

· 研究报告 ·

## 山东半岛滨海沙滩前缘的野生植物

杨洪晓<sup>1,2</sup>, 褚建民<sup>3</sup>, 张金屯<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>青岛农业大学资源与环境学院, 青岛 266109; <sup>2</sup>北京师范大学生命科学学院, 北京 100875

<sup>3</sup>中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091

**摘要** 滨海沙滩是以海水影响为基本过程的地貌类型, 适应这种环境的植物类群与适生于内陆的沙地植物可能存在巨大差别。在野外调查的基础上, 分析了山东半岛滨海沙滩前缘的植物种类及其种间关系。结果表明: (1) 滨海沙滩前缘具有独特的优势种库, 包括沙钻苔草(*Carex kobomugi*)、肾叶打碗花(*Calystegia soldanella*)、粗毛鸭嘴草(*Ischaemum bartatum*)、单叶蔓荆(*Vitex trifolia* var. *simplicifolia*)、矮生苔草(*Carex pumila*)和沙引草(*Messerschmidia sibirica*)等; (2) 优势种库的成员都是潜在优势种, 它们之间主要呈抑制效应, 对库外物种几乎没有抑制效应, 甚至有互补或互利效应。在进化过程中, 这些潜在优势种可能已适应风暴潮的干扰, 不会因受风暴潮灾害而灭亡。当植物适应风暴潮后, 滨海沙滩不再是灾难环境, 反而变为适宜生境。为持续利用这些物种, 不仅要保护其赖以生存的天然生境, 还要开展引种栽培, 消除人们对野生资源的采挖动机。根据物种间的天然联系, 栽培时宜将具有互利或互补关系的物种间混种植, 不宜将具有抑制关系的物种间混种植。

**关键词** 环境筛, 天然生境, 滨海沙滩, 物种保护, 种库, 风暴潮

杨洪晓, 褚建民, 张金屯 (2011). 山东半岛滨海沙滩前缘的野生植物. 植物学报 46, 50–58.

滨海沙滩是狭窄且隔离的片断式生境, 这种状况限制了植物种群的规模, 使植物种群在基因交流和生存繁衍方面受到天然约束(陈小勇, 2000; Hammerli and Reusch, 2003; 刘义飞和黄宏文, 2009)。目前, 滨海沙滩植物还承受着日益严重的人为干扰, 如旅游践踏、挖滩养殖和采砂铺路等(刘建辉和蔡锋, 2009; 杨洪晓和张金屯, 2010), 使物种灭绝风险加剧。沙滩植物不仅可以提供草料和药材, 还可保护沙滩、抑制海岸侵蚀及减轻风沙灾害等(Dahdouh-Guebas and Koedam, 2006; 杜成玉等, 2008; 邱若峰等, 2009; 许景伟和李传荣, 2009; Feagin et al., 2010)。所以, 为了维护人类的长远利益, 必须重视对滨海沙滩植被的保护。当前, 认识滨海沙滩的植物种类及其生活方式意义重大。

虽然人们对滨海沙滩植被进行了有益探索, 但仍未揭示它们与沙滩环境的基本关系(徐德成, 1991; 赵大昌, 1996; 张治国等, 2002; Maun, 2009)。滨海沙滩是以海水磨蚀、搬运和堆积为基本成因的地貌类

型, 而其形成过程中的温度、风力和河水等为次要因素, 这些特点与内陆沙地不同(杨景春和李有利, 2005; Maun, 2009)。当风暴潮发生时, 海水洗劫沙滩, 对植物构成严峻威胁(Rodgers et al., 2009), 生存下来的植物可能已适应风暴潮的干扰, 其群落构成或许不同于内陆沙地。鉴于此, 以山东半岛为例, 对滨海沙滩前缘的植被进行实地调研, 旨在认清风暴潮干扰状态下的适生植物种类以及它们的种间关系, 从而为持续利用它们提供参考依据。

### 1 研究地点概况

山东半岛位于黄海和渤海之间, 在海岸线上分布着岩滩、沙滩、泥滩等与海水密切相关的地貌类型。岩滩、沙滩和泥滩常相间分布, 岩滩为侵蚀相, 而沙滩和泥滩为沉积相(王仁卿和周光裕, 2000; 杨景春和李有利, 2005)。沙滩主要分布在2个岩石岬角之间的敞口湾里, 沙子主要源于海浪对岩石岬角长年累月的侵蚀与搬运以及内地河流的搬运与输入。沙滩是沿海地区

收稿日期: 2010-04-26; 接受日期: 2010-09-17

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划(No.2006BAD26B01)、公益性科研院所专项资金(No.CAFYBB2007043)和青岛农业大学博士科研启动项目

