

米草光合作用速率季节变化及其对初级生产的影响

王长永 (国家环境保护局南京环境科学研究所,南京 210042)

仲崇信 钦 佩 (南京大学生物系,南京 210008)

提要 对江苏省滨海县盐沼生态系统中大米草和互花米草群落有关生理生态学指标进行了为期一年的定位观察和测定。结果表明:互花米草和大米草,地上生物量(干重)在9月达到最高值,分别为1714g/m²和419g/m²;叶绿素季节变化模式分别呈斜“Z”型和扁“W”型。两种米草光合作用同化率6月明显高于9月。植物材料能含量变化从12.56kJ/g到20.10kJ/g。

关键词 米草 地上生物量 叶绿素 光合作用 同化率 能含量

Seasonal changes of photosynthesis rates and its effects on primary production for *Spartina*. Wang Changyong et al. (Nanjing Institute of Environment Science, NEPA, Nanjing 210042); Rural Eco-Environment, 1994, 10(3): 14-17

Abstract Some eco-physiological parameters for *Spartina alterniflora* and *S. anglica* in salt-marsh ecosystem in Binhai County of Jiangsu Province were observed and measured for a year. Results showed: maximum aboveground biomass was found in September, with 1714g (dry wt)/m² and 419g (DW)/m² for *S. alterniflora* and *S. anglica* respectively. Seasonal patterns of chlorophyll exhibited slope “Z” and flat “W” for *S. alterniflora* and *S. anglica* respectively. The assimilation rates of photosynthesis for both species were higher in June than in September. Energy contents of plant material for two *Spartina* species varied from 12.56kJ/g to 20.10kJ/g.

key words *Spartina*, aboveground biomass, chlorophyll, assimilation rate of photosynthesis, energy content

1 引言

大米草(*Spartina anglica*)和互花米草(*S. alterniflora*)是分布在潮间带滩面的优势高等植物。这两种C₄植物具有极高的光合作用效率,光合与呼吸比远大于1(Mallott et al. 1975; Long et al. 1975; Thomas 1977; Pomeroy 1981; Teal 1962)。为了探讨盐沼生态系统中米草属植物高产、多变的初级生产力,长期以来,国内外学者十分重视米草初级生产力

的生理生态学研究。在北美,研究者们利用空气动力学方法和微型同化箱手段对米草生态系统以及群落中单个植物体的光合作用速率、效率和影响生态系统净生产力的因子进行了系统的研究(Houghton and Woodwell 1980; Blum et al. 1978; Giurgevich and Dunn 1979; 1982),描绘出互花米草光合作用的平均日速率曲线。通过系统的实验,建立了碳和有机干物质之间的定量比例关系,纠正了利用传统收割法测量米草初级生产力的不精确性(Pomeroy 1981)。野外控制条件下研究表明,互花米草光合作用受冬、春两季冷气温的影响。并且受太阳辐射和冠丛结构特征的限制(Haines and Dunn, 1985)。

对于大米草, Mallott 等人(1975)研究其叶子CO₂交换现象,查明在高温、高光条件下生长在盐溶液中的植株能保持其光合作用。Long等人(1975)的研究指出在25℃时,大米草的光合效率比英国主要牧草的最高值还高出50%。大米草的最适光合作用温度为30℃,比相似环境条件下的其他C₄禾草还低7~11℃。

我国于1963年和1979年先后从英、美两国海滩引进了大米草和互花米草,经过大规模扩种,为我国沿海滩涂的开发,水产养殖提高了丰富的天然食物。为了在同一盐沼生态系统中比较两种米草初级生产力的差异,我们初步探讨了这两种米草光合作用色素、同化率的季节变化以及它们对初级生产力的影响,以丰富我国在盐沼生态系统中的基础生态学研究。

2 材料和方法

2.1 研究地点

1994-03-09 收稿

采样点设在江苏省滨海县陶湾滩涂。此县海岸线总长 4.5km,均属侵蚀型海岸。1979 年和 1982 年先后引种了大米草和互花米草。由于冲刷等原因,至实验时大米草约余 2.67ha,互花米草约余 24.67ha。此地年平均气温 13.9℃,最低月平均温度 0℃,最高月平均温度 27℃;年降水量 981.5mm;年日照 2342.3h;无霜期为 214.5d,初霜 11 月 2 日,终霜 4 月 4 日;台风每年平均一次,近 5 年内发生一次强台风;冰雹主要集中在 4 月下旬至 6 月;全年风向 80% 偏东;正常潮高 1.6m,最高潮位 3.45m,最低潮位 -0.89m(200m 范围 -1~1.5m)。

