

# 闽西严重侵蚀紫色土不同治理措施 群落生物量及能量研究

林开旺

(福建省水土保持与乡村发展亚行贷款项目办, 福建 福州 350003)

**摘要:** 通过对福建省宁化禾口严重侵蚀紫色土采取粗放治理、强化治理、封禁治理 3 种不同治理措施及对照群落的生物量和能量进行研究, 结果表明: 强化治理的马尾松平均木生物量为 37.65 kg, 分别是粗放治理和未治理地的 2.7 倍和 13.7 倍; 群落总生物量为 56.908 t/hm<sup>2</sup>, 分别是粗放治理和未治理的 3.1 倍和 27.5 倍。不同治理措施群落各层次的干重热值大小顺序均为乔木层 > 灌木层 > 草本层, 对照则为乔木层 > 草本层; 不同治理措施群落的能量主要积累在乔木层中; 强化治理的能量现存量为 114764.7 kJ/m<sup>2</sup>, 分别是粗放治理和未治理的 3.1 倍和 27.5 倍。然而, 强化治理的群落生物量和能量现存量仍低于 20 世纪 60 年代中期在原马尾松疏林地采取的封禁治理, 表明处于严重退化阶段的紫色土生态恢复和重建具有长期性特点; 同时表明侵蚀退化紫色土的治理应根据其所处的不同退化阶段而采取相应的治理措施, 才能收到最佳的治理效果。

**关键词:** 侵蚀劣地; 治理措施; 马尾松; 生物量; 热值; 能量

文献标识码: A 文章编号: 1000-288X(2002)03-0020-05 中图分类号: S157.1, S55.25

## Biomass and Energy of Different Improving Patterns in Severely Eroded Area of Western Fujian Province

LIN Kai-wang

(Fujian Soil Conservation & Rural Development Project ADB Loan Management Office, Fuzhou 350003, China)

**Abstract** Severely eroded purple soil was studied by three different management patterns, which are extensive management, intensive management, enclosing and tending management, at Hekou town, Ninghua county, and the biomass and energy of control community were also investigated. The results showed that the single tree average biomass of *pinus massoniana* by intensive management was 37.65 kg, being 2.7 and 13.7 times greater than that of extensive management and the control respectively; and the total biomass of communities was 56.908 t/hm<sup>2</sup>, being 3.1 and 27.5 times as high as that of extensive management and the control respectively. The gross caloric value of different stratum in three management patterns was tree stratum > shrub stratum > herbage stratum, while for the control, the sequence was tree stratum > herbage stratum. The community energy of different management patterns was mainly accumulated in tree stratum. The standing crop energy of extensive management was 114764.7 kJ/m<sup>2</sup>, being 3.1 and 27.5 times greater than that of extensive management and the control respectively. However, the biomass and the standing crop energy for intensive management were still lower than those of enclosing and tending management, which indicated that the restoration of severely eroded purple soil needed a long time, and the measures of degraded purple soil control should be taken based on different degradation phase.

**Keywords** severely eroded area; improving pattern; *P. massoniana*; biomass; caloric value; energy

宁化县禾口镇是福建省紫色土典型水土流失区之一, 流失面积达 12 756 hm<sup>2</sup>, 占土地总面积的 53.6%, 其中强度流失 5 600 hm<sup>2</sup>, 占水土流失总面积

的 44%, 平均侵蚀模数为 7 384.5 t/(km<sup>2</sup>·a)。紫色土土层浅薄, 结构松散, 保水保土保肥能力差。严重的水土流失使表土被冲刷殆尽, 甚至基岩裸露, 土壤肥

收稿日期: 2002-01-02

资助项目: 国家“九五”科技攻关研究项目; 福建省自然科学基金项目 (D0010014)

作者简介: 林开旺 (1962-), 男 (汉族), 福建省闽侯县人, 高级农艺师, 主要从事水土保持项目实施工作。电话 (0591) 7823351, E-mail fiswco@pubz.fz.fj.cn

力下降,林草难于生长,给当地群众的生产生活造成很大困难<sup>[1]</sup>。从 20 世纪 80 年代起各级主管部门相继采取了许多治理措施,使水土流失得到了初步控制。于 1996 至 2000 年对不同措施的物种多样性、生物量及生产力、能量生产力、养分利用、土壤抗蚀性、土壤肥力等角度对治理效益进行了系统的研究,试图找出严重侵蚀紫色土优化的治理措施。本文仅从生物量和能量生产的角度,探讨了严重侵蚀紫色土的不同治理效果。

