

深圳福田红树林无瓣海桑+海桑 群落 N、P、K 累积和循环

管启杰^{1,2}, 王勇军², 王伯荪¹

(1. 中山大学生命科学学院, 广东广州 510275; 2. 广东内伶仃福田国家级自然保护区, 广东深圳 518040)

摘要: 研究了深圳福田红树林无瓣海桑+海桑群落的 N、P、K 元素的累积和循环。结果表明, 该群落 N、P、K 元素的现存累积量分别为: 38 694.92、5 848.62、50 861.47 mg/m², 其中地下部分分别占 28.59%、41.77%、42.08%。该群落氮、磷、钾元素生物循环中, 年吸收量分别为: 13 240.095、1 887.705、20 736.11 mg/m²; 年归还量分别为: 6 270.585、979.175、6 353.948 mg/m²; 年存留量分别为: 6 969.51、908.53、14 382.162 mg/m²; 周转期分别为: 7 a、6 a、9 a。群落各组分的氮含量最高, 磷含量最低。

关键词: 无瓣海桑; 海桑; 氮、磷和钾的累积; 循环

中图分类号: Q948.1; S792.159 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2002)04-0331-06

Accumulation and cycle of N、P、K elements in *Sonneratia apetala* + *S. caseolaris* mangrove community at Futian of Shenzhen, China

ZAN Qi-jie^{1,2}, WANG Yong-jun², WANG Bo-sun¹

(1. Biology department of Zhongshan University, Guangzhou 510275, China; 2. Neilingding-Futian National Nature Reserve of Guangdong, Shenzhen 518040, China)

Abstract: The accumulation, distribution and cycle of N, P and K in *S. apetala* + *S. caseolaris* mangrove community at Futian Mangrove Nature Reserve of Shenzhen have been studied in this paper. It is measured that the amounts of N, P and K in the standing crop of this community were 38 694.92 mg/m², 5 848.62 mg/m², 50 861.47 mg/m², of which the amounts of the three elements in the biomass under ground were N: 28.59%, P: 41.77%, K: 42.08%. In the cycle of N, P and K of this community, the annual uptake was 13 240.095 mg/m², 1 887.205 mg/m², 20 736.11 mg/m², respectively. The annual retention was 6 969.51 mg/m², 908.53 mg/m², 14 382.162 mg/m², respectively. The annual return was 6 270.585 mg/m², 979.175 mg/m², 6 353.948 mg/m², respectively. The speed of N, P and K recycling period are 7, 6, 9 years, respectively.

Key words: *Sonneratia apetala*; *S. caseolaris*; N、P、K cycle; accumulation

无瓣海桑 (*Sonneratia apetala* Buch.-Ham) 和海桑 (*S. caseolaris* (L.) Engl.) 是红树林植物中的速生

丰产乔木树种, 近年来已成为华南沿海滩涂主要栽培红树林树种。深圳湾福田红树林保护区从 1993 年

收稿日期: 2001-06-06

作者简介: 管启杰 (1968-), 男, 湖北房县人, 博士, 助理研究员, 主要从事红树林保护研究及植物生态研究工作。

基金项目: 国家“九五”科技攻关项目 (96-007-03-04); 国家自然科学基金重大项目 (39899370); 深圳市科技局项目 (99-1-33)。

开始引种栽培无瓣海桑、海桑,并获得成功,现已成林 3 hm²,并发挥了明显的生态效应^[1]。本文选择深圳湾福田保护区人工种植的无瓣海桑+海桑林,进行群落各种群 N、P、K 的分布及其生物循环的研究,以揭示该人工林生物量和凋落物 N、P、K 的含量及其变化规律,从而为阐明该群落作为初级生产力及其对深圳湾湿地生态系统所起的作用,为更好地保护和发展深圳湾红树林资源提供科学依据。

1 自然条件与样地概况

深圳福田红树林自然保护区(22°32' N, 114°03' E)属于亚热带季风气候,年平均气温 22 °C,极端高温 38.7 °C(7月),极端低温 0.2 °C(1月),年降雨量 1 927 mm,但分布不均,干湿季节交替明显,雨量