陶湾滩涂大米草和互花米草群落单一,未发现其中混有其他盐沼植物。在两种米草群落交错区,时而发现两米草混生现象。1989 年 3 月 17 日在两米草群落中部,凭观察分别选择植株密度较均匀、滩面高程较一致,面积约为 200×100m² 两试验样带,进行定时、定位的研究。

2.2 植物样品的采集和处理

2.2.1 米草地上部生物量的测定

从 3 月 17 日至 10 月 25 日,每月中期在两样带内,随机选择面积为 25×25cm² 的 3 个样方,用收割法收获全部地上植株,自来水冲洗干净,立即带回野外工作站,于 70℃ 下烘至恒重(0.01g)。

2.2.2 叶绿素含量的测定

在样带内,采摘数株米草,立即带回,取顶端叶片中部数片,用 80% 丙酮(AR)多次提取,定容后用 721 型分光光度计在 663、645nm 下比色。

2.2.3 光合作用同化率的测定

2.2.3.1 光合同化箱的设计 用透明有机玻璃制成截面积为 25×25cm²、高度为 50 和 70cm 的长方体同化箱数个。箱内安装小型风扇一个,干湿温度计一支。悬挂的反应器盛 7mg Ba¹⁴CO₃ 粉末,箱盖上有一进样小孔,供注射盐酸用。

2.2.3.2 ¹⁴CO₂ 的供给 选好样方后,即用同化箱罩上,使箱内的米草植株呈自然舒展状态。用照度计测定光强后,于进样孔加入 2ml HCl,

即用透明胶带封口。每隔 5min 启动一次电扇,使箱内空气混匀,1h 后,剪下植物地上部分,取叶片数枚在 70℃ 下烘至恒重(0.001g)。

2.2.3.3 同化¹⁴CO₂ 的测定 准确称量 15mg(0.0001g)样品,加 0.2ml HClO₄ 和 0.4ml H₂O₂,在 80℃ 下消化 1h。冷却后,加 5ml 液体闪烁剂,用国产闪烁计数器测定。

2.3 植株能含量的测定

将经过干燥的地上植物材料,磨碎后用 SHIMADZU CA-3 型自动弹型量热器测定。

3 结果

3.1 米草地上生物量的季节变化动态

互花米草地上生物量,4 月下旬几乎呈直线增加,9 月下旬达到最大值,约 1714g 干重/m² 然后开始下降(图 1)。大米草地上生物量,7 月前递增较快,但 7 月后,递增较缓,接近 9 月也达最大值,约 419g 干重/m²,以后同样开始下降。在整个实验期间,每月地上生物量互花米草皆高于大米草。实验开始,两者差值较小,以后逐渐增大,特别 9 月下旬达到最大差值,9 月后又开始减小。

3.2 米草叶绿素含量的季节变化动态

大米草叶绿素 *a*、*b* 和 *a+b* 的季节变化模式基本类似,皆呈扁“W”型。9 月含量最高,每月叶绿素 *b* 都高于 *a*(图 2)。

互花米草叶绿素 *a*、*b* 和 *a+b* 的季节变化模式显著,且都呈斜“Z”型。5 月下旬三者含量最低,5 月下旬至 9 月下旬,三者含量逐渐升高,9 月下旬达最大值,至结实期开始下降。从 6 月后,*b* 高于 *a*,而且差值逐渐增大,(图 3)。两种米草叶绿素总量(*a+b*)相比除 8 月外,大米草各月都高于互花米草(表 1)。