## 1 试验地概况

试验地位于福建省宁化县禾口镇(东经 116°22′—117°02′,北纬 25°58′—26°40′),属中亚热带季风气候区,年均气温 17.8℃,≥10℃活动积温 5396.6℃,无霜期 255 d,年降雨量 1769.3 mm,主要集中于 2—6 月,约占全年降雨量的 60%。土壤以紫色土为主,有 44% 的紫色土发生强度水土流失。

(1) 粗放治理(措施 I) 位于禾口镇风琴岭,坡度 6.5°,坡向南偏西 66°。1983 年在原治理地采取等高带状整地后,挖种植穴,在穴内下少量土杂肥(每担约 20 个穴),1984 年在穴内种胡枝子。调查时马尾松保留密度为 1425 株/hm<sup>2</sup>,平均胸径 6.83 cm,平均树高 5.92 m,灌木主要有胡枝子、藤黄等,草本主要有芒萁、狗脊等,植被总盖度约 36%,水土流失仍较严重。

(2) 强化治理(措施 II) 位于禾口镇沙背垅,坡度 9°,坡向南偏西 41°。1983 年在原治理地采取台状整地和侵蚀沟拦截,挖种植穴,并在穴内下土杂肥(每担土杂肥 8 个穴)。1984 年按照“多年生与一年生相结合”、“禾本科与豆科相结合”、“上繁草与下繁草相结合”的原则,合理安排草种组合,灌草结合。每 1 hm<sup>2</sup> 种草 2.55—3.0 kg 和植胡枝子 1200—1500 穴,5—6 月追肥一次(铵肥、过磷酸钙,各树种均 500 g/株)。调查时马尾松保留密度为 1610 株/hm<sup>2</sup>,平均胸径 9.90 cm,平均树高 9.53 m。灌木主要为胡枝子、黄杞子,草本主要为白茅、山莓等,胡枝子、牧草正常生长发育,植被总盖度 90%。

(3) 封禁治理(措施 III) 位于禾口镇扬边,坡度 28°,坡向南偏西 32°。1964 年在原有马尾松疏林地采取台阶状整地补植马尾松,加上封禁保护,1984 年已转变为中轻度水土流失地,随后连续采取封禁治理。调查时乔木主要为马尾松,其保留密度为 840 株/hm<sup>2</sup>,平均胸径 16.15 cm,平均树高 15.38 m,之外零星分布有薄姜木、黄花槐等小乔木,灌木主要为黄瑞木、盐肤木等,草本主要为野菊、五节芒等,植被总盖度 85%。

(4) 未治理地(对照) 位于禾口镇风琴岭,坡度 7°,坡向南偏西 82°,为紫色土区典型流失地,无 A 层和 B 层, C 层仅 10 cm,沟壑纵横。20 世纪 60 年代采用等高沟埂及营造马尾松治理后,长期失去管理。调查时马尾松保留密度为 765 株/hm<sup>2</sup>,平均胸径 3.75 cm,平均树高 3.22 m;灌木主要有胡枝子、黄杞子,草本主要有芒萁、白茅等,植被总盖度低(仅约 10%),水土流失十分严重。

## 2 研究方法

分别在上述 3 种治理措施和对照地内设置 20 m × 20 m 标准地 3 块,在每块标准地进行每木检尺,乔木层生物量采用平均木法,每种措施选取平均木 3 株,按分层切割法每 1 m 为一区分段,分干、皮、枝叶测其鲜重。地下生物量的测定采用全根挖掘法,分别按根桩、粗根(> 2 cm)、大根(1—2 cm)、中根(0.5—1 cm)、小根(0.2—0.5 cm)和细根(< 0.2 cm)分级,实测各部分鲜重,并分别取样带回室内测定含水率<sup>[2,3]</sup>。

林下植被生物量采用样方收获法,每种处理各设置 5 个面积为 1 m × 1 m 样方。调查时灌木按枝叶和根系,草本按地上(茎叶)和地下(根系)部分分别称量,取样测定含水率。枯枝落叶层调查方法亦采用样方收获法,与林下植被层调查同步进行<sup>[2,3]</sup>。各植株样品经烘干、磨碎,用 HW R-15 恒温式微机量热计测定其干重热值,重复 2—3 次。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同治理措施群落乔木层平均木生物量及组成