\* 通讯作者。E-mail: zhangjt@bnu.edu.cn

重要的自然资源, 不仅是捕捞场所, 还是旅游景点。该区域冬季寒冷干燥, 夏季温热多雨, 雨热同期, 年平均温度 $11.2\text{--}12.5^{\circ}\text{C}$ , 年降雨量 $600\text{--}900\text{ mm}$ , 集中于 $7\text{--}9$ 月。由于受海浪、潮汐和风暴潮的影响, 沙滩质地均匀, 常含有贝壳, 土壤含盐量较高, 表层土含盐量在 $0.3\%\text{--}1.5\%$ 之间(王仁卿和周光裕, 2000)。在山东海域普通潮汐为半日潮, 每天出现2次涨落。除普通潮汐, 还有风暴潮, 甚至海啸。风暴潮通常几年一次, 当强风到来时, 驱动海水暴涨, 可轻易超越普通潮汐的高潮线(刘学萍和武强, 2009)。冬春季节, 大风驱动疏松裸沙, 可导致风沙灾害。

## 2 研究方法

2008–2009年, 在山东半岛选择5处人为干扰相对少的沙滩进行野外调查, 分别位于荣成、海阳、崂山、胶南和日照(图1)。5处沙滩相对独立, 互不连续, 相距至少在几十公里以上, 其间以多处河口、岩滩或泥滩隔开。植被出现在普通潮汐的高潮线以上, 主要由草本植物或低矮灌木构成, 高度通常低于 $50\text{ cm}$ 。乔木远离高潮线, 主要是人工栽种的黑松(*Pinus thunbergii*)和刺槐(*Robinia pseudoacacia*)。以 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 的样方对高潮线附近的植被进行调查, 从靠海一侧开始, 垂直于海岸线每隔 $5\text{ m}$ 设置1个梯度, 共5个梯度。在每个梯度上平行于海岸线取10个样方, 相邻样方的距离至少在 $5\text{ m}$ 以上, 记录样方中每个物种的名称与盖度, 盖度用植物的冠层面积与样方面积的比值来表示。在每处沙滩设置50个样方, 共计250个样方。由于各种植物之间的高度差别很小, 所以没有采用高度作为指标。

基于调查数据比较各物种在沙滩上的盖度和生态位宽度。统计每个物种在250个样方中的出现频率, 其值等于包含该物种的样方数目除以250。计算每个物种的条件平均盖度, 即该物种在所有包含该物种的样方中的平均盖度, 其中排除那些不含该物种的样方。用条件平均盖度乘以频率, 得到相应物种在滨海沙滩前缘的无条件平均盖度, 即在250个样方中的平均盖度。根据无条件平均盖度的大小, 排定各物种的位次, 最大值居第1位。以Levins指数计算各物种的生态位宽度, 所用公式参考相关文献(李斌等, 2010)。根据生态位宽度排定各物种的位次, 最大值居于第1位。

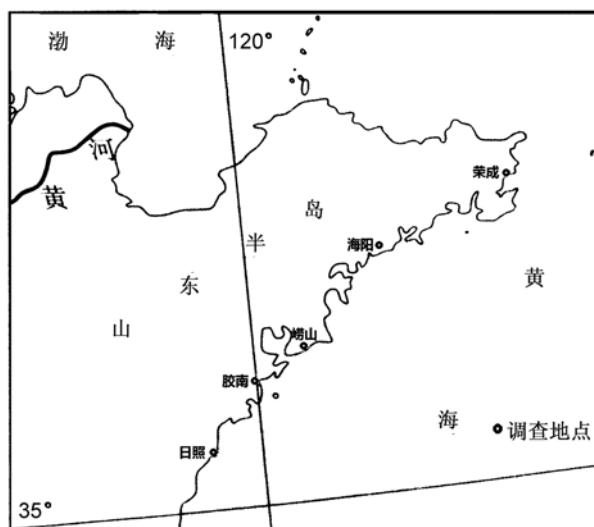


图1 调查地点示意图

Figure 1 Survey sites in the Shandong peninsula

根据前面2个位次值之和, 重新排定各物种的综合位次, 以反映每个物种在滨海沙滩前缘的普遍性或广泛性。位次越靠前, 在滨海沙滩前缘的普遍性或广泛性越高。

然后, 分析样方的优势种对样方物种多样性的影响。对于每个样方, 把盖度最大的物种看作优势种, 这是在样方尺度上的群落优势种, 简称样方优势种, 对应于特定样方。根据样方优势种的异同将样方划归为不同的群落类型, 并以优势种命名群落。把样方数目低于10个的群落合并起来, 称为非典型群落类型。对每种群落, 以盖度为依据, 计算每个样方的Patrick指数( $P$ )、Simpson指数( $D$ )和Shannon指数( $H$ )(张金屯, 2004)。计算公式为:

$$P=S$$

$$D=1-\sum_{i=1}^S\left(\frac{N_i}{N}\right)^2$$

$$H=-\sum_{i=1}^S\left[\left(\frac{N_i}{N}\right)\ln\left(\frac{N_i}{N}\right)\right]$$

其中,  $S$ 表示物种数目,  $N_i$ 表示种 $i$ 的盖度,  $N$ 表示全部物种的盖度和。Patrick指数是样方包含的物种数目, Simpson指数和Shannon指数是样方的物种多样性程度, 数值越大, 多样性程度越高。

