

三江平原毛果苔草湿地物理过程 II——太阳辐射能在生态系统中的传输

何池全 (上海大学环境科学与工程系,上海 200072)

摘要: 毛果苔草湿地反射率平均为 21.92%,全生长季反射太阳辐射能 585.858MJ/m².群落对太阳辐射的透射率平均为 20.16%,在生长季节内透射太阳辐射能 538.88MJ/m².毛果苔草湿地群落的相对光照强度的分布与太阳高度角有关;而在累积叶面积指数(*F*)不变的情况下,消光系数(*K*)与相对照度的自然对数成正比;消光系数不仅受叶片透光率、倾斜角、方位角等的影响,而且与太阳高度角有关.毛果苔草湿地群落内太阳辐射能的季节性变化主要是受群落叶量的增减及其配置状况的影响,群落的叶面积集中分布层大约位于群落高的 2/3 处,其截获太阳辐射能的能力最强.

关键词: 毛果苔草湿地; 物理过程; 太阳总辐射; 反射率; 透射率; 吸收率; 消光系数

中图分类号: X171.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-6923(2001)04-0376-04

The physical process II of *Carex lasiocarpa* wetland in Sanjiang Plain—the transmission of sunshine radiation in ecosystem. HE Chi-quan (Department of Environmental Science and Engineering, Shanghai University, Shanghai 200072, China). *China Environmental Science*. 2001,21(4): 376~379

Abstract: The average ratio of reflectivity of *Carex lasiocarpa* wetland is 21.92%, the total energy of reflect radiation in whole growing season in the wetland is 585.858MJ/m². The average ratio of transmissivity of *C. lasiocarpa* community is 20.16%, the total energy of transmissivity radiation in whole growing season in the wetland is 538.88MJ/m². The distribution of relativity illumination intensity of the wetland community is correlative to the sunshine height angle; in the changeless condition of leaf acreage index (*F*), coefficient of light extinction (*K*) is of direct proportion to the natural logarithm of relative illumination; in the same way, coefficient of light extinction (*K*) is not only effected by the light transmittance, angle of inclination and azimuth of leaf, but also relative to the sunshine height angle. The seasonal change of sunshine radiation in the wetland community is influenced mostly by the regulation of leaf quantity and its allocation state; the leaf acreage of the community is distributed concentratively about 2/3 of the community height, with its strongest ability to intercept and capture the sunshine radiation.

Key words: *Carex lasiocarpa* wetland; physical process; sunshine radiation; reflectivity ratio; transmissivity ratio; absorb ratio; coefficient of light extinction

湿地环境系统的太阳辐射能不仅为生态系统的生存和繁衍提供动力并发挥多种效应,而且也推动着环境系统各要素的变化和发展^[1].湿地下垫面不均匀性形成的水热条件的差异,主要是由于获得太阳辐射能量的不同而产生的,这方面的研究在国内外已有报道^[2-4].毛果苔草湿地中的辐射和光照条件与裸地有很大的不同,这将形成一个由地面到植被上表面的活动层,在太阳辐射能的作用下,引起该层小气候的变化,并直接影响到植物的生长^[5].因此分析毛果苔草湿地在自然条件下的太阳辐射量的变化过程,将有助于认

识湿地生态系统的结构和功能,更好地认识湿地的生态过程.

1 研究地区与研究方法

观测样地设于中国科学院三江平原沼泽湿地生态试验站试验场,该区地势平坦,人为影响较小.在 1998~1999 两年间,在实验区内选取典型的毛果苔草湿地植物分布均匀的样地,样地面积

收稿日期: 2000-11-09

基金项目: 中国科学院“九五”重大 B 项目(KZ951-B1-201);中国科学院百人计划项目(KX-03-06)

为 200×450m²,样地内分 3 个小区(生物量测定区、凋落物测定区、凋落物分解实验区),每小区分别设置不同的样区,每年 5~10 月取样,每 30d 左右 1 次,样方面积 1×1m², 2~3 次重复.

毛果苔草湿地不同层次照度采用风光牌 CZ-5 型照度计测定,选择晴朗或多云天气,分别在上午 9:00 或下午 14:00 进行,每月测定 5~8 次,测定时从群落的地表面开始.每 10cm 一层,直到群落的上表面,每层读取 3 个数值.