生态系统退化的一个重要特征是生态系统的生物量和生产力下降,不同的治理措施改变微生境的程度不同,因而直接影响到群落中个体的生长,从而造成不同治理措施平均木生物量的差异。不同治理措施平均木的生物量均远高于对照,措施 III > 措施 II > 措施 I > 对照,措施 III 马尾松平均木的生物量是措施 II 的 2.742 倍,是措施 I 的 7.284 倍,是对照的 37.535 倍。措施 II 和 III 平均木各组分生物量的分配顺序均为干 > 根 > 枝 > 皮 > 叶,而措施 I 为干 > 根 > 皮 > 枝 > 叶,对照为干 > 根 > 叶 > 枝 > 皮(表 1)。

不同措施干占生物量的比例分别由对照样地的 40.36% 上升至 47.21%、54.63% 和 62.08%,枝叶占生物量的比例由对照的 25.09% 下降至 15.10%、16.47% 和 17.20%(表 1)。由于树干是主支持器官,积累了较多生物量,因而所占比重一般较高<sup>[4]</sup>,对照马尾松的叶生物量所占比例较高是由于土壤极端贫瘠和干旱<sup>[5]</sup>,马尾松需要消耗更多的能量来维持生

存,因而需要生产更多的叶片进行光合作用补充能量,呈现出叶比例较高的适应性;另外可能是对照的马尾松稀疏矮小,未出现自然整枝的情况,从而造成叶的比例较高。地下部分生物量中,3种措施的根系生物量分别是对照的 5.5, 11.8, 23.4倍。不同治理措施群落乔木层马尾松平均木生物量详见表 1

对照根系生物量较低可能是由于严重侵蚀紫色土土层较薄,而且表层土壤旱瘠,抑制了马尾松根系

的生长。根系生物量所占比重措施 I > 措施 II > 措施 III,措施 I 经过粗放整地,水土流失仍较严重,保水保肥能力低,养分和水分供应能力较差,土壤较贫瘠,从而刺激马尾松强化其吸收器官,从而使根系所占比重较大。而措施 II, III由于分别采取等高带状整地和封山育林,保水保肥能力和养分水分供应能力均较强,因而根系所占比重较小,而地上部分生物量所占的比重较大,说明工程措施在治理中起了重要作用。

表 1 不同治理措施群落乔木层马尾松平均木生物量及其分配比率

kg

治 理 措 施	地 上 部 分					地 下 部 分						合 计	
	干	皮	枝	叶	小计	根桩	粗根	大根	中根	小根	细根		小计
措施 I	6.69 (47.21)	1.79 (12.63)	1.25 (8.82)	0.89 (6.28)	10.62 (74.95)	1.22	0.82	0.27	0.70	0.27	0.27	3.55 (25.05)	14.17 (100)
措施 II	20.57 (54.63)	3.34 (8.87)	4.24 (11.26)	1.96 (5.21)	30.11 (79.97)	4.26	1.49	0.56	0.90	0.17	0.15	7.54 (20.03)	37.65 (100)
措施 III	64.08 (62.08)	6.43 (6.23)	12.41 (12.02)	5.35 (5.18)	88.27 (85.52)	10.47	3.57	1.55	1.72	0.70	0.51	14.95 (14.48)	103.22 (100)
对 照	1.11 (40.36)	0.31 (11.27)	0.32 (11.64)	0.37 (13.45)	2.11 (76.73)	0.20	0.19	0.06	0.14	0.04	0.02	0.64 (23.27)	2.75 (100)

注:表中“( )”中数据为马尾松平均木生物量分配比率,单位为%。

### 3.2 不同治理措施群落生物量结构特征

群落生物量一定程度上体现了群落固定太阳能的能力和生产力大小。3种治理措施群落总的生物量变化于 18.224 t/hm<sup>2</sup>和 84.612 t/hm<sup>2</sup>之间,措施 III > 措施 II > 措施 I,而对照地群落生物量极低,仅为 2.069 t/hm<sup>2</sup>,措施 I, II, III的总生物量分别是对照的 8.8, 27.5, 40.9倍,因此不同治理措施的群落太阳能固定能力和生产力均远远高于对照,而以措施 III的效果最好。