依据种库理论, 把样方优势种组合起来作为优势

种库(Zobel et al., 1998)。对于沙滩前缘特定裸地而言,当植物群落出现后,其优势种很可能来自这个库,但不能预先断定是哪个物种。在特定地点和特定时刻,优势种通常只有1个,但其地位并非恒定不变。随着时间和条件的变化,其优势地位可能会被优势种库的其它成员取代。所以,那些属于优势种库却处于暂时劣势的物种并非绝对的非优势种,还有担当优势种的潜力或可能,故称之为潜在优势种。相反,优势种库以外的物种,几乎没有潜力或机会成为沙滩前缘植物群落的优势种,可认为是绝对非优势种。

利用250个样方构成的数据集,以常用的Pearson相关分析法检验这些潜在优势种在盖度上是否存在相关关系,并检验潜在优势种的盖度同物种多样性是否存在相关关系。

最后,分析不同物种在空间上的重叠或共存关系。以Levins指数计算各物种(目标物种 $k$ )与潜在优势种(条件物种 $l$ )的生态位重叠程度( $O_{lk}$ )(张金屯, 2004),计算公式如下:

$$O_{lk} = \frac{\sum_{j=1}^r P_{lj} P_{kj}}{\sum_{j=1}^r (P_{lj})^2}$$

式中, $j$ 代表资源状态,即样方,共有 $r$ 个资源状态, $P_{lj}$ 代表种 $l$ 在第 $j$ 个资源状态下的盖度占该种在所有资源状态下盖度总和的比例, $P_{kj}$ 代表种 $k$ 在第 $j$ 个资源状态下的盖度占该种在所有资源状态下盖度总和的比例。

### 3 结果与讨论

#### 3.1 物种组成

在滨海沙滩前缘,绝大多数植物属于低矮草本,仅有单叶蔓荆(*Vitex trifolia* var. *simplicifolia*)1种为蔓生低矮灌木,没有天然乔木(表1)。在这些物种中,既有直根系双子叶植物,也有须根系单子叶植物。其中,比较常见的是沙钻苔草(*Carex kobomugi*)、肾叶打碗花(*Calystegia soldanella*)、粗毛鸭嘴草(*Ischaemum bartatum*)、矮生苔草(*Carex pumila*)、单叶蔓荆、珊瑚菜(*Glehnia littoralis*)和沙引草(*Messerschmidia sibirica*)(表1)。然而,在内陆地区,即便是山东半岛的河滩,也很少见到它们的野生种群。除了以上物种,在滨海沙滩前缘还有独行菜(*Lepidium apetalum*)、猪

毛菜(*Salsola komarovii*)、小蓬草(*Conyza canadensis*)、胡枝子(*Lespedeza* sp.)、灰藜(*Chenopodium album*)、芦苇(*Phragmites australis*)、狗尾草(*Setaria viridis*)、马唐(*Digitaria sanguinalis*)、雀麦(*Bromus japonicus*)等物种(表1)。这些植物多为内陆地区的常见种,甚至是所在群落的优势种。然而,它们在滨海沙滩前缘分布比较稀少。

#### 3.2 优势种对群落多样性的影响

根据样方优势种的异同,划分出沙钻苔草群落、肾叶打碗花群落、粗毛鸭嘴草群落、单叶蔓荆群落、矮生苔草群落、沙引草群落,还有极少见且样方优势种不一的非典型群落。沙钻苔草群落最常见,在250个样方中有106个,出现频率为42.4%。肾叶打碗花群落、粗毛鸭嘴草群落、单叶蔓荆群落、矮生苔草群落、沙引草群落,分别拥有12–34个样方,出现频率介于4.8%–13.6%之间(图2A)。在这些群落中,以沙引草群落的物种多样性最低,其Patrick指数、Simpson指数和Shannon指数都最低,其余群落的物种多样性较高(图2B–D)。

在滨海沙滩前缘高潮线以上,优势种库的成员包括沙钻苔草、肾叶打碗花、粗毛鸭嘴草、单叶蔓荆、矮生苔草和沙引草。它们都是潜在优势种,有担当植物群落优势种的潜力和可能。在盖度上这些潜在优势种之间主要呈显著的负相关关系,仅肾叶打碗花与沙钻苔草具有正相关关系(表2)。负相关关系的含义是当某潜在优势种的盖度增加时,其它潜在优势种的盖度反而下降。因此,各潜在优势种在功能或资源利用上可能具有竞争抑制关系。然而,在沙钻苔草和肾叶打碗花之间可能具有某种互补或互利关系。

这些潜在优势种对群落多样性的影响不同。粗毛鸭嘴草、肾叶打碗花和矮生苔草不同程度地有利于群落多样性的增加,即促进其它物种定居。单叶蔓荆、沙引草和沙钻苔草对群落多样性几乎没有积极作用,甚至抑制其它物种的定居(表3)。

#### 3.3 种间关系

当条件物种为沙钻苔草、肾叶打碗花或粗毛鸭嘴草时,各目标物种与它们的生态位重叠程度较大;当条件物种为矮生苔草、单叶蔓荆或沙引草时,各目标物种与它们的生态位重叠程度则较低(表4)。Levins指数主要