该区气象数据来自中国科学院生态系统网络定位研究的三江平原湿地生态试验场自动气象观测站.

2 结果与分析

2.1 植被层的反射、透射及其吸收能力

太阳辐射到达植被上表面时,将发生反射、吸收和透射 3 个物理过程,太阳辐射能在毛果苔草湿地中的传输过程也就是其不断地被反射、吸收、透射的过程,群落内的辐射状况即能量环境状态亦会有所不同,这种不同决定于毛果苔草湿地植物群落的反射、透射及吸收能力的差异.植被对太阳辐射的反射、透射以及吸收能力可由反射率(RR)、透射率(TR)及吸收率(AR)来表示,其计算方法如下:

反射率(RR)= $\frac{\text{植被反射辐射}}{\text{植被上界面的总辐射}} \times 100\%$

透射率(TR)= $\frac{\text{土壤表面总辐射}}{\text{植被上界面的总辐射}} \times 100\%$

吸收率(AR)=[1-(RR+TR)]×100%

毛果苔草湿地反射率的变化不大,总的趋势是随着生长季的延长,植被盖度逐渐增加,叶色由绿变黄,导致反射率不断增加,平均为 21.92%,波动于 17.45%~32.49%之间(图 1、图 2).1999 年 4 月 30 日~9 月 30 日,毛果苔草湿地共反射太阳辐射能 585.858MJ/m².

群落对太阳辐射的透射能力季节性变化较大,近于“V”型曲线,其变化与叶面积指数,特别是绿色叶片的面积密切相关.生长季节初,植物矮

小,群落盖度低,太阳辐射透射率大,有时在植物比较稀疏地段可达 80%以上;随着植物的不断生长,叶面积指数逐渐增加,致使群落的太阳辐射能透射率急剧变小,至 7 月最低.然后,由于植物叶片变黄,枯萎,透射率又逐渐增加,透射率平均值为 20.16%,毛果苔草湿地在生长季节内共透射太阳辐射能 538.88MJ/m².

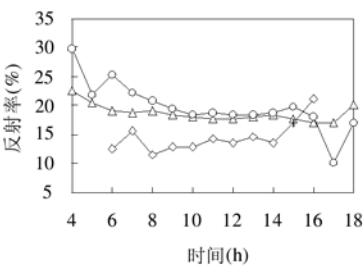


图 1 三江平原毛果苔草湿地反射率日变化
Fig.1 The change of reflectivity every hour a day in Sanjiang Plain wetland

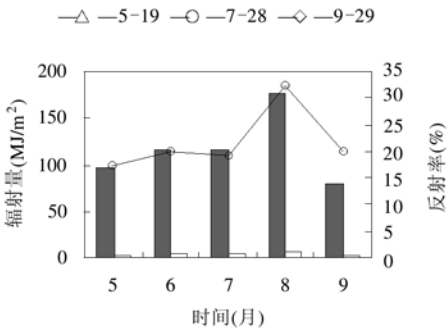


图 2 三江平原毛果苔草湿地反辐射季节性变化
Fig.2 The change of controradiation in different season in Sanjiang Plain wetland

—■— 月反辐射总量 —□— 反辐射平均值 —○— 反射率

2.2 太阳辐射能分布的空间格局

毛果苔草湿地生态系统上界面的太阳辐射经植被层向下传输时,不断地被反射、吸收,辐射强度不断降低.

毛果苔草湿地太阳辐射能分布的垂直结构如图 3 所示.从图 3 中可以看出,从群落的上界面向下逐渐单调递减,且递减速度变化较大.一天中不同时刻的变化规律亦不一致,早晚递减的速度快,而中午递减的速度慢;中午时刻变化的分水

岭是在 50cm 左右,而其他时刻的分水岭则在 70cm 左右,上半部递减迅速,下半部递减相对缓慢,这与中午绝对光照强度较大且透射能力较强有关.毛果苔草湿地在 50~80cm 处是毛果苔草叶的集中分布区,此区段对太阳辐射能的削减作用最强,相对光照强度分布曲线在此区段的曲率最大.