多集中在 5~9 月,年均相对湿度 79%。该区海域属深圳湾东部中段,潮汐属不规则半日潮,平均潮差 1.9 m。该区土壤基质为花岗岩及砂页岩,地带性土壤为赤红壤,种植人工林的土壤为淤粘海泥,脚踩泥深度为 40 cm 以上,林地土壤理化性质如表 1。该无瓣海桑+海桑林是由无瓣海桑、海桑、秋茄(*Kandelia candel* Druce)组成,伴有少量的桐花树(*Aegiceras corniculatum* (L.) Blanco),无瓣海桑的均高为 9.11 m,均地径为 23.50 cm;海桑均高 8.06 m,均地径为 21.44 cm;秋茄均高为 2.97 m,均地径为 3.45 cm;群落林龄为 5 a,无瓣海桑、海桑和秋茄的密度分别为:457 株/hm², 319 株/hm², 5 050 株/hm²,乔木层分两层,上层为无瓣海桑和海桑,下层为秋茄^[1]。

表 1 林地土壤的理化性质
Table 1 Physical and chemical features of the soil in the forest

土壤深度 Depth of soil(cm)	pH	盐度(‰) Salinity	容重(g/cm ³) Volume weight	有机质(‰) Organic matter	全 N(‰) Total N	全 P(‰) Total P	全 K(‰) Total K
表层 Surface layer(0~30)	6.01	25.53	0.577	27.48	1.27	0.90	23.16
中层 Mid-layer(30~60)	7.94	8.37	0.654	11.13	0.54	0.50	24.82
底层 Bottom-layer(60~90)	8.29	8.15	0.722	7.50	0.41	0.31	27.87

2 材料与方方法

2.1 样品的采集和处理

1999 年 11 月,在无瓣海桑+海桑林中,选取 1 块 40 m×40 m 样地进行采样调查分析,并进行生物量的测定^[2]。植物样品在测定生物量时,分别采取不同树种的树皮、树干、多年生枝、幼枝、枯枝、叶、花果(含胚轴)、粗根(直径 d≥0.5 cm)、中根(0.5>d≥0.2 cm)、细根(d<0.2 cm),各组分的样品,经 60 °C 烘干后用植物样品粉碎机磨成粉末,贮存待测。样品测定时,另取小样品在 105 °C 下烘干至恒重,求得干重百分率。

土壤按分层采样法,分别采 0~30 cm、30~60 cm、60~90 cm 的土样,经过自然风干后,过 100 目尼龙筛备用。采样的同时,取一定体积的土样测定其容重。

2.2 样品 N、P、K 的含量分析

植物样品的氮、磷含量分别采用纳氏试剂比色法^[3]和钼蓝比色法进行测定^[4],钾含量测定用原子吸收分光光度法,仪器为美制 Porkin Eloner 3030B 原子吸收分光光度计^[4]。土壤样品采用高氯酸-氢

氟酸处理,土壤含氮量测定采用凯氏定氮法、含磷量采用酸溶-钼蓝比色法、钾含量采用 ICP 光谱法。土壤盐度用 AgNO₃ 滴定法,土壤 pH 用电位法测定,水土比为 5:1^[4]。

根据土壤容重计算每平方米表层土壤(0~30 cm)重量与土壤元素含量的乘积即为每 m² 林地土壤中元素储量。根据群落各组分的现存生物量^[2]与植物体相应组分元素含量的乘积,求得群落元素的现存累积量。年归还量则根据凋落物生物量^[2]与凋落物中元素含量的乘积求得。

3 结果与讨论

3.1 群落 N、P、K 含量及分布

红树林无瓣海桑+海桑群落种群各组分的 N、P、K 含量见表 2,从种群各部位各元素含量看,叶子的 N 含量、细根的 P 含量最高,无瓣海桑的花果、海桑的花果和中根及秋茄胚轴和叶的含 K 量较高。从表 2 中每个种群各组分加权平均值看,3 种元素在 3 种群中的含量不同,大小排列顺序为,N 和 K:海桑>无瓣海桑>秋茄,P:海桑>秋茄>无瓣海桑。N、P、K 在同一植物体的不同组分中的含量也不同(表