表1 沙滩前缘的植物种类及其生态位宽度

Table 1 Species inhabiting sand fore-coasts and their niche widths

Species	Frequency	Conditional coverage	Unconditional coverage		Levins' niche width		Integrated rank
			Value (%)	Rank	Value	Rank	
<i>Carex kobomugi</i>	0.89	26.12	23.19	1	132.15	1	1
<i>Calystegia soldanella</i>	0.84	13.23	11.06	2	101.47	2	2
<i>Ischaemum bartatum</i>	0.44	18.59	8.10	3	54.50	3	3
<i>Carex pumila</i>	0.35	9.35	3.29	5	34.79	5	4
<i>Vitex trifolia</i> var. <i>simplicifolia</i>	0.17	33.52	5.63	4	25.93	6	4
<i>Glehnia littoralis</i>	0.46	4.30	2.00	6	38.53	4	4
<i>Messerschmidia sibirica</i>	0.20	8.73	1.78	7	20.39	8	7
<i>Chorisis repens</i>	0.50	2.12	1.06	10	23.12	7	8
<i>Lepidium apetalum</i>	0.15	9.19	1.36	8	14.95	10	9
<i>Salsola komarovii</i>	0.31	3.23	1.01	11	16.58	9	10
<i>Leymus mollis</i>	0.14	9.65	1.31	9	8.25	13	11
<i>Lathyrus maritimus</i>	0.13	2.78	0.36	15	8.95	11	12
<i>Spergularia marina</i>	0.05	16.38	0.85	13	7.69	14	13
<i>Conyza canadensis</i>	0.12	8.03	1.00	12	7.16	15	13
<i>Lespedeza davurica</i>	0.05	7.42	0.36	14	4.49	19	15
<i>Cynodon dactylon</i>	0.05	1.33	0.06	21	8.53	12	15
<i>Zoysia japonica</i>	0.02	17.00	0.34	16	3.96	20	17
<i>Lespedeza</i> sp.	0.03	4.25	0.14	19	4.55	18	18
<i>Imperata cylindrica</i>	0.02	8.67	0.21	18	3.84	21	19
<i>Chenopodium album</i>	0.02	1.00	0.02	26	5.00	16	20
<i>Phragmites australis</i>	0.02	1.00	0.02	26	5.00	16	20
<i>Fimbristylis</i> sp.	0.02	5.50	0.09	20	2.40	24	22
<i>Scutellaria strigillosa</i>	0.01	5.00	0.06	22	3.00	22	22
<i>Artemisia lavandulaefolia</i>	0.02	2.00	0.04	24	2.50	23	24
<i>Oenothera</i> sp.	0.04	7.90	0.32	17	1.27	33	25
<i>Artemisia annua</i>	0.01	1.00	0.01	30	2.00	25	26
<i>Setaria viridis</i>	0.01	1.00	0.01	30	2.00	25	26
<i>Digitaria sanguinalis</i>	0.01	1.00	0.01	30	2.00	25	26
<i>Bromus japonicus</i>	0.01	1.00	0.01	30	2.00	25	26
<i>Euphorbia esula</i>	0.01	1.00	0.01	30	2.00	25	26
<i>Asparagus dauricus</i>	0.01	1.00	0.01	30	2.00	25	26
<i>Metaplexis japonica</i>	0.01	3.00	0.02	25	1.38	32	32
<i>Lagedium sibiricum</i>	0.00	13.00	0.05	23	1.00	34	32
<i>Roegneria kamoji</i>	0.01	2.00	0.02	29	1.60	31	34
<i>Sophora flavescens</i>	0.00	5.00	0.02	26	1.00	34	34
<i>Polygonum aviculare</i>	0.00	1.00	0.00	36	1.00	34	36
<i>Ixeris polycephala</i>	0.00	1.00	0.00	36	1.00	34	36
<i>Beckmannia syzigachne</i>	0.00	1.00	0.00	36	1.00	34	36
<i>Suaeda salsa</i>	0.00	1.00	0.00	36	1.00	34	36

反映空间生态位, 数值较高表明目标物种对条件物种的依赖性较强, 倾向于结伴而生, 这可能源于它们在功能上的互利或互补关系。可以推断, 各物种对沙钻苔草、肾叶打碗花或粗毛鸭嘴草具有一定程度的依赖

