

长久性紫茎泽兰土壤种子库

沈有信^{1 2} 刘文耀¹

(1 中国科学院西双版纳热带植物园昆明分部, 昆明 650223) (2 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要 具有长久性土壤种子库的植物在适应多变的生境和不良的生长条件方面具有优越性。于紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*)的主要萌发时段后(7月到次年的4月间)在云南的5个地点采集了共19个不同植被覆盖下的土壤种子库样本。萌发实验结果表明,紫茎泽兰具有长久性的土壤种子库,其在云南的不同生境的土壤中广泛分布,所有19个样地中都有长久性的紫茎泽兰种子。0~10 cm土层的种子密度变动于47~13 806 ind.·m⁻²,平均为2 202 ind.·m⁻²。种子密度与样地内地表的紫茎泽兰间没有直接的联系,但与植被的覆盖状况有关。种子库密度由滑坡堆积物(47 ind.·m⁻²)到草地(801 ind.·m⁻²)到灌丛(2 349 ind.·m⁻²)到森林(3 255 ind.·m⁻²)间逐渐增加。种子在各种类型土壤的采样点间出现的频度为60%~100%。在土壤的垂直方向上,0~2 cm土层分布有较多的种子,2~5 cm土层次之,5~10 cm土层最少,其各层占总数的比例的平均值分别为56.1%、25.2%和18.6%。但值得注意的是,虽然紫茎泽兰的种子在5~10 cm深的土层内的存在量占总量的比例相对较少,但如果折合成密度值,其量仍高达270 ind.·m⁻²,仍有形成危害的潜在可能。广泛分布且数量巨大的具有长久性特性的紫茎泽兰土壤种子库对各种防治措施的制订意义重大,它要求我们长远地、大尺度地考虑防治措施。

关键词 紫茎泽兰 长久性土壤种子库 与植被关系 水平分布 垂直分布

PERSISTENT SOIL SEED BANK OF *EUPATORIUM ADENOPHORUM*

SHEN You-Xin^{1 2} and LIU Wen-Yao¹

(1 Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China)

(2 Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract Plants with persistent soil seed banks have advantages in stress and harsh environments. Soil samples were collected from 19 different soil sites with different vegetation at 5 locations across Yunnan, Southern China, at different times from July to April after the germination season of *Eupatorium adenophorum* seeds. Germination research results showed that *E. adenophorum* had a persistent soil seed bank. Its seeds distributed widely across soils in Yunnan and seeds were found at all 19 sample sites. Seed density in the 0–10 cm soil layer varied between 47–13 806 ind.·m⁻² with an average of 2 202 ind.·m⁻². The density did not show a direct relationship with the mother plant of *E. adenophorum*, but did show strong relationships with standing vegetation types. The density increased from 47 ind.·m⁻² in newly deposited material of a slide to 801 ind.·m⁻² under grass cover, to 2 349 ind.·m⁻² under shrub cover, and the highest density of 3 255 ind.·m⁻² under forest cover. Frequency of seeds identified from soil samples across all 19 soil types varied between 60%–100%. Vertically, seed density in the 0–2 cm soil layer was the highest, followed by the 2–5 cm layer, and the 5–10 cm depth had the lowest seed density. *E. adenophorum* seeds accounted for 56.1%, 25.2% and 18.6% of the total seeds in the three soil layers, respectively. Although the total percentage of seeds in the 5–10 cm layer was low, the total density was high (270 seeds·m⁻²) and, although not in the position of germination, had the potential for germination and being environmentally harmful. The wide distribution and high density of *E. adenophorum* in the soil seed bank have significant implications for any prevention and control measures, and we suggest that a long-term, large-scale approach should be taken to deal with the spread of *E. adenophorum*.