2), N 在叶、花果(胚轴)等器官和生殖器官中的含量较高, 其中叶的含量最高, 如在不瓣海桑、海桑、秋茄的叶中, N 的含量分别达 17.90%、27.95%、

表 2 三种元素在植物体不同部位的含量

Table 2 The contents of 3 elements in different parts of mangrove plant

种 Species	组分 Fractions	元素含量(mg/g) Content of elements			
		N	P	K	
无瓣海桑 <i>S. apetala</i>	叶 Leaf	17.896	1.932	10.87	
	幼枝 Twig	7.890	1.287	10.691	
	老枝 Perennial	4.217	0.502	6.174	
	枯枝 Dead branch	7.737	0.856	6.241	
	树干 Trunk	4.182	0.358	5.443	
	树皮 Bark	6.234	0.613	8.003	
	花果 Flower and fruit	10.122	1.866	14.294	
	呼吸根 Pneuma-tophere	8.854	1.160	11.908	
	粗根 Big-root	3.953	0.650	9.973	
	中根 Mid-root	5.851	1.104	11.727	
	细根 Fine-root	8.221	2.244	14.884	
	加权平均 Weight average	7.742	1.143	10.019	
	海桑 <i>S. caseolaris</i>	叶 Leaf	27.948	2.675	12.731
		幼枝 Twig	10.536	1.656	11.999
老枝 Perennial		6.02	0.816	8.576	
枯枝 Dead branch		6.400	0.981	6.522	
树干 Trunk		3.108	0.685	6.724	
树皮 Bark		5.582	0.912	9.795	
花果 Flower and fruit		16.713	2.749	15.734	
呼吸根 Pneuma-tophere		9.140	1.406	10.338	
粗根 Big-root		7.380	0.704	8.307	
中根 Mid-root		6.918	0.970	16.282	
细根 Fine-root		10.380	4.614	11.842	
加权平均 Weight average		10.011	1.652	10.805	
秋茄 <i>Kandelia candel</i>		叶 Leaf	19.784	1.796	11.444
		幼枝 Twig	8.285	1.496	6.640
	老枝 Perennial	4.329	0.632	3.467	
	枯枝 Dead branch	6.019	0.830	1.500	
	树干 Trunk	4.042	0.667	2.789	
	树皮 Bark	6.141	1.270	4.132	
	胚轴 Hypocotyl	9.648	1.593	11.721	
	粗根 Big-root	3.374	1.166	10.49	
	中根 Mid-root	4.135	1.198	8.610	
	细根 Fine-root	9.828	3.972	8.482	
	加权平均 Weight average	7.559	1.462	6.928	

19.78%; 而树干、树皮、大根中含 N 量较低。高等植物利用的无机氮是植物根系从土壤中吸收 NO_3^- 或 NH_4^+ , 然后输送到叶子, 结合成氨基酸, 最后合成蛋

白质, 因而叶和花果(胚轴)中含 N 量较高。无瓣海桑、海桑体内的 P、K 及秋茄体内的 P 都是根部最高, 花果和叶次之。P 是原生质的重要成分, 它参与核苷酸和核酸的组成, 因而在代谢旺盛的部位(如细根、花果和叶)含量较高。秋茄的胚轴 K 含量最高, 这与无瓣海桑和海桑不同, 其原因有待研究。无瓣海桑、海桑和秋茄均是树干、老枝、枯枝的 P、K 含量最低, 这与广西山口红海榄群落、福建秋茄红树林群落的研究结果是一致的⁽⁵⁻⁸⁾。