性, 而对矮生苔草、单叶蔓荆或沙引草则没有明显依赖性。

不管条件物种是哪种潜在优势种, 其它潜在优势种同它的生态位重叠程度通常低于绝对非优势种同

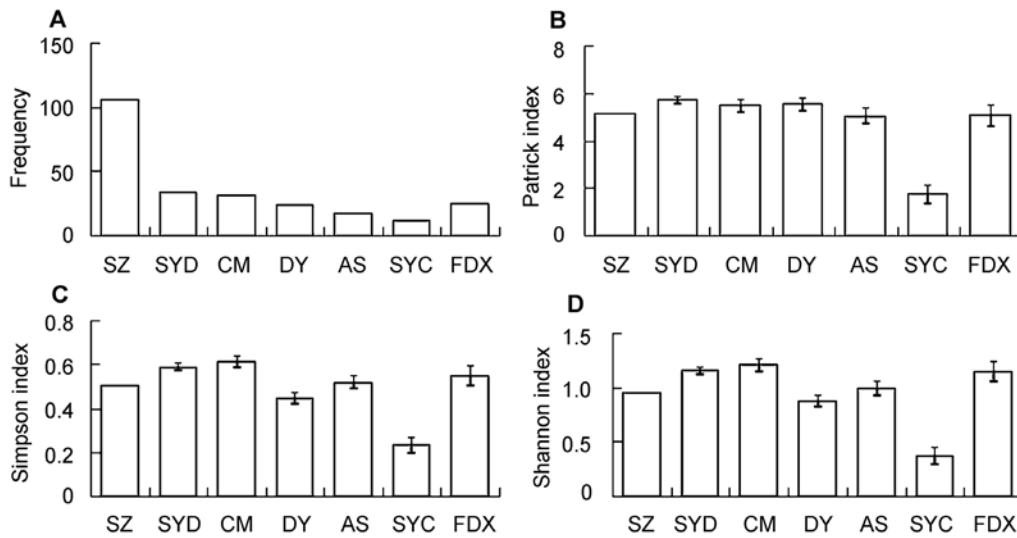


图2 沙滩前缘各类植物群落的出现频率与物种多样性

(A) 频率; (B) Patrick指数; (C) Simpson指数; (D) Shannon指数

SZ: 沙钻苔草群落, 以沙钻苔草为优势种的群落; SYD: 肾叶打碗花群落, 以肾叶打碗花为优势种的群落; CM: 粗毛鸭嘴草群落, 以粗毛鸭嘴草为优势种的群落; DY: 单叶蔓荆群落, 以单叶蔓荆为优势种的群落; AS: 矮生苔草群落, 以矮生苔草为优势种的群落; SYC: 沙引草群落, 以沙引草为优势种的群落; FDX: 非典型群落, 以其它物种为优势种的群落。

Figure 2 Frequency and diversity of plant communities in sand fore-coasts

(A) Frequency; (B) Patrick index; (C) Simpson index; (D) Shannon index

SZ: Communities dominated by *Carex kobomugi*; SYD: Communities dominated by *Calystegia soldanella*; CM: Communities dominated by *Ischaemum bartatum*; DY: Communities dominated by *Vitex trifolia* var. *simplicifolia*; AS: Communities dominated by *Carex pumila*; SYC: Communities dominated by *Messerschmidia sibirica*; FDX: Communities being rare and dominated by other species.

表2 潜在优势种在盖度上的相关性

Table 2 Correlation coefficients between coverage of potential species

Species	<i>Carex pumila</i>	<i>Ischaemum bartatum</i>	<i>Vitex trifolia</i> var. <i>simplicifolia</i>	<i>Messerschmidia sibirica</i>	<i>Carex kobomugi</i>	<i>Calystegia soldanella</i>
<i>Carex pumila</i>		-0.16*	-0.13*	-0.05	-0.08	0.05
<i>Ischaemum bartatum</i>	-0.16*		-0.01	-0.13*	-0.10	-0.05
<i>Vitex trifolia</i> var. <i>simplicifolia</i>	-0.13*	-0.01		-0.10	-0.15*	-0.23**
<i>Messerschmidia sibirica</i>	-0.05	-0.13*	-0.10		-0.10	-0.17**
<i>Carex kobomugi</i>	-0.08	-0.10	-0.15*	-0.10		0.22**
<i>Calystegia soldanella</i>	0.05	-0.05	-0.23**	-0.17**	0.22**	

$r_{0.05} = 0.126$ , \*  $P < 0.05$ ;  $r_{0.01} = 0.165$ , \*\*  $P < 0.01$

它的重叠程度(表4)。这再次表明潜在优势种具有较为强烈的竞争抑制关系, 可能互为竞争对手。然而, 潜在优势种同绝对非优势种没有强烈的竞争关系, 可见绝对非优势种可避免同潜在优势种发生强烈竞争。

### 3.4 讨论

#### 3.4.1 植物群落的形成与维持

研究结果表明, 山东半岛滨海沙滩前缘的植被以沙钻

表3 群落的潜在优势种与多样性的Pearson相关系数

Table 3 Correlation coefficients between potential dominant species and species diversity

Potential dominant species	Patrick index	Simpson index	Shannon index
<i>Carex pumila</i>	0.13*	0.02	0.03
<i>Ischaemum bartatum</i>	0.18**	0.22**	0.25**
<i>Vitex trifolia</i> var. <i>simplicifolia</i>	0.11	-0.17**	-0.14*
<i>Messerschmidia sibirica</i>	-0.43**	-0.24**	-0.30**
<i>Carex kobomugi</i>	0.1	-0.02	-0.05
<i>Calystegia soldanella</i>	0.23**	0.24**	0.20*