Key words *Eupatorium adenophorum*, Persistent soil seed bank, Vegetation relationships, Horizontal distribution, Vertical distribution in soil

紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*)是世界性恶性杂草,大约于20世纪40年代由中缅边境传入云南省,约经半个多世纪的传播扩散,现已在西南地区

的云南、贵州、四川、广西、西藏等省区广泛分布(刘伦辉等,1985;赵国晶等,1989;强胜,1998;周俗等,1999)。自20世纪80年代以来,许多学者和有关部

门已经在其生理、生化、生态学特性,各种控制方法和措施方面作了大量的研究和探索(刘伦辉等,1989;陈旭东等,1990;丁智慧等,1999),但紫茎泽兰并未得到有效控制,有人估计每年仍在以大约60 km的速度,随西南风向东和北传播(向业勋,1991)。很多植物具有长久性的土壤种子库(Persistence soil seed bank),它们的种子能在土壤中等待萌发时机,在新的种子季节到来时仍然保持活力(Thompson & Grime, 1979)。有长久性种子库的植物在适应多变的生境和不良的生长条件方面具有优越性(Thompson, 2000),即使植物在某个年份因不良环境条件而导致植物的种子产量大幅度降低甚至无种子生产时,植物种群也不会受到灭绝威胁。种子传播是紫茎泽兰扩散蔓延的主要方式,其每年产生大量的细小种子,通过自然和人为活动传播并在土壤中保持有较大的土壤种子库(刘伦辉等,1989)。长期以来,对于紫茎泽兰种子在土壤中特言的研究一直未得到重视,我们推测紫茎泽兰具有长久性土壤种子库并在各种土壤中广泛分布。本研究通过在紫茎泽兰萌发季节后对云南省内5个地点的19种不同植被覆盖条件下土壤内的紫茎泽兰种子库储量与萌发特性的研究,验证紫茎泽兰种子库的长久性质并揭示其土壤分布规律,为对其进行防治提供基础。

1 研究方法

为验证紫茎泽兰土壤种子库在其分布区的广泛

分布性,在云南选择了生境条件相对较差的5个点,于每个地点尽量选择具有不同植被覆盖的样地,分别涵盖森林、灌丛、草地以及滑坡新堆积物。5个地点中两个为干旱河谷,3个为岩溶山地(表1),总样地数19个。在每个地点,除植被差异外,尽量保持其它生态因子的相对一致性,如海拔、坡向、坡度等。无论是原生的还是人工种植的森林,在各地点的分布面积有限,都为被周围的灌丛和退化草地包围的片段化自然林或人工种植林地。每个样地内分别设置20 m × 20 m(林地)或10 m × 10 m(草地)样方2~3个。对每个样方内的植被进行调查,搜寻样方内是否存在紫茎泽兰植株并按照Drude多度进行记录。每个样方内机械布点采集5个土样。根据Baskin和Baskin(1998a;1998b)的建议,主要萌发季节完后的土壤种子库可视为长久性种子库。因此各点的采样时间分别安排在紫茎泽兰的主要萌发季节末期(7月)到次年种子散落之前(4月)。限于实验条件,7月底在一个干旱河谷点的6个样地内采样,12月在另一个干旱河谷点的4个样地内采样,次年4月在3个岩溶点的9个样地内采样。

每个样地内共采集10~15个10 cm × 10 cm × 10 cm土样,每土样分3层(0~2、2~5、5~10 cm),取回土样用水冲洗过5目(4 mm)和75目(0.21 mm)筛(Ter Heerdt *et al.*, 1996),将中间部分转入萌发皿内,编号后置于温室内,隔离外界可能的种子干扰,保持土壤湿润以利于种子萌发,记录出苗种类与数