3.2 群落 N、P、K 现存累积量及其分布

群落现存生物量中各组分的生物量与其相应元素含量之积, 即为群落中各组分 N、P、K 现存累积量。群落的元素现存累积量即为各组分元素现存累积之和。根据本群落生物量数据⁽²⁾, 计算出该人工林群落 N、P、K 现存累积量分别为: 38 694.92、5 848.62、50 861.47 mg/m², 其中地下根部的 N、P、K 现存累积量最大, 分别占群落现存累积量的 28.59%、41.77%、42.08%; 而花果实(胚轴)的 N、P、K 现存累积量最小(表 3)。表 3 显示无瓣海桑、海桑、秋茄的 N、P、K 现存累积量大小顺序为, N: 无瓣海桑(41.98%) > 秋茄(30.08%) > 海桑(27.94%); P: 秋茄(38.40%) > 无瓣海桑(34.61%) > 海桑(26.99%); K: 无瓣海桑(44.71%) > 海桑(29.29%) > 秋茄(26.00%)。与深圳福田沙嘴村 50 a 以上桐花树+秋茄群落相比, 该群落累积的 N、P、K 量要少得多⁽⁹⁾。这可能与该群落林龄较小有关, 也与沙嘴村离污染严重的深圳河人口较近有关。

该群落林下土壤(0~30 cm)容重为 0.577 g/cm³(表 1), 每 m² 土壤中含有 N、P、K 分别为 0.220、0.156、4.009 kg。而该人工林群落累积的 N、P、K 总量只占整个生态系统的 N、P、K 量的 17.71%、3.75%、1.27%, 相比之下, 植物体累积的 N、P、K 量是很小的。

3.3 群落 N、P、K 的生物循环

3.3.1 年存留量 年存留量是指一年内群落净累积在植物体内的元素总量, 即由当年的干物质净增长量与相应各组分的元素含量之乘积而得。根据该群落当年干物质净增长量数据⁽²⁾, 推算出 1999 年无瓣海桑+海桑人工林群落 N、P、K 的年存留量分别为 6 969.51、908.53、14 382.162 mg/m², 其中地下根

部的 N、P、K 的年存留量最大,分别占群落总量的 33.44%、44.64%、47.89%,花果的 N、P、K 的年存留量最低(表 4)。从总量看,群落的 K 元素年存留量是 N 元素年存留量的 2.06 倍,是 P 元素年存留量的 15.83 倍。从群落种群的年存留量占群落总存留

量的比例看,各群落有所不同,其所占比例大小排列为,N:无瓣海桑(39.75%)>海桑(35.07%)>秋茄(25.18%),P:秋茄(35.36%)>海桑(32.94%)>无瓣海桑(31.30%),K:无瓣海桑(40.40%)>海桑(35.34%)>秋茄(24.26)。

表 3 林地 3 种元素的现存累积量及分布
Table 3 Pod amount and distribution of 3 elements in the forest

种 Species	组分 Fractions	元素量(mg/m ²) Content of elements		
		N	P	K
无瓣海桑 <i>S. apetala</i>	叶 Leaf	2 697.81(16.61)	291.35(14.39)	1 639.20(7.21)
	枝 Branch	4 048.13(24.92)	527.21(26.04)	5854.07(25.74)
	树干 Trunk	4 074.52(25.08)	348.80(17.23)	5 303.12(23.32)
	树皮 Bark	1 360.88(8.38)	133.82(6.61)	1 747.06(7.68)
	花果 Flower and fruit	12.15(0.07)	2.24(0.12)	17.15(0.07)
	根 Root	4 051.47(24.94)	720.85(35.61)	8 178.82(35.98)
	总量 Total	16 244.96(100)	2 024.27(100)	22 739.42(100)
海桑 <i>S. caseolaris</i>	叶 Leaf	1 925.62(17.81)	184.31(11.68)	877.17(5.89)
	枝 Branch	3 616.79(33.46)	505.94(32.06)	4912.28(32.97)
	树干 Trunk	1 488.42(13.77)	328.05(20.78)	3 220.12(21.61)
	树皮 Bark	281.89(2.61)	46.06(2.92)	494.65(3.32)
	花果 Flower and fruit	180.50(1.67)	29.69(1.88)	169.93(1.14)
	根 Root	3 316.76(30.68)	484.29(30.68)	5 224.69(35.07)
	总量 Total	10 809.98(100)	1 578.34(100)	14 898.85(100)
秋茄 <i>Kandelia candel</i>	叶 Leaf	3327.67(28.59)	302.09(13.45)	1 924.88(14.56)
	枝 Branch	2 168.59(18.63)	302.27(13.46)	1530.43(11.57)
	树干 Trunk	2 298.69(19.75)	379.32(16.89)	1 586.10(12.00)
	胚轴 Hypocotyl	149.544(1.28)	24.69(1.09)	181.68(1.37)
	根 Root	3 695.49(31.75)	1 237.76(55.11)	8 000.11(60.50)
	总量 Total	11 639.98(100)	2 246.13(100)	13 223.2(100)
	林地总量 Total	38 694.92(300)	5 848.62(300)	50 861.47(300)