$r_{0.05} = 0.126$ , \*  $P < 0.05$ ;  $r_{0.01} = 0.165$ , \*\*  $P < 0.01$

苔草、肾叶打碗花、粗毛鸭嘴草、单叶蔓荆、矮生苔草和沙引草为常见种和优势种, 这些物种构成了滨海沙滩前缘独特的优势种库。独行菜、猪毛菜、小蓬草和胡枝子等内陆沙地或河滩的常见种出现于滨海沙滩前缘, 却不能占据群落优势, 仅为偶见种。独特的优势种库决定了独特的滨海沙滩植被, 此性质可能与滨海沙滩前缘特有的受风暴潮干扰有关。

在潮间带海潮干扰频繁, 陆生植物没有足够的时间完成生活史和定居过程。在潮间带以上, 几乎不再受普通潮汐的影响, 却难免受风暴潮或海啸的影响。当风暴潮或海啸发生时, 海水很容易越过普通潮汐的高潮线, 对沙滩及其植被造成强烈干扰, 侵蚀沙子, 撕扯植物(蔡锋等, 2006; 黄世昌等, 2008; 刘学萍和武强, 2009)。在青岛及其附近海域平均每3年发生1次风暴潮, 每20年发生1次严重风暴潮, 海啸的发生频率极低(李培顺, 1994; 张家城等, 1998)。可见, 风暴潮对滨海沙滩前缘的植被具有至关重要的影响。

由于风暴潮的间歇期多于1年, 给植物留下一定的生存和定居时机。这样, 风暴潮对植物行使筛选功能。只有那些适应风暴潮的植物才能把握时机, 得以生存、繁衍并扩张种群。而有些植物即便能够利用风暴潮的间歇期暂时生存, 但当风暴潮再次发生时, 它们往往被汹涌的潮水消灭, 不能繁衍种群。沙钻苔草、肾叶打碗花、粗毛鸭嘴草、单叶蔓荆、矮生苔草、沙引草和珊瑚菜等植物, 之所以能够在滨海沙滩上繁衍不息, 甚至占据群落优势地位, 很可能是因为它们适应了风暴潮。小蓬草、独行菜和胡枝子等物种, 在陆地上很常见, 甚至占据群落优势, 凭借种子的散布过程有机会进入滨海沙滩前缘, 并在风暴潮间歇期暂时

萌发和生长。然而, 由于缺乏对风暴潮的适应性, 当风暴潮发生时, 它们就消失了。其结果是它们反复由陆地进入滨海沙滩前缘, 却又反复被风暴潮消灭, 种群规模难以扩大, 不能担当滨海沙滩前缘的群落优势种。

### 3.4.2 滨海沙滩植物资源的就地保护

在漫长的自然选择过程中, 滨海沙滩前缘的常见种和优势种已适应了风暴潮的干扰。当获得对风暴潮的适应性后, 滨海沙滩不再是威胁它们生存的恶劣环境, 反而演变为适合它们生存与发展的天然生境。假如把这些物种移植到滨海沙滩以外, 也许能暂时生存, 但不一定适应新的干扰制度和种间竞争, 反而使其灭绝风险增大。因此, 必须重视滨海沙滩植物资源的就地保护工作。此外, 为减轻滨海地区的自然灾害, 也应该重视对沙滩生态系统的保护。

为保护滨海沙滩野生植物资源, 可对有经济价值的植物开展引种、栽培和选育等工作。这样, 可以满足人们对植物资源的享用需求, 从而缓解对野生资源的利用压力。反过来, 由于野生资源得到就地保护, 可源源不断地为驯化工作提供基因支持, 从而培育符合人类需要的优良品种。在引种栽培或迁地保护时, 建议遵循物种之间的天然联系, 把具有互利或互补效应的物种间作或混作, 但不能把具有抑制效应的物种间作或混作。

## 4 结论

滨海沙滩前缘的植物群落具有不同于内陆沙地的优势种库, 这很可能与滨海沙滩前缘的风暴潮干扰制度相适应。在山东半岛滨海沙滩前缘, 优势种库的成员主要是沙钻苔草、肾叶打碗花、粗毛鸭嘴草、单叶蔓荆、矮生苔草和沙引草, 有担当群落优势种的潜力与可能。独行菜、猪毛菜、小蓬草和胡枝子等内陆常见种可作为偶见种出现于滨海沙滩前缘, 却难以担当优势种。

滨海沙滩前缘是沙钻苔草、肾叶打碗花、粗毛鸭嘴草、单叶蔓荆、矮生苔草、沙引草和珊瑚菜等物种的适宜生境, 应重视对这些物种的就地保护工作, 让它们在适宜生境中自由繁衍和进化。引种栽培或迁地保护也是重要的保护措施, 在开展这些工作时应注意