表1 紫茎泽兰土壤种子库研究样地概述

Table 1 Site condition of *Eupatorium adenophorum* seed bank research locations

地点 Locations	生境概述 Description of site condition
广南 Guangnan(SB1) (104°58' E, 23°59' N)	岩溶山地,海拔1 100~1 150 m,年平均气温16.6℃,年平均降雨量1 071 mm,坡度20°~40°,岩石裸露率60%~70%,森林为20世纪80年代后自然恢复的常绿阔叶林 Karst upland, 1 100-1 150 m above sea level, average annual temperature 16.6℃, annual rainfall 1 071 mm, slope 20°-40°, 60%-70% rock surface, evergreen broadleaved forest regenerated at 1980s as forest site
文山 Wenshan(SB2) (104°39' E, 23°26' N)	岩溶山地,海拔1 450~1 500 m,年平均气温17.8℃,年平均降雨量1 000 mm,坡度20°~40°,岩石裸露率60%~70%,森林为80年代后自然恢复的常绿阔叶林 Karst upland, 1 450-1 500 m above sea level, average annual temperature 17.8℃, annual rainfall 1 000 mm, slope 20°-40°, 60%-70% rock surface, evergreen broadleaved forest regenerated at 1980s as forest site
西畴 Xichou(SB3) (104°24' E, 23°16' N)	岩溶山地,海拔1 450~1 500 m,年平均气温15.8℃,年平均降雨量1 294 mm,坡度20°~40°,岩石裸露率60%~70%,森林为80年代后自然恢复的常绿阔叶林 Karst upland, 1 450-1 500 m above sea level, average annual temperature 15.8℃, annual rainfall 1 294 mm, slope 20°-40°, 60%-70% rock surface, evergreen broadleaved forest regenerated at 1980s as forest site
南涧 Nanjian(SB4) (100°30' E, 24°54' N)	干旱河谷区,海拔1 400~1 500 m,年平均气温18.7℃,年平均降雨量700 mm,坡度10°~30°,80年代后种植了很多人工森林 Hot and dry valley, 1 400-1 500 m above sea level, average annual temperature 18.7℃, annual rainfall 700 mm, slope 10°-30°, trees planted after 1980s
东川 Dongchuan(SB5) (103°10' E, 26°15' N)	典型干旱河谷区,海拔1 400~1 500 m,年平均气温20℃,年平均降雨量693 mm,坡度30°~40°,泥石流严重,80年代后种植森林以控制水土流失 Typical hot and dry valley, 1 400-1 500 m above sea level, average annual temperature 20℃, annual rainfall 693 mm, slope 30°-40°, severe debris flow area, trees planted for soil and water erosion control after 1980s

量,每次拔苗后翻动土壤,直到一周内无出苗为止。

2 研究结果

2.1 种子萌发特性

当年7月到次年4月采集的不同地点所有土壤样品内,都有紫茎泽兰的种子存在。任何时间采回的土壤内的种子都能很快萌发。所有土壤的种子萌发与时间的关系差异不大,即早期较多,后期较少,且各层的种子萌发率与时间的关系基本一致。以南涧点为例,土壤各层内的种子在实验开始后的一个月之内已经萌发近40%(图1),但该物种的持续时间较长,直到第220 d才完全出苗。拔苗后的土壤翻动对种子萌发有刺激作用。

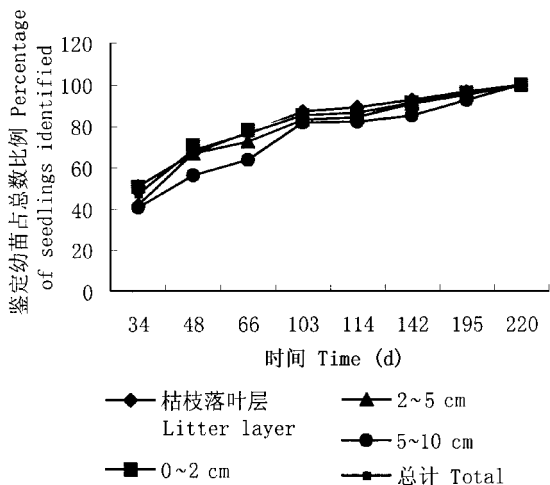


图1 紫茎泽兰土壤种子库的种子萌发与时间的关系(南涧)
Fig.1 Emergence of *Eupatorium adenophorum* seeds at different soil layer (Nanjian)

