

## 香港东北角吉澳群岛入侵植物调查

严岳鸿<sup>1,2</sup> 何祖霞<sup>2</sup> 余书生<sup>3</sup> 黄忠良<sup>1</sup> 邢福武<sup>1\*</sup>

(1. 中国科学院华南植物园, 广州 510650)

(2. 湖南科技大学生命科学院, 湘潭 411201)

(3. 中港生态环境顾问公司, 香港)

**摘 要** 什么样的生态系统容易入侵是入侵生态学关心的核心问题之一。最近, 我们对香港东北角吉澳群岛中的鸦洲湾、小鸦洲、鸦洲、拦船排、虎王洲、娥眉洲、往湾洲、吉澳等 8 个岛屿上的所有外来植物及本土植物的种类、数量和盖度进行了调查, 结果表明: 具有高钙低硅土壤基质的鸦洲、小鸦洲、鸦洲湾等三个小岛上分布有大量外来入侵植物的种类和数量, 而具有高硅低钙土壤基质的拦船排、虎王洲、娥眉洲、往湾洲等岛屿上外来植物的种类和数量稀少, 吉澳岛虽然外来植物的种类多, 但外来植物的个体数量少。分析说明: 钙离子可能是影响外来植物的入侵能力或生态系统的可入侵性的关键因子。此外, 文章还讨论及介绍了外来植物在石灰岩生境、盐碱地、海岸沙滩、温带广布的各种钙土、地中海气候影响下形成的干旱土等钙离子丰富的生态系统中入侵情况。  
**关键词** 生物入侵; 高钙生态系统; 可入侵性; 入侵植物

## A survey on the invasive plants in Kap O Islands, Northeastern Hong Kong

YAN Yue-Hong<sup>1,2</sup> HE Zu-Xia<sup>2</sup> SHEA She-Sang<sup>3</sup> HUANG Zhong-Liang<sup>1</sup> XING Fu-Wu<sup>1\*</sup>

(1. South China Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650)

(2. School of life Science, Hunan University of Science and technology, Xiangtan 411201)

(3. China-Hong Kong Ecology Consultants Corporation, Hong Kong, China)

**Abstract** What type of ecosystems more vulnerable than the others in terms of impact of invasive species? It is one of the focuses of modern species invasion ecology. Our survey on the invasive plants on 8 islands in northeastern water of Hong Kong (114°15' ~ 114°27' E, 22°30' ~ 22°34' N) was carried out recently. The results shown that the islands (including Island Sai Ap Chau, Island Ap Lo Chun and Island Ap Chau) with calcium-rich soil might be more invasible than other islands (including Island Lam Shuen Pai, Island Fu Wong Chau, Island Ngo Mei Chau, Island Wong Wan Chau) with low calcium soil. Although there are many more species of invasive plants in Island Kap O, the abundance of exotic plants is low and did not cause significant harm to the natural vegetation. Based on comparison of the invasive plants and island area, human disturbance and soil component, the results presented herewith on the relationship between calcium and the fact that limestone, saline, beach, calcic soil that widely distributed in temperate zone and arid soil formed in Mediterranean Sea Climate was easily invaded by the invasive plants.

**Key words** biological invasion; calcium-rich ecosystems; invasibility; invasive plants

基金项目: 国家自然科学基金 (30270122)

第一作者简介: 严岳鸿 (1974—), 男, 博士, 主要从事蕨类植物学和生物多样性保护工作。

\* 通讯作者 Author for correspondence

收稿日期: 2004 - 01 - 07



目前,除了南极大陆外地球上似乎没有什地区没有引入外来植物<sup>[1]</sup>。生物入侵已经成为世界各国深入关注的环境问题<sup>[2]</sup>,并对整个世界生物区系造成了严峻的威胁<sup>[3]</sup>。近年来,人们逐渐认识到生物入侵不仅将对生物多样性保护工作产生严重的危害<sup>[4]</sup>,而且将对生态系统的结构和功能造成深远的影响<sup>[5-10]</sup>。