3.3.2 年归还量 这里仅指通过凋落物一年内归还给土壤的元素重量。通过雨水淋洗、死根和动物啃食归还的元素量未计算在内。根据该群落 1999 年的凋落物量^[2],可推算出该群落通过凋落物归还给土壤的 N、P、K 的总量分别为:6 270.585、979.175、6 353.948 mg/m²(表 5)。无瓣海桑、海桑、秋茄的 N、P、K 归还量大小顺序为,N:海桑>无瓣海桑>秋茄;P 和 K:无瓣海桑>秋茄>海桑。

3.3.3 群落 N、P、K 的年吸收量、周转期及循环系数

年吸收量为年现存量与年归还量之和。依此可推算出该群落 1999 年的 N、P、K 的总吸收量分别为 13 240.095、1 887.705、20 736.11 mg/m²。该群落 N、P 年吸收量大于广西 64 a 红海榄林^[6]和海南 55 a 海莲林的相应元素的年吸收量^[10],但小于福建 20 a 秋茄林的相应元素的年吸收量^[7]。该群落 N 元

素的年归还量(47.36%)稍小于年存留量(52.64%),P 元素的年归还量(51.87%)稍大于年存留量(48.13%),K 元素的年归还量(30.64%)比年存留量(69.36%)小得多。

元素在植物群落中的周转期为该群落在现存累积量中的储存量与年凋落物中该元素重量之比^[5,7,8,10]。该群落中 N、P、K 的周转期分别为 7 a、6 a、9 a;P 的周转期比 N、K 要快。元素的循环周期与群落年龄有关,Gong W. K(1990)对马来西亚 Matang 红树林的研究表明,在森林群落未达到数量成熟之前,年龄越大,元素的周转期越长^[11],因为随着年龄增长,群落现存量越来越大,而年凋落量并不随年龄的增长成比例增加,因而延长了营养元素的周转期。由于该群落林龄较小,群落处在旺盛的生长期,因此,周转期较短。