2.2 种子密度及其与地表紫茎泽兰的关系

测试结果表明,在所取样的云南5个地点的所有土壤中都储藏有大量的紫茎泽兰种子,19个样地内的种子库密度值变动于 $47 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ (滑坡新堆积) ~ $13\ 806 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ (松林),平均为 $2\ 202 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ (表2)。各样地内紫茎泽兰种子密度占其相应种子库总密度的比值变动于 $0.5\% \sim 22.2\%$,平均 9.4% 。虽然各地点的自然状况间有很大差异,而且因采样时间的不同,种子库的密度值变异很大,但这些种子库密度值足以说明紫茎泽兰种子在7月到次年的4月期间在云南不同生境的土壤中的广泛分布性,即使在由滑坡形成的新堆积中也分布有大量的种子。

地表植被中母体出现与否,Drude多度的高低与种子库密度间无直接关系(表2),表明土壤中紫茎泽兰种子的外源性对种子库的贡献较大,如在滑坡

新堆积物上,紫茎泽兰的种子已经大量涌入。很多森林内,并未见紫茎泽兰的母体,但其内储藏有丰富的种子。同一地点或不同地点的不同植被覆盖下的土壤中所贮藏种子的密度差异较大(表2)。虽然植被覆盖只是土壤贮藏环境的一个重要组成部分,且不同地点的同一种植被类型间也存在巨大差异,不能应用统计方法分析种子库密度差异与植被覆盖差异的直接关系,但由同一地点的不同植被覆盖下(其它贮藏因子相似)的土壤种子库的密度差异可看出,植被覆盖对紫茎泽兰的种子密度有较大影响。

2.3 种子在土壤中的分布

紫茎泽兰的种子在土壤中的分布十分广泛,这种广泛性反映在紫茎泽兰萌发土样占总取样点的比例,即出现的频度上。在各点的不同植被状况下的土壤中,这种频度值变动于 $60\% \sim 100\%$ 之间,平均为 85% (表2)。

垂直方向上, $0 \sim 2 \text{ cm}$ 土层分布有较多的种子,在19个样地内该层种子占总种子($0 \sim 10 \text{ cm}$)的比例变动于 $26\% \sim 91.8\%$,平均为 58.9% ; $2 \sim 5 \text{ cm}$ 土层占总种子密度的比例变动于 $5.5\% \sim 51.6\%$,平均为 24.6% ; $5 \sim 10 \text{ cm}$ 土层占总种子密度的比例变动于 $0\% \sim 51\%$,平均为 16.5% 。多数样地的种子在土壤中的分布由 $0 \sim 2 \text{ cm}$ 土层向下逐渐减少,仅有少量地点例外,从19个样地的平均值看,这种趋势十分明显(图2)。在同一地点的不同林、灌、草覆盖下的土壤中,这种垂直方向上的差异间并无显著规律,总体的平均值间也没有显著差异(图3)。但值得注意的是,虽然紫茎泽兰的种子在 $5 \sim 10 \text{ cm}$ 深的土层内的存在量占总量的平均比例相对较低,但如果折合成密度值,其量仍高达 $360 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

3 讨论

按照种子在土壤中的储藏行为,种子植物至少可分为两类,即具有短暂种子库(Transient seed bank)的植物和具有长久性种子库(Persistent seed bank)的

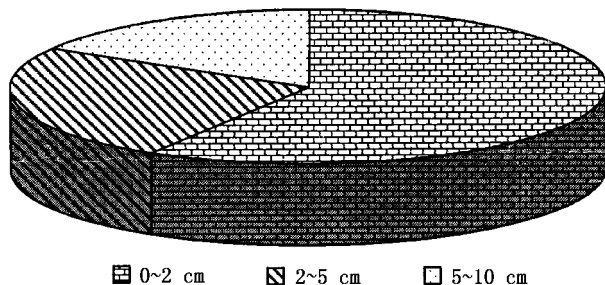


图2 紫茎泽兰种子在土壤中的垂直分布差异
Fig.2 Depth distribution of *Eupatorium adenophorum* seeds

表 2 不同地点不同植被覆盖下的土壤中紫茎泽兰的种子密度

Table 2 Seed density of *Eupatorium adenophorum* in seed banks under different vegetation covers at different locations