自达尔文<sup>[11]</sup>在《物种的起源》一书描述 La Plata平原从欧洲引入的植物以来,有关什么样的生态系统更易受到入侵的问题成为生态学家关注的焦点<sup>[10,12-16]</sup>并将此视为入侵生态学的核心问题之一<sup>[17]</sup>。前苏联阿略兴<sup>[18]</sup>在《植物地理学》中,对外来种入侵的问题作了初步的探讨。英国生态学家 Elton<sup>[19]</sup>在他的《动植物的入侵生态学》一书通过大量的实际情况的考察,提出岛屿比大陆易受外来种的入侵,生物多样性高的地区对外来种入侵具有较高抵抗力等一些经验的理论观点。此后,生态学家提出了一系列有关什么样的生态系统更容易入侵的假说<sup>[10]</sup>,这些假说包括(1)新大陆比旧大陆易受入侵<sup>[20,21]</sup>;大量的入侵成功者都是来自亚欧大陆。(2)具有地中海性气候的地区受到外来种的影响要比其他地区大<sup>[22]</sup>。(3)结构简单的群落比结构复杂的群落易受入侵<sup>[13,19,23]</sup>。(4)温带生态系统比热带生态系统易受入侵<sup>[23]</sup>;(5)岛屿比大陆易受入侵<sup>[19,24]</sup>。(6)热带岛屿比欧洲和北美的岛屿易受入侵<sup>[25]</sup>;(7)某一地区中参观人数的增多会导致外来种数量的增加<sup>[26]</sup>。(8)遭受干扰和破坏的生境比没有遭受干扰和破坏的生境易受外来种的入侵<sup>[27-30]</sup>。(9)外来植物的影响随着海拔高度的增加而减小<sup>[31]</sup>,这显示在入侵过程中存在海拔障碍。Lonsdale<sup>[10]</sup>曾经通过大量的数据对以上这些假说和观点进行了检验,综合起来可以用以下5个因素来解释:进化的历史,群落结构,繁殖压力,干扰和胁迫<sup>[32]</sup>。勿庸置疑地,这些因素不是孤立的,而是多个因素相互关联共同作用的<sup>[33]</sup>。

但是,这些关于外来入侵植物在全球分布格局的假说及其解释并没有考虑植物生长的不同的土壤条件和环境基质,如土壤的结构、质地、化学成分、含水量、pH值等。目前,有关外来植物与生态系统的可入侵性的解释没有考虑到入侵地本身的物理环境条件,外来植物入侵在全球的分布格局也必然与入侵地环境基质和土壤条件具有一定的相关性。最近我们在香港东北角吉澳群岛的植物调

查中,注意到外来植物的入侵可能与土壤中钙离子的含量具有明显的相关性。

## 1 研究地概况与调查方法

调查地点位于香港东北角吉澳群岛中的鸦洲、小鸦洲、鸦洲湾、拦船排、虎王洲、娥眉洲、往湾洲、吉澳等8个岛屿(114°15'~114°27'E, 22°30'~22°34'N,图1)。该地区属于南亚热带海洋性季风气候,夏季高温多雨,冬季干旱,海拔范围在10~150m之间,与大陆距离不超过1km。在长期人为干扰和经常性的海风影响下,岛上的植被主要为比较低矮的常绿阔叶林、灌木林、灌草丛和海岸植被,常绿阔叶林中的优势植物种类有鸭脚木(*Schefflera heptaphylla*)、潺槁树(*Litsea glutinosa*)、阴香(*Cinnamomum burmannii*)、黄牛木(*Cratoxylum cochinchinense*)等,灌木林中的优势植物种类有野牡丹(*Melastoma candidum*)、野漆(*Rhus succedanea*)、九节(*Psychotria asiatica*)、香港算盘子(*Glochidion zeylanicum*)、桃金娘(*Rhodomyrtus tomentosa*)、黑面神(*Breynia fruticosa*)等,灌草丛主要由岗松(*Baeckea frutescens*)、桃金娘、山菅兰(*Dianella ensifolia*)、越南叶下珠(*Phyllanthus cochinchinensis*)、山芝麻(*Helicteres angustifolia*)、天门冬(*Asparagus cochinchinensis*)、麦冬(*Ophiopogon japonicus*)和苏铁蕨(*Brahea insignis*)、铺地蜈蚣(*Palhinhaea cernua*)等蕨类植物及一些禾本科、沙草科的草本植物,海岸植被主要由草海桐(*Scaevola sericea*)、海漆(*Excoecaria agallocha*)、海果(*Cerbera manghas*)、榕树(*Ficus microcarpa*)、露兜树(*Pandanus tectorius*)、许树(*Clerodendrum inermis*)、龙爪茅(*Dactyloctenium aegyptium*)、孟仁草(*Chloris barbata*)、厚藤(*Ipanoea pes-caprae*)等植物组成。调查中的各岛屿均有不同程度的人为或自然干扰情况,其中人为干扰较严重的岛屿有吉澳、鸦洲、娥眉洲、往湾洲等4个岛屿,小鸦洲、拦船排、虎王洲等3个小岛所受人为干扰较少,而鸦洲湾岛屿面积小(不超过200m<sup>2</sup>),虽然人为干扰不大,但经常受到海浪和海风的袭击,岛上的几乎没有什么植被,仅有零星生长的杂草和灌木。