3.3 米草光合作用同化率

大米草和互花米草的光合作用同化率,6 月显著高于 9 月;两种米草相比较,6 月互花米草略高于大米草,9 月则相反(表 2)。

3.4 米草能含量的季节变化动态

如表 3 所示,5 月下旬,两种米草地上部植物材料能含量都达到最高值,大米草 19.48kJ/

g,互花米草 20.10kJ/g,以后皆呈下降趋势。两

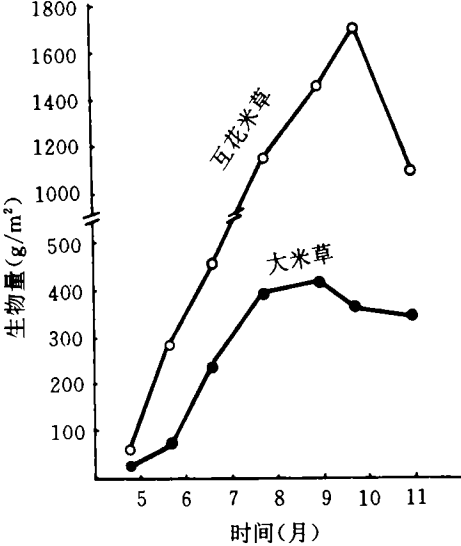


图 1 米草地上生物量的季节变化

Fig. 1 Seasonal changes of aboveground biomass for *Spartina*

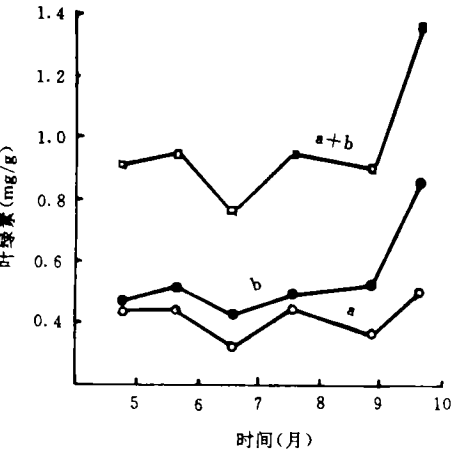


图 2 大米草叶绿素的季节变化

Fig. 2 Seasonal changes of chlorophyll for *S. anglica*

表 1 两种米草叶绿素总量比较

Tab. 1 Comparison of total chlorophyll for two *Spartina* species

时间 (月.日)	大米草 (mg/g)	互花米草 (mg/g)
4. 22	0. 914	0. 634
5. 19	0. 959	0. 406
6. 17	0. 749	0. 508
7. 18	0. 960	0. 693
8. 29	0. 904	0. 981
9. 22	1. 377	1. 266
10. 25	1. 930	1. 054

种米草能含量相比,每月互花米草皆高于大米草。

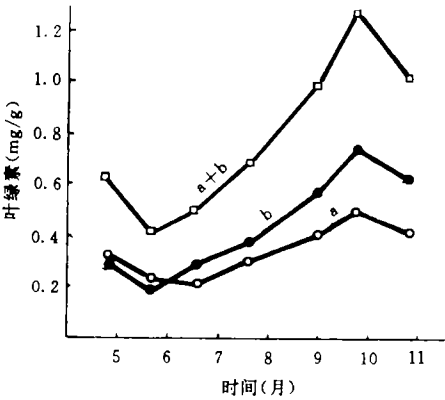


图 3 互花米草叶绿素的季节变化

Fig. 3 Seasonal changes of chlorophyll for *S. alterniflora*

表 2 米草光合作用同化率比较

Tab. 2 Comparison of photosynthesis rates for two *Spartina* species

时间 (月.日)	光强 (klx)	箱温 (℃)	箱相对湿度 (%)	同化率(cpm/100mg)	
				大米草	互花米草
6. 17	60	34	91	634780	697754
9. 22	26	41	60	372345	186985

表 3 米草能含量比较

Tab. 3 Comparison of energy contents for *Spartina* species

时间 (月.日)	大米草 (kJ/g)	互花米草 (kJ/g)
5. 19	19. 48	20. 10
7. 18	15. 66	16. 53
9. 22	15. 07	16. 70
10. 25	12. 37	16. 39

4 讨论

4. 1 叶绿素与地上生物量的相关性

互花米草叶绿素含量与其地上生物量成明显的正相关, $r=0.856(n=5)>r_{0.05}=0.754$ 。而大米草却没有明显的相关性。 $r=0.330(n=5)$ 。我们认为这是由于在生长活跃季节内,大米草植株较矮,受泥沙淤埋致使叶片发黄和枯萎造成的。米草叶绿素含量变化的另一显著特点就是 b 高于 a ,这说明两种米草在潮汐淹没期,