地点编号 Location code	植被覆盖类型 Vegetation type	紫茎泽兰母体多度 Abundance of mother plant	种子出现频度 Frequency of seeds in the sample (%)	种子库密度 Seed density (seeds·m ⁻²)	占总密度的百分比 Percentage of the total soil seed bank (%)
SB1	次生林 Secondary forest	无 No	80	620	12.6
SB1	灌丛 Shrub	无 No	80	500	12.2
SB1	草地 Grass	无 No	60	160	2.2
SB2	次生林 Secondary forest	无 No	100	2 060	17.2
SB2	灌丛 Shrub	少 Sol	80	1 160	10.6
SB2	草地 Grass	少 Sol	90	1 380	20.3
SB3	次生林 Secondary forest	少 Sol	90	3 310	22.2
SB3	灌丛 Shrub	少 Sol	90	770	19.7
SB3	草地 Grass	少 Sol	70	440	7.8
SB4	松林 Pine forest	多 Cop2	100	13 806	3.3
SB4	桉树林 Eucalypus forest	少 Sol	73	333	0.7
SB4	相思林 Acacia forest	尚少 Sp	93	5 673	4.8
SB4	合欢林 <i>Leucaena</i> forest	少 Sol	67	147	0.5
SB4	灌丛 Shrub	极多 Soc	100	9 247	3.9
SB4	草地 Grass	尚少 Sp	93	1 940	3.9
SB5	合欢林 <i>Leucaena</i> forest	无 No		40	93
SB5	灌丛 Shrub	无 No	33	66	8.2
SB5	草地 Grass	无 No	53	83	6.8
SB5	滑坡新堆积 New slide material	无 No	60	47	16.0
平均 Average			85	2 202	9.4

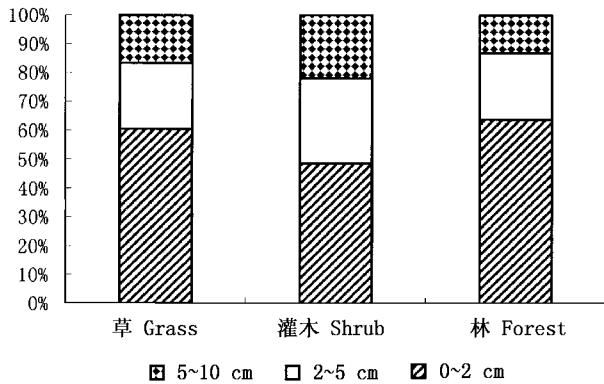


图 3 不同植被覆盖下的紫茎泽兰种子库垂直分布

Fig.3 Depth distribution of *Eupatorium adenophorum* seed bank under different vegetation covers

植物(Thompson & Grime, 1979)。前者的种子在新的种子季节来临前已经失去活力,而后者的种子在新的季节来临后仍具有萌发活力。一些种子在土壤中的活力甚至超过百年(Kivilaan & Bandurski, 1981)。现今已在 155 个科的很多属中发现具有长久性种子库的植物(Baskin & Baskin, 1998)。在植物的主要萌发季节后采集土壤样品,其所得的土壤种子可视为长久性的土壤种子库(Baskin & Baskin, 1989)。在云南大多数地区,紫茎泽兰的种子成熟季节在 4 月后期,而萌发的主要季节为 5 ~ 6 月(刘伦辉等, 1989)。本研究在 7 月到次年新的种子成熟前不断采样,所有的土壤样品中都有紫茎泽兰的种子萌发,

