及生态适应性开展研究，以期进行有效的管理和控制其生态入侵。

## 参考文献

- 1 Sala O E. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 2000, 287: 1770~1774.
- 2 D'Antonio C, Vitousek P. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. *Annu Rev Ecol Syst*, 1992, 23: 63~87.
- 3 Gleason H A. The new Britton and Brown illustrated flora of the northeastern United States and adjacent Canada. New York: New York Botanical Garden, 1963.
- 4 Mesuel H, Jäger E J. Vergleichende chorologie der zentral-europäischen, *Flora*, vol III, Gustav Fischer, Stuttgart,

- 1992.
- 5 Meyer A, Schmid B. Experimental demography of rhizome populations of establishing clones of *Solidago altissima*. *Journal of Ecology*, 1999, 87: 42~ 54.
  - 6 郭水良, 李杨汉. 我国东南地区的外来杂草. *杂草科学*, 1995, 2: 4~ 8.
  - 7 Meyer A. The experimental demography of clonal plants: a case study of the invading species *Solidago altissima* L. PhD thesis, Basel Switzerland: University of Basel, 1992.
  - 8 Crawley M J. What makes a community invulnerable? Colonization, succession and stability. Gray A J, et al. eds. Oxford Blackwell Scientific Publications, 1986. 429~ 453.
  - 9 Weber E. The Dynamics of plant invasions: a case study of three exotic goldenrod species (*Solidago* L.) in Europe. *Journal of Biogeography*, 1998, 25: 147~ 154.
  - 10 Curnutt J L. Host-area specific climatic-matching similarity breeds exotic. *Biological Conservation*, 2000, 94: 341~ 351.
  - 11 Macisaac H J, Ketelaars H A M, Grigorovich I A, et al. Modeling *Bythotrephes longimanus* invasions in the Great Lakes basin based on its European distribution. *Hydrobiologie*, 2000, 149(1): 1~ 21.
  - 12 Weber E, Schmid B. Das Neophytenproblem. *Diss Bot*, 1993, 196: 209~ 227.
  - 13 Wagenitz G, *Solidago* L. *Illustrierte Flora von Mitteleuropa* (ed. by Hegi G), Carl Hanser, München, 1964, VI (3. 1): 16~ 29.
  - 14 Salisbury E J. *Weeds and aliens*, Collins, London. 1961.
  - 15 Baker H G. Patterns of plant invasions in north America. *Ecology of biological invasions of North America and Hawaii*. Mooney H A M, Drake J A. eds. Springer, New York. 1986. 44~ 57.
  - 16 Ellenberg H. *Vegetation mitteleuropas mit den Alpen*. Ulmer Stuttgart, 1982.
  - 17 Baker H G. The evolution of weeds. *Annu Rev Ecol Syst*, 1974, 5: 1~ 24.
  - 18 Auld B A, Tisdell C A. Impact assessment of biological invasions. *Ecology of biological invasions*. Groves R H, Burdon J J. eds. Cambridge Cambridge University press, 1986. 79~ 88.
  - 19 Hengeveld R. *Dynamics of biological invasions*. Chapman & Hall, New York. 1989.
  - 20 Mack R N. Alien plant invasions into the Intermountain west: a case history. *Ecology of biological invasions of North America and Hawaii*. Mooney H A, Drake J A. eds. New York: Springer, 1986. 191~ 213.
  - 21 Di Castri F. History of biological invasions with special emphasis on the Old World. *Biological invasions, a global perspective*. Drake J A et al. eds. John Wiley Chichester, 1989. 1~ 30.
  - 22 Weber E. Current and potential ranges of three *Exotic goldenrods* (*Solidago*) in Europe. *Conservation Biology*, 2001, 15: 122~ 128.
  - 23 Vose R S R L, Schmoyer P M, Sterner T C, et al. The global historical climatology network: long-term, monthly temperature, precipitation, sea level pressure and station pressure data. ORNL/CDIAC-53. NDP-041. Carbon dioxide information Analysis center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, 1992.
  - 24 Howden S M. The potential, distribution of biton bush in Australia. 1985, 69~ 77.
  - 25 Panetta F D, Mitchell N D. Homalime analysis and the prediction of weediness. *Weed Research*, 1996, 31: 273~ 284.
  - 26 Weber E. Morphological variation of the introduced perennial *solidago canadensis* L., sensu lato (Asteraceae) in Europe. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 1997, 123: 197~ 210.
  - 27 Weber E. Phenotypic variation of the introduced perennial *solidago gigantea* in Europe. *Nordic J Bot*, 1997, 17: 631~ 638.
  - 28 Melville M R, Morton J K. A biosystematic study of the *solidago canadensis* (compositae) complex. I. The Ontario populations. *Can J Bot*, 1982, 60: 976~ 997.
  - 29 Semple J C, Ringius G S, Leeder C, et al. Chromosome numbers of goldenrods, *Euthamia* and *Solidago* (Compositae: Astereae). II. Additional counts with comments on cytogeography. *Brittonia*, 1984, 36: 280~ 292.
  - 30 Weber E, Schmid B. Latitudinal population differentiation in two species of *solidago* (Asteraceae) introduced into Europe. *Amer J Bot*, 1998, 85: 1110~ 1121.
  - 31 车晋滇, 郭喜红. 北美一枝黄花. *杂草科学*, 1999, 1: 17.
  - 32 郭水良, 方芳. 入侵植物加拿大一枝黄花对环境的生理适应性研究. *植物生态学报*, 2003, 27(1): 47~ 52.
  - 33 Weber E. Evolutionary trends in European neophytes: a case study of two *Solidago* species. PhD thesis, University of Basel, Basel, Switzerland, 1994.

(责任编辑: 邓大玉)