本文者在2002年10月对这8个岛屿进行了植物普查,在各岛上所有遇到的植物均记录了植物名称,并估计了各种植物在岛上的相对多度和外来植物在各岛屿上的现状。入侵植物概念的界定为已逸为野生的非香港本土植物<sup>[34]</sup>。

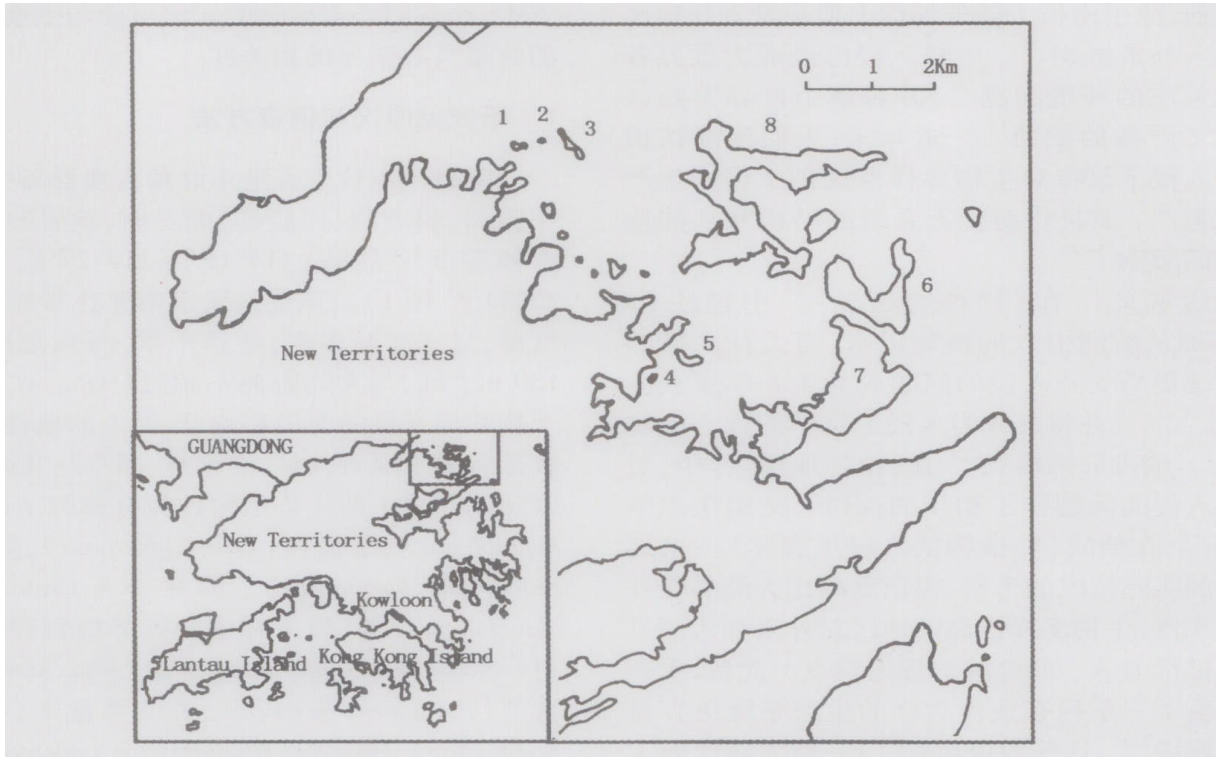


图 1 香港东北角吉澳群岛地图

- 1. 小鸦洲; 2. 鸦洲湾; 3. 鸦洲; 4. 拦船排; 5. 虎王洲; 6. 娥眉洲; 7. 往湾洲; 8. 吉澳

Fig 1 The map of Kap O Islands

- 1. Is Sai Ap Chau; 2. Is Ap Lo Chun; 3. Is Ap Chau; 4. Is Lam Shuen Pai;
- 5. Is Fu Wong Chau; 6. Is Ngo Mei Chau; 7. Is Wong Wan Chau; 8. Is Kap O.