表明紫茎泽兰具有长久性的种子库,它的种子至少能存活到新的萌发季节到来前。但这些种子在土壤中存活的年份长短还有待于进一步的研究。光因子是长久性种子萌发的一个重要限制因子(Thompson, 2000; Baskin & Baskin, 1989)。紫茎泽兰种子萌发需要光(Auld & Martin, 1975)。在紫茎泽兰萌发季节后的多个时间采样,其种子都能在短时间内萌发,表明紫茎泽兰的种子不具有生理休眠特性,同时在温室内的土壤种子随着扰动而不断萌发,萌发历时很长(图 1)表明很薄的实验土壤层深度都会对种子的光诱导产生影响。正因为这种长久性,使得很多个体很小的种子能有较长的时间机会埋藏到深层土壤中,从而使 5 ~ 10 cm 土层内仍有大量的紫茎泽兰种子(图 2, 360 ind.·m⁻², n = 19)存在,形成潜在危害的基础。

紫茎泽兰产种量十分巨大,正常生长的紫茎泽兰群体,不同年龄级植株都会产生大量种子,其中以 3 ~ 5 年结实力最高,每平方米能产生 260 000 ~ 280 000 粒种子(刘伦辉等, 1989)。紫茎泽兰的种子重量小,连萼瘦果重约 4×10^{-5} g,折合千粒重为 0.04 g(刘伦辉等, 1989),其种子形态也适合于风播,其种子能随风到达各种不同的生境。云南的 5 个地点的 19 个生态系统内的土壤中都检测到了活力种子,即使在那些地表并无母体的样地内也检测到了种子,正是这种风播能力的体现。19 个样地内土壤

种子库的密度值变动于 $47 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ (滑坡新堆积) $\sim 13\ 806 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ 之间, 平均为 $2\ 202 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ (表 2) 表明现今云南的各种土壤中都储藏了大量的长久的紫茎泽兰种子。虽然紫茎泽兰为先锋物种, 荫蔽、干旱的生境不利于其生长 (刘伦辉等, 1989), 但它们是潜在的植物种群, 决定着未来的危害程度。

长久性紫茎泽兰土壤种子库的存在对紫茎泽兰的微观和宏观控制具有重要意义。当植物生长于不利的环境条件下时, 长久性土壤种子库对生物适应外界环境的变化会起到积极作用, 即使某些年份因环境恶劣而不能产生种子, 植物仍能利用长久性种子库中的种子繁殖后代, 避免灭绝的危险 (Thompson, 2000; Grime & Hillier, 2001), 对于有害杂草而言, 则避免被消灭。对微观或局部的防治而言, 在任何一地点使用任何的防治技术, 尤其是单一的技术能使该地点地表植株在短时间内被消灭或消除, 但要根除土壤种子库中的长久性种子则十分困难, 尤其是深层土壤 (5 ~ 10 cm) 中的种子, 在停止防治时地表植被会因这些种子的存在而得以补充, 同时外来的种子可能通过风播而快速补充到土壤种子库中 (如该研究中的新滑坡堆积物)。从宏观防治上说, 紫茎泽兰的防治更为艰巨。理论上讲, 只有将整个西南地区土壤中的种子全部耗尽时, 地表的紫茎泽兰才可能彻底根除, 但因为局部的单一的防治并不能彻底根除紫茎泽兰的种子, 少量的植株母体的存在会导致大量的种子产生和大范围的种子随风传播而达到土壤, 增加防治的困难。而且对紫茎泽兰长久性还不完全清楚, 该种子在土壤中的寿命到底有多长还有待深入的研究。一般来说, 在较短的时间内在整个西南地区实施全面防治是很困难的, 何况要在多年实施防治 (由种子在土壤中的寿命长度决定) 来消耗所有土壤中的种子。但尽管如此, 长远地、大尺度地考虑并制订防治措施是十分必要的。值得一提的是良好的森林群落为紫茎泽兰的种子储藏提供了优良的环境, 使得其内部保留有大量的种子, 可以预见, 一旦这些森林被破坏, 其内的紫茎泽兰种子可能因为荫蔽的消除而得以大量繁殖, 成为先锋物种占据破坏后的生境。另一方面, 从实验结果中发现, 增加土壤的翻动能促进紫茎泽兰种子的萌发, 因此也建议尽量减少土壤翻动以抑制其危害。