表4 Levins生态位重叠指数

Table 4 Niche overlap quantified with Levins' index

Target species		Conditional species					
		<i>Carex pumila</i>	<i>Ischaemum bartatum</i>	<i>Vitex trifolia</i> var. <i>simplicifolia</i>	<i>Messerschmidia sibirica</i>	<i>Carex kobomugi</i>	<i>Calystegia soldanella</i>
Potential species	<i>Carex kobomugi</i>	0.11	0.18	0.06	0.05	NA	0.51
	<i>Calystegia soldanella</i>	0.16	0.19	0.02	0.03	0.66	NA
	<i>Ischaemum bartatum</i>	0.03	NA	0.1	0.02	0.43	0.36
	<i>Carex pumila</i>	NA	0.05	0.01	0.05	0.42	0.47
	<i>Vitex trifolia</i> var. <i>simplicifolia</i>	0.01	0.21	NA	0	0.3	0.08
	<i>Messerschmidia sibirica</i>	0.08	0.04	0	NA	0.36	0.13
	Average	0.078	0.134	0.038	0.030	0.434	0.310
Absolute non-potential species	<i>Glehnia littoralis</i>	0.04	0.54	0.06	0.02	0.62	0.37
	<i>Chorisis repens</i>	0.19	0.05	0.06	0.08	0.40	0.47
	<i>Lepidium apetalum</i>	0.04	0.75	0.03	0	0.88	0.77
	<i>Salsola komarovii</i>	0.19	0.51	0.05	0.05	0.51	0.43
	<i>Leymus mollis</i>	0.01	0.29	0.04	0.01	0.21	0.35
	<i>Lathyrus maritimus</i>	0.09	0.32	0.10	0.01	0.32	0.93
	<i>Spergularia marina</i>	0.01	0.62	0	0	0.54	0.60
	<i>Conyza canadensis</i>	0.02	0.83	0.02	0	0.89	0.56
	<i>Lespedeza davurica</i>	0.31	0.21	0	0	0.50	0.23
	<i>Cynodon dactylon</i>	0.03	0.01	0	0	0.01	0.02
	<i>Zoysia japonica</i>	0	0.46	0	0	0.03	0.78
	<i>Lespedeza</i> sp.	0	1.06	0.05	0	0.16	0.07
	<i>Imperata cylindrica</i>	0.17	0.17	0	0	0.35	0.53
	<i>Chenopodium album</i>	0.18	0.27	0	0	0.75	0.65
	<i>Phragmites australis</i>	0.25	0	0	0.01	0.92	0.66
	<i>Fimbristylis</i> sp.	0.10	0.06	0	0	0.83	1.40
	<i>Scutellaria strigillosa</i>	0.01	0.72	0	0	0.11	0.24
	<i>Artemisia lavandulaefolia</i>	0.16	0.01	0	0	0.20	0.27
	<i>Oenothera</i> sp.	0.01	0.96	0	0	0.82	0.73
	<i>Artemisia annua</i>	0	0.81	0.18	0	1.03	0.20
	<i>Setaria viridis</i>	0.32	0	0	0	0.97	0.28
	<i>Digitaria sanguinalis</i>	0.11	0	0	0	0.51	1.01
	<i>Bromus japonicus</i>	0.63	0.15	0	0	0.66	0.20
	<i>Euphorbia esula</i>	0	0.67	0.09	0	0.07	1.10
	<i>Asparagus dauricus</i>	0	0	0.97	0	1.03	0.18
	<i>Metaplexis japonica</i>	0.35	0.11	0	0.04	0.68	0.95
	<i>Lagedium sibiricum</i>	0.04	0.40	0	0	0.18	0.26
	<i>Roegneria kamoji</i>	0.29	0	0	0	0.36	0.34
	<i>Sophora flavescens</i>	0.25	0	0	0	0.32	0.40
	<i>Polygonum aviculare</i>	0.21	0	0	0	0.80	0.18
	<i>Ixeris polycephala</i>	0.08	0.35	0	0	0.96	0.44
	<i>Beckmannia syzigachne</i>	0	0	0	0	1.60	0.18
	<i>Suaeda salsa</i>	0.21	0	0	0	0.80	0.18
Average	0.130	0.313	0.050	0.007	0.576	0.484	
Average of all	0.123	0.289	0.048	0.010	0.558	0.461	

NA: 当条件物种与目标物种相同时, 数据无效。

NA: If conditional species is the same as target species, the datum is meaningless.