## 2 结果与分析

### 2.1 吉澳群岛外来植物概况

调查结果表明,所调查的吉澳群岛 8 个岛屿上共记录到植物种类总数 173 种,其中外来入侵植物 24 种,外来植物占植物种类总数的 13.87% (表 1)。外来入侵植物在吉澳群岛的分布格局具有明显的规律性,在鸦洲、小鸦洲、鸦洲湾三个岛上外来植物的种类多、数量大、占本地植物种类总数的比例高、在各岛屿上的覆盖度大、带来的危害程度最为严重;在吉澳岛上,外来入侵植物的种类及其占本土植物的比例较多,但外来入侵植物在岛上的覆盖度及其带来的危害程度远不如前者;而拦船排、虎王洲、娥眉洲、往湾洲等 4 个岛上外来入侵植物的种类少、数量稀少,对本地的自然植被几乎没有有什么明显的影响。

鸦洲、小鸦洲、鸦洲湾等 3 个岛屿是外来植物入侵最为严重的。外来植物的种类多、数量大、覆盖度大,危害严重。其中鸦洲岛是一个人为干扰较

强烈的小岛,岛上的原生植被破坏较严重,仅残存一些灌丛和疏林,外来植物在岛上的覆盖度高达约 40% 以上,整个岛上几乎到处都生长着落地生根、马缨丹、红毛草、假臭草、金腰箭等外来植物,岛上的本土植物遭到外来入侵植物的严重排挤 (如图 2)。小鸦洲毗邻鸦洲岛,岛上破坏较少,有比较完



图 2 鸦洲岛上排挤中的珍稀植物隐囊蕨

Fig 2 Competing with the aggressive *B ryophyllum pinnatum*, the native rare fern *Notholaena hirsute* would probably be excluded from the Is Ap Chau soon

表 1 香港东北角吉澳群岛入侵植物分布概况

Table 1 The invasive plants of Kap O Islands in Northeast Hong Kong

植物名 Species	岛屿 Island							
	岛 1 Is 1	岛 2 Is 2	岛 3 Is 3	岛 4 Is 4	岛 5 Is 5	岛 6 Is 6	岛 7 Is 7	岛 8 Is 8
刺苋 ( <i>Amaranthus spinosus</i> )								+
喜旱莲子草 ( <i>Alectranthem philoxenoides</i> )								++
地毯草 ( <i>Axonopus compressus</i> )								+
三叶鬼针草 ( <i>Bidens pilosa</i> )			++					+
落地生根 ( <i>Bryophyllum pinnatum</i> )	+++		+++					+
长春花 ( <i>Catharanthus roseus</i> )		+	++					+
加拿大蓬 ( <i>Conyza canadensis</i> )								++
牛筋草 ( <i>Eleusine indica</i> )								++
假臭草 ( <i>Eupatorium catarium</i> )	+++		+++					+++
飞扬草 ( <i>Euphorbia hirta</i> )			++					+
五爪金龙 ( <i>Ipomoea cairica</i> )	++		++					+
七爪龙 ( <i>Ipomoea dogitata</i> )			+					++
马缨丹 ( <i>Lantana camara</i> )	+++	+	+++					++
薇甘菊 ( <i>Mikania micrantha</i> )			++					++
含羞草 ( <i>Mimosa pudica</i> )								+
含羞草决明 ( <i>Cassia mimosoides</i> )	+							
红花酢浆草 ( <i>Oxalis cornifolia</i> )								+
沙葛 ( <i>Pachyrhizus erosus</i> )			++					
牵牛 ( <i>Pharbitis nil</i> )	++		++					+
小叶冷水花 ( <i>Pilea microphylla</i> )								+
番石榴 ( <i>Psidium guajava</i> )								+
红毛草 ( <i>Rhynchospora repens</i> )	+++	+	+++					
金腰箭 ( <i>Synedrella nodiflora</i> )			+++					
羽芒菊 ( <i>Tridax procumbens</i> )			++					
美洲蟛蜞菊 ( <i>Wedelia trilobata</i> )			++		++	++	++	
入侵植物 Invasive plants	7	3	15	0	1	1	2	18
本土植物 Native plants	37	8	44	33	32	44	71	98
植物种类总数 Total recorded plants	44	11	59	33	33	45	73	116
入侵植物占本土植物比例 Invasive plants/ Native plants (%)	18.92	37.50	34.09	0	3.13	2.27	2.82	18.37