参 考 文 献

Auld, B. A. & P. M. Martin. 1975. Autecology of *Eupatorium*

- adenophorum* in Australia. *Weed Research*, **15**: 27 ~ 31.
- Baskin, C. C. & M. J. Baskin. 1989. Physiology and germination in relation to seed bank ecology. In: Leck, M. A., V. T. Parker & R. L. Simpson. eds. *Ecology of soil seed banks*. San Diego, California: Academic Press. 53 ~ 66.
- Baskin, C. C. & M. J. Baskin. 1998. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego, California: Academic Press. 133 ~ 162.
- Chen, X. D. (陈旭东) & D. Y. He (何大愚). 1990. Study on the strategy of biological control of *Eupatorium adenophorum* by using *Procecidochares utilis*. *Journal of Applied Ecology (应用生态学报)*, **1**: 315 ~ 321. (in Chinese with English abstract)
- Ding, Z. H. (丁智慧), Y. B. Guo (郭玉彬) & J. K. Ding (丁靖培). 1999. Chemical constituent from the flowers of *Eupatorium adenophorum*. *Acta Botanica Yunnanica (云南植物研究)*, **21**: 505 ~ 551. (in Chinese with English abstract)
- Grime, J. P. & J. Hillier. 2000. The contribution of seedling regeneration to the structure and dynamics of plant communities, ecosystems and large units of landscape. In: Fenner, M. ed. *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities (2nd edn)*. UK: CAB International. 365.
- Kivilaan, A. & R. S. Bandurski. 1981. The one hundred-year period for Dr. Beal's seed viability experiment. *American Journal of Botany*, **68**: 1290 ~ 1291.
- Liu, L. H. (刘伦辉), S. C. Xie (谢寿昌) & J. H. Zhang (张建华). 1985. Distribution, harmfulness of Pamakani (*Eupatorium adenophorum*) and discussion on the prevention strategies. *Acta Ecologica Sinica (生态学报)*, **5**: 1 ~ 6. (in Chinese with English abstract)
- Liu, L. H. (刘伦辉), W. Y. Liu (刘文耀), Z. Zhen (郑征) & G. F. Jing (荆桂芬). 1989. The Characteristic research of autecology of Pamakani (*Eupatorium adenophorum*). *Acta Ecologica Sinica (生态学报)*, **9**: 56 ~ 60. (in Chinese with English abstract)
- Qiang, S. (强胜). 1998. The history and status of the study on crofton weed (*Eupatorium adenophorum* Spreng.) a worst world-wide weed. *Journal of Wuhan Botanical Research (武汉植物学研究)*, **16**: 366 ~ 372. (in Chinese with English abstract)
- Ter Heerd, G. N. J., G. L. Verweij, R. M. Berker & J. P. Bakker. 1996. An improved method for seed bank analysis: seedling emergence after removing the soil by sieving. *Functional Ecology*, **10**: 144 ~ 151.
- Thompson, K. & J. P. Grime. 1979. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology*, **67**: 893 ~ 921.
- Thompson, K. 2000. The functional ecology of soil seed banks. In: Fenner, M. ed. *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities (2nd edn)*. UK: CAB International. 215 ~ 235.
- Xiang, Y. X. (向业勋). 1991. Distribution and harmfulness of *Eupatorium adenophorum* and its control. *Weed Science (杂草科学)*, **5**(4): 10 ~ 11. (in Chinese)
- Zhao, G. J. (赵国晶) & Y. P. Ma (马云萍). 1989. Investigation of the distribution and harmfulness of Pamakani (*Eupatorium adenophorum*) in Yunnan. *Weed Science (杂草科学)*, **3**(2): 37 ~ 40. (in Chinese)
- Zhou, S. (周俗) & Y. L. Xie (谢永良). 1999. The investigation report on the poisonous and injurious plant—*Eupatorium adenophorum* Spreng. in Sichuan Province. *Sichuan Grassland (四川草原)*, (2): 39 ~ 42. (in Chinese with English abstract)