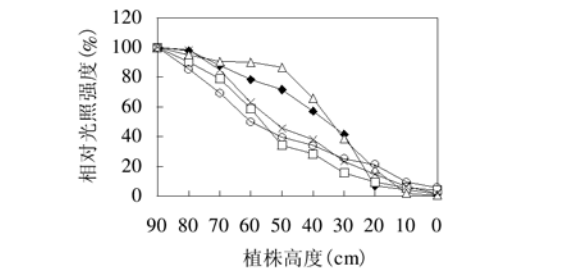


图 3 毛果苔草湿地相对光照强度垂直分布(1998-08-18)
Fig. 3 The distributin of relative illumination intensity in *Carex lasiocarpa* wetland (1998-08-18)

—◆—8:00 —□—10:00 —△—12:00 —×—14:00 —○—16:00

据 Lambert-Beer 定律,光能在植物群体中的分布可用下式表示:

$$I=I_0\cdot e^{-KF} \tag{1}$$

式中: I 是群落内某一高度的光强; I_0 是群落上界面的光强; K 是消光系数; F 是自上而下的累积叶面积指数; e 是自然对数的底.

门司和佐伯首先将此定律运用于作物冠层研究^[6],并取得比较满意的结果,后来一些研究工作者在不同地区的不同植物群落中加以应用,并将公式整理为:

$$K=\frac{1}{F}\cdot\ln(I_0/I) \tag{2}$$

从式 2 中可以求出毛果苔草湿地植物群落的消光系数及其垂直分布状况,结果见表 1.叶面积指数是指单位土地面积上的叶面积,为植物种群叶面积大小的一种量度,各层次采用类比法测定.一般说来,消光系数(K)值越大,则单位累积叶面积指数(F)对相对照度的减低越显著;从图 3 中不同时刻相对光照强度的垂直变化可以看出,毛果苔草湿地群落的相对光照强度的分布与太阳高度角有关;而在累积叶面积指数(F)不变的

情况下,消光系数(K)与相对光照强度的自然对数成正比;消光系数(K)不仅受叶片透光率、倾斜角、方位角等的影响,而且与太阳高度角有关.

表 1 毛果苔草湿地群落消光系数和垂直分布及其与光强、叶面积的关系(1998-08-18)
Table 1 The relative of coefficient of light extinction, verticality distribution, light intensity and leaf area of *Carex lasiocarpa* wetland(1998-08-18)

冠层高 (cm)	相对光照 强度(%)	叶面积指数	累积叶面积 指数	消光系数
90	100.00	—	—	—
80	90.24	0.24	0.24	0.4279
70	78.82	0.68	0.92	0.2586
60	59.12	0.95	1.87	0.2811
50	34.25	0.86	2.73	0.3924
40	28.36	0.73	3.46	0.3642
30	15.47	0.45	3.91	0.4773
20	9.21	0.32	4.23	0.5635
10	5.71	0.12	4.35	0.6581
0	4.05	0.03	4.38	0.7319

2.3 太阳辐射能分布的时间动态

毛果苔草湿地光能分布不仅具有空间结构,而且具有明显的日变化和季节性变化.

由图 4 可见,由于太阳高度的变化,群落不同高度中的光强与地面具有相似的日变化形式,即均为单峰曲线,且形状相近,同时,不同高度的曲线间又存在一定程度的差异,这种差异主要是由于太阳高度角的改变,引起太阳光线在植被中通过的距离改变造成的.

由图 5 可见,毛果苔草湿地群落内太阳辐射能的季节性变化主要是受群落叶量的增减及其配置状况的影响.生长季初,毛果苔草湿地群落叶量较少,叶面积指数较小,群落截获太阳辐射能的能力较弱,大部分入射辐射透过群落,到达地表.随着毛果苔草群落的生长发育,群落叶面积不断增大,其叶面积指数至 7、8 月份达到极大值,此时群落截获太阳辐射能的能力也处于鼎盛时期,到达土壤表面的太阳辐射能达到极小值;此后由于叶片衰老、变黄、枯死,使得群落叶面积指数不断下降,群落截获太阳辐射能的能力也随之不

断降低,直至生长季末.群落透光率(相对照度)的分布曲线与叶面积指数分布曲线的变化规律是十分相似的,群落的叶面积集中分布层大约位于群落高的 2/3 处,其截获太阳辐射能的能力最强,故有人称其为“能量吸收层”^[7].