注 (Notes): “+” 少见 (rare); “++” 常见 (common); “+++” 普遍 (very common)

整的灌木林植被,大部分外来植物没有侵入发育较好的灌木林,多数生长在林缘,但如红毛草、马缨丹、假臭草等入侵种仍可以侵入灌草丛和比较低矮的灌木林中。而鴉洲湾虽然面积最小,但却记录有3种外来植物种类。外来植物的入侵对岛屿上本土植物生存影响是很大的,以鴉洲、小鴉洲两个小岛上草本层中的蕨类植物为例,入侵程度较轻的小

鴉洲岛上仅生长有5种耐盐碱蕨类,分别是隐囊蕨 (*Notholaena hirsute*)、毛轴碎米蕨 (*Cheilosoria chusana*)、刺齿凤尾蕨 (*Pteris dispar*)、剑叶凤尾蕨 (*P. ensiformis*)和贴生石韦 (*Pyrrosia adnascens*)等,这些种类都是华南地区石灰岩或墙缝等生境中比较常见的阳性种类,并都能耐受一定强度的人为干扰;但由于落地生根、马缨丹、红毛草等外来入侵植物

在鸦洲岛上的疯长,占据了草本层植被中的绝大部分生态位,刺齿凤尾蕨、剑叶凤尾蕨、毛轴碎米蕨三种蕨类植物在该岛上均没有分布,贴生石韦仅生长在远离外来植物生长的裸露的海边石壁,隐囊蕨则生长在落地生根的夹缝中,所能生存的空间日渐缩小,面临着从这个岛上消失的威胁。

吉澳岛上的外来入侵植物种类多达 18 种,如喜旱莲子草、长春花、牛筋草、加拿大蓬、假臭草、马缨丹、薇甘菊等,这些种类在海边、路边、宅旁、荒地等一些人为干扰强烈的生境较多,但不分布到人迹罕至的自然植被,对本地的自然植被破坏较少。

拦船排、虎王洲、娥眉洲、往湾洲等 4 个岛屿上外来入侵植物的种类少、比例较小,仅零星的分布于海边,数量稀少。印洲塘附近的小岛拦船排上没有发现外来植物;虎王洲、娥眉洲虽然岛屿面积大,但两个岛上均只记录到美洲蟛蜞菊一种外来植物,数量稀少;往湾洲仅记录到两种外来植物,即生长在海边的美洲蟛蜞菊和七爪龙,数量不多。

### 3 讨论

#### 3.1 岛屿面积与外来植物的入侵

随着岛屿面积增加,各岛屿植物种类总数增多,但岛屿的面积大小与外来植物的入侵没有明显的相关性(见图 1 和表 1)。面积最小的鸦洲湾仅有植物种类总数 11 种,面积最大的吉澳岛共有植物总数 116 种;而外来入侵植物的分布却并不如此,如虎王洲、娥眉洲、往湾洲等四个岛屿面积远远大于鸦洲湾、小鸦洲、鸦洲三个岛屿,但三个岛屿共记录到外来植物才 2 种,七爪龙和美洲蟛蜞菊;而面积最小的鸦洲湾虽然面积仅约  $100 \text{ m}^2$ ,也共记录到长春花、马缨丹、红毛草等 3 种外来植物,面积较大的吉澳岛则共有外来植物 19 种。吉澳岛岛屿面积最大,记录到的外来植物种类也较多,但这些外来植物多分布在路边、荒地等人为干扰强烈的生境,并不进入岛上的自然次生植被,外来植物在该岛的覆盖度不大,危害不甚严重。

#### 3.2 外来植物与人为干扰

人为干扰是影响外来植物入侵的一个重要因素。在香港东北角吉澳群岛上,随着人为干扰程度的加剧,外来植物在各岛上的数量和覆盖度均有一定的影响。但是,香港东北角吉澳群岛外来入侵植物的分布格局显然不能用人为了干扰来解释。岛上人为干扰最强烈的吉澳岛虽然拥有数量最多的外

来植物种类,但一个地区比别的地区更容易入侵不仅仅是这个地区比别的地区拥有更多的外来物种数量,而是这个地区本身固有的比别的地区具有更加可入侵性的特点<sup>[10]</sup>。吉澳岛虽然外来植物种类多,但外来植物在岛上的覆盖度并不显著,外来植物的入侵的生境也多在林缘、路边或宅旁的荒地,入侵植物并不侵入自然植被的核心地带。而在鸦洲、小鸦洲等地,虽然植被也遭受到一定的破坏,但外来植物在岛上的种类、数量、规模、覆盖度及其带来的危害程度是其他岛屿上不能比拟的;同时,由于鸦洲岛上的人为干扰较小鸦洲严重,植被也遭到比较严重的破坏,因此外来植物在鸦洲岛上的入侵规模也比小鸦洲严重。