除对照外,乔木层生物量均占群落总生物量的 90%以上(表 2)。3种治理措施中,以措施 III的乔木层生物量为最高,其值是措施 I的 4.61倍,是措施 II的 1.47倍,这与措施 III乔木层的密度最大有关。与亚热带马尾松幼龄林(0~20a)乔木层平均生物量 84.64 t/hm<sup>2</sup><sup>[16]</sup>相比,措施 III已接近平均值,说明治理后乔木层的生物量恢复速度是相当快的。林下植被是森林群落结构中一个重要组成部分,有重要的群落学作用和生态功能,其水土保持和地力维持与恢复的作用越来越受到人们的重视;但不同治理措施的林下植被的种类较少,灌木基本为胡枝子,草本为芒萁,且生物量均较低(表 2),而一个发育良好的杉木人工林林下植被生物量可达到 8.0 t/hm<sup>2</sup><sup>[17-18]</sup>,治理后林下植被恢复速度比较缓慢。措施 II林下植被数量所占比重最小,为 2.91%,措施 III数量最大,所占比例最高,为 3.91%;主要是因为措施 II 林分郁闭度较大,阻碍了

林下植被的发育,而措施 III郁闭度较小,阳性的芒萁较易入侵,使得林下植被所占比重较大。

不同治理措施及对照的凋落物数量也有所差异。措施 III的凋落物量为最大,为 1.18 t/hm<sup>2</sup>,其次为措施 II,而对照由于土壤干旱瘠薄,植被生长差,凋落物量最小。虽然凋落物所占比重不大,但在林地中特别是侵蚀地中凋落物不仅对地表起到良好的覆盖作用,改善林地的小气候,而且有利于水土肥的保持,对土壤改良起到重要作用。

表 2 不同治理措施群落生物量组成

t/hm<sup>2</sup>

治 理 措 施	乔 木 层				总 计	枯 枝 落 叶 层
	地 上	地 下	灌 木 层	草 本 层		
措施 I	12.58	5.06	0.422	0.162	18.224	0.316
措施 II	43.11	12.14	1.315	0.343	56.908	0.532
措施 III	65.74	15.56	2.746	0.566	84.612	1.180
对 照	1.37	0.49	0.000	0.209	2.069	0.177

### 3.3 不同治理措施群落各组分的干重热值

植物热值是指单位重量干物质在完全燃烧后所释放出来的热量值,群落各组分样品的热值测定分析是群落能量生产研究的基础,3种措施及对照的群落各组分热值结果见表 3。不同治理措施马尾松乔木层同一组分的干重热值差异不大,但不同组分的干重热值差异较大,其中枝的热值最高,叶的次之,树干的略高于根和树皮的,树皮和径级较大的根的相当,而细

根的干重热值最低,这与黄山松群落的树皮热值最高不同<sup>[11]</sup>,这可能与营养条件和植物所含营养成分的不同有关,而枝的高热值现象可能与高能有机物积累有关。根的干重热值中,以细根的最低,径级较大的根有大于径级较小的趋势,这与林益明等对甜槠、林鹏对黄山松的研究结果一致<sup>[9-11]</sup>。灌木中各组分的干重热值灌叶>灌枝>灌根,草本中的为草茎叶>草根;乔木层、灌木层和草本层地上部分热值含量均高于地下部分,这与地上部分和地下部分所处的环境和所担负的功能密切相关。

表 3 不同治理措施群落各组分干重热值 kJ/g

组 分	措施I	措施II	措施III	对照	
乔木层	干	19.76	20.19	20.73	20.25
	皮	20.49	19.14	19.80	19.59
	枝	21.85	21.54	22.78	21.63
	叶	20.88	20.15	20.99	20.49
	根桩	19.45	20.07	20.36	20.19
	粗根	19.55	19.90	20.01	20.00
	大根	19.80	19.97	19.49	20.04
	中根	19.58	19.79	20.35	19.92
	小根	19.52	19.36	20.18	20.15
	细根	17.72	17.95	18.43	18.99
灌木层	灌叶	19.71	20.11	21.62	—
	灌枝	19.17	18.73	19.91	—
	灌根	19.05	18.49	19.94	—
草本层	茎叶	19.20	19.25	19.66	19.54
	根	18.44	17.66	17.37	18.16
枯枝落叶	19.27	19.80	19.57	20.22	