叶片阴性程度增加,更好地利用太阳光中蓝紫光来提高光合作用效率,促进初级生产的积累。此外,海滩特殊的生态条件对叶绿素的含量以及 a/b 的比值也可能产生影响。

4.2 光合作用同化率的变化与生物量的积累模式

两种米草光合作用同化率6月明显高于9月,说明生长活跃期米草光合作用强于成熟期植物器官9月下旬开始衰老而生物量最高是由于生长期米草高光合、低呼吸同化产物的累积效应所致。虽然9月下旬叶绿素含量最高,但是叶绿素含量超过一定限度后,其含量的高低对光合作用不产生效应,因此叶绿素含量最高与光合作用速率下降并不矛盾。除了植物体本身的光合系统外,外界环境因子,如气温、光、叶表面的蒸气压等也对米草的光合作用速率产生影响。6月份光强比9月份高出一倍以上,因此在其他条件相同的情况下,相应的光合作用速率就会增加。大米草最适光合温度 30°C ,超过此温度,光合速率下降(Long et al. 1975)。而互花米草的最适光合温度约为 $33\sim 35^{\circ}\text{C}$ (Giurgevich and Dunn 1979)。因此9月同化箱内气温达 41°C 时,会降低光合作用速率。除了上面因素外,温度和群落内植物冠丛结构也会影响光合作用(Begg and Woodward 1977)。为了确定海滩生境中影响米草光合作用的主要因子,尚待进行进一步控制性研究。

4.3 能含量与生物量的关系

生物量的高低与有机产物特别是糖类的多少密切相关。而有机产物的数量和种类决定着植物材料的能含量值。米草能含量的季节变化说明了植物在生长发育过程中,体内糖、蛋白质等有机成分的数量和种类发生了变化。互花米草地上部能含量高于大米草,说明决定两种米草地上生物量的能含量物质成分存在差异。

4.4 两种米草初级生产力比较的生态学意义

初级生产力是评估盐沼生态系统功能十分重要的系统参数之一。大米草和互花米草的初

级生产力存在明显差异,说明它们向河口湾以及近海水体有机体提供的食物潜力不同,互花米草远高于大米草。但是这两种米草在盐沼生态系统中也存在基本类似的生态作用:保滩护岸、促淤造陆,绿化海滩、净化环境,改善土壤理化特性,增加土壤肥沃度,促进海滩生态系统中气、水和土壤中各种元素的物质循环,使比较静止的生态系统转化为流动的生态系统(仲崇信 1985),从而加速生态系统内部各组分与外境的物质、能量和信息的交换。

参考文献

- 仲崇信,1985.大米草简史及国外研究概况,南京大学学报,米草研究的进展——22年来的研究成果论文集.1—30
- Blum U, Seneca E D and Stroud, L M. 1979. Photosynthesis and respiration of *Spartina* and *Juncus* salt-marshes in North Carolina, some models, *Estuaries*, 1: 228—238
- Giurgevich, J R and Dunn, E L. 1979. Seasonal patterns of CO_2 and water vapor exchange of the tall and short forms of *Spartina alterniflora* L. in a Georgia salt marsh, *Oecology*, 43: 139—156
- Giurgevich, J R and Dunn, E L. 1982. Seasonal patterns of daily net photosynthesis, transpiration and net primary productivity of *Juncus roemerianus* and *Spartina alterniflora* in a Georgia salt marsh, *Oecology* 52: 404—410
- Haines, B L and Dunn, E L. 1985. Coastal marshes, In Chabot, B F et al. (eds), *Physiological ecology of North American Plant Communities*, Chapman and Hall Ltd, London, England, 323—347
- Houghton, R A and Woolwell G M. 1980. The flat pond ecosystem study: Exchanges in carbon dioxide between a salt and atmosphere, *Ecology*, 61: 1434—1445
- Long, S P, Incoll, L D and Woolhouse, H W. 1975. C_4 photosynthesis in plant from cool temperature region with particular reference to *S. townsendii*, *Nature*, 257 (5527): 622—624
- Mallott, P G, Jeffries A J and Hutton, M J. 1975. Carbon dioxide exchange in leave of *S. anglica* Hubbard, *Oecology*, 20: 351—358
- Pomeroy, L R and Wiegert R G (eds), 1981. *The ecology of a salt marsh*, Springer-Verlag, New York, 39—67
- Thomas, S M. 1977. *Lawes Agricultural Trust, Harpendo*, 40—42