#### 3.3 外来植物与岛屿土壤基质

外来植物在吉澳群岛这种特殊的分布格局引起我们对岛屿本身的岩石和土壤条件的注意。资料表明<sup>[35,36]</sup>,鸦洲、小鸦洲、鸦洲湾等三个岛屿的母岩基质属于白垩纪沉积岩,大都略为红棕色,由厚层状的角砾岩(Breccia)和薄层状的粗糙的砂岩(Sandstone)组成,并粘有钙质和粘土状的基质(Matrix),方解石(Calcite)晶体在岩石中常见,石质的碎屑中包含有凝灰岩等。钙质的凝灰岩状角砾岩(Calcareous tuffaceous breccia)占岩石成分的 75%。化学成分分析表明<sup>[35]</sup>:这种角砾岩中氧化钙(CaO)的含量高达 21.24%,二氧化硅( $\text{SiO}_2$ )的含量却高达 45.15%而其他岩石中的 CaO 含量远低于鸦洲岛这种土壤的 CaO 含量,二氧化硅的含量远高于鸦洲岛这种土壤中的含量。吉澳岛、娥眉洲部分地区也有这种土壤类型零星分布,但我们在这两个岛上的调查时没有见到红棕色的土壤。

调查结果显示,香港吉澳群岛外来入侵植物的分布格局与各岛屿的土壤基质状况呈明显的相关性。主要以钙质的凝灰岩状角砾岩为土壤母岩的鸦洲、小鸦洲、鸦洲湾等三个小岛屿上的外来植物的种类、数量、规模、在岛屿上的覆盖度及其危害程度明显高于其他土壤类型的岛屿上的外来植物情况。从有关资料对该类型岩石的化学成分分析结果来看<sup>[35]</sup>,各岛上仅 CaO 含量和  $\text{SiO}_2$  含量有明显的差别,而 Ti, Al, Fe, Mn, Na, K, P 等元素在土壤中的含量却相差不大。这可能意味着,具有高钙低硅的土壤基质可能更容易为外来植物入侵,而具有高硅低钙的土壤基质可能对外来植物的入侵具有一定的抵抗能力,而其中起关键作用的可能是土壤中的钙离子。

如果钙离子确实能影响外来植物的入侵能力或生态系统的可入侵性,那么就意味着石灰岩生境、海岸沙滩、盐碱地、温带广泛分布的各种钙土、地中海气候影响下形成的干旱土等钙离子丰富的生态系统<sup>[37]</sup>更容易入侵。有关温带地区和具有地中海性气候的地区容易入侵已广为人知,并有一些初步的探讨<sup>[22, 23]</sup>。石灰岩生境的外来植物入侵情况虽然没有见到相关报道,但本文作者在海南三亚市落笔洞、昌江王下等地石灰岩山地,见到飞机草(*Eupatorium odoratum*)、假向日葵(*Tithonia diversifolia*)、巴西含羞草(*Mimosa invisa*)等大量的外来入侵植物侵入当地石灰岩地区的自然植被,但在当地花岗岩山地植被中仅分布在林缘、路边而不能到达少有干扰的核心地带;同样,我们在广东省阳春县春湾石林国家地质公园中也见到同样的情况,大量的外来入侵植物如飞机草、番石榴(*Psidium guajava*)、霸王花(*Hylocereus undatus*)、落地生根等侵入当地石灰岩自然植被。海滩外来植物的入侵虽然没有确切的比较研究,但大米草(*Spartina anglica*)、仙人掌(*Opuntia dillenii*)等在海岸的入侵已经成为众所周知的事实;本文作者曾在海南文昌市杨梅湾青皮林自然保护区旁的海滩上见到大量的外来植物如红毛草(*Rhynchosyris repens*)、仙人掌、羽芒菊、假臭草、银花苋(*Gnaphalium celosoides*)、飞机草;飞机草、假臭草等外来植物还可以侵入到青皮林保护区的核心区植被中。盐碱地的外来植物入侵没有见到系统的比较研究,甚至认为盐碱地等干旱贫瘠的生境是外来植物难以入侵的生境<sup>[17]</sup>,但作者没有到过盐碱地生境。