不同治理措施之间的群落干重热值大小顺序为:措施III(20.80 kJ/g)>措施II(20.16 kJ/g)>措施I(20.03 kJ/g),措施III大于对照(20.20 kJ/g)。乔木层干重热值(加权平均)大小顺序为措施III>措施II>措施I,灌木层和草本层的为措施III>措施I>措施II,而不同治理措施的干重热值均为乔木层>灌木层>草本层,而对照则为乔木层>草本层,各层热值的高低不仅与植物种类有关,还与植物所处生境的光照强度有关,从乔木层到灌木层、草本层,光照强度逐层减弱,热值下降。而枯枝落叶层的干重热值均低于相应乔木层的枝、叶,这与枯枝落叶遭微生物分解后高能物质流失而纤维素数量比例增加有关。

### 3.4 群落能量现存量

群落能量现存量是指某一给定时刻单位面积上群落各部分所积累的总能量,它是根据群落植物样品的热值和对应干物质生物量推算而得。不同措施群落

的能量现存量见表 4。措施I、II和III的群落能量现存量分别是对照(4 179.4 kJ/m<sup>2</sup>)的 8.7、27.5和 42.2倍,这主要是不同治理措施群落干物质生物量比对照群落大得多(不同治理措施群落总生物量是对照的 8.8、27.5、40.9倍)的缘故。3种治理措施乔木层的能量现存量分别占群落总能量的 96.9%、97.2%、96.1%,而对照为 90.4%,表明经不同措施治理后,乔木层成为能量积累的主体。乔木层中,措施I、II和III树干积累的能量现存量最大,分别占乔木层地上部分的 54.0%、64.1%、68.2%,而对照的为 44.4%,说明通过不同措施的治理后,重建的群落乔木层比对照投入更多的能量来构建躯干。

灌木层能量现存量大小顺序为措施III>措施II>措施I,而草本层能量现存量大小顺序为措施III>措施II>对照>措施I,这与林冠郁闭度、地力条件和前期所采取的措施有关。虽然对照立地条件极差,林分郁闭度很低,林下植被中未出现灌木层,仅出现少量芒萁、白茅等草本,但由于其乔木层光能利用率极低,使其草本层在群落能量中所占比例远比措施III中草本层所占的比例为高。

枯枝落叶层能量的多少,标志着群落对土壤亚生态系统输入能量的多寡;同时,枯枝落叶层可滞蓄降水,遮挡日光直射,对提高土壤的含水量,为土壤中的生物体创造适宜的生存环境等有积极意义。3种措施枯枝落叶层的能量现存量分别是对照枯枝落叶层的 1.7、2.9、6.5倍,表明对照地以枯枝落叶形式向土壤输入的能量(有效能)较少,而更多地以光辐射能(无效能)直接进入土壤,这对地力恢复不利。

表 4 不同治理措施群落能量现存量 kJ/m<sup>2</sup>

层次	器官	措施I	措施II	措施III	对照
乔木层	地上	25 558	87 384.7	138 029.3	2 798.4
	地下	9 819.8	24 204.5	31 367.4	981.3
	合计	35 377.8	111 589.2	169 396.7	3 779.7
灌木层		813.1	2 531.2	5 754.7	—
草本层		307.6	644.3	1 077.8	399.7
群落总计		36 498.5	114 764.7	176 229.2	4 179.4
枯枝落叶		608.9	1 053.4	2 309.3	357.9

对于整个系统而言,要获得较大的能量积累,必须要有合理的乔木、灌木、草本立体空间结构。3种治理措施群落的层次比对照的多了灌木层,因而可多层次地截留光能,增加有机质的合成;其中又以措施III的能量现存量最大。因此,增加地表植被覆盖,构建多层次结构,提高光能利用率和群落生物量,能促进退化生态系统的恢复。

## 4 小 结

宁化县禾口镇紫色土严重侵蚀地经过强化治理后,马尾松的单株生物量、群落生物量和能量现存量分别是粗放治理的 2.7 倍、3.1 倍和 3.1 倍,分别是未治理地的 13.7 倍、27.5 倍和 27.5 倍,表明采取强化治理后,马尾松的生长得到促进,群落的干物质和能量积累能力得到提高,从而有利于增加植被盖度,迅速覆盖地表,控制水土流失;并且增强了群落植物对光能的截获,减少了日光对地表的直射,从而降低地表温度,缩小夏季昼夜温差,避免旱季土壤水分的过度损失,改善了治理地的水热条件,反过来有利于植物的生长。

另外,群落生物量和能量现存量的增加有利于增加土壤有机质和植物有效能的增加,这对紫色土退化生态系统土壤肥力的恢复有重要的意义。然而,强化治理的群落生物量和能量现存量仍远低于 20 世纪 60 年代中期在原马尾松疏林地采取的封禁补植治理,这表明了在中轻度紫色土流失地采用封禁补植治理措施效果显著,在紫色土流失区生态恢复和重建具有长期性特点。