表 4 林地 3 元素的年净存留量累积量

Table 4 The yearly net retention accumulation of 3 elements in the forest

种 Species	组分 Fractions	元素量(mg/m ²) Content of elements		
		N	P	K
无瓣海桑 <i>S. apetala</i>	叶 Leaf	456.348(16.47)	41.055(14.26)	415.782(7.16)
	枝 Twig	683.748(24.68)	74.205(25.77)	1483.173(25.52)
	树干 Trunk	607.224(21.92)	43.32(15.04)	1185.489(20.40)
	树皮 Bark	337.008(12.16)	27.615(9.59)	648.963(11.17)
	花果 Flower and fruit	0.606(0.02)	0.095(0.03)	1.287(0.02)
	根 Root	685.686(24.75)	101.665(35.31)	2076.318(35.73)
	总计 Total	2770.26(100)	287.955(100)	5811.012(100)
海桑 <i>S. caseolaris</i>	叶 Leaf	477.726(18.23)	35.71(11.93)	305.928(6.02)
	枝 Twig	778.53(31.7)	90.755(30.33)	1586.088(31.21)
	树干 Trunk	347.598(14.15)	63.84(21.33)	1128.015(22.19)
	树皮 Bark	65.982(2.69)	8.985(3.00)	173.628(3.42)
	花果 Flower and fruit	42.12(1.71)	5.775(1.93)	59.472(1.16)
	根 Root	774.294(31.52)	94.215(31.48)	1829.547(36.00)
	总计 Total	2444.25(100)	299.280(100)	5082.678(100)
秋茄 <i>Kandelia candel</i>	叶 Leaf	377.478(21.51)	57.11(8.89)	327.528(9.39)
	枝 Twig	286.746(16.34)	33.305(10.37)	303.543(8.70)
	树干 Trunk	294.180(16.76)	40.455(12.59)	304.479(8.73)
	胚轴 Hypocotyl	23.736(1.35)	3.265(1.01)	43.254(1.24)
	根 Root	772.86(44.04)	215.715(67.14)	2509.668(71.94)
	总计 Total	1755.00(100)	321.295(100)	3488.472(100)
	林地总量 Sum	6969.51(300)	908.53(300)	14382.162(300)

表 5 林地 3 种元素年归还量 (1999 年)(单位: mg/m²)

Table 5 The yearly return of 3 elements in the forest

种 Species	N	P	K
无瓣海桑 <i>S. apetala</i>	2143.697	531.848	3536.959
海桑 <i>S. caseolaris</i>	3055.326	204.891	1013.972
秋茄 <i>Kandelia candel</i>	1071.562	242.436	1803.017
总计 Sum	6270.585	979.175	6353.948

在无瓣海桑+海桑林的 N、P、K 循环过程中, 可以元素的吸收量、归还量和现存累积量及在表土中该元素含量间的关系, 求出它们的吸收系数、利用系数和循环系数^[12,13]。从表 6 可看出, 群落 N、P、K 的吸收系数大小顺序为: N>P>K, 利用系数大小顺序为: K>N>P, 循环系数大小顺序为: P>N>K。因此, 总体看, 该群落的 P 流动大于 N 和 K。

表 6 群落 N、P、K 的吸收系数、利用系数和循环系数

Table 6 Absorption coefficient, utilization coefficient and cycle coefficient of 5 heavy metal in community

元素 Elements	现存累积量 Standing amount (g/m ²)	吸收量 Uptake (g/m ²)	归还量 Return (g/m ²)	表土含量 Topsoil content (g/m ²)	吸收系数 Absorption coefficient	利用系数 Utilization coefficient	循环系数 Cycle coefficient
N	38.695	13.240	6.271	220	0.0602	0.3422	0.4736
P	5.849	1.888	0.979	156	0.0121	0.3228	0.5216
K	50.861	20.736	6.354	4009	0.0005	0.4077	0.3064

4 结 语

红树林河口湾和红树林湿地生态系统长期以来被认为是排放城镇生活污水和工业废水的便利场所, 业已被广泛证实, 与其它类型湿地一样, 红树林具有潜在的净化污水的能力^[14]。深圳福田无瓣海桑+海桑人工林具有累积 N、P、K 元素的功能, 但

相对土壤的元素含量, 其累积量是非常微小的。深圳福田红树林自然保护区是深圳湾湿地的核心部分, 是国际重要的湿地, 特别是国际候鸟的栖息地, 该区内的红树林是该生态系统最重要的初级生产者, 为各级次级消费者提供丰富的食源。因此, 深圳湾(特别是福田红树林)应严格禁止和控制未经处理的生活废水和工业废水直接排入深圳湾, 以确保

该湿地生态系统的稳定和可持续发展。

参考文献:

- [1] 咎启杰, 王勇军, 廖宝文, 等. 深圳福田无瓣海桑+海桑-秋茄人工林结构的研究[J]. 林业科学研究, 2001, 14(6): 610-615.
- [2] 咎启杰, 王勇军, 廖宝文, 等. 无瓣海桑+海桑人工林的生物量及生产力研究[J]. 武汉植物学研究, 2001, 9(5): 391-396.
- [3] 华南热带作物研究院. 用比色法测定橡胶叶片氮含量[J]. 热带作物科技通讯, 1974, 1(5): 12-13.
- [4] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 海科学出版社, 1978. 62-72.
- [5] 林 鹏, 尹 毅, 卢昌义. 广西红海榄红树群落的K、Ca、Mg 累积和循环[J]. 植物学报, 1993, 35(9): 703-709.
- [6] 尹 毅, 林 鹏. 红海榄红树林的氮、磷积累和生物循环[J]. 生态学报, 1993, 13(3): 221-227.
- [7] 林 鹏, 林光辉. 九龙江口红树林研究 IV. 秋茄群落的氮、磷元素的累积和循环[J]. 植物生态学报与地植物学丛刊, 1985, 9(1): 21-31.
- [8] 林 鹏, 苏 麟, 林庆扬. 九龙江口红树林研究 II. 秋茄群落的钾、钠元素的累积和循环[J]. 生态学报, 1987, 7(2): 102-110.
- [9] 张宏达, 陈桂珠, 刘治平, 等. 深圳福田红树林湿地生态系统研究[M]. 广州: 广东科技出版社, 1998. 35-48.
- [10] 林 鹏, 吴新华. 海莲红树林 N、P、K 的累积和循环[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1990, 29(4): 463-467.
- [11] Gong W K, Ong J E. Plant biomass and nutrient flux in a managed mangrove forest in Malaysia[J]. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 1990, 31: 519-530.
- [12] 陈灵芝, D K Lindley. 英国 Hampsfell 的蕨菜草地生态系统的营养元素循环[J]. 植物学报, 1983, 25(1): 67-74.
- [13] 拉夏埃尔 W(李 博, 1982). 植物生理生态学[M]. 北京: 科学出版社, 1975. 159-161.
- [14] 黄立南, 蓝崇珏, 束文圣, 等. 城镇生活污水排放对红树林植物群落凋落物的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2000, 6(6): 505-510.

(上接第 348 页 Continue from page 348)

- 出版社, 1980. 208.
- [2] 黄瑞复, 魏蓉城, 许介眉. 宽叶韭及其变种木里韭的核型研究[J]. 云南植物研究, 1996, 增刊 VIII: 78-84.
- [3] Huang R F, Xu J M, Yu H. A study on karyotypes and their evolutionary trends in *Allium* sect. *Bromatorrhiza* Ekbery (Liliaceae)[J]. *Cathaya*, 1995, 7: 133-145.
- [4] 晏一祥, 黄瑞复, 魏蓉城. 葱属粗根组 5 种材料的核型研究[J]. 植物分类学报, 1990, 28(3): 177-184.
- [5] Brat S V. Genetic systems in *Allium* I chromosome variation[J]. *Chromosome (Berl)*, 1965, 6: 486-499.
- [6] Vakhtian L I. Karyotypes of two 20 chromosomed *Allium* species - *A. kujukense* Vved. and *A. decipiens* Fisch. [J]. *Cytology (Leningrad)*, 1964, 6(5): 577-582.
- [7] Darlington C D, Wylie A P. Chromosome atlas of flowering plants[M]. London: George Allen and Unwin, 1955. 355-357.
- [8] 李懋学, 陈瑞阳. 关于植物核型的标准化问题[J]. 武汉植物学研究, 1985, 3(4): 297-302.
- [9] Levan A, Fredga K, Sandberg A A. Nomenclature for centromeric position on chromosomes[J]. *Hereditas*, 1964, 52: 201-220.
- [10] Stebbins G L. Chromosome Evolution in Higher Plants [M]. London: Edward Arnold, 1971. 87-93.
- [11] 洪德元. 植物细胞分类学[M]. 北京: 科学出版社, 1990.
- [12] Tzanoudakis D. Karyotypes of the taxa of *Allium* Section Scorodon from Greece[J]. *Caryologia*, 1983, 36(3): 259-284.