钙离子对外来植物入侵的影响可能表现在两个方面:一是直接作用,钙离子促进外来植物本身的入侵能力;二是间接作用,钙离子影响群落环境的可入侵性。化学元素如有关氮与外来植物入侵的关系人们早已有些初步认识,人们常把生长在路边、宅旁的伴人植物(多为外来入侵杂草)称为喜氮植物就是一个例证。当前,已有研究报道表明,土壤有效氮的增加可以加剧外来植物入侵自然生境的进程<sup>[38, 39]</sup>,而碳的增加却对外来植物的入侵具有相反的作用,一定程度上可以抑制外来植物的入侵<sup>[40]</sup>。但钙离子能否及如何直接影响外来植物的入侵尚需要进一步的实验验证。钙离子对生态系统可入侵性的影响可能基于高钙生态系统的稳定性,一般认为,高钙生态系统的生态环境比较脆弱,群落结构相对比较简单,物种之间关系比较松

散,稳定性较低,对外界干扰的抵抗力较低,从而导致高钙生态系统的生物入侵问题比较严重。

由于高钙地区的生态系统比其他地区受到外来植物的入侵,因此这些地区特别是石灰岩地区的生物多样性的保护应该受到重视,保护好本地的自然植被,降低土壤中钙离子的含量或防止土壤盐碱化可作为预防生物入侵的一种有效措施。但是,我们在香港吉澳群岛观察到的只不过一个表象,即具有高钙低硅的土壤基质的鸦洲、小鸦洲、鸦洲湾等三个小岛上分布有大量外来入侵植物的种类和数量,而具有高硅低钙土壤基质的拦船排、虎王洲、娥眉洲、往湾洲等岛屿上外来植物的种类和数量非常稀少。

## 参 考 文 献

1. Usher M B. Biological invasions of nature reserves: a search for generalizations. *Biological Conservation*, 1988, 44: 119 ~ 135
2. Kennedy T A, Naeem S, Howe K M, et al. Biodiversity as a barrier to ecological invasion. *Nature*, 2002, 417: 636 ~ 638
3. Holway D A, Suarez A V, Suarez T J. Case Loss of intraspecific aggression in the success of a widespread invasive social insect. *Science*, 1998, 282: 949 ~ 952
4. Heywood V H. Patterns, extents and modes of invasions by terrestrial plants. In: Drake J A, Mooney H A, di Castri F, Groves R H, Kruger F J, Rejmánek M, Williamson M, eds. *Biological Invasions: a global perspective*. John Wiley, Chichester, UK, 1989. 31 ~ 60
5. Hobbs R J, Mooney H A. Community changes following shrub invasion of grassland. *Oecologia*, 1986, 70: 508 ~ 513
6. Braitwaite R W, Lonsdale W M. The rarity of *Smilax virginiana* in relationship to natural and unnatural habitats. *Conservation Biology*, 1987, 1: 341 ~ 343
7. Vitousek P M, Walker L R, Whiteaker L D, et al. Biological invasion by *Myrica faya* alters ecosystem development in Hawaii. *Science*, 1987, 238: 802 ~ 804
8. Braitwaite R W, Lonsdale W M, Estberg A. Alien vegetation and native biota in tropical Australia: the impact of *Mimosa pigra*. *Biological Conservation*, 1989, 48: 189 ~ 210
9. Cronk Q B, Fuller J L. *Plant invaders*. Chapman and Hall, London, UK, 1995
10. Lonsdale W M. Global patterns of plant invasions, and the concept of invasibility. *Ecology*, 1999, 80: 1522 ~ 1536
11. 达尔文. 物种起源. 周建人, 叶笃庄, 方宗熙译, 北京: 商务印书馆, 1981
12. Crawley M J. What makes a community invulnerable? In: Gray A J, Crawley M J, Edwards P J, eds. *Colonization, succession*