参考物种间的天然联系, 可把具有互利或互补效应的物种间作或混作, 而不宜把具有抑制效应的物种间作或混作。

## 参考文献

- 蔡锋, 雷刚, 苏贤泽, 彭俊 (2006). 台风“艾利”对福建沙质海滩影响过程研究. *海洋工程* **24**(1), 98–109.
- 陈小勇 (2000). 生境片断化对植物种群遗传结构的影响及植物遗传多样性保护. *生态学报* **20**, 884–892.
- 杜成玉, 张胜平, 陈连波, 刘庆蕾, 王娟, 刘向东 (2008). 渤海湾山东岸段风暴潮灾害及预报浅析. *海洋预报* **25**(3), 16–21.
- 黄世昌, 李玉成, 赵鑫, 谢亚力 (2008). 浙江沿海超强台风作用下风暴潮增水数值分析. *海洋工程* **26**(3), 58–64.
- 李斌, 李素清, 张金屯 (2010). 云顶山亚高山草甸优势种群生态位研究. *草业学报* **19**, 6–13.
- 李培顺 (1994). 青岛地区的台风风暴潮与潮灾. *海洋预报* **11**(4), 47–51.
- 刘建辉, 蔡锋 (2009). 福建旅游沙滩现状及开发前景. *海洋开发与管理* **26**(11), 78–83.
- 刘学萍, 武强 (2009). 烟台特大风暴潮灾害及其成因分析. *河北农业科学* **13**(7), 76–78.
- 刘义飞, 黄宏文 (2009). 植物居群的基因流动态及其相关适应进化的研究进展. *植物学报* **44**, 351–362.
- 邱若峰, 杨燕雄, 庄振业, 包敏, 刘冀闯 (2009). 河北省沙质海岸侵蚀灾害和防治对策. *海洋湖沼通报* (2), 162–168.
- 王仁卿, 周光裕 (2000). 山东植被. 济南: 山东科学技术出版社. pp. 208–216.
- 徐德成 (1991). 胶东海岸的沙生植被. *生态学杂志* **10**(4), 58–61.
- 许景伟, 李传荣 (2009). 沙质海岸防护林体系构建技术研究. 北京: 中国林业出版社. pp. 1–16.
- 杨洪晓, 张金屯 (2010). 践踏对黄海中部沙滩草本群落的影响. *草业学报* **19**, 228–232.
- 杨景春, 李有利 (2005). 地貌学原理. 北京: 北京大学出版社. pp. 112–157.
- 张家诚, 张宝元, 周魁一, 杨华庭 (1998). 中国气象洪涝海洋灾害. 长沙: 湖南人民出版社. pp. 264–281.
- 张金屯 (2004). 数量生态学. 北京: 科学出版社. pp. 86–90, 98–99, 113–114.
- 张治国, 王仁卿, 陆健健 (2002). 胶东沿海砂生植被基本特征及主要建群种空间分布格局的研究. *山东大学学报(理学版)* **37**, 364–368.
- 赵大昌 (1996). 中国海岸带植被. 北京: 海洋出版社. pp. 129–135.
- Dahdouh-Guebas F, Koedam N (2006). Coastal vegetation and the Asian Tsunami. *Science* **311**, 37–38.
- Feagin RA, Mukherjee N, Shanker K, Baird AH, Cinner J, Kerr AM, Koedam N, Sridhar A, Arthur R, Jayatissa LP, Lo Seen D, Menon M, Rodriguez S, Shamsuddoha M, Dahdouh-Guebas F (2010). Shelter from the storm? Use and misuse of coastal vegetation bioshields for managing natural disasters. *Conserv Lett* **3**, 1–11.
- Hammerli A, Reusch TBH (2003). Inbreeding depression influences genet size distribution in a marine angiosperm. *Mol Ecol* **12**, 619–629.
- Maun MA (2009). *The Biology of Coastal Sand Dunes*. New York: Oxford University Press. pp. 1–39.
- Rodgers J, Murrah A, Cooke W (2009). The impact of hurricane Katrina on the coastal vegetation of the Weeks Bay Reserve, Alabama from NDVI data. *Estuar Coast* **32**, 496–507.
- Zobel M, van der Maarel E, Dupré C (1998). Species pool: the concept, its determination and significance for community restoration. *Appl Veg Sci* **1**, 55–66.



## Wild Plants Inhabiting on the Sand Fore-coasts of Shandong Peninsula

Hongxiao Yang<sup>1,2</sup>, Jianmin Chu<sup>3</sup>, Jintun Zhang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>College of Resources and Environment, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China

<sup>2</sup>College of Life Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

<sup>3</sup>Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

**Abstract** Sand-coasts, by their nature, result from moving seawater. Plants adapt to these unique environments may differ from those of inland sand areas. We surveyed plants inhabiting sand fore-coasts in the Shandong peninsula of China. The dominant species were distinct from inland species and were mainly *Carex kobomugi*, *Calystegia soldanella*, *Ischaemum bartatum*, *Vitex trifolia* var. *simplicifolia*, *Carex pumila* and *Messerschmidia sibirica*. Any member of the group could dominate a plant community and therefore tended to compete with or repel one another but were compatible with species not in the group. Over time, those dominant species must have adapted to storm surges; otherwise they would not have survived in this harsh environment nor been dominant. To protect and conserve the sand fore-coast plant species and environments, these groups of species could be introduced and cultivated for food crops to help minimize destruction in their place of origin. In doing so, the natural association between different species should be considered.

**Key words** environment sieve, native habitat, sand-coast, species conservation, species pool, storm surge

Yang HX, Chu JM, Zhang JT (2011). Wild plants inhabiting on the sand fore-coasts of Shandong peninsula. *Chin Bull Bot* 46, 50–58.

---

\* Author for correspondence. E-mail: zhangjt@bnu.edu.cn