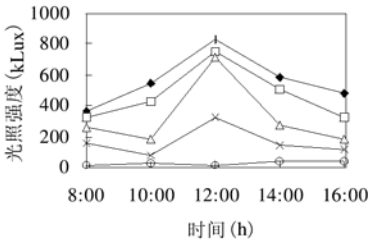


图 4 毛果苔草湿地群落不同层次光照强度日变化(1998-08-18)

Fig.4 The distribution of illumination intensity in different layer in *Carex lasiocarpa* wetland(1998-08-18)

—◆—90cm —□—70cm —△—50cm —×—30cm —○—10cm

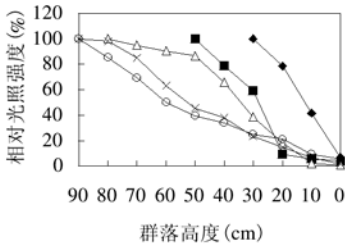


图 5 毛果苔草湿地群落相对光照强度季节性动态

Fig.5 The distribution of illumination intensity in different layer in *Carex lasiocarpa* wetland

—◆—5月 —■—6月 —△—7月 —×—8月 —○—9月

3 结论

3.1 毛果苔草湿地反射率的变化不大,平均为 21.92%,全生长季反射太阳辐射能 585.858MJ/m². 透射率平均为 20.16%,在生长季节内共透射太阳辐射能 538.88MJ/m².

3.2 毛果苔草湿地太阳辐射能分布的垂直结构从群落的上界面向下逐渐单调递减,且递减速度变化较大.毛果苔草湿地在 50~80cm 处是毛果苔草叶的集中分布区,此区段对太阳辐射能的削减

作用最强,相对光照强度分布曲线在此区段的曲率最大.

3.3 从毛果苔草湿地群落中不同层次光照强度的日变化,是由于太阳高度的变化,群落不同高度中的光强呈现出单峰曲线,同时,不同高度的曲线间又存在一定程度的差异;毛果苔草湿地群落内太阳辐射能的季节性变化主要是受群落叶量的增减及其配置状况的影响,群落透光率(相对照度)的分布曲线与叶面积指数分布曲线的变化规律十分相似,群落的叶面积集中分布层大约位于群落高的 2/3 处,其截获太阳辐射能的能力最强.

参考文献:

[1] 何池全,赵魁义,余国营,等. 湿地生态过程研究进展 [J]. 地球科学进展,2000,15(2):165-171.
[2] Abrahamson W Q. On the comparative allocation of biomass, energy, and nutrients in plant [J]. Ecology, 1982,63(4):982-991.
[3] Pitelka I F. Energy allocation in annual and perennial lupines (Lupinus; Leguminosae) [J]. Ecology, 1977,58:1055-1065.
[4] 杨福囤,王启基,史恒海.青海海北地区矮嵩草草甸生物量和能量的分配 [J]. 植物生态学与地植物学丛刊,1987,11(2):106-111.
[5] 祖元刚.能量生态学引论 [M]. 长春:吉林科学技术出版社, 1990.
[6] 门司正三,佐伯. 1953,植物群体中光的因素及其对植物生产的作用 [J]. 朱建人译.光合作用与作物生产译丛,1980,(2):11-24.
[7] 祖元刚,祝廷成. 羊草种群的能量流动及其稳定性分析 [J]. 植物学报,1987, 29(1):95-103.

作者简介: 何池全(1968-),男,江西九江人,博士,上海大学环境科学与工程系副教授,主要从事环境生物学、环境污染控制、湿地工程设计与植物化感研究.参编专著 3 部,发表论文 20 余篇.

致谢: 本文得到中国科学院长春地理研究所赵魁义研究员的指导,野外工作得到赵志春同学的帮助和中国科学院三江平原沼泽湿地生态试验站的全体老师的支持和帮助,特此致谢.