同时表明侵蚀退化紫色土的治理应根据其所处的不同退化阶段而采取相应的治理措施,才能收到最佳的治理效果。

## [ 参 考 文 献 ]

- [1] 福建省宁化县水土保持委员会办公室.宁化县水土流失普查报告书 [Z]. 1983.
- [2] 冯宗炜,王效科,吴刚.中国森林生态系统的生物量 and 生产力 [M].北京:科学出版社,1999.
- [3] 林业部科技司.中国森林生态定位研究 [M].哈尔滨:东北林业大学出版社,1994.
- [4] 余作岳,彭少麟.热带亚热带退化生态系统植被恢复生态学 [M].广州:广东科技出版社,1996. 97-100.
- [5] 杨玉盛,何宗明,邱仁辉,等.严重退化生态系统不同恢复和重建措施的植物多样性与地力差异研究 [J].生态学报,1999,19(4): 490-494.
- [6] 冯宗炜,王效科,吴刚著.中国森林生态系统的生物量 and 生产力 [M].北京:科学出版社,1999. 164-171.
- [7] 冯宗炜,陈楚莹,张家武.湖南会同地区马尾松生物量的测定 [J].林业科学,1982,18(2): 127-134.
- [8] 杨玉盛,邱仁辉,何宗明,等.不同栽杉代数 29 年生杉木林净生产力及营养元素生物循环的研究 [J].林业科学,1998,34(6): 3-10.
- [9] 林鹏,林益明,李振基,等.武夷山黄山松群落能量的研究 [J].生态学报,1999,19(4): 504-508.
- [10] 杨玉盛,陈光水,林瑞余,等.杉木观光木混交林群落的能量生态 [J].应用与环境生物学报,2001,7(6): 536-542.
- [11] 林益明,林鹏,李振基,等.福建武夷山甜槠群落能量的研究 [J].植物学报,1996,38(12): 989-994.

(上接第 9 页)

## [ 参 考 文 献 ]

- [1] 赵魁义.中国沼泽志 [M].北京:科学出版社,1999. 255-261.
- [2] 国家林业局,湿地公约,履约办公室.湿地公约履约指南 [M].北京:中国林业出版社,2000. 2-4.
- [3] 邓伟,宋新山,翟金良.洪泛区湿地保护与水资源可持续利用 [J].科技导报,2000(3): 58-60.
- [4] 翟金良,何岩,邓伟.向海洪泛湿地土壤全氮、全磷和有机质含量及相关性分析 [J].环境科学研究,2001,14(6): 40-43.
- [5] Bayley P B. Understanding large river-floodplain ecosystems [J]. Bioscience, 1995, 45: 153-158.
- [6] Larson J S P R Adamus, E J Clairain Jr. Functional Assessment of freshwater wetlands: A Manual and Training Outline [M]. WWF and the Environmental Institute, Univ. of Mass, Amherst, USA, 1989; Maltby, E., 1991, Wetlands and their values, 8-26, in Wetlands, Finlayson, M. and Moser, M., (eds), Oxford, Facts on File/IWRB.
- [7] 张养贞.三江平原沼泽土壤的发生、性质与分类 [J].地理科学,1981,1(2): 171-180.
- [8] Gilliam J W, Parsons J E, and Mikkelsen R L. Nitrogen dynamics and buffer zones [M]. in Haycock, N. E., Burt, T. P., Goulding, K. W. T., and Pinay, G. (eds), Buffer Zones: Their processes and potential in water protection, Quest Environmental, Harpenden, 1997. 54-60.
- [9] 杨永兴,刘兴土,韩顺正.三江平原沼泽区“稻-苇-鱼”复合生态系统生态效益研究 [J].地理科学,1993,13(1): 41-48.
- [10] 尹澄清.内陆水-陆地交错带的生态功能及其保护与开发前景 [J].生态学报,1995,15(3): 331-335.
- [11] 翟金良,何岩,邓伟.洪泛作用与洪泛区可持续发展 [J].中国人口资源与环境,2000,10: 46-48.
- [12] 翟成凯,孙桂菊,陆琼明,等.中国菰资源及其应用价值的研究 [J].资源科学,2000,22(6): 22-26.
- [13] 马学慧,牛焕光.中国的沼泽 [M].北京:科学出版社,1991. 73-88.