- and stability Oxford: Blackwell Scientific, UK, 1986. 429 ~ 453
13. Fox M D, Fox B J. The susceptibility of natural communities to invasion. In: Groves R H, Burdon J J, eds Ecology of biological invasions. Cambridge: Cambridge University Press, UK, 1986. 57 ~ 66
  14. Usher M B, F J Kruger, I A W Macdonald, *et al* The ecology of biological invasions into nature reserves: an introduction. *Biological Conservation*, 1988, 44: 1 ~ 8
  15. Vitousek P M. Diversity and biological invasions of oceanic islands. In: Wilson E O, Peter F M, eds Biodiversity. Washington, D. C. : National Academy Press, USA, 1988. 181 ~ 189
  16. Williamson M, Fitter A. The varying success of invaders. *Ecology*, 1996, 77: 1661 ~ 1665
  17. 许凯扬, 叶万辉. 群落可入侵性与环境胁迫. *热带亚热带植物学报*, 2003, 11 (1) : 75 ~ 82
  18. , B. B. 植物地理学. 傅子祯, 王燕译. 上海: 中华书局, 1950
  19. Elton C. The ecology of invasions by plants and animals. Methuen: London, UK, 1958
  20. Crosby A W. Ecological imperialism: the biological expansion of Europe. New York: Cambridge University Press, USA, 1986. 900 ~ 1900
  21. di Castri F. History of biological invasions with special emphasis on the Old World. In: Drake J A, Mooney H A, di Castri, *et al* eds Biological Invasions: A Global Perspective. Scope 37. John Wiley and Sons, UK, 1989. 1 ~ 26
  22. Groves R H, Burdon J J. Ecology of invasions. Cambridge: Cambridge University Press, 1986
  23. Holdgate M W. Summary and conclusions: characteristics and consequences of biological invasions. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B*, 1986, 314: 733 ~ 742
  24. Simberloff D. The biology of invasions. In: Simberloff D, Schmitz D C, Brown T C, eds Strangers in paradise: impact and management of nonindigenous species in Florida. Washington D. C. : Island Press, USA, 1997. 3 ~ 17
  25. Brockie R E, Loope L L, Usher M B, *et al* Biological invasions of island nature reserves. *Biological Conservation*, 1988, 44: 9 ~ 36
  26. Macdonald I A W, Loope L L, Usher M B, *et al* Wildlife conservation and the invasion of nature reserves by introduced species: a global perspective. In: Drake J A, Mooney H A, Castri di F, *et al* eds Biological invasions: a global perspective. John Wiley, Chichester, UK, 1989. 215 ~ 255
  27. Simberloff D. Introduced insects: a biogeographic and systematic perspective. In: Mooney H A, Drake J A, eds Ecology of biological invasions of North America and Hawaii. Springer-Verlag, 1986. 3 ~ 26
  28. Macdonald I A W, Kruger F J, Ferrar A A. The ecology and management of biological invasions in Southern Africa. Oxford University Press, Cape Town, South Africa, 1986
  29. Mooney H A, Drake J A. The Ecology of Biological Invasions of North America and Hawaii. Springer-Verlag. New York, 1986. 3 ~ 26
  30. Komberg H, Williamson M H. Quantitative aspects of the ecology of biological invasion. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B*, 1986, 314: 503 ~ 304
  31. Baker H G. Patterns of plant invasion in North America. In: Mooney H A, Drake J A, eds Ecology of Biological Invasions of North America and Hawaii. Springer New York, 1986. 44 ~ 57
  32. Alpert P, Bone E, Holzapfel C. Invasiveness, invasibility and the role of environmental stress in the spread of non-native plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. Urban & Fischer Verlag, 2000, 3 (1) : 52 ~ 66
  33. Higgins S I, Richardson D M. Pine invasions in the southern hemisphere: modelling interactions between organism, environment and disturbance. *Plant Ecology*, 1998, 135: 79 ~ 93
  34. Ng S C, Corlett R. The bad diversity: alien plant species in Hong Kong. *Biodiversity Science*, 2002, 10 (1) : 109 ~ 118
  35. Lai K W, Campbell S D G, Shaw R. Geology of the Northeastern New Territories. Hong Kong Geological Survey Memoir, 1996, 5: 1 ~ 144
  36. Li Z M, Chen J H, He G X. The paleobiology and stratum of Hong Kong. Beijing: Science Press, 1997. 1 ~ 22
  37. 伍光和, 田连恕, 胡双熙, 等主编. 自然地理学. 北京: 高等教育出版社, 2000. 237 ~ 274
  38. Wedin D A, Tilman D. Influence of nitrogen loading and species composition on the carbon balance of grasslands. *Science*, 1996, 274: 1720 ~ 1723
  39. Vitousek P M, Aber J D, Howarth R W, *et al* Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. *Ecological Applications*, 1997, 7: 737 ~ 750
  40. Alpert P, Maun J L. Carbon addition as a countermeasure against biological invasion by plants. *Biological Invasions*, 2000, 2: 